



**LAVANTA VE BİBERİYE YAĞLARININ UÇUCU YAĞ
KOMPOZİSYONUNUN BELİRLENMESİ**

ZEYNEP BEYZA ÇELİKAYAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İsmail YILMAZ

2025

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



LAVANTA VE BİBERİYE YAĞLARININ UÇUCU YAĞ
KOMPOZİSYONUNUN BELİRLENMESİ

ZEYNEP BEYZA ÇELİKAYAR

ORCID:0009-0008-1602-2171

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. İsmail YILMAZ

MAYIS-2025

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

LAVANTA VE BİBERİYE YAĞLARININ UÇUCU YAĞ KOMPOZİSYONUNUN BELİRLENMESİ

Zeynep Beyza ÇELİKAYAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İsmail YILMAZ

Tıbbi ve aromatik bitkiler son yıllarda özellikle insan sağlığına olan olumlu katkıları nedeniyle herkes tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Bu bitkilerden elde edilen uçucu yağlar hem sağlık sektöründe hem de gıda endüstrisinde pek çok amaçla kullanılmaktadır. Bu durum talebin artmasına sebebiyet vermiştir. Son yıllarda Türkiye'nin farklı bölgelerinde lavanta bahçeleri oluşturulmuş ve elde edilen ürünlerin pazarlanması ve tanıtımı maksadıyla birçok festival ve etkinlik de yapılmaktadır. Bir diğer en çok kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerden olan biberiye de Türkiye'de en çok Ege ve Akdeniz kıyılarında tarımı yapılmaktadır. Bu bitkilerin en çok uçucu yağları kullanılmaktadır. Ancak bu uçucu yağların içeriği ve uçucu yağ kompozisyonu önem arz etmektedir. Bu çalışmada İstanbul ilinde bulunan hemen herkesin en çok alışveriş yaptığı bölgedeki aktarlardan toplanmış lavanta ve biberiye yağı numuneleri Gaz Kromatografisi (GK) analizi yapılmış olup uçucu yağ bileşenleri tespit edilmiştir. Lavanta yağının temel bileşikleri olan linalool %10,01 ile %37,31 arasında değişenlik gösterirken linalil asetat ise %60,56'ya kadar yüksek oranlarda bulunmuştur. Biberiye yağının temel bileşenleri olan 1,8-cineol %9,48 ile %78,21 arasında değişenlik gösterirken alpha-pinene ise %1,03 ile %6,05 oranları arasında değişmiş. Örneklerin uçucu yağ kompozisyon sonuçlarına bakıldığında yağların etken maddelerinin düşük olduğu, yağlarda karışımların olabileceğini düşündürmüş olup tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin saf olamayabileceğini gözlemledik. Bu sonuçlar doğrultusunda kontrol mekanizmalarının devreye girmesi ve gerekli yaptırımların uygulanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu Yağ, Lavanta Yağı, Biberiye Yağı, Gaz Kromatografisi

ABSTRACT

DETERMINATION OF ESSENTIAL OIL COMPOSITION OF LAVENDER AND ROSEMARY OILS

Zeynep Beyza ÇELİKAYAR

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İsmail YILMAZ

In recent years, medicinal and aromatic plants have become widely used, particularly due to their positive contributions to human health. The essential oils derived from these plants are utilized for various purposes in both the healthcare sector and the food industry. This increasing demand has led to a rise in their production and marketing. In Turkey, numerous lavender fields have been established in different regions in recent years, accompanied by festivals and events aimed at promoting and marketing the products obtained. Another widely used medicinal and aromatic plant, rosemary, is primarily cultivated along the Aegean and Mediterranean coasts of Turkey. The most commonly used part of these plants is their essential oils. However, the composition and content of these essential oils are of great importance. In this study, lavender and rosemary oil samples were collected from herbalists located in one of the most frequented shopping areas of Istanbul. The volatile components of these oils were identified through Gas Chromatography (GC) analysis. The main constituents of lavender oil, linalool and linalyl acetate, were found to vary between 10.01% and 37.31%, and up to 60.56%, respectively. The primary constituents of rosemary oil, 1,8-cineole and alpha-pinene, were found to range between 9.48% and 78.21%, and 1.03% and 6.05%, respectively. Upon examining the essential oil composition of the samples, it was observed that the levels of active components were generally low, suggesting the possibility of adulteration in the oils. This indicates that the products purchased by consumers may not be pure. Based on these findings, it is necessary to implement control mechanisms and enforce appropriate sanctions.

Keywords: Essential Oil, Lavender Oil, Rosemary Oil, Gas Chromatography

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURALLARINA UYUM BEYANI

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti.....	2
1.1.1. Lavanta ve Biberiyenin Bitkisel Özellikleri ve Uçucu Yağları	2
1.1.1.1. Lamiaceae (Labiatae) Familyası	2
1.1.1.2. Lavandula L. Cinsi ve Türlerinin Özellikleri.....	4
1.1.1.3. Lavanta Tarımı.....	8
1.1.2. Biberiye Bitkisi	10
1.1.2.1. Biberiye Tarımı.....	13
1.2. Çalışmanın Amacı	14
2. UÇUCU YAĞLAR.....	16
2.1. Uçucu Yağların Elde Edilme Yöntemleri.....	16
2.1.1. Distilasyon Yöntemi.....	17
2.1.1.1. Su Dehidrasyonu	17
2.1.1.2. Buhar Destilasyonu	18
2.1.1.3. Hidrodifüzyon	18

2.1.1.4. Mikrodalga Destekli Destilasyon.....	18
2.1.1.5. Friksiyonlu Destilasyon	18
2.1.1.6. Vakum Destilasyonu	19
2.1.1.7. Moleküler Destilasyon	19
2.1.2. Presyon.....	19
2.1.3. Ekstraksiyon.....	19
2.1.3.1. Çözücü Ekstraksiyon	20
2.1.3.2. Süperkritik Sıvı Ekstraksiyon	21
2.1.3.3. Mikrodalga Ekstraksiyon	21
2.1.3.4. Sıkıştırılmış Çözücü Ekstraksiyon	22
2.1.3.5. Katı-Faz Mikroekstraksiyon	22
2.1.3.6. Çok Yönlü Ekstraksiyon Yöntemleri.....	23
2.2. Uçucu Yağların Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	24
2.3. Lavanta Yağı ve Uçucu Yağ Kompozisyonu	25
2.4. Biberiye Yağı ve Uçucu Yağ Kompozisyonu	26
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1. Materyal.....	27
3.2. Metot.....	27
3.2.1. Gaz Kromatografisi İle Yapılan Analiz	27
3.2.2. Lavanta Yağı Gaz Kromatografisi Analiz Koşulları	28
3.2.3. Biberiye Yağı Gaz Kromatografisi Analiz Koşulları.....	28
4. BULGULAR	30

4.1.	Lavanta Yağının Gaz Kromatografisi (GK) Analiz Sonuçları	30
4.2.	Biberiye Yağının Gaz Kromatografisi (GK) Analiz Sonuçları	35
5.	SONUÇ	46
	KAYNAKLAR	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Lavanta yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri	309
Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri.....	35



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 <i>Lamiaceae</i>	4
Şekil 1.2. <i>Lamiaceaea</i>	4
Şekil 1.3. <i>L. Officinalis</i>	6
Şekil 1.4. <i>L. Angustifolia</i>	6
Şekil 1.5. <i>L.Spica</i>	7
Şekil 1.6. <i>L. Latifolia</i>	7
Şekil 1.7. Bazı <i>Lavandula</i> türleri.....	8
Şekil 1.8. <i>Rosmarinus officinalis</i>	11
Şekil 1.9. Biberiye bitkisi üst sürgünleri	11
Şekil 1.10. Biberiye bitkisi kökü	122
Şekil 1.11. Biberiye bitkisi çiçekli sürgünleri	12
Şekil 2.1. Clevenger düzeneği	17
Şekil 3.1. GK (Gaz Kromotografisi) cihazı.....	27
Şekil 4.1. Linalool	34
Şekil 4.2. Linalyl acetate	34
Şekil 4.3. 1,8-cineol.....	45
Şekil 4.4. Alpha pinene	45

SİMGELER DİZİNİ

- % Yüzde
< Küçüktür
°C Santigrat derece



KISALTMALAR DİZİNİ

ASE	Accelerated Solvent Extraction
cm	Santimetre
dak.	Dakika
e	Eser miktar
g	Gram
GK	Gaz kromatografisi
GC-MS	Gaz Kromatografisi/Kütle Kromatografisi
GHz	Gigahertz
HD	Hydrodistillation
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IAA	İndol Asetik Asit
IBA	İndol Bütirik Asit
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogram
kg/da	Kilogram/dekar
m	Metre
m ²	Metrekare
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
örn.	Örnek
ppm	Parts per milion (mg çözünen/litre çözelti)
s.	Sayfa
SDE	Simultaneous Distillation Extraction
SFE	Supercritical Fluid Extraction
SPME	Solid Phase Mikroextraction
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VD	Vacuum Distillation
vd.	Ve diğerleri

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez sürecim boyunca bana her konuda yardımcı olan desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen, tezimin biçimlenmesinde bana yardımcı olan danışman hocam Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. İsmail YILMAZ'a,

Laboratuvar çalışmalarını süresince, ihtiyacım olan her türlü bilgi ve yardımda bulunan hocam Doç. Dr. Elif Burcu AYDIN'a,

Eęitim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, cesaretlendiren, yol gösteren çok değerli babam Şener ÇELİKAYAR'a ve annem Fatma ÇELİKAYAR'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep Beyza ÇELİKAYAR
Gıda Mühendisi

1. GİRİŞ

Doğal kaynaklı ürünlere olan ilginin son yıllarda giderek artması, özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin sağlık, kozmetik ve gıda sanayilerinde daha yoğun kullanılmasına neden olmuştur. Bu bitkilerden elde edilen uçucu yağlar, taşıdıkları kimyasal bileşenler sayesinde antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antifungal, analjezik ve sedatif gibi çeşitli biyolojik aktiviteler göstermekte ve bu yönleriyle hem geleneksel hem de modern tıpta geniş bir kullanım alanına sahip olmaktadır (Bakkali ve ark., 2008).

Uçucu yağlar, bitkilerden su ya da su buharı distilasyonu ile elde edilen, oda sıcaklığında sıvı formda bulunan, ancak bazen donabilen, uçucu özellikte, yoğun bir kokuya sahip ve yağimsı karışımlardır. Bu yağlar, bitkilerin farklı kısımlarından (tohum, çiçek, gövde, yaprak, kök gibi) elde edilen yoğun özler olarak meydana gelir. Havanın etkisiyle bu yağlar, oda sıcaklığında bile buharlaştıkları için "uçucu yağ", eter benzeri uçucu özellikleri nedeniyle "eterik yağ" olarak, ayrıca hoş kokuları ve parfüm endüstrisinde kullanımları nedeniyle "esans" olarak tanımlanır (Yücel, 2010). Uçucu yağlar, genellikle üç ana yöntemle elde edilir ve bu yöntemler, yağın kimyasal yapısını ve tıbbi özelliklerini etkileyebilir. Uçucu yağ üretiminde yaygın olarak kullanılan başlıca yöntemler ise distilasyon, çözücü süper kritik akışkan ekstraksiyonu ve presleme işlemidir (Baydar, 2009).

Uçucu yağlar, fiziksel ve psikolojik olarak sağlığı dengelemekte, hastalıkları tedavi etmede ve sağlığı koruma amacıyla uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. İnsanlığın sıklıkla kullandığı bu yağlarla birçok uygulama yapılmış ve çok çeşitli uygulama yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu bağlamda, *Lavandula angustifolia* (lavanta) ve *Rosmarinus officinalis* (biberiye) bitkileri, uçucu yağ içeriği ve bu yağların terapötik özellikleri açısından öne çıkan türler arasında yer almaktadır. Lavanta yağı, özellikle linalool ve linalil asetat gibi bileşenleri sayesinde sakinleştirici, antidepresan ve antiseptik özellikler gösterirken; biberiye yağı ise yüksek oranda 1,8-cineol (eucalyptol), α -pinene ve borneol içeriğiyle dikkat çeker ve dolaşımı artırıcı, hafızayı güçlendirici ve analjezik etkiler sergileyebilmektedir (Tisserand ve Young, 2014).

Son yıllarda doğal tedavilere ilgi artmış olup aktar ve baharatçılara talebin artmasına sebep olmuştur. Dolayısı ile piyasaya sürülen uçucu yağların kalitesi etkilenmektedir.

Bu çalışma piyasada satışa sunulan lavanta ve biberiyeden elde edilmiş uçucu yağların bileşimini incelemeye yöneliktir. Özellikle son yıllarda herkes tarafından sağlık faydaları bilinen ve tüketilen bu yağların gerçekte saflık derecesini ve etken madde varlığının miktarı üzerine yapılmış olan çalışmalara ek olarak incelenmiş ve bu konuda tüketicilerin bilgilendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Literatür Özeti

1.1.1. Lavanta ve Biberiyenin Bitkisel Özellikleri ve Uçucu Yağları

Lavanta (*Lavandula L.*), yarı çalı formunda gelişen ve boyu 1 metreye kadar ulaşabilen çok yıllık bir bitkidir. Ekonomik açıdan değerlendirilen kısmı, bitkinin çiçekleridir. Lavanta çiçekleri ve çiçek saplarından elde edilen uçucu yağ, dünya genelinde ticareti en yoğun yapılan ilk 15 uçucu yağ arasında yer almaktadır. Bu uçucu yağın temel bileşenleri linalool ve linalil asetat olup, kalite değerlendirmesinde özellikle linalil asetat oranı belirleyici rol oynamaktadır. Biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) ise Lamiaceae ailesine mensup, tıbbi ve aromatik açıdan önemli bir bitki türüdür (Begum ve ark., 2013). 50-100 cm boya ulaşabilen, herdem yeşil, çalı formunda ve soluk mavi çiçekler açan çok yıllık bir bitkidir. Biberiye bitkisinin yaprakları uçucu yağ bakımından zengindir ve bu yağ, bomeol, linalool, kamfen ve sineol gibi bileşenleri içermektedir (Elamnari ve ark., 2000).

