



**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÜL YAĞI ELDESİNDE DESTİLASYON İŞLEMİ ÖNCESİ  
ULTRASES UYGULAMASININ İŞLEM SÜRESİ, UÇUCU YAĞ  
BİLEŞİMİ İLE PROSES VERİMİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tuğba YAMAN**

**BURDUR, 2017**



**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÜL YAĞI ELDESİNDE DESTİLASYON İŞLEMİ ÖNCESİ  
ULTRASES UYGULAMASININ İŞLEM SÜRESİ, UÇUCU YAĞ  
BİLEŞİMİ İLE PROSES VERİMİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tuğba YAMAN**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şükran KULEAŞAN**

**BURDUR, 2017**

## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

**Tuğba YAMAN** tarafından **Yrd. Doç. Dr. Şükran KULEAŞAN** yönetiminde hazırlanan “**Gül Yağı Eldesinde Destilasyon İşlemi Öncesi Ultrases Uygulamasının İşlem Süresi, Uçucu Yağ Bileşimi İle Proses Verimine Etkisinin Araştırılması**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25/05/2017

**Doç. Dr. Gülcan ÖZKAN** (Başkan)

Süleyman Demirel Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Gıda Mühendisliği Bölümü.....

**Yrd. Doç. Dr. Şükran KULEAŞAN** (Jüri Üyesi)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Gıda Mühendisliği Bölümü.....

**Yrd. Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY** (Jüri Üyesi)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Biyomühendislik Bölümü.....

### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

.....  
**Prof. Dr. İskender GÜLLE**

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Gül Yağı Eldesinde Destilasyon İşlemi Öncesi Ultrases Uygulamasının İşlem Süresi, Uçucu Yağ Bileşimi İle Proses Verimine Etkisinin Araştırılması”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

25 / 05 / 2017

(İmza)

Tuğba YAMAN

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım tüm zorlukları aşmamda bilgi ve deneyimi ile her zaman benim yanımda ve bana yardımcı olan çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Şükran KULEAŞAN'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca laboratuvarlarını bana açan ve çalışmalarım boyunca her zaman bana destek olan ve hiçbir yardımı benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Yusuf YILMAZ ve Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY'a teşekkür ederim.

Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrofotometresi (GC/MS) analizleri için Yrd. Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca daima yanımda olan ve biricik oğlumun bakımını üstlenen biricik aileme, çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen canım eşim Öğr. Gör. Hasan YAMAN'a, her daim yanımda olan arkadaşım Hacer PARLAR'a ve annesinin yokluğunda sabırsızlıkla annesinin gelmesini bekleyen biricik oğlum Furkan Enes'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

0397-YL-16 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

**Mayıs, 2017**

**Tuğba YAMAN**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	iiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. Uçucu Yağların Özellikleri.....	7
2.2. Uçucu Yağların Bileşimi.....	8
2.3. Uçucu Yağ Elde Etme Yöntemleri.....	10
2.3.1. Destilasyon.....	11
2.3.1.1. Su Destilasyonu.....	11
2.3.1.2. Buhar Destilasyonu.....	12
2.3.1.3. Su-Buhar Destilasyonu.....	14
2.4. Ultrases Teknolojisi.....	15
2.4.1. Ultrases İşleminin Sınıflandırılması.....	17
2.4.2. Ultrases İşleminin Bileşenleri ve Mekanizması.....	18
2.4.3. Ultrases Teknolojisinin Ekstraksiyon İşleminde Kullanımı.....	21
2.5. Destilasyon/Ekstraksiyon Uygulamalarında Ultrases Eşliğinde Yapılan Çalışmaların Özeti.....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.2. Aletler ve Cihazlar.....	26
3.3. Yöntem.....	27
3.3.1. Konvensiyonel Yöntem.....	27
3.3.2. Konvensiyonel Yöntem Öncesi Ultrases Ön İşlemi.....	28
3.3.3. Gül Yağının GC/MS Analizleri.....	30
3.3.4. İstatistik Analizler.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Elde Edilen Gül Yağı Miktarları.....	32
4.2. Gül Yağının Bileşenleri ve Miktarlarına Ait Sonuçlar.....	34
5. SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	67