1.1.1.1. *Lamiaceae (Labiatae) Familyası*

Lamiaceae (Labiatae) familyası, dünya genelinde yaygın olarak bulunan ve 7000'in üzerinde türü bulunan çiçekli bitkilerden oluşmaktadır. Genellikle ot formunda olup, nadiren ağaç ya da çalı formu gösterirler. Yaprakları, vertisillat (halkasal) dizilimde olup, uçucu yağ içerirler. Ekonomik ve tıbbi açıdan büyük bir öneme sahiptirler. Aroma verici baharat, çay ve geleneksel tedavi amaçlı kullanımları yaygındır. Ayrıca, bazıları gıda veya süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır. Lamiaceae familyasına ait bitkilerin uçucu yağlarında bulunan aktif bileşenler, halk arasında ve modern tıpta pek çok hastalığın tedavisinde sıklıkla yer bulmuştur. Özellikle kalp hastalıkları ve kadın hastalıkları tedavisinde kullanılmışlardır. Bunun dışında

kas-iskelet sorunları, ağız ve göz hastalıkları gibi rahatsızlıkların tedavisinde de yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Çatak ve Atalay, 2022).



Şekil 1.1 *Lamiaceae*



Şekil 1.2. *Lamiaceaea*

1.1.1.2. *Lavandula L. Cinsi ve Türlerinin Özellikleri*

Lavanta, dünya genelinde Kuzey Afrika'dan Batı Arabistan'a kadar uzanan bir bölgede yayılmaktadır ve Akdeniz havzasını da kapsamaktadır (Baytop, T., 1999). Dünya çapında lavantanın iki ana türü üzerinde tarım yapılmaktadır: Lavandin ve Lavender. Türkiye'de ise ekonomik açıdan yalnızca Isparta ilinde Lavandin (*L. x intermedia*) türü yetiştirilmektedir. 2019 yılı verilerine göre, lavanta üretimi en fazla olan iller sırasıyla Isparta (%38,4), Afyonkarahisar (%19,5), Burdur (%14,1) ve Çanakkale (%9,3) olarak belirlenmiştir. Isparta ilinde lavanta üretimi, Keçiörlü ilçesine bağlı Kuyucak, Kuşçular, Aydoğmuş, Çukurören ve Ardıçlı köylerinde yaklaşık 2500 dekar alanda gerçekleştirilmektedir. Her yıl temmuz ayında gerçekleştirilen hasat sonucunda yaklaşık 500 ton taze saplı lavanta ürünü elde edilmektedir. Üretilen lavantanın bir bölümü, Keçiörlü'da bulunan bazı gül yağı fabrikalarında damıtma işlemiyle lavanta yağı üretiminde kullanılmakta, kalan kısmı ise kurutularak lavanta tomurcuğu üretiminde değerlendirilmektedir (Kara ve Baydar, 2011).

2022 yılı verilerine göre Türkiye genelinde lavanta, toplam 47.176 dekarlık alanda yetiştirilmiş olup, bu üretimden 7.722 ton ürün elde edilmiştir. Isparta ili, 8.071 dekarlık ekim

alanı ve 1.674 tonluk üretim miktarı ile lavanta tarımında ön plana çıkmaktadır. Isparta'nın yanı sıra, lavanta yetiştiriciliği Afyonkarahisar (4.625 da), Burdur (3.443 da), Denizli (4.143 da), Konya (2.733 da), Tekirdağ (1.228 da), Antalya (1.483 da), Tokat (1.590 da), Edirne (1.021 da) ve Yozgat (1.065 da) illerinde de artış göstermektedir (TÜİK, 2022).

Dünya genelinde lavanta üretiminin %80'i Lavandin, %20'si ise Lavender türlerinden gerçekleştirilmektedir (UPOV, 2010). Fransa ve Bulgaristan, dünya lavanta üretim alanlarının yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır (FAOSTAT, 2020). Rusya, Çin, Kuzey Afrika ve bazı Doğu Avrupa ülkeleri, lavanta üretimi ve ticaretinde önemli bir yere sahiptir.

Dünya çapında ticari değeri yüksek olan üç lavanta türü bulunmaktadır. Bu türler; Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill. = *L. Officinalis* L. = *L. Vera* DC), Lavandin (*Lavandula* × *intermedia* Emerice × *Loisel.* = *L. Hybrida* L.) ve Spike Lavender (*Lavandula spica* = *L. Latifolia* Medik.) olarak sıralanabilir. Lavender (İngiliz lavantası) çeşitlerinin uçucu yağ kalitesi daha yüksekken, Lavandin (melez lavanta) çeşitleri daha fazla uçucu yağ verimi sağlamaktadır (Grieve, 1982).



Şekil 1.3. *L. Officinalis*



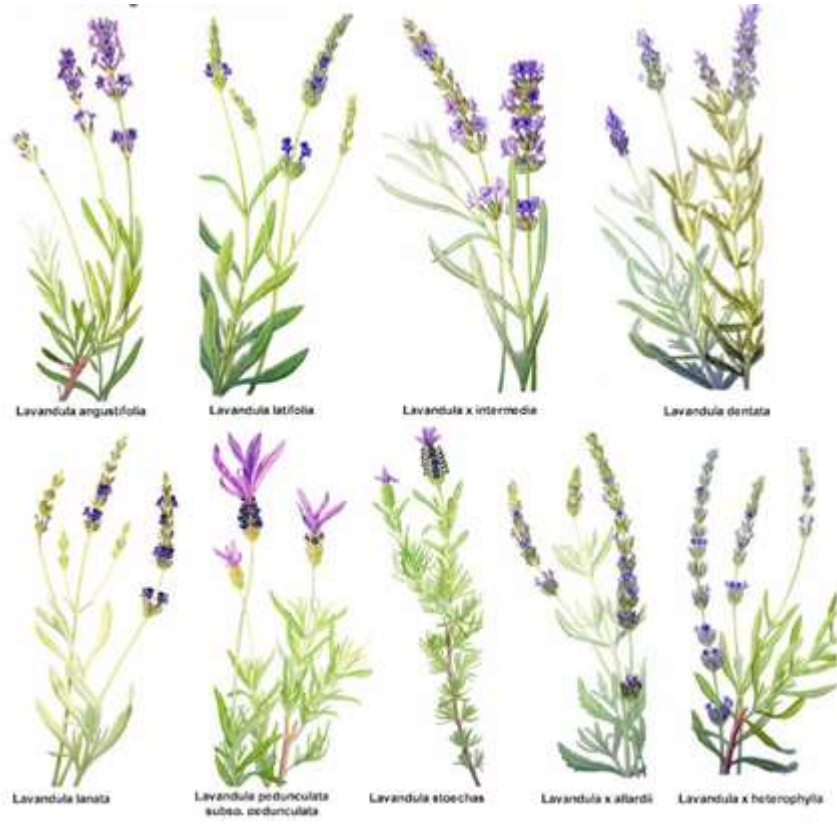
Şekil 1.4. *L. Angustifolia*



Şekil 1.5. *L. Spica*



Şekil 1.6. *L. Latifolia*



Şekil 1.7. Bazı *Lavandula* türleri

1.1.1.3. Lavanta Tarımı

Lavanta Toprak İsteği: Lavanta, pH değeri 5.8 ile 8.3 arasında değişen ve kireçli, kalkerli topraklarda iyi gelişim gösteren bir bitkidir (Kara ve Baydar, 2011). Lavanta için uygun olmayan aşırı ağır topraklar, kış döneminde bitki kayıplarını ve hastalık riskini artıracığından, bu tür topraklar tavsiye edilmemektedir (Gülşen ve Atılabey, 2017). Lavender (İngiliz lavantası) daha çok alkali toprakları tercih ederken, Lavandin (Melez lavanta) asidik topraklarda da yetişebilme kapasitesine sahiptir (Baydar, 2009).

Üretim: Lavanta üretimi, iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilmektedir: generatif (tohumla) ve vejetatif (çelikle) üreme. Bazı lavanta türleri, generatif olarak tohumlarıyla çoğaltılabilirken, diğer türler vejetatif olarak sürgün çelikleriyle üretilmektedir. *L. Angustifolia* ve *L. latifolia* türlerinin melezleri olan lavandin (*L. x intermedia* = *L. Hybrida*) çeşitleri, kısır olmalarından dolayı tohum üretme kapasitesine sahip değildir ve bu nedenle yalnızca vejetatif (klonal) yöntemle çoğaltılabilir. Lavander (*L. angustifolia* = *L. officinalis* = *L. vera*) türleri ise her iki üreme yöntemiyle de çoğaltılabilir. Lavander türlerinde tohumla üreme sırasında iç faktörler (tohumlarda bulunan kimyasal maddeler) ve dış faktörler (ışık, sıcaklık, oksijen) nedeniyle çimlenme oranları genellikle düşüktür. Lavanta tohumları, sert, pürüzsüz, parlak ve geçirgen olmayan bir zarla kaplandığı için çimlenme süreci yavaş ve uzun süreli olur. Çimlenme oranını artırmak amacıyla lavanta tohumlarına giberellik asit (200-300 ppm) uygulanabilir (Szekely-Varga ve ark., 2021). Ancak lavanta yabancı döllemede gerçekleşen bir bitki olduğundan, tohumla üretimde genetik çeşitlenme oranı yüksek olur, bu da fidelerin heterojen bir şekilde büyüüp gelişmesine neden olur. Bu sebeple fideler, daha geç olgunlaşır ve ekonomik verim elde edilmesi uzun sürer. Bu nedenle, lavanta yetiştiriciliği yapılacak alanlarda köklendirilmiş çelikler kullanılarak üretim tercih edilmekte, çünkü çelikle üretimde elde edilen bitkiler anaç bitkilerle aynı genetik yapıya sahip olurlar.

Lavanta Sulama ve Gübreleme: Lavanta, kuraklığa oldukça dayanıklı bir bitki olduğundan, genellikle sadece ilk iki yıl boyunca sulama yapılır (yıllık yağış miktarının en az 300 mm olması gerekir). Havanın sıcak ve kuru olduğu dönemlerde sulama uygulamak, çiçek verimini önemli ölçüde artırır. Ancak, yağmurlama sulama yöntemi bitkilerin çiçek kalitesini ve verimini olumsuz etkileyebilir. Lavanta bitkisinin kökleri, aşırı sulamaya karşı hassasiyet göstermektedir.

Toprak analiz sonuçlarına göre, kullanılacak gübre türü ve miktarı belirlenir. Lavanta tarlasına, yılda 8-10 kg/da kadar azot (N) verilmesi yeterlidir; bunun yarısı sürgün gözlerinin uyanmaya başladığı Mart ayında, geri kalan kısmı ise tomurcuklanma döneminde uygulanır. Ayrıca, 3-5 kg/da fosfor (P₂O₅) ve potasyum verilmesi de gereklidir; bu miktar, genellikle sonbahar aylarında veya Mart ayında azotla birlikte uygulanır.

Hasat: Çiçeklenme dönemi, tür ve çeşidin yanı sıra iklim, toprak koşulları, rakım ve yöreye bağlı olarak farklılık göstermektedir. Lavander çeşitleri, Lavandin çeşitlerinden daha erken çiçeklenmekte olup, sap uzunlukları da daha kısadır (Baytop, 1999). Lavandeler genellikle Haziran ayında çiçeklenirken, Lavandin türleri Temmuz ayında çiçek açmaktadır. Lavantanın hasat zamanı, uçucu yağ miktarı ve kalitesi üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (Erbaş ve Baydar, 2008). En uygun hasat dönemi; çiçeklenmenin büyük oranda tamamlandığı, hava sıcaklığının 26 °C'nin üzerinde seyrettiği ve hasattan önceki 10 gün boyunca yağış görülmediği dönem olarak tanımlanmaktadır. Taze saplı çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve kuru tomurcuk verimi, lavantanın yetiştirilen çeşidine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Isparta'da yetiştirilen L.x intermedia Var. Super A lavandin çeşidinden, ortalama 500-750 kg/da taze saplı çiçek elde edilirken, kurutma işlemi sonrasında 100-150 kg/da sapsız kuru çiçek verimi sağlandığı bildirilmektedir (Baydar, 2010). Yine Isparta'da gerçekleştirilen bir çalışmada, Munstead çeşidinden 499,2 kg/da taze saplı çiçek ve 73,4 kg/da kuru çiçek, Raya çeşidinden ise 597,2 kg/da taze saplı çiçek ve 107,3 kg/da kuru çiçek verimi elde edildiği rapor edilmiştir (Kara, N. & Baydar, H., 2013). Bulgar lavanta çeşitleri (Hemus, Druzhba, Sevtopolis, Yubileina, Raya, Hebar) üzerinde yürütülen bir araştırmada ise çiçek veriminin 554-755 kg/da aralığında değiştiği ve en yüksek verimin Hebar çeşidinden elde edildiği ifade edilmiştir (Stanev ve ark., 2016).

1.1.2. Biberiye Bitkisi

Biberiye, halk arasında hasalban, kuşdili, urum çiçeği, beyaz püren ve pürem gibi farklı isimlerle bilinmektedir (Baytop, 1999). Bu bitki, bitkiler aleminin Spermatophyta (Tohumlu bitkiler) bölümüne ait olup, Magnoliophyta (Kapalı tohumlular) alt bölümünde yer alan Asteridae takımının Lamiaceae familyası içinde ve Rosmarinus cinsi altında sınıflandırılmaktadır (USDA, 2024). *Rosmarinus officinalis* L., Carl Linnaeus tarafından tanımlanan Rosmarinus cinsine ait türlerden biridir.

Biberiye, Batı Akdeniz bölgesinde, ılıman iklimlere sahip ülkelerde doğal olarak yetişen ve 25 farklı türü bulunan bir bitkidir (USDA, 2024). Ticari açıdan en yaygın kullanılan türü *Rosmarinus officinalis*'tir. Biberiye, Kıbrıs, Kıbrıs, Kafkasya, Girit ile Orta ve Güney Amerika gibi bölgelerde doğal olarak yetişebilmektedir. Tarımı, özellikle denize yakın alanlarda ve deniz seviyesinden 1500 metreye kadar olan yükseltilerde başarıyla gerçekleştirilmektedir. Günümüzde biberiye, Amerika, Rusya, Orta Doğu ülkeleri, İngiltere, Fransa, İspanya, Portekiz, Fas ve Çin gibi ülkelerde yaygın şekilde üretilmektedir. Türkiye'de ise biberiye tarımı, ağırlıklı olarak Akdeniz ve Ege kıyı şeridinde, 1000 metre rakıma kadar olan bölgelerde yapılmaktadır. Ülke genelinde en yoğun biberiye üretimi, ekonomik anlamda Mersin ve Adana illerinde, 100-250 metre yüksekliklerde, sahil kesimlerinde ve dağ eteklerinde gerçekleştirilmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022). Dünyada önde gelen biberiye yağı üreticileri arasında Fransa, İspanya ve Tunus önemli bir yer tutmaktadır (Duke, 2000; Baydar, 2006; Raghavan, 2007). Tarihsel süreçte biberiye, gıda aromalandırılması ve tıbbi uygulamalarda kullanılırken, günümüzde ayrıca kozmetik, parfümeri, aromaterapi, eczacılık ve gıda sanayilerinde de geniş bir kullanım alanına sahiptir (Bakkali ve ark., 2008; Lis-Balchin, 2002; Duke, 2002).



Şekil 1.8. *Rosmarinus officinalis*

1.1.2.1. Biberiye Bitkisi ve Teknik Özellikleri

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisi, saçak köklere sahip, dik büyüyen, 90-200 cm'ye kadar boylanabilen, yaprak dökmeyen bir çalı türüdür ve aromatik özellik gösterir (Baytop, 1999). Dalları, sert ve odunsu bir dış yüzeyle kaplanmış olup, bu yüzeyde pullu kabuklar bulunur ve dallar çok sayıda uzun ve ince kısımlara ayrılır, genellikle kahverengidir. Yaprakları (2-4 cm uzunluğunda), yapışkan bir dokuya sahip, dar ve parlak yeşil renkte olup, kenarları kıvrılmıştır (Davis,1982) . Yaprığın alt yüzeyi ise yoğun beyaz tüylüdür. Çiçekler küçük boyutlarda olup, soluk mor veya mavi tonlarındadır (Raghavan, 2007; Charles, 2013).



Şekil 1.9. Biberiye bitkisi üst sürgünleri



Şekil 1.10. *Biberiye bitkisi kökü*



Şekil 1.11. *Biberiye bitkisi çiçekli sürgünleri*

1.1.2.1. *Biberiye Tarımı*

İklim ve Toprak isteği: Biberiye, tipik bir Akdeniz bitkisi olup güneşi ve sıcaklığı sever. Kış aylarının soğuğuna karşı duyarlıdır (Baydar 2016; Davis 1982). Bu sebeple de yüksek rakımlarda yetişemez. Akdeniz'in kalkerli, kireçli, alkali ve eğimli verimsiz topraklarda yetişir ve güneye bakan yamaçlar tercih edilmelidir (Baydar & Baydar, 2014). Ancak kültüre alındığında daha verimli olur.

Üretim ve Dikim Metodları: Biberiye, gelişmiş bir kök ve gövde yapısına sahip bir bitkidir. Üretimi, vejetatif (çelikle) ve generatif (tohumla) yöntemlerle gerçekleştirilebilir.

Vejetatif üremede, ana bitkiden 10-15 cm uzunluğunda sürgünler kesilerek gelişim hormonu çözeltisinde (Indol Bütirik Asit (IBA) veya Indol Asetik Asit (IAA)) bir süre bekletilir ve fide yataklarına ekilir (Gülşen ve Atilabey, 2017). Yaklaşık 45-50 gün sonra, sağlıklı fideler gelişir ve tarlaya dikilerek şaşırtma işlemi yapılır. En yüksek köklenme oranına sahip sürgün çelikleri ile üretim yapılır. Köklenen çelikler, Ekim-Kasım veya Mart-Nisan aylarında tarlaya ekilir.

Generatif üremede ise, 1000 adet tohum ağırlığı yaklaşık 0,9 g olan, sert yapıda ve düşük çimlenme kapasitesine sahip tohumlar kullanılır (Baydar ve Baydar, 2014). Bu nedenle, tohumla üretim yaygın bir yöntem değildir. Ekim-Kasım aylarında fide yataklarına tohumlar ekilir ve 8-10 hafta sonra fideler tarlaya ekilerek şaşırtma işlemi yapılır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

Gübreleme ve Sulama: Biberiye bitkisinin büyüme gerçekleştirebilmesi için gübreye ihtiyaç duymaz. Ancak 10 kg/da azotlu gübre uygulaması toprağın durumuna bağlı olarak biberiyenin hızlı büyümesine yardımcı olur (Baydar, 2006; Gülşen ve Atilabey, 2017). Fakat fazla gübre uygulaması biberiyenin uçucu yağ kalitesini etkileyebilir. Uçucu yağların kalitesini tehlikeye atmamak için, gübre kullanılmadan yetiştirilmesi veya hasat sonrası organik gübrelerin uygulanması önerilmektedir. Bu bağlamda, inorganik gübreler yerine kompost veya diğer organik gübrelerin kullanılması tercih edilmektedir (Baniyaghoub Abkenar et al., 2024).

Biberiye bitkisi, ilk dikim aşamasında sulamaya ihtiyaç duyar. Dikim işlemi ile birlikte can suyu verilmesi ve fidanın toprağa kök salana kadar sulama yapılması, verimi artırıcı etki sağlar.

Hasat ve Kurutma: Biberiyenin hasat zamanı; toprak verimliliğine, coğrafi koşula ve hava koşullarına göre değişim gösterebilir. Ülkemiz koşullarında ise yaz ayları sonunda (Ağustos-Eylül) hasat yapılır. Biberiye çalı formda ve çok yıllık olduğundan her 10-12 yılda bir budanarak gençleştirilmesi sağlanır. Biberiye dikiminin ikinci yılından itibaren yılda birkaç defa biçim yapılabilir. Hasat yapılırken biberiye dallarında büyüme noktası bırakılarak hasat edilmelidir. Büyüme noktası bırakılmadan hasat yapılması bitkinin ölümüne sebep olabilmektedir. Hasat yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli nokta köklere hasar vermeden hasadın tamamlanmasıdır (Baydar, 2016). Biberiye uçucu yağ üretimi için hasatın en yüksek uçucu yağ miktarının olduğu dönemlerde (Temmuz-Ağustos) yapılması gerekmektedir.

Biberiyenin hasadı, ideal zamanda yapılmalı ve kurutma işlemi büyük bir dikkatle gerçekleştirilmelidir. Güneşte kurutma, ürünün kalitesinin düşmesine yol açabilir. Bu yöntemle yapılan kurutma sırasında, ürünün fazla ısınmaması için yığın kalınlığının 20-25 cm'yi aşmaması ve yeterli hava sirkülasyonunun sağlanması önemlidir (Zhang, Li, & Zhang, 2013). Modern yapay kurutma teknikleri kullanıldığında ise ürün daha yüksek kalitede elde edilmektedir. Biberiye, 40°C'den daha düşük bir sıcaklıkta kurulmalıdır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Aksi takdirde uçucu yağda lezzet kaybı azalır ve yeşil renk bozulabilmektedir. Kurutulmuş biberiyenin yapraklarını ayıklayabilmek için işlenmesi gerekmektedir. Ayrıca yaprak dışındaki çer çöpün uzaklaştırılabilmesi için elenir ve kaliteli bir ürün elde etmek için boy ve kalitesine göre kategorilere ayrılır. Son ürün paketlenildikten sonra pazara sunulabilir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, lavanta (*Lavandula spp.*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) bitkilerinden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimlerini Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS) yöntemi kullanarak belirlemektir. Bu kapsamda, farklı lavanta ve biberiye yağı örneklerinin uçucu yağ kompozisyonları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen kimyasal bileşen verileri doğrultusunda, uçucu yağların kalite düzeylerinin değerlendirilmesi ve yüksek kaliteli yağların tanımlanmasında kullanılabilecek kimyasal belirteçlerin (marker bileşenler) saptanması hedeflenmiştir. Ayrıca, lavanta ve biberiye uçucu yağlarının bileşenlerinin yüzdesel dağılımları

karşılaştırmalı bir şekilde incelenmiş ve bu yağların endüstriyel kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir.



2. UÇUCU YAĞLAR

Uçucu yağların kimyasal yapısının en büyük kısmını terpenler oluşturur. Terpenlerin oksitlenmesiyle ortaya çıkan oksijenli türevler; koku, tat ve terapötik özellik gösteren maddelerdir. (Tisserand ve Balacs, 1995; Barnes ve ark., 2007). Bu yağların kimyasal bileşimi, bitkinin türüne, yetiştirildiği coğrafi alana, iklim koşullarına ve üretim yöntemine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Adams, 2007). Renksiz olup, hava ve güneş ışığına maruz kaldıklarında oksidasyona uğrarlar. Bu sebeple cam şişelerde kuru ve soğuk ortamlarda muhafaza edilmelidirler. Her çeşit kendi karakteristik kokularına sahiptir. Yoğunlukları sebebiyle suya homojenik olarak karışmazlar. Bitkilerin birçok kısmından (çiçek, meyve, tohum, kabuk, kök, dal) uçucu yağlar elde edilebilir. Daha çok sıcak iklim bölgelerinde yaşayan bitkiler uçucu yağ üretirler. Nedeni, uçucu yağın bitkide ısı ayarlayıcı etki göstererek bitkinin su kaybını engellemektir (Guenther, 1972). Uçucu yağlar uçucu hale geçme özelliğinden dolayı bitkiden ısı çeker ve böylece bitkinin su dengesini korumasına yardım eder.

Günümüzde 3000'den fazla uçucu yağın bileşimi tespit edilmiştir ancak bunlardan yalnızca 150'den fazlası ticari amaçlarla üretilmektedir (Lawrence, 2007).

2.1. Uçucu Yağların Elde Edilme Yöntemleri

Uçucu yağlar çeşitli yöntemlerle elde edilebilmektedir. Bu yöntemler, bitkilerin uçucu yağ içerikleri, kullanılan bitki kısmı ve bitki türüne göre belirlenir. Uçucu yağ elde edilen bitkilerde yağ oranları; bitkinin organlarına, gelişim dönemine, sıcaklık dalgalanmalarına, iklim, çevresel koşullar, topografya, bitki yaşı ve genetik faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilir. Uçucu yağ elde etme verimi birçok farklı faktöre bağlıdır ve bu faktörler zaman içinde değişkenlik gösterir. Bu faktörler arasında; bitkiden elde edilen bölüm (çiçek, kök, tohum), hasat zamanı, bitkinin vejetasyon dönemi (çiçekli, çiçeksiz, tohum), çevresel etkiler, analitik teknikler ve materyalin durumu sayılabilir. Uçucu yağ elde etme yöntemleri arasında distilasyon, presyon ve ekstraksiyon yer almaktadır.

2.1.1. Distilasyon Yöntemi

Distilasyon, iki veya daha fazla sıvı bileşenin kaynama noktası veya uçuculuk farklarına dayanarak bir karışımdan ayrılması işlemidir (Vogel, 1989). Bu işlemde, kaynama noktaları farklı olan maddelerden oluşan bir karışım, kaynama noktasına kadar ısıtılarak kaynama noktası düşük olan bileşen buharlaştırılır ve buhar soğutularak yoğunlaştırılır. Amaç, uçucu sıvıyı, genellikle farklı uçuculuk özelliklerine sahip sıvıları, uçucu olmayan maddelerden ayırmaktır. Ayrıca, destilasyonun çeşitli türleri bulunmaktadır.

2.1.1.1. Su Dehidrasyonu

Suda bulunan maddelerin ısı ile işlemle uçucu bileşenlerinin buharlaştırılması ve ardından soğutulup yoğunlaştırılmasıyla uçucu yağ elde edilir (Baser ve Buchbauer, 2010). Elde edilen yağ miktarı genellikle hacimsel olarak ifade edilir (Guenther, 1972). Su distilasyonu, özellikle toz formundaki materyallerde (örneğin; kök veya odun tozu) daha verimli sonuçlar vermektedir (Adams, 2007). Bu yöntemle elde edilen uçucu yağlar, diğer yöntemlere kıyasla daha koyu renkte ve farklı bir kokuya sahiptir.