## ŞEKİL DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Uçucu yağların elde edildiği bitki kısımları (Handa, 2008).....	7
Şekil 2.2. Gül yağında bulunan bazı uçucu yağ bileşenleri (Örs, 2000).....	10
Şekil 2.3. Su destilasyonu sistemi (Başer, 2010) .....	12
Şekil 2.4. Buhar destilasyonu sistemi (Başer, 2010).....	13
Şekil 2.6. Ses hareketi (G: Genleşme S: Sıkışma) (Mason, 1999; Akoh ve Lai, 2005).....	15
Şekil 2.7. Ses Frekans Spektrumu (Mason, 1999; Akyüz, 2010) .....	16
Şekil 2.8. Kavitasyon kabarcık oluşumu ve çökmesi (Anonim, 2016b).....	20
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan güllerin temin edildiği Isparta'daki gül bahçesi.....	26
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Neo - Clevenger aparatı .....	28
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan ultrasonik su banyosu.....	29
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan GC-MS cihazı.....	30
Şekil 4.1. Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktarı %(v/w). .....	32
Şekil 4.2. 19. Numuneye ait kromatogram.....	49
Şekil 4.3. 10. Numuneye ait kromatogram.....	50
Şekil 4.4. 1. Numuneye ait kromatogram .....	50
Şekil 4.5. Gül yağında S/G oranı.....	51
Şekil 4.6. Monoterpen ve Hidrokarbon miktarları (%). .....	53
Şekil 4.7. Monoterpen/Hidrokarbon oranları .....	53



## ÇİZELGE DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 1.1.</b> Dünya gül çiçeği üretimi, Ton (Anonim, 2015).....	2
<b>Çizelge 1.2.</b> Gül yağı ihracat miktar ve bedelleri (Anonim, 2015).....	3
<b>Çizelge 1.3.</b> Gül yağı ve gül konkriti birim ihracat fiyatları (€/Kg) (Anonim, 2015).....	3
<b>Çizelge 4.1.</b> Uçucu yağ miktarı (v/w) .....	32
<b>Çizelge 4.2.</b> Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % ( $\alpha$ - pinen, $\beta$ -pinen, mirsen, $\alpha$ -terpinen, limonen, $\gamma$ -terpinen, o-simen, $\alpha$ -terpinole) .....	37
<b>Çizelge 4.3.</b> Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (1- hexanol, nonanal, pentadekan, linalol, $\beta$ -bourbon, azulen, transkaryofilen, sitronelil asetat) .....	37
<b>Çizelge 4.4.</b> Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (Heptadekan, sitral, 8-heptedesen, $\alpha$ -karyofilen, sitronellol, nerol, geraniol, nonadekan) .....	38
<b>Çizelge 4.5.</b> Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (9- nonadesen, fenil etil alkol, eikosan, metil öjenol, heneikosan, öjenol, trikosan, farnesol).....	38
<b>Çizelge 4.6.</b> Gül yağında tespit edilen S/G oranları .....	51
<b>Çizelge 4.7.</b> Monoterpen ve uzun zincirli hidrokarbonların oranı (%) .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>MAKÜ</b>	: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
<b>SE</b>	: Soxhlet ekstraksiyonu
<b>UDE</b>	: Ultrases Destekli Ekstraksiyon
<b>UH</b>	: Ultrasonik Horn
<b>USB</b>	: Ultrasonik Su Banyosu
<b>dk.</b>	: Dakika
<b>g</b>	: Gram
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>M0</b>	: Konvensiyonel yöntem
<b>M50-5</b>	: Ultrases uygulaması; %50 güç- 5dk
<b>M50-10</b>	: Ultrases uygulaması; %50 güç 10 dk
<b>M100-5</b>	: Ultrases uygulaması; %100 güç 5 dk
<b>M100-10</b>	: Ultrases uygulaması; %100 güç 10 dk
<b>rpm</b>	: Dakikadaki devir sayısı (revolutions per minute)
<b>sn.</b>	: Saniye
<b>v</b>	: Hacim (volume)
<b>W</b>	: Watt
<b>w</b>	: Ağırlık (weight)