Şekil 2.1. Clevenger düzeneği

2.1.1.2. *Buhar Destilasyonu*

Bu yöntem, uçucu organik maddelerin su buharı kullanılarak ayrıştırılmasına dayanır. Buhar distilasyonu sürecinde, taze bitki materyali cam bir kaptan yerleştirilip üzerine basınçlı buhar gönderilir. Buhar, yağ damlacıklarını taşıyarak toplama kabına iletir ve burada yağ, suyla ayrıştırılarak yoğunlaştırılır (Vogel, 1989). Tarçın ve kekik gibi ısıya duyarlı maddeler için oldukça uygun bir yöntemdir (Lawrence, 2007). Bu teknikte, buharın sıcaklık ve hızı kontrol edilebilmektedir. Büyük ölçekli uçucu yağ üretimi için oldukça verimli bir yöntemdir.

2.1.1.3. *Hidrodifüzyon*

Bu yöntemde, materyalin bulunduğu kazana buhar alttan değil, üstten verilerek ayrıştırma işlemi gerçekleştirilir. Ayrıştırma süreci, ozmotik basınca bağlı olarak gerçekleşen difüzyon mekanizmasına dayanmaktadır. Uygulaması oldukça basit olan bu yöntemin kapasitesi ise sınırlıdır. Uçucu yağların ekstraksiyonunda daha kısa süre ve enerji tasarrufu sağladığı için hidrodifüzyon yöntemi tercih edilmiştir (Chemat ve ark., 2006).

2.1.1.4. *Mikrodalga Destekli Destilasyon*

Bu yöntem, mikrodalga enerjisi kullanarak destilasyon yapılması ilkesine dayanır. Burada, materyalin ve sıvının mikrodalga enerjisini alması önemli bir rol oynamaktadır. Materyal ve su, bu şekilde ısınır. Uçucu yağların verimli ve kısa sürede elde edilmesini sağladığı için Mikrodalga Destekli Destilasyon yöntemi tercih edilmiştir (Lucchesi ve ark., 2004).

2.1.1.5. *Friksiyonlu Destilasyon*

Bu işlem, kaynama noktaları birbirine yakın bileşenlerin ayrılmasını sağlar. Süreç, buhar fazı ile sıvı fazın çok sayıda kez dengeye ulaştırıldığı kademeli bir yapıya sahiptir. Benzer bileşenlere sahip karışımların ayrılmasında daha keskin fraksiyonlama imkânı sunduğu için friksiyonlu distilasyon yöntemi tercih edilmiştir (Guenther, 1948).

2.1.1.6. *Vakum Destilasyonu*

Bileşiklerin kaynama noktalarının oldukça yüksek olması nedeniyle, sıcaklık artırımını yerine basıncın düşürülmesi daha uygun bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Basınç, bileşiğin buhar basıncının altına indirildiğinde kaynama ve distilasyon süreci başlamaktadır. Uçucu yağların düşük sıcaklıklarda daha saf bir şekilde elde edilebilmesi için vakum distilasyonu yöntemi tercih edilmiştir (Başer ve Kürkçüoğlu, 2011).

2.1.1.7. *Moleküler Destilasyon*

Kaynama sıcaklığı yüksek olan maddelerin ayrılması ve destilasyonu için, bileşenlerin buharlaşmasına dayalı molekül destilasyonunda, buhar fazındaki moleküller, kondansörün soğuk yüzeyine yapışarak ayrılmaktadır. Isıya duyarlı bileşiklerin ayrıştırılmasında yüksek verim sağladığı için moleküler distilasyon yöntemi tercih edilmiştir (Kumar ve ark., 2017).

2.1.2. **Presyon**

Bu yöntemde, bitkisel materyale doğrudan mekanik kuvvet uygulanarak hücre yapıları parçalanır ve içerdiği uçucu yağlar serbest bırakılır. Genellikle ezme, sıkma, rendeleme veya presleme gibi işlemler yoluyla uygulanır. Presyon yöntemi, işlem sırasında ısı kullanılmaması nedeniyle uçucu yağların doğal kimyasal yapısını büyük ölçüde koruyarak termo-labil (ısıya duyarlı) bileşenlerin bozulmadan elde edilmesine olanak tanır. Uçucu yağların elde edilmesinde, ısıl bozulmaların önlenmesi ve bileşiklerin doğal yapılarının korunması amacıyla presyon yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir (Bousbia ve ark., 2009).

2.1.3. **Ekstraksiyon**

Bazı aromatik bileşikler yüksek buhar sıcaklıklarından olumsuz etkilenebileceği için, destilasyon yönteminin kullanımı verimi azaltabilir. Bu sebeple, bazı uçucu yağların çiçeklerinden ayrılması için çeşitli ekstraksiyon teknikleri tercih edilmektedir. Ekstraksiyon işlemi, çözücüler kullanılarak uçucu yağın elde edilmesine dayanır.

Ekstraksiyon yöntemleri iki ana gruba ayrılır: geleneksel ve modern yöntemler. Geleneksel yöntemler arasında Sokselet ekstraksiyonu ve maserasyon işlemleri bulunur. Bu işlemler genellikle uzun sürelidir ve çevreyi kirleten çözücüler kullanılmaktadır. Modern yöntemler ise süperkritik sıvı ekstraksiyonu ve mikrodalga ekstraksiyonudur. Bu yeni geliştirilmiş yöntemler hızlı, etkili ve çağdaş tekniklerdir. Etkili bir ekstraksiyon için sıcaklık önemli bir faktör olup, uçucu bileşiklerin buharlaşma sıcaklıkları genellikle 40-60 °C arasındadır. Yarı uçucu bileşiklerin ise buharlaşma sıcaklıkları 80-100 °C arasında değişir. Sıcaklığın artması, istenmeyen artefaktların oluşmasına yol açabilir.

2.1.3.1. Çözücü Ekstraksiyon

Hidrokarbon çözücüler kullanılarak yapılan ekstraksiyon, malzemenin katı ya da sıvı olmasına göre katı-sıvı veya sıvı-sıvı ekstraksiyonu olarak adlandırılır. Geleneksel ekstraksiyon yönteminde, bitki materyali doğrudan oda sıcaklığında çözücünün içine daldırılabilir gibi, sokselet cihazında organik çözücü ile kaynatılabilir. Endüstriyel uygulamalarda organik çözücüler olarak hekzan ve etanol tercih edilirken, analitik laboratuvar çalışmalarında eter ve pentan-diklormetan karışımı (2:1) kullanılmaktadır. Ekstraksiyon işleminden sonra organik çözücü, distilasyon yöntemiyle ortamdan uzaklaştırılır ve geri kazanılır. Kalan yağda ise uçucu yağ bileşenleri bulunur.

Bu yöntem, buhar destilasyonu ile karşılaştırıldığında avantajlıdır çünkü işlem sırasında daha düşük sıcaklıklar kullanılır. Sokselet cihazında sıcaklık genellikle 60 °C'nin altında, daldırma yönteminde ise 5-25 °C aralığında sabit tutulmaktadır. Düşük sıcaklıklar, elde edilen uçucu yağın buhar distilasyonuna kıyasla daha doğal bir bileşimde olmasına olanak tanımaktadır (Linskens ve Jackson, 1997). Bununla birlikte, çözücü ekstraksiyonu bazı dezavantajlar da barındırmaktadır; bu dezavantajlar arasında ekstraksiyon sonrası yoğunlaştırma aşamasında düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşiklerin kaybı ile istenmeyen artefakt oluşumu bulunmaktadır. Ayrıca, ekstraksiyon işlemi sonrası ortamda kalan çözücü hem çevresel kirlilik hem de ekonomik açıdan ciddi bir problem oluşturmaktadır. Saf ve kaliteli çözücüler pahalı olduğundan, bu durum maddi açıdan büyük bir yük oluşturur.

2.1.3.2. *Süperkritik Sıvı Ekstraksiyon*

Ekstraksiyon sürecinde sıcaklık ve basınçtaki değişimler, uçucu yağlara özgü belirli bileşiklerin ayrıştırılmasına olanak sağlamaktadır (Congiu ve ark., 2002). Bu yöntemde, çözücüler süperkritik haline getirilerek kullanılır. Bu akışkanlar, gaz ya da sıvı olarak sınıflandırılmayan özel bir duruma sahiptir. Bu özellik, ekstraksiyon işlemleri sırasında maddelerin seçici olarak ayrılabilmesine olanak tanır.

Doğal ürünlerin organik çözücülerle işlenmesi, son yıllarda çevresel ve sağlık açısından pek tercih edilmeyen bir durum haline almıştır. Bu yöntemin tercih edilmesinin sebepleri arasında ekstraksiyon süresinin kısa olması, daha az çözücü kullanımı ve işlem süresinin kısaldığı yer almaktadır.

Süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE), bir tür çözücü ekstraksiyon yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemde çözücü olarak süperkritik sıvı özelliklerine sahip maddeler kullanılmaktadır. Söz konusu çözücüler, yüksek çözünürlük kapasiteleri ve gazlara benzer difüzyon katsayıları sayesinde, çözülmüş maddelerin hızlı bir şekilde yayılmasına olanak tanımaktadır.

Süperkritik sıvıların düşük viskoziteleri ve sıvılara kıyasla yüksek difüzyon katsayıları, onları bitkisel materyaller için ideal bir ekstraksiyon aracı haline getirir. Bu yöntemle en çok tercih edilen çözücü, karbondioksit (CO₂)'dir; çünkü kolayca temin edilebilir, düşük maliyetli, yüksek saflık oranına sahip ve çevreye etkisi minimumdur (Porta, 1999). Ekstraksiyon esnasında sıcaklık ve basınç koşullarındaki değişimler sayesinde, uçucu yağlara özgü belirli bileşiklerin ayrıştırılması mümkün olmaktadır (Moyler, 1993; Congiu ve ark., 2002; Pourmortazavi, 2004).

2.1.3.3. *Mikrodalga Ekstraksiyon*

Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak, kısa sürede ve az miktarda çözücü kullanımıyla ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Mikrodalgalar, 0.3-300 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik radyasyon dalgalarıdır. Mikrodalga enerjisinin verimliliği ise çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler arasında çözücünün kimyasal bileşimi, bitki materyalinin özellikleri ve uygulanan mikrodalga gücü yer almaktadır. Mikrodalga ile gerçekleştirilen ısıtmanın temel avantajı, moleküllerdeki zayıf hidrojen bağlarının çözülmesini sağlamasıdır. Mikrodalga

destekli ekstraksiyon işlemi iki farklı sistem kullanılarak yapılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı, sıcaklık ve basıncın kontrol altında tutulduğu kapalı sistem ekstraksiyonudur. Diğer yöntem ise atmosferik basınç koşullarında açık kaptaki uygulanmaktadır. Bu yöntemin temel avantajları arasında kısa ekstraksiyon süresi ve düşük çözücü gereksinimi bulunmaktadır. Mikrodalga ekstraksiyon yöntemi kullanılarak bitkisel materyallerdeki polifenoller ve lignanlar etkin bir şekilde ayrıştırılabilmektedir (Kaufmann ve Christen, 2002; Kaufmann ve ark., 2007; Beejmohun ve ark., 2007).

2.1.3.4. *Sıkıştırılmış Çözücü Ekstraksiyon*

Bu yöntemin kullanılma sebepleri; ekstraksiyon süresi, çözücü tüketimi ve tekrarlanabilirliktir. Etkinliğin artırılması amacıyla yüksek sıcaklık ve basınç altında organik çözücüler kullanılmaktadır. Sıcaklık artışı, ekstraksiyon sürecinin hızını artırırken, uygulanan yüksek basınç çözücüyü sıvı formda tutarak işlem güvenliğini ve hızını sağlamaktadır. Çözücünün, materyalin iç kısımlarına derinlemesine nüfuz edebilmesi için basınç uygulanmaktadır. Hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu (Accelerated Solvent Extraction - ASE) bu yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Bu teknikte, çelik bir kap içerisine yerleştirilen katı veya yarı katı örnek, çözücü ile birlikte 50-200 °C sıcaklık aralığında bir fırında ısıtılmakta ve bu sırada fırına 500-3000 psi arasında değişen bir basınç uygulanmaktadır. Ekstraksiyon işleminin 5 ila 10. dakikaları arasında taze çözücü eklenerek, hem örneğin hem de kabın yıkanması sağlanmaktadır. İşlem sonunda, sistemdeki çözücünün tamamı genellikle azot gazı kullanılarak bir toplama şişesinde biriktirilmektedir (Kaufmann ve Christen, 2002).

2.1.3.5. *Katı-Faz Mikroekstraksiyon*

Analitik yöntemler, örnek toplama, hazırlama, ayrıştırma, tespit ve sonuçların yorumlanmasını kapsamaktadır. Analiz sürecinin büyük bir kısmı örnek toplama ve hazırlama aşamalarına ayrılmaktadır.

Katı-faz mikroekstraksiyon (SPME) metodu, 1989 yılında Pawliszyn ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir ve örnek hazırlama aşamasına yenilikçi bir yaklaşım sunmuştur. Bu yöntem, ekstraksiyon ve yoğunlaştırma işlemlerini çözücü kullanmadan tek bir aşamada gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. SPME ile işlem süresi kısalmakta, maliyetler düşmekte ve

sonuçlarda iyileşmeler gözlemlenmektedir. SPME yöntemi, GC-MS veya GC teknikleriyle birlikte özellikle gıda örneklerinde bulunan uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca, yüksek-performans sıvı kromatografisi (HPLC) uygulamalarında da kullanılma alanı bulmaktadır (Vas ve Vekey, 2004).

SPME cihazı, modifiye edilmiş bir şırınga yapısında tasarlanmış olup, içerisinde bir lif tutucu ve lif grubunu barındırmaktadır. Cihazın uç kısmında, ileri-geri hareket edebilen ve uzunluğu 1-2 cm olan bir SPME lifi bulunmaktadır. Bu lif, ince bir polimer filmle kaplanmış eritilmiş silika esaslı optik bir yapıdadır.