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**Gül Yağı Eldesinde Destilasyon İşlemi Öncesi Ultrases Uygulamasının İşlem Süresi, Uçucu Yağ Bileşimi İle Proses Verimine Etkisinin Araştırılması**

**Tuğba YAMAN**

**Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şükran KULEAŞAN**

**Mayıs, 2017**

Bu tez çalışmasında Isparta bölgesinde yetişen gül'den (*Rosa damascena* Mill.) su destilasyonu ile gül yağı elde edilmiştir. Destilasyon öncesi uygulanan ultrases işleminin işlem süresi, uçucu yağ bileşenleri ve gül yağı verimine etkisi araştırılmıştır. Destilasyon işlemi Clevenger aparatı kullanılarak gerçekleştirilmiş, işlem öncesinde örnekler %50 güç-5dk., %50 güç-10 dk., %100 güç-5dk. ve %100 güç-10 dk. olarak belirlenmiş koşullarda ultrasonik su banyosunda ultrases uygulanmıştır. Ultrases uygulanmayan kontrol grubu ile veriler karşılaştırılmıştır. Ulaşılan en yüksek uçucu yağ verimi, %0,040 ile, M100-10 işlem uygulaması sonrasında yapılan destilasyon işlemi sonucu elde edilmiştir. Ultrases uygulanmayan destilasyon işlemiyle kıyaslandığında, elde edilen uçucu yağ miktarında %14,3 oranında artış sağlanmıştır ( $P>0,05$ ). Ultrases uygulanmayan yöntemde destilasyon işlemi 180 dk.'da, ultrases işlemi uygulanan yöntemde ise yaklaşık 90 dk.'da tamamlanmış olup ekstraksiyon süresi %50 oranda kısalmıştır. Yapılan GC-MS analizlerinde gül yağında 32 adet bileşen tespit edilmiştir. Tespit edilen bu bileşenlerin oranları değerlendirildiğinde, uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak büyük ölçüde önemli bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Destilasyon işlemi öncesi ultrases uygulamasının ekstraksiyon süresini kısalttığı; uçucu bileşenlerde ise büyük oranda değişikliğe neden olmadığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Rosa damascena*, ultrases, ultrasonikasyon, gül yağı, destilasyon.

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0397-YL-16 proje numarası ile desteklenmiştir

## SUMMARY

M. Sc. Thesis

**Determination of The Effect of Ultrasonic Pre-treatment on The Distillation Time, Essential Oil Composition and Yield in Rose Oil Production**

**Tuğba YAMAN**

**Mehmet Akif Ersoy University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Food Engineering Department  
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şükran KULEAŞAN**

**May, 2017**

In this thesis, rose oil was produced by water distillation from *Rosa damascena* Mill. grown in Isparta region. The effect of ultrasonic pretreatment on distillation time, essential oil components and yield were investigated. Distillation procedure was carried out using Clevenger apparatus and before the distillation procedure ultrasound was applied under various conditions as 50% power-5 min, 50% power-10 min, 100% power-5 min and 100% power-10 min in an ultrasonic water bath. The data were compared to the control group in which the conventional distillation process was applied. The highest volatile oil yield was 0,040% which was reached in the distillation process after M100-10 treatment. When results compared with the conventional distillation process, 14,3% increase was achieved regarding the amount of essential oil obtained ( $P>0,05$ ). Distillation process was completed in 180 min without ultrasonic treatment while ultrasound pre-treated distillation process was completed in 90 min, which means that the extraction time was shortened by 50%. In GC-MS analysis 32 different components were determined in rose oil samples. When the percentages of these components were compared, the difference between the applications was not statistically significant ( $P>0,05$ ). The ultrasound pre-treated distillation process shortened the extraction time while the process did not cause a large variation on the volatile components.

**Keywords:** *Rosa damascena*, ultrasound, ultrasonication, rose oil, distillation.

The present M.Sc. Thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordination Office with project number 0397-YL-16.

# 1. GİRİŞ

Ülkemizin iklimi, coğrafik özellikleri ve jeolojik özellikleri düşünüldüğünde, zengin bir biyo çeşitliliğe sahip olması, ülkemize özgü endemik bitkilerin çeşitliliğini de beraberinde getirmektedir. Avrupa'nın tamamında 13000 adet farklı bitki türü varken, yalnızca ülkemizde bu değer 12000 civarını bulmaktadır (Yaylı vd., 2005). Ülkemizde 346 adet bitkinin ticareti yapılmakta olup, bunlardan 112 adet türün ihraç edildiği, ihraç edilen bu bitkilerin 24 adetinin endemik bitki olduğu bildirilmektedir (Yaylı vd., 2005).

Gül, dış mekân ve saksı bitkisi olarak süs bitkisi sektöründe önemli bir yere sahipken, tıbbi ve aromatik bir bitki olarak da parfüm, gıda ve kozmetik endüstrisinde önemli bir yer tutmaktadır (Guterman vd., 2002; Jabbarzadeh ve Khosh-khui, 2005; Senapati ve Rout, 2008).

Dünyada 100'ün üzerinde farklı kokulu gül olduğu bilinmekle birlikte, uçucu yağ üretiminde *Rosa damascena* Mill., *Rosa gallica* L., *Rosa moschata* Herrm ve *Rosa centifolia* L. türleri kullanılmakta olup bunlardan en önemlisinin *Rosa Damascena* Mill. olduğu belirtilmektedir (Antonelli vd., 1997; Nilsson 1997; Tucker ve Maciarelo, 1998).

Yağ gülünün dünyada en çok üretildiği ülkeler Türkiye, Bulgaristan, Güney Rusya ve Fas'tır. *Rosa damascena*; pembe yağ gülü, şam gülü olarak da bilinmekle beraber Türkiye'de Isparta gülü, Bulgaristan'da ise 'Kazanlık gülü' olarak isimlendirilmektedir. Elde edilen gül gülyağları ise Türk ve Bulgar gül yağı olarak adlandırılmaktadır (Weiss 1997; Baydar vd., 2008a).

Yağ gülü çok yıllık, dikenli, 30 patelli ve keskin kokulu bir bitki olup, Mayıs ayının ikinci yarısından başlayarak haziran ayının sonuna kadar geçen 40 günlük döneme, gülün çiçeklenme zamanı denilmektedir. Bu dönem gül yağı damıtma zamanı olarak adlandırılmaktadır (Baydar vd., 2007; Sarıbaş ve Aslanca, 2011; Baydar ve Erbaş, 2016). Gül yağından yüksek verim elde edebilmek için çiçekler sabahın erken saatlerinde toplanarak damıtma merkezlerine ulaştırılmalıdır (Baydar vd., 2008a; Mirzaei vd., 2016). Damıtmanın gecikmesi ile birlikte fermantasyon meydana gelerek gül yağında ve uçucu yağ bileşenlerinde değişim ve kayıplar meydana gelebilmektedir (Baydar vd., 2008a; Sarıbaş ve Aslanca, 2011; Mirzaei Vd., 2016; Sharma ve Kumara 2016). Güllerin bekletilmeden damıtma yapıldığında yağ verimi %0,035, 12 saat sonra damıtıldığında %0,030, 24 saat sonra yapılan damıtmada %0,027 ve 36 saat sonra yapılan damıtmada ise bu oranın

%0,025'e indiği bildirilmektedir. Yani bekletme yağ veriminde önemli miktarda kayıplara neden olmakta ve bundan dolayı güller damıtma yapılana kadar mutlaka soğuk hava deposunda bekletilmelidir (Kazaz vd., 2009). Bununla birlikte, en yüksek yağ veriminin (%0,035) sabah saat 7'de toplanan gül çiçeklerinden, en düşük yağ veriminin (%0,026) ise saat 12'de toplanan gül çiçeklerinden elde edildiği bildirilmektedir (Ranade, 1980).