SPME yöntemi yalnızca çözelti ya da gaz fazındaki örnekler üzerinde uygulanabilmektedir. İşlem esnasında, SPME iğnesi kapalı bir sisteme yerleştirildikten sonra koruyucu kısım geri çekilmekte ve lif, doğrudan örnek ortamı ile temas ettirilmektedir. Lif üzerindeki polimer kaplama, ortamdan absorpsiyon veya adsorpsiyon mekanizmaları ile bileşikler toplamaktadır. Sonrasında lif, koruma amacıyla metal iğne içine çekilmekte ve elde edilen örnek, GC veya GC-MS cihazlarında termal desorpsiyon yöntemi ile analiz edilmektedir (Galipo ve ark., 2002). SPME uygulamasının başarısını belirleyen temel unsur, lif kaplamasında kullanılan malzemenin türü ve kalınlığıdır. Özellikle PDMSDVB (poly(dimethylsiloxane)-divinylbenzene) tipi lifler, terpenler gibi uçucu bileşiklerin tutulmasında yaygın olarak tercih edilmektedir. SPME yönteminde etkinliği etkileyen diğer parametreler arasında ekstraksiyon süresi, desorpsiyon optimizasyonu, türevleme işlemleri ve nicel analizler yer almaktadır. Ekstraksiyon süresi, uçucu bileşikler için genellikle 1 ila 20 dakika arasında değişmekte olup, daha düşük uçuculuğa sahip bileşikler için bu süre daha uzun olabilmektedir. SPME, düşük maliyetli, hızlı, temiz ve konsantre ekstraksiyon sağlama avantajı ile kütle spektrometrisi uygulamaları için ideal bir teknik olarak değerlendirilmektedir (Araujo ve ark., 2007).

2.1.3.6. Çok Yönlü Ekstraksiyon Yöntemleri

Bu yöntem, 1964 yılında Linkens ve Nickerson tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, işlem süresi kısılırken kullanılan kimyasal maddelerin miktarı da azalır. Yöntemin çalışma prensibine göre, örnek, SDE aparatının sol tarafına yerleştirilen su dolu cam balona konularak kaynatılır. Uçucu bileşikler, buharlaşarak sol kolondan yukarı doğru yükselirken, aynı zamanda SDE aparatının sağ tarafındaki çözücü de buharlaşır. Ekstraksiyon işlemi, aparatın üst

kısımındaki soğutucunun cidarlarında su ve çözücü buharlarının yoğunlaşması ile gerçekleşir. Yoğunlaşan su ve çözücü tekrar buldukları cam balonlara geri döner ve her iki kısmı ayrı ayrı yoğunlaştırılarak uçucu bileşikler elde edilir.

SDE yöntemini etkileyen temel faktör, kullanılan çözücünün türüdür. Suyun yoğunluğundan farklı olan, ağır ya da hafif çözücülerle yapılan deneyler sonucunda en iyi çözücü olarak diklorometan belirlenmiştir. Bir diğer etken ise örneğe eklenen tuzlardır. Burada amaç, polar çözücülerin geri kazanımını artırmaktır. Destilasyon-ekstraksiyon süresi, önemli bir parametre olup, maksimum verim genellikle 30-45 dakika arasında elde edilmekle birlikte, genel olarak işlem süresi 1-2 saat civarındadır (Chaintreau, 2001). Çok yaygın olmasa da çeşitli yönleriyle dikkat çeken yöntemler arasında aynı anda yapılan destilasyon-adsorpsiyon ve destilasyon-membran ekstraksiyon teknikleri de bulunmaktadır.

2.2. Uçucu Yağların Özellikleri ve Kullanım Alanları

Aromatik bitkilerden çeşitli yöntemlerle elde edilen, kendine özgü koku, tat ve renge sahip olan bu uçucu bileşikler, bitkilerin ikincil metabolit ürünleridir (Baser & Buchbauer, 2010). Bu maddeler su içerisinde çözünmezler, ancak suda bekletildiklerinde oksijenli bileşiklerin bir kısmı çözünerek, eczacılıkta değerli aromatik suların üretimini sağlar (Guenther, 1972). Genellikle renksizdirler ve kimyasal yapılarını oluşturan en büyük grup terpenlerdir. Buna ek olarak, oksijenli terpenoit türevleri (alkoller, fenoller, fenol eterleri, aldehytler, ketonlar, laktonlar vb.) ve nadiren azot ve/veya kükürt içeren bileşenleri de bulunabilir. Birçok bileşenden oluşan bu yağların yapısı oldukça karmaşıktır (Adams, 2007; Lawrence, 2007).

Uçucu yağlar, biberiye, lavanta, kekik, defne, adaçayı, karanfil, gül, anason, zencefil, nane, karabiber ve sarımsak gibi birçok çeşide sahiptir. Biyolojik temelli pek çok ürünün bileşiminde yer alırlar. Bu nedenle, parfüm, kozmetik, gıda ve içecek endüstrileri, tıp, ev temizlik ürünleri, aroma terapisi ve eczacılık gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılırlar. Örneğin, gül yağı, antiseptik özellikleri nedeniyle tıpta, hoş kokusu sayesinde kozmetik endüstrisinde ve aroma verici olarak gıda sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca, uçucu yağlar; analjezik, antiseptik, antifungal, antiviral, bakterisit, insektisit, sedatif, stimulan ve antioksidan gibi çeşitli biyolojik etkiler göstermektedirler (Bilia ve ark.,2014).

Hidrofobik özellikleri, bu yağların antimikrobiyal ve antifungal etkilerini artırır. Ayrıca, bu özellikleri sayesinde uçucu yağlar, ambalaj ve yenilebilir filmlerde sentetik maddelere alternatif olarak koruyucu ajan olarak da kullanılabilir (Burt, 2004; Hyldgaard ve ark., 2012).

2.3. Lavanta Yağı ve Uçucu Yağ Kompozisyonu

Lavanta uçucu yağında en baskın iki bileşen linalil asetat (%20-60 aralığında) ve linalool (%20-35 aralığında) olarak tespit edilmiştir (Hui ve ark., 2010). Lavanta yağının kalitesi, özellikle içerdiği linalil asetat oranı üzerinden değerlendirilmektedir. Linalil asetat miktarının yüksek olması, uçucu yağın kalite düzeyinin de yüksek olduğuna işaret etmektedir. Çünkü lavanta yağının ayırt edici aromatik karakteri büyük ölçüde bu bileşenden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, kafur ve 1,8-sineol yönünden zengin lavanta yağları, ilaç ve insektisit sanayileri açısından büyük önem taşımaktadır (Baydar, 2013). 1,8-sineol oranı yüksek olan lavanta yağları, balgam söktürücü ve uyarıcı özellikler gösterirken, kafur oranı fazla olan lavanta yağları özellikle böcek kovucu formülasyonlarda değerlendirilmektedir (Baydar, 2010). Linalool oranı yüksek lavanta yağları ise, ilaç sektörü ve halk arasında sinir yatıştırıcı etkileri dolayısıyla, uykusuzluk ve yorgunluk şikayetlerinde doğal bir rahatlatıcı olarak tercih edilmektedir (Sönmez ve ark., 2018). Dünya genelinde ticari üretimi en fazla yapılan lavanta yağı, *Lavandula hybrida* (*L. angustifolia* x *L. latifolia*) melez türünden elde edilen lavandin yağıdır (Beus, 2006). Avrupa Farmakopesi'ne göre, parfüm üretiminde kullanılacak lavanta uçucu yağında linalil asetat oranının en az %35 olması ve kafur oranının %1.2'yi aşmaması gerekmektedir. Gerçek lavanta yağında kafur ya hiç bulunmamakta ya da miktarı bu sınırın altında kalmaktadır. Bu özellik, lavender yağını lavandin yağından ayıran temel fark olarak kabul edilmektedir. ISO 3515:2002 standartlarına göre ise, lavanta yağında linalool ve linalil asetat oranlarının %25'in üzerinde olması, kafur ve limonen miktarlarının %0.5'in altında bulunması, terpinen-4-ol içeriğinin %2-6 arasında değişmesi ve α -terpinen miktarının %1'den düşük olması beklenmektedir (Kara ve Baydar, 2014). Lavandin bitkisinin uçucu yağ verimi ve kimyasal kompozisyonu, kullanılan genetik materyalin özellikleri, tarımsal üretim koşulları ve uygulanan yetiştirme yöntemlerinden etkilenmektedir. Farklı üretim bölgelerinde yapılan çalışmalar, bu bölgelerin lavandin çiçeklerinden elde edilen uçucu yağ miktarı ve bileşimi üzerinde önemli değişimlere yol açtığını ortaya koymuştur (Kara ve Baydar, 2014; Karık ve ark., 2017; Gülşen ve Atılabey, 2017).

2.4. Biberiye Yağı ve Uçucu Yağ Kompozisyonu

Biberiye bitkisinde belirlenen en önemli iki bileşik 1,8-cineol ve alpha-pinene'dir (Baser ve Buchbauer, 2010). Biberiye bitkisinin uçucu yağ bileşenlerinin mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Adams, 2007). En yüksek uçucu yağ verimi yaz döneminde yapılan hasatlardan elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda biberiye yapraklarından süperkritik karbondioksit buhar ve su distilasyonu ile elde edilen uçucu yağların uçucu bileşenlerinin en düşük verimi su distilasyonunda elde edilmiş olup en yüksek verimi ise buhar distilasyonundan elde edilmiştir. Elde edilen uçucu yağların majör bileşenleri değişiklik gösterebilmektedir. Bunun nedeni ise elde edilmiş metotlarıdır (Pourmortazavi, 2004).



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Analizlerde kullanılan ‘Lavanta yağı’ ve ‘Biberiye Yağı’ örnekleri, Ekim 2024 tarihinde İstanbul Eminönü’ndeki çeşitli aktarlardan toplanmıştır. Lavanta yağından 10 adet 10 ml tüplere numuneler hazırlanmıştır. Biberiye yağından aynı şekilde 10 adet 10 ml tüplere numuneler hazırlanmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Gaz Kromatografisi İle Yapılan Analiz

Aktarlardan temin edilen lavanta ve biberiye yağlarının GK (Gaz Kromatografisi) analizleri yapılmıştır.

Kullanılan cihaz: GCMS-QP2010



Şekil 3.1. GK (Gaz Kromatografisi) cihazı

3.2.2. Lavanta Yağı Gaz Kromatografisi Analiz Koşulları

Kolon sıcaklığı: 60°C

Enjeksiyon sıcaklığı: 250 °C

Kolon akış hızı: 0,80 ml/dk

Split oranı: 10

İyon kaynağı sıcaklığı: 250°C

Arayüz sıcaklığı: 250°C

Metot: 60°C fırın sıcaklığında bekle; 4 c/dk artış ile 220°C'ye çık 10 dakika bekletip 1C/dk artışla 240°C'ye çık.

Toplam analiz süresi: 80 dk.

3.2.3. Biberiye Yağı Gaz Kromatografisi Analiz Koşulları

Kolon sıcaklığı: 40°C

Enjeksiyon sıcaklığı: 200°C

Kolon akış hızı: 1,0 ml/dk

Split oranı: 10

İyon kaynağı sıcaklığı: 250°C

Arayüz sıcaklığı: 250°C

Metot: 60°C fırın sıcaklığı ile analize başlanır; 3 C/dk artış ile 260°C'ye çık.

Toplam analiz süresi: 73,33 dk.

Uçucu yağ bileşenleri yukarıdaki enjeksiyon şartları altında gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak akış hızı 1 ml/dak. olan helyum (He) kullanılarak her bileşen, Kütle Spektrumlarının Wiley kütüphanesinden karşılaştırması ile tanımlanmıştır. Bileşen miktarı pik alanlarının göreceli bloklarının toplam pik alanına oranlanması yolu ile bulunmuştur.



4. BULGULAR

4.1. Lavanta Yağının Gaz Kromatografisi (GK) Analiz Sonuçları

Uçucu yağın kimyasal kompozisyonu; bitkinin türüne, yetiştiği ekolojik koşullara, hasat zamanına, distilasyon yöntemine ve kullanılan bitki kısmına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Baser ve Buchbauer, 2010; Adams, 2007). Bu çalışmada, farklı lavanta yağı numuneleri (L1-L10) üzerinde yapılan gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) analizleriyle, yağların kimyasal bileşenleri ve bu bileşenlerin yüzde oranları belirlenmiştir. Bu analizler, lavanta çeşitleri arasındaki kimyasal farklılıkları ortaya koymakta ve özellikle uçucu yağ kalitesi ile ilişkili bileşiklerin (örneğin linalool, linalil asetat, 1,8-sineol gibi) dağılımını detaylı bir şekilde göstermektedir (Kara ve Baydar, 2013).

Bu veriler, lavanta yağı kalite değerlendirmeleri, farmakolojik özellik analizleri ve endüstriyel kullanım potansiyellerinin belirlenmesi açısından önemli bir temel oluşturmaktadır.

Analiz sonuçlarından tespit edilen bileşikler Çizelge 4.1 üzerinde verilmiştir.