Yapılan analizlerde gül yağının en önemli koku bileşenlerinin büyük oranda monoterpenik alkollerden oluğuğu (nerol, linalool, geraniol, feniletıl alkol ve sitronellol) ve gül yağının esas bileşenlerinin monoterpen alkol olan nerol, linalool, geraniol ve sitronellol, seskiterpen olan farnasol ile karakterize edildiği bildirilmektedir (Örs vd., 2000; Baydar ve Erbaş, 2016; Mirzaei vd., 2016). Gül yağında bu majör bileşenlerin yanısıra, gül yağının %1'ini oluşturan ancak gülün kendine has kokusuna önemli derecede katkı sağlayan  $\beta$ -damascenon,  $\beta$ -damascen,  $\beta$ -iyonen, p-ment-1-en-9-ol, nerol oksit, rose furan ve rose oksit bileşikleri de bulunmaktadır (Örs vd., 2000; Baydar ve Erbaş, 2016). Gül yağının yaklaşık %20'sini oluşturan hidrokarbon bileşikler genellikle parafin türevleri olup, doymuş ya da doymamış olan bu parafin türevleri uçucu değiğillerdir, suda çözünmezler, kokusuzdurlar ve 'stearopten' olarak adlandırılmaktadırlar (Örs vd., 2000; Moein vd., 2010).

Ülkemizde uçucu yağ üretiminin en büyük kısmını gül yağı üretimi oluşturmakla birlikte, dünya gül yağı ihracatının %50'sini Türkiye, %40'ını Bulgaristan, %10'unu İran, Hindistan, Fas, Afganistan gibi ülkeler karşılamaktadır (Örmeci Kart vd., 2012; Ortaç vd., 2015). Türkiye ve Bulgaristan'da üretilen gül yağı ve gül konkretleri tamamen Dünya parfüm ve kozmetik sanayisinde işlem görmektedir. 2008-2015 yılları arasındaki Dünya gül çiçeği üretimi, Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Dünya gül çiçeği üretimi, Ton (Anonim, 2015).

<b>Yıllar</b>	<b>Türkiye</b>	<b>Bulgaristan</b>
<b>2008</b>	8.400	6.000
<b>2009</b>	6.500	5.500
<b>2010</b>	6.000	5.000
<b>2011</b>	6.000	3.500
<b>2012</b>	6.500	4.500
<b>2013</b>	6.700	5.500
<b>2014</b>	6.750	6.000
<b>2015</b>	6.250	5.250

Ülkemizde '*Rosa damascena*' bitkisi başta Isparta yöresi olmak üzere Burdur, Afyon ve Denizli illerinde üretilmekte, özellikle Isparta'da 10000 çiftçi ailesi geçimini gül üretimi ile sağlamaktadır. Yurt içinde gül ürünlerinin tüketiminin fazla olmamasından dolayı gül yağının %95'i ve gül konkretinin %100'ü ihraç edilmekte, toplam uçucu yağ ihracatımızın ise yaklaşık %90'ını gül yağı oluşturmaktadır. Gül yağı ihracatının büyük bir kısmı Fransa başta olmak üzere Almanya ve diğer AB ülkelerine yapılmaktadır (Örmeci Kart vd., 2012; Gündoğan ve Demir, 2013; Anonim, 2015). Türkiye'nin gül yağı ihracat miktarı ve bedelleri, Çizelge 1.2'de ve Çizelge 1.3'te görülmektedir.

**Çizelge 1.2.** Gül yağı ihracat miktar ve bedelleri (Anonim, 2015).

<b>Yıllar</b>	<b>Gül yağı(kg)</b>	<b>İhracat (\$)</b>
<b>2009</b>	4.903	8.492.2708
<b>2010</b>	11.404	9.157.202
<b>2011</b>	7.538	10.300.738
<b>2012</b>	5.494	12.613.231
<b>2013</b>	4.678	10.748.439
<b>2014</b>	3.443	13.961.163
<b>2015</b>	3.257	10.793.466

**Çizelge 1.3.** Gül yağı ve gül konkreti birim ihracat fiyatları (€/Kg) (Anonim, 2015).

<b>Yıllar</b>	<b>Gül yağı (€/kg)</b>	<b>Konkret (€/kg)</b>
<b>2008</b>	4.857	485
<b>2009</b>	4.375	438
<b>2010</b>	4.694	583
<b>2011</b>	6.250	680
<b>2012</b>	6.900	754
<b>2013</b>	7.257	794
<b>2014</b>	6.750	780
<b>2015</b>	8.965	993