Çizelge 4.1. Lavanta yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri

Bileşikler	L1 (%)	L2 (%)	L3 (%)	L4 (%)	L5 (%)	L6 (%)	L7 (%)	L8 (%)	L9 (%)	L10 (%)
Eucalyptol(1,8-cineole)	10,31	4,26	1,20	-	1,71	3,38	-	3,45	3,77	4,20
Phendimetrazine	1,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dihydromyrcenol	9,60	-	-	8,88	-	-	-	-	-	2,81
Linalool	10,01	34,73	21,97	11,17	37,20	34,28	11,96	37,31	35,93	24,59
Camphor	1,67	4,35	2,67	1,82	3,73	2,74	2,36	3,83	3,59	3,14
1-Hexanol,4-methyl-,acetat	10,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allyl heptanoate	1,36	-	-	2,37	-	-	2,89	-	-	0,70
Linalyl propionate	3,28	-	0,38	-	43,29	-	3,63	0,45	-	0,91
Linalyl acetate	1,15	39,35	60,56	3,22	43,29	38,78	3,57	41,88	39,71	37,48

Çizelge 4.1. Lavanta yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Carbamate, n-[2-(4-amino-2-oxo-1,2-dihydro-1-pyrimidinyl)-1-cyanoethyl]	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IS-Neomenthyl acetate	1,95	-	-	-	-	-	1,95	-	-	-	0,76
Isobornoyl acetate	3,27	-	-	3,64	-	-	4,12	-	-	-	-
Menthyl acetate	3,15	-	-	2,13	-	-	-	-	-	-	-
Citronellyl acetate	2,46	-	-	2,35	-	-	-	-	-	-	-
4-tert-Butylcyclohexyl acetate	1,10	-	-	-	-	-	2,12	-	-	-	-
Dihydro-nor-dicyclo-pentadienyl acetate	33,69	-	-	31,83	-	-	37,39	-	-	-	-
Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-(CAS)4-Merhyl-2,6-di-tert-butyl	1,87	-	-	1,27	-	-	1,71	0,24	-	-	-
Kikumycin B	1,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--
Borneol	-	1,86	1,10	-	1,55	2,37	-	2,15	0,62	1,53	-
Neryl acetate	-	1,77	0,62	-	1,71	1,59	-	1,74	1,71	2,0	-
Caryophyllene	-	1,13	2,51	-	1,48	1,30	-	1,58	1,37	-	-
Caryophyllene oxide	-	-	0,20	-	-	-	-	0,18	-	-	-
Neoisolongifolene-8-ol	-	12,56	-	7,70	2,57	-	9,07	2,20	8,39	3,43	-
1,3,6-Octatriene, dimethyl,(E)-CCAS).Beta.Ocimene	3,7-	-	-	0,50	-	1,30	-	-	-	-	-
Hexyl isovalerate	-	-	0,15	-	-	-	-	0,17	-	-	-
Geranyl isovalerate	-	-	0,58	-	0,40	0,52	-	0,58	0,36	0,56	-
Geranyl acetate	-	-	2,52	-	0,80	-	-	0,99	0,46	0,76	-
Zingiberene	-	-	0,14	-	-	-	-	0,17	-	-	-
Beta farnesene	-	-	1,53	-	0,87	0,58	-	0,95	0,58	0,95	-

Çizelge 4.1. Lavanta yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Germacrene D	-	-	0,4	-	0,24	-	-	0,29	0,19	-
Alpha bisabolol	-	-	-	-	0,67	-	-	0,70	0,52	0,54
9,12-Octadecadienoic acid	-	-	0,19	-	-	-	-	-	0,35	-
Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl	-	-	1,83	-	-	12,6	-	-	-	-
Alpha terpineol	-	-	-	3,34	-	-	-	-	-	-
Gamma terpineol	-	-	-	0,82	-	-	1,02	-	-	-
Betha citronellol	-	-	-	1,66	-	-	-	-	-	-
Alpha terpinenly acetate	-	-	-	11,27	-	-	-	-	-	2,72
Benzene, 1,1'-oxybis-(CAS) Phenyl acetate	-	-	-	5,00	-	-	-	-	-	-
Benzenemethanol, alpha-(trichloromethyl), acetate	-	-	-	1,52	-	-	1,75	-	-	0,42
3-Phenylpropylamine	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-
Butanoic acid, hexyl ester (CAS) Hexyl butanoate	-	-	-	-	1,18	-	-	-	-	-
Gamma elemene	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-
Myrtanol,2-mervapto	-	-	-	-	-	0,99	-	-	-	-
Phenol, 3,5-bis (1,1-dimethylethyl)	-	-	-	-	-	0,87	-	-	-	-
Diphenyl ether	-	-	-	-	-	-	6,25	-	-	-
Stereoisomer	-	-	-	-	-	-	0,71	-	-	9,3
2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-
Propanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-
Alpha frenchyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-
Hexly 2-methylbutanoate	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-

Çizelge 4.1. Lavanta yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

2-Butenoic acid,2-methyl,2-propenyl ester,(E)-(CAS) Ally tiglate	-	-	-	-	-	-	-	0,45	-	-
Querctetin 7,3',4'-Trimethoxy	-	-	-	-	-	-	-	-	2,45	
Cyclohexanemethanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,69
Nerol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49
Exobornyl acetate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84
Anti-tricyclo[4.2.1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

e: eser miktar (<%0,1)

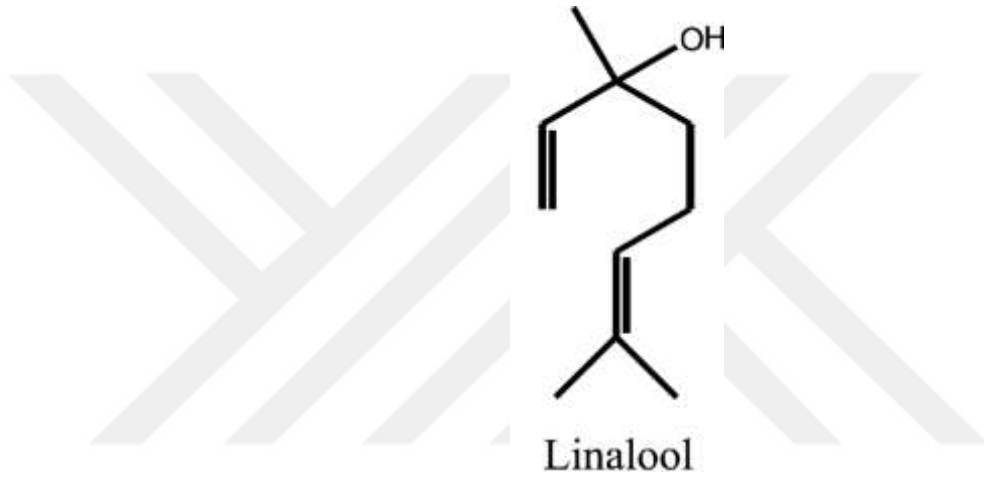
Lavanta yağı numunelerinin kalite değerlendirmesi, uçucu yağ bileşenlerinin oranları üzerinden yapılmıştır. Bu bağlamda, özellikle linalool ve linalil asetatın yüksek oranda bulunması, lavanta yağlarının kalitesinin temel göstergeleri arasında kabul edilmektedir (European Pharmacopoeia, 2019). Linalool ve linalil asetat, lavanta yağının hem karakteristik hoş kokusunu hem de farmakolojik aktivitelerini belirleyen başlıca bileşenlerdir (Katar ve ark., 2020; Smigielski ve ark., 2011).

Elde edilen bulgularda, lavanta uçucu yağlarındaki linalool oranları %10,01 ile %37,31 arasında değişmiş; linalyl acetate oranları ise %1,15 ile %60,56 aralığında tespit edilmiştir. Bu geniş aralık, örneklerin kaynağı, yetiştirme koşulları, hasat zamanı ve ekstraksiyon yöntemi gibi çevresel ve teknik faktörlere bağlı olarak kimyasal bileşimlerinde doğal varyasyonlar olduğunu göstermektedir (Adaszyńska-Skwirzyńska ve Szczerbińska, 2019; Pinto ve ark., 2007). Özellikle L8, L3 ve L5 numuneleri, yüksek linalool ve linalil asetat oranları ile kalite bakımından öne çıkmaktadır.

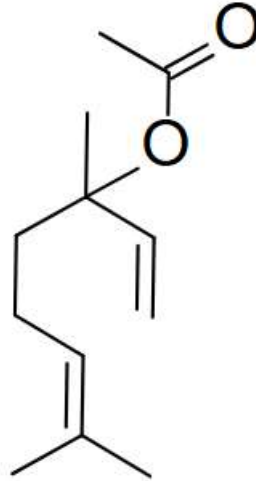
Kalitenin belirlenmesinde sadece linalool ve linalil asetat oranları değil, aynı zamanda kafur (camphor) miktarının düşük olması ve ester bileşiklerin dengeli kompozisyonu da önemli rol oynamaktadır (Kara ve Baydar, 2013). Kafur oranının artması, lavanta yağının koku profilini bozarak parfümeri sektöründe tercih edilmemesine neden olurken, aynı zamanda farmakolojik etkilerini de olumsuz etkileyebilir (Katar ve ark., 2020; Smigielski ve ark., 2011).

Dengeli ester bileşimi ise hem aromatik hem de terapötik özelliklerin optimal seviyede olmasını sağlar (Baydar, 2009).

Sonuç olarak, bu çalışmada incelenen lavanta yağı numuneleri arasında kimyasal bileşim ve kalite açısından önemli farklılıklar görülmüştür. Yüksek linalool ve linalil asetat içeriği ile düşük kafur oranına sahip numuneler, aromaterapi, kozmetik ve farmasötik uygulamalar için uygunluk göstermektedir (Bilia ve ark., 2014). Ayrıca, kalite kriterlerine uygunluk, üretici firmalar ve tüketiciler için standardizasyonun ve kalite kontrolünün önemini bir kez daha vurgulamaktadır (Pokajewicz ve ark., 2021).



Şekil 4.1. Linalool



Şekil 4.2. Linalyl acetate

4.2. Biberiye Yağının Gaz Kromatografisi (GK) Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında, on adet biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağı örneği kimyasal bileşimleri açısından analiz edilmiştir. Özellikle 1,8-Cineole, α -Pinene, Camphor ve Borneol gibi bileşenler, biberiye yağının karakteristik farmakolojik etkilerini belirleyen temel kimyasal gruplardır (Karakaya ve El, 2021).

Çizelge 4.2 de yer alan veriler, her bir örnekte tespit edilen başlıca bileşiklerin yüzdesel dağılımını göstermektedir. Bu farklılıklar, bitkisel materyalin coğrafi kökeni, toplama zamanı, damıtma yöntemi ve depolama koşulları gibi pek çok çevresel ve teknolojik faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Azmir ve ark., 2013).

Elde edilen bu veriler, biberiye uçucu yağının kalite değerlendirmesi ve potansiyel kullanım alanlarının belirlenmesi açısından önemli ipuçları sunmaktadır.

Analiz sonuçlarından tespit edilen bileşikler Çizelge 4.2 üzerinde verilmiştir.

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri

Bileşikler	B1 (%)	B2 (%)	B3 (%)	B4 (%)	B5 (%)	B6 (%)	B7 (%)	B8 (%)	B9 (%)	B10 (%)
Alpha pinene	1,79	1,05	1,89	5,94	1,74	1,30	2,24	1,05	6,05	1,03
Beta pinene	-	0,15	-	0,44	-	-	-	0,12	0,54	-
Eucalyptol (1,8-cineol)	12,55	17,16	14,98	78,21	9,48	19,87	9,24	17,84	77,23	16,88
Bicyclo[2.2.1]heptane-1-carboxylic acid, 2-bromo	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carvotanacetol	1,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyridine, 3,4,5-tribromo	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxiranecarboxamide	1,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octahydroindene-1,7a-diol	1,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nepetalactol	1,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Isopropyl myristate	56,00	74,44	63,00	0,42	44,04	70,62	39,50	74,92	1,46	73,64
Friedelanol	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ascorbyl palmitate	1,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-Nitrobenzoic acid, dodecyl ester	2,34	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrrolidine, 1-(1-cyclohexen-1-yl)	2,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azacyclotridecan	1,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distearyl thiodipropionate	1,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neoisolongifolen, 8-hydroxy	11,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,3-Nonadevanediol(CAS)	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camphene	-	0,18	0,79	-	-	0,14	-	-	-	-
Beta myrcene	-	0,16	-	-	-	0,29	-	0,20	-	-
1-Phellandrene	-	0,19	-	0,48	-	0,17	-	0,20	-	-
Delta 3-carene	-	0,35	-	-	-	0,36	-	0,29	-	0,44
Isocineole	-	1,25	-	-	-	1,07	-	1,14	-	1,21
Alpha terpinene	-	0,43	-	-	-	0,38	-	0,21	-	-
Benzen, methyl(1-methylethyl)-(CAS) cymol	-	1,32	-	-	-	1,38	-	1,46	2,05	1,34
Gamma terpinene	-	0,32	-	1,21	-	0,45	-	0,30	1,25	0,41
Promethazine	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Butenedioic acid(E) dibutyl ester	-	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Dibenzothiophene, 1,2,3,4-tetrahydro	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbomothioic acid	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Pyrimidine, 4,6-dimethoxy-5-nitro	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Acetylcyclopentanone	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Methoxyethyl, pinacolyl, methylphosphonate	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Podocarpin-14 beta-ol	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-
Sclereodiol	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Mebutamate	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-
Neoisolongifolene-8-ol	-	1,02	5,88	-	18,62	0,96	-	-	-	0,79
Propenamide	-	-	1,05	-	-	-	-	-	-	-
1-Butanamine	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-	-
2,4-Dichloro-6,7-bis[isopropylamino]pteridine	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-
Bromazepam	-	-	0,62	-	-	-	-	-	-	-
Benzenesulfonic acid	-	-	0,77	0,45	-	-	-	-	-	-
Ethanediamine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N,N'BIS(2-naphthyl)terephthalamide	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-	-
2,4-Dichloro-6-[(3-hydroxyphenylimino)methyl]phenol	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-
17-Norcorynan	-	-	0,43	-	-	-	-	-	-	-
Lonol 2	-	-	0,71	-	1,34	-	-	-	-	-
Moronic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbamic acid	-	-	0,46	-	-	-	-	-	-	-
1-Haxadecanol	-	-	0,72	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

2-Pyrazoline-1-carboxamide,5-(p-methoxyphenyl)-3-methyl-(CAS) 1-CARBAM	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-
Geranial diethyl acetal	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-
Acetamide	-	-	0,62	-	-	-	1,84	-	-	-
2-Chloro-N-(4-hydroxy-6-methyl-2-pyrimidinyl)acetamide	-	-	0,69	-	-	-	-	-	-	-
P-nitrobenzoate	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-	-
2-[N-methyl-N-cylcohexylamino]etanol	-	-	0,56	-	-	-	-	-	-	-
5-Oxazolidinone	-	-	0,69	-	-	-	-	-	-	-
1-Propanol	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-
1-Benzopyrylium	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-	-
Methyl nonactate	-	-	0,57	-	-	-	-	-	-	-
Benzene	-	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-
P-mentha-6,8-dien-2-one	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
Phenethyl alcohol	-	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-
Benzeneacetic acid	-	-	-	0,43	-	0,12	-	-	-	-
Benzenesulfonamide	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
Tetrachloropyriyltrichlorocyanopyridine	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
6-Nitroindole-3-acetaldehyde	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

n-Butylcarbamoyl-4-(salicylideneamino)benzenesulfonamide	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-
Thiourea	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
1,2-Pyridazinedicarboxylic acid	-	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-
Benzenepropanoic acid	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
Molybdenum carbonyl	-	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-
N-Thujylideneethanolamine	-	-	-	0,43	-	-	-	-	-	-
Cyclodecanone-2,2,10,10-d4(CAS)	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
4-Bromobutanoic acid	-	-	-	0,61	-	-	-	-	-	-
Cyclohexanol	-	-	-	0,48	2,52	-	-	-	-	-
Octadecanoic acid (CAS) stearic acid	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
Phneol,2,2'methylenebis [6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl]	-	-	-	3,21	-	-	-	-	-	-
Piperidin-4-ol	-	-	-	-	2,41	-	-	-	-	-
Allantoin	-	-	-	-	0,83	-	-	-	-	-
7,7'-Dihydroxy-8,8'-dimethoxy-3,3'-dimethyl-2,2'-binaphthalene-1,1',4,4'tetra	-	-	-	-	0,60	-	-	-	-	-
Cholest-5-en-3-ol(3.beta)-(CAS) lanol	-	-	-	-	0,42	-	-	-	0,35	-
N-(3-acetylamino-2-hydroxyphenyl)acetamide	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-
Nitrilotris(acetamidoxime)	-	-	-	-	0,57	-	-	-	-	-
6-Methylpyrano[2,3-e]benzotriazol-8-one	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Dyphylline	-	-	-	-	1,29	-	-	-	-	-
Purprogenin	-	-	-	-	1,04	-	-	-	-	-
Morphinan-7-one,5,6-didehydro-4-hydroxy-3,6-dimethoxy-(CAS)8,14-DIH	-	-	-	-	1,19	-	-	-	-	-
Androstan-17-ol	-	-	-	-	0,39	0,21	-	-	-	0,20
Methyl 17-oxo-24-norscalaran-25-oate	-	-	-	-	1,05	-	-	-	-	-
Carphenazine	-	-	-	-	1,05	-	-	-	-	-
4-Phenly-piperazine-1-carboxylic acid(1-phenly-cyclopropyl)-amide	-	-	-	-	1,74	-	-	-	-	-
13-Tetradecen-1-ol acetat	-	-	-	-	3,81	-	-	-	-	-
Cholestane	-	-	-	-	0,93	-	-	-	-	-
3,5-Dinitro-benzoic acid	-	-	-	-	1,27	-	-	-	-	-
Selinane	-	-	-	-	0,59	-	-	-	-	-
13-Methyl-Z-14-nonacosene	-	-	-	-	1,94	-	-	-	-	-
Ethanamine	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
Cyclopentan-3-ol[c]anthracene	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-
Nortriptyline	-	-	-	-	-	0,17	-	-	-	-
Oxonin	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-
Trans-Isomlimonene	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-
Alpha cannabielsoin	-	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-
Chromon-6-ol,5-bromo-3,4-dihydro-2,2,7-trimethyl	-	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-
Isopropyl dodecanoate	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Myristic acid	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-
p-Nitrophenyl nonyl ether	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-
Hexadecanoic acid	-	-	-	-	-	0,46	-	-	-	0,26
Methyl 1-(tert-butyl-phenyl-phosphinomethyl),pyrrolidide-2-carboxylate	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
2-Bromopropionic acid, tetradecyl ester	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-
Ethanethioic acid	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
Dimethyldiselenadithiafulvalene	-	-	-	-	-	-	1,28	-	-	-
Butanoic acid	-	-	-	-	-	-	1,49	-	-	-
Benzoic acid	-	-	-	-	-	-	1,40	-	-	-
O-2,4-dinitrophenyl-phloretic acid	-	-	-	-	-	-	2,06	-	-	-
1,4-Naphthoquinone	-	-	-	-	-	-	1,77	-	-	-
Phenol, 2,2'-[(1-methyl-1,2-ethanediyl)bis(nitrilomethylidene)]bis	-	-	-	-	-	-	1,29	-	-	-
3-(6-Bromo-3-coumarinyl)-4-hydroxy-2(1H)-quinolinone	-	-	-	-	-	-	1,33	-	-	-
Piperidine-2,6-dione	-	-	-	-	-	-	1,60	-	-	-
Benzol[b]thiophene	-	-	-	-	-	-	1,29	-	-	-
Docosane	-	-	-	-	-	-	1,40	-	-	-
Cyclopropane	-	-	-	-	-	-	1,96	-	-	-
cis-Aconitic anhydride	-	-	-	-	-	-	1,29	-	-	-
3-Ethyl-3-methylheptane	-	-	-	-	-	-	2,09	-	0,76	-
Piperazine	-	-	-	-	-	-	3,33	-	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

1,3,4-Thiadiazole-2-thiol	-	-	-	-	-	-	1,29	-	-	-
Hexachlorobenzene	-	-	-	-	-	-	1,51	-	-	-
1H-Pyrrole-2,4-dicarboxylic acid,5-formyl-3-methyl-,diethyl ester	-	-	-	-	-	-	1,76	-	-	-
4-Acetamido-N-tert-butyl-3-nitrobenzamide	-	-	-	-	-	-	1,55	-	-	-
Arabinitol	-	-	-	-	-	-	1,97	-	-	-
Phenol,2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl	-	-	-	-	-	-	11,12	0,66	4,33	
10,12-Dimethyl-1,4,7-trioxa-10,12-diazacyclotetradecane-11-thione	-	-	-	-	-	-	1,52	-	-	-
Oxiranedodecanoic acid, 3-octyl-,cis	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-
1,2-Benzenedicarboxylic acid	-	-	-	-	-	-	1,38	-	-	-
Cephalofortuneine	-	-	-	-	-	-	-	0,14	-	-
Sparsomycin	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-
Alpha obscurine	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-
Heroin	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-
Cycloisolongifolene	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-
Anthrone	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-
Coumarin-6-ol	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-
Dodecanoic acid, 1-methylethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	0,40
Phthaloylaspartic acid	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-
Cedran-diol, 8S,13	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-
3-Benzoyl-2-(1-benzyl-3-indolyl)propionic acid	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-	-

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

Bis(2,5-dichlorophenylsulphonyl)methane	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-
Heptanoic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	-
4,8'-Dimethylheptacosne	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-
4-Hydroxy-4'-phenoxydiphenylsulfone	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39	-
Cholic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	-
4-benzylamino-1-methyl-3-phenyl-quinolin-2(1H)-one	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	-
Cholest-4-en-26-oic acid	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57	-
1-Naphthalenol	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,19
Diisopropyl methanephosphonate	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-
Norepinephrine-pentatms	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	-
2,6,10,10-Tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]decan-6 ol	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	-
Lidoflazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	-
1,4;5,8-Diepoxyanthracene	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	-
Alpha humulene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44
Alpha prodine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23
Benzamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
Lauroyl peroxide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
Anthracene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27
Dimethyl-4-hydroxy-3-trimethylsilylphenyl phosphate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
2-Methylborneol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39

Ethane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Çizelge 4.2. Biberiye yağı numunelerinin uçucu yağ bileşimleri (Devamı)

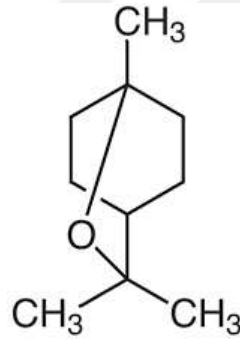
Isogeraniol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
Anodendroside-E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18
2,5-Dimethyl-4-methoxyphenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23
2-(N,N',N'-Trimethylhydrazino)-1,3-benzothiazole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17
1,3-Dioxolane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16
Desipramine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18

Bu çalışma kapsamında analiz edilen 10 farklı biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağı numunesinde bileşenler açısından önemli farklılıklar gözlenmiştir. Tüm numunelerde en yaygın ve baskın bileşenin 1,8-cineol (ökaliptol) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, daha önce yapılan çalışmalarda bildirilen biberiye uçucu yağının kimyasal profili ile uyumludur (Karakaya ve El, 2021; Boutekedjiret ve ark., 2003). 1,8-cineol'ün uçucu yağdaki oranının %9,24 ile %78,21 arasında değişmesi, bitkinin yetiştiği coğrafi koşullar, iklim, hasat zamanı ve ekstraksiyon yöntemine bağlı doğal varyasyonları yansıtmaktadır (Baydar, 2009; Kara ve Baydar, 2013).

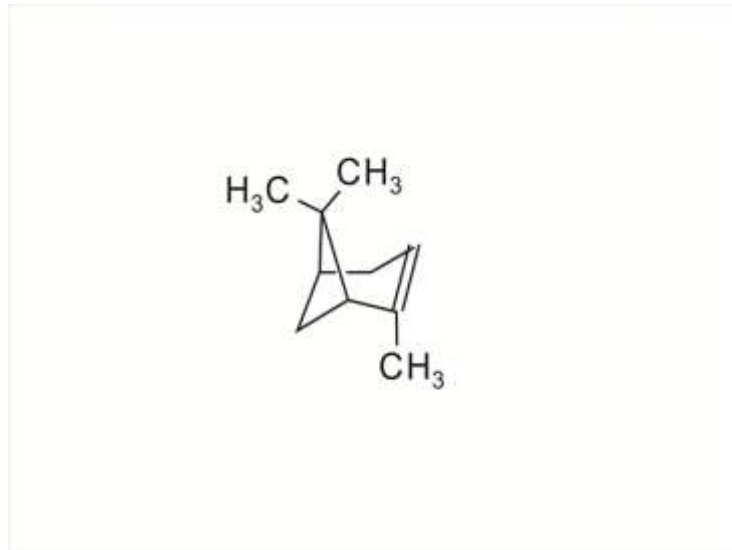
B6 ve B9 numunelerinin “klasik” biberiye yağı profiline daha yakın olduğu görülmüş; bu durum, bu örneklerin doğal ve katkısız uçucu yağlar olduğunu desteklemektedir. Diğer yandan, B2, B8 ve B10 numunelerinde yüksek oranda (yaklaşık %74) isopropyl myristate tespit edilmiştir. İso-propyl myristate, literatürde yaygın olarak emülsifiye edici ve cilt penetrasyonunu artırıcı taşıyıcı madde olarak tanımlanmakta olup, doğal uçucu yağlarda bulunması beklenmemektedir (Williams ve Barry, 2004). Bu bulgu, bu numunelerin ticari formülasyonlar veya kozmetik ve farmasötik ürün katkıları içerebileceğine işaret etmektedir. Bu tür katkılar, uçucu yağın saflığını ve doğal karakterini olumsuz etkileyebileceği gibi, ürünlerin biyolojik etkinliklerini de değiştirebilir (Pokajewicz ve ark., 2021).

Ana bileşenlerden alpha-pinene oranları %1,03 ile %6,05 arasında değişmiş olup, bu da biberiye yağlarının literatürde bildirilen aralıklarla uyumludur (Karakaya ve El, 2021). Alpha-pinene, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktiviteye katkıda bulunan önemli bir monoterpen olarak bilinir (Boutekedjiret ve ark., 2003). Dolayısıyla, hem 1,8-cineol hem de alpha-pinene oranlarındaki varyasyonlar, biberiye yağlarının farmakolojik etkinlik ve kalite kriterleri açısından dikkate alınması gereken önemli parametrelerdir.

Sonuç olarak, analiz edilen numuneler arasında doğal uçucu yağ karakterini yansıtan örneklerin yanı sıra, muhtemel katkılar içeren ticari ürünlerin de bulunduğu görülmüştür. Bu durum, özellikle ticari uçucu yağların kalite kontrolünün önemini ortaya koymakta ve tüketici güvenliği açısından standardizasyonun gerekliliğini vurgulamaktadır (Kara ve Baydar, 2013; Pokajewicz ve ark., 2021).



Şekil 4.3. 1,8-cineol



Şekil 4.4. Alpha pinene

5. SONUÇ

Bu çalışma, lavanta (*Lavandula spp.*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) uçucu yağlarının kimyasal bileşimlerini analiz etmek amacıyla gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) yöntemiyle yapılan incelemeleri kapsamaktadır. Araştırma bulguları, her iki bitki türünün uçucu yağlarının, içeriklerinde önemli farklılıklar sergileyen bileşikler barındırdığını ve bu farklılıkların bitkilerin genetik özellikleri, yetiştirilme koşulları, hasat zamanı ve damıtma teknikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

Lavanta uçucu yağlarının 56 bileşikle %100'ü aydınlatılmıştır. Lavanta yağının bileşiminde belirgin olarak bulunan başlıca bileşikler arasında linalool ve linalil asetat öne çıkmaktadır. Linalool, lavanta yağlarının başlıca aromatik bileşiği olup, farklı lavanta örneklerinde %10,01 ile %37,31 arasında değişen oranlarda tespit edilmiştir. Linalil asetat ise, kaliteyi belirleyen bir diğer önemli bileşen olup, bazı örneklerde %60,56'ya kadar yüksek oranlarda bulunmuştur. Bu bileşiklerin yüksek oranlara sahip olduğu lavanta örnekleri, genellikle yüksek kaliteli uçucu yağlar olarak değerlendirilmiştir. Diğer taraftan, kafur oranlarının düşük olması, kaliteli lavanta yağlarının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Avrupa Farmokopresi'ne göre lavanta yağında bulunun kafur'un üst sınırının %1,2 olması istenmektedir. Analizini yaptığımız numuneler de ise kafur miktarı %3,83-1,67 arasında değişkenlik göstermektedir. Linalyl acetate bileşiğinin fazla olduğu numuneler (L8, L3 ve L5) ise kalite açısından daha yüksek performans göstermektedir. Lavanta uçucu yağlarının kalitesini etkileyen bir diğer unsur ise ester bileşiklerinin dengeli bir dağılımıdır. Yapılan analizler, lavanta yağının endüstriyel kullanım potansiyelini ve farmakolojik özelliklerini belirlemek açısından son derece değerli bilgiler sunmaktadır.

Biberiye uçucu yağlarının 173 bileşikle %100'ü aydınlatılmıştır. Biberiye yağının bileşiminde ise en belirgin bileşikler 1,8-cineol (eucalyptol), α -pinene, kamfor ve borneol gibi terpenoidlerdir. Özellikle 1,8-cineol, biberiye yağındaki en fazla tespit edilen bileşik olup, farklı örneklerde %9,48 ile %78,21 arasında değişen oranlarda bulunmaktadır. α -pinene ve kafor gibi bileşikler, biberiye yağının farmakolojik etkilerini belirleyen temel unsurlar arasında yer almakta olup, bu bileşiklerin oranlarındaki değişiklikler, biberiye yağının çeşitli biyolojik aktiviteleri üzerinde etkili olabilir. Diğer bileşikler ise daha düşük oranlarda tespit edilmiştir ve bu bileşiklerin varlığı, yağın kalitesini etkileyen yardımcı unsurlar olarak değerlendirilmektedir. Isopropyl myristate ve neoisolongifolene-8-ol gibi bileşiklerin varlığı, bazı biberiye yağ örneklerinde yüksek oranda bulunmakta olup, bu da bazı numunelerin kalitesini düşürebilecek faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Her iki bitki yağının kimyasal bileşimleri, uçucu yağların kalitesini belirleyen en önemli kriterlerden biri olan bileşik oranları ile doğrudan ilişkilidir. Lavanta yağında yüksek linalool ve linalyl acetate oranlarının bulunması, kaliteyi artıran bir faktör olarak öne çıkarken, biberiye yağında ise 1,8-cineol oranının yüksekliği, yağın etkinliğini artıran önemli bir özellik olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, her iki yağda da belirli bileşiklerin (örneğin, kafur ve isopropyl myristate) yüksek oranda bulunması, yağın kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Lavanta yağı ve biberiye yağı arasındaki kimyasal farklılıklar, bu yağların endüstriyel kullanım alanlarını ve farmakolojik etkilerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, lavanta ve biberiye uçucu yağlarının kimyasal bileşenlerinin analiz edilerek, kalite değerlendirmelerinin yapılmasının önemini vurgulamaktadır. Lavanta ve biberiye yağlarının içerdiği bileşiklerin yüzdesel dağılımı, yağların kalite düzeylerinin yanı sıra potansiyel farmakolojik kullanım alanlarını da belirlemektedir. Bu veriler, özellikle kozmetik, aromaterapi ve farmasötik endüstrilerde kullanılacak yüksek kaliteli uçucu yağların üretimi için önemli bir referans kaynağı oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (4th ed.). Allured Publishing.
- Adaszyńska-Skwirzyńska, M., & Szczerbińska, D. (2019). Variation in chemical composition of lavender essential oil as a function of environmental conditions. *Industrial Crops and Products*, 132, 292–299.
- Araujo, H.C., Lacerda, M.E.G., Lopes, D., Bizzo, H.R. and Kaplan, M.A.C. 2007. Studies On The Aroma Of Mate (*Ilex paraquariensis* St.Hil.) Using Headspace Solid-Phase Microextraction. *Phytochemical Analysis*. 18, 469-474.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Baniyaghoub Abkenar, M., et al. (2024). Organic manures enhance biomass and improve content, chemical compounds of essential oil and antioxidant capacity of medicinal plants: A review. *Frontiers in Plant Science*, 15, 11408794.
- Barnes, J., Anderson, L. A., & Phillipson, J. D. (2007). *Herbal medicines* (3rd ed.). Pharmaceutical Press.
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (Eds.). (2010). *Handbook of essential oils: Science, technology, and applications* (2nd ed.). CRC Press.
- Başer, K. H. C., & Kürkçüoğlu, M. (2011). *Tıbbi aromatik bitkiler ve uçucu yağları*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Baydar, H. (2006). *Bitkisel Uçucu Yağlar ve Özellikleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Baydar, H. (2009). *Tıbbi Aromatik Bitkiler: Bilimi, Teknolojisi ve Kullanımı* (3. baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Baydar, H. (2013). *Uçucu Yağ Teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Baydar, H. (2016). *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi* (3. baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Baydar, H., & Baydar, N. G. (2014). *Akdeniz bitkileri: Özellikler ve yetiştirme koşulları*. Akdeniz Üniversitesi Yayınları.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye’de bitkiler ile tedavi* (Revised 3rd ed.). Nobel Tıp Kitabevi.

- Baytop, T. (1999). Türkiye’de bitkiler ile tedavi: Geçmişte ve bugün (2. baskı). Nobel Tıp Kitabevleri.
- Beejmohun, V., Flinaux, O., Grand, E., Lamblin, F., Bensaddek, L., Christen, P., Kovensky, J., Flinaux, M. and Mesnard, F. 2007. Microwave-Assisted Extraction Of The Main Phenolic Compounds In Flaxseed. *Phytochemical Analysis*, 18, 275-282.
- Begum, A., Sandhya, S., Ali, S. S., Vinod, K. R., Reddy, S., & Banji, D. (2013). An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(1), 61–73.
- Beus, C. E. (2006). Lavender farming and essential oil production. *Essential Oil Journal*, 15(3), 45–50.
- Bilia, A. R., Guccione, C., Isacchi, B., Righeschi, C., Firenzuoli, F., Bergonzi, M. C. (2014). Essential oils loaded in nanosystems: A developing strategy for a successful therapeutic approach. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 651593.
- Bousbia, N., Vian, M. A., Ferhat, M. A., Petitcolas, E., Meklati, B. Y., Chemat, F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. *Food Chemistry*, 114(1), 355–362.
- Boutekdjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., Bessiere, J. M. (2003). Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), 481–484.
- Burt, S. A. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
- Charles, D. J. (2013). *Antioxidant properties of spices, herbs and other sources*. Springer.
- Chemat, F., Tomao, V., Chemat, S. (2006). Hydrodiffusion and gravity: A new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1112(1–2), 121–126.
- Congiu, F., Chemat, F., Cravotto, G., Carta, M. (2002). Supercritical fluid extraction and bioactive compounds. *International Journal of Pharmaceutics*, 242(1–2), 157–163.
- Çatak, E., Atalay, A. (2022). Lamiaceae (Labiatae) (Ballıbabagiller) familyasının ekonomik ve tıbbi değerleri. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 9(20), 150–157.
- Davis, P. H. (Ed.). (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 7). Edinburgh University Press.
- Duke, J. A. (2000). *Handbook of medicinal herbs* (2nd ed.). CRC Press.
- Elamrani, A., Zrira, S., Benjilali, B., Bessière, J. M. (2000). Chemical composition of essential oils from *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula angustifolia* grown in Morocco. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 613–616.

- Erbaş, S., Baydar, H. (2008). Effects of harvest time and drying temperature on essential oil content and composition in lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.). *Turkish Journal of Field Crops*, 13(1), 23–31.
- European Directorate for the Quality of Medicines. (2019). *European Pharmacopoeia* (10th ed.). Council of Europe.
- Grieve, M. (1982). *A modern herbal: The medicinal, culinary, cosmetic and economic properties, cultivation and folklore of herbs, grasses, fungi, shrubs and trees with all their modern scientific uses* (Vol. 2). Dover Publications.
- Guenther, E. (1948). *The essential oils* (Vol. 1). D. Van Nostrand Company.
- Gülşen, A., Atılabey, N. (2017). Lavanta ve biberiye gibi tıbbi aromatik bitkilerin üretim teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 23, 12–22.
- Hui, Y. H., Wrolstad, R. E., Barbosa-Cánovas, G. V. (2010). *Handbook of plant-based essential oils*. CRC Press.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3, 12.
- Kahraman, N., Erdemir, S. (2016). Bitkisel uçucu yağların elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri üzerine bir inceleme. *Akademik Gıda*, 14(1), 85–92.
- Kara, N., Baydar, H. (2011). Farklı lavanta (*Lavandula* sp.) türlerinde çiçek verimi ve uçucu yağ bileşimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 68–74.
- Kara, N., Baydar, H. (2013). Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1), 58–65.
- Kara, N., Baydar, H. (2013). Lavanta türlerinde uçucu yağ kalitesini etkileyen faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 45–52.
- Kara, N., Baydar, H. (2014). Lavanta uçucu yağlarının ISO 3515:2002 standardına göre değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 10–15.
- Karakaya, S., El, S. N. (2021). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağının kimyasal bileşimi ve farmakolojik etkileri. *Gıda ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(1), 45–52.
- Katar, D., Demir, E., Aydın, A. (2020). Lavanta (*Lavandula angustifolia*) esansiyel yağının biyolojik etkileri. *Fitoterapi ve Aromaterapi Dergisi*, 2(1), 25–32.
- Katar, M. Ü., Cemek, M., Yurttagül, H. Ş., Yılmaz, O. (2020). Chemical composition and pharmacological evaluation of *Lavandula angustifolia* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 32(6), 415–426.

- Kaufmann, B., Christen, P., 2002 Recent Extraction Techniques For Natural Products: Microwave-Assisted Extraction And Pressurised Solvent Extraction. *Phytochemical Analysis*, 13, 105-113.
- Kaufmann, B., Rudaz, S., Cherkaoui, S., Veuthey, J.L., Chisten, P., 2007 Influence Of Plant Matrix On Microwave-Assisted Extraction Process. The Case Of Diosgenin Extracted From Fenugreek. *Phytochemical. Analysis*. 18, 70-76.
- Kumar, P., Prasad, R., Sharma, A. (2017). Molecular distillation: A comprehensive review. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 119, 36-54.
- Lawrence, B. M. (2007). A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. Allured Publishing.
- Linskens, H. F., Jackson, J.F, (1997). *Modern Methods of Plant Analysis*, Vol. 12: Essential Oils and waxes, Springer, Germany.
- Lis-Balchin, M. (2002). *Aromatherapy science: A guide for healthcare professionals*. Pharmaceutical Press.
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327.
- Pinto, J. E. B. P., Cardoso, J. C. W., De Castro, E. M., Bertolucci, S. K. V., De Melo, L. A., Dousseau, S. (2007). Morphophysiological aspects and essential oil content in Brazilian-lavender as affected by shadowing. *Horticultura Brasileira*, 25(2), 210–214.
- Pokajewicz, K., Waszkiewicz-Robak, B., Karwowska, M. (2021). Essential oils in food preservation and pharmaceuticals: Quality control and regulatory aspects. *Molecules*, 26(11), 3281.
- Raghavan, S. (2007). *Handbook of spices, seasonings, and flavorings* (2nd ed.). CRC Press.
- Śmigielski, K. B., Prusinowska, R., Raj, A., Gruska, R. M. (2011). Effect of drying on the composition of essential oil from *Lavandula angustifolia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(5), 532–542.
- Sönmez, Ç., Kızıltaş, H., Özkan, A. (2018). Linalool içeriği yüksek lavanta yağlarının biyolojik etkileri. *Fitoterapi Dergisi*, 3(1), 22–28.
- Stanev, S., Stoyanova, A., Zheljazkov, V. D. (2016). Productivity and oil quality of Bulgarian lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 81, 182–190.
- Szekely-Varga, Z., Nagy, E., Katay, G. (2021). Effect of gibberellic acid on the seed germination of *Lavandula angustifolia* Mill. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, 13(1), 18–26.

- Tisserand, R., Young, R. (2014). Essential oil safety: A guide for health care professionals (2nd ed.). Elsevier Health Sciences.
- TÜİK (2022). Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu.
- USDA, ARS (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service). (2024). Germplasm Resources Information Network (GRIN-Taxonomy).
- Vas, G., Vekey, K., 2004 Solid-Phase Microextraction: A powerful Sample Preparation Tool Prior To Mass Spectrometric Analysis. J.of Mass Spectrometry, 39:233-254.
- Vogel, A. I. (1989). Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry (5th ed.). Longman Scientific & Technical.
- Yücel, E. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ üretim teknikleri. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Zhang, Y., Li, X., Zhang, Y. (2013). Discrete heaped model of tobacco strips drying and characteristics analysis of heat and mass transfer. Applied Energy, 104, 100-107.