Bölgede mevsim şartlarına bağlı olarak dekar başına yaklaşık 450-1000 kg arası gül çiçeği hasat edilmektedir (Anonim, 2015). Gül çiçeklerinden farklı yöntemlerle gül yağı elde

etmek mümkündür. Günümüzde gül yağı üretiminde su ve buhar destilasyonu yöntemi kullanılırken, gül konkriti (katı gül yağı) ve absöüt üretimi için organik çözücüler (hekzan, kloroform, petrol eteri, etil alkol vb.) kullanılmaktadır. Yurtiçi tüketimi az olduğu için bu ürünlerin büyük kısmı ihraç edilerek Türk ekonomisine katkı sağlanmaktadır (Collin, 2003; Baydar vd., 2007; Sarıbaş ve Aslanca, 2011; Gökdoğan ve Demir, 2013; Sharma ve Kumara, 2016).

Gül çiçeklerinin diğer aromatik bitkilere kıyasla uçucu yağ oranı çok düşük (%0,03-0,04) olup, 1 kg gül yağı elde etmek için mevsim şartlarına göre değişmekle birlikte yaklaşık 3500 kg gül'e, 1 kg gül konkriti elde etmek için de yaklaşık 250-350 kg kadar taze gül çiçeğinin n-hekzan ile ekstraksiyonuna (ortalama konkret verimi %0,30) ihtiyaç duyulmaktadır (Baydar vd., 2008a; Baydar vd., 2008b; Sarıbaş ve Aslanca, 2011; Baydar ve Erbaş, 2016). 1 kg koncretten de etil alkol ekstraksiyonu ile 0,5-0,6 kg absöüt (ortalama absöüt verimi %55) elde edilmektedir (Baydar ve Erbaş, 2016).

Yağ gülü damıtma esnasında bütün olarak kullanılmaktadır. Gül yağı fabrikalarında gül yağı üretimi genellikle 500 kg çiçeğin 3 katı kadar su ilavesi ile bakır veya çelikten yapılmış kazanlarda damıtılması ile elde edilir (Baydar vd, 2007; Baydar ve Erbaş, 2016). Birinci destilasyon sonucunda difüzyon yoluyla çiçeklerden ayrılan gül yağı yoğunlaşarak florentin kabında toplanır ve böylece birinci yağ veya çiçek yağı adını alan yeşil renkli gül yağı elde edildikten sonra florentin kabının altında kalan yağ altı suyu tekrar damıtılarak ikinci yağ veya su yağı adını alan sarı renkli gül yağı elde edilir. İşletmelerde birinci ve ikinci yağ paçal yapılmakta (%25 birinci yağ+ %75 ikinci yağ), süzölmekte ve bir müddet güneşte bekletildikten sonra gül yağı olarak piyasaya sunulmaktadır (Baydar vd., 2007; Baydar vd., 2008b).

Gül suyu damıtma sırasında gül yağının altında biriken suyun damıtılması ile elde edilen bir yan üründür (Baydar vd., 2007). Parfüm sanayinde, gül kremi ve tıraş losyonu üretiminde, tatlı, şurup ve şekerlemelerde ve alkol içermemesi nedeni ile dini törenlerde kullanılmaktadır. Gülsuyu antiseptik etkisinden dolayı diş ağrılarında, gözdeki iltihaplanmalarda, egzama tedavisinde, bağırsak bozukluklarında tedavi edici olarak kullanılmaktadır (Gökdoğan ve Demir, 2013).

Üretilen gül yağı ve gül koncretleri parfüm ve kozmetik sanayisinde kullanılan en pahalı ham maddelerdendir. Bu ürünler, kokunun yayılma gücünün çok fazla olması nedeni ile parfümlerin ana maddesini oluşturdukları gibi ayrıca formölasyonda fiksör (tutkal) görevi yaparak kokunun tende kalmasını da sağlarlar. Bunun dışında gül ürünlerinin günümüzde tıbbi tedavi amaçlı çalışmalarda antidepresan, antibakteriyal, antioksidan ve antisitres



özellikleride araştırılmaktadır (Bucellato, 1980; Shreve vd., 1985; Arıdoğan vd., 2002; Özkan vd., 2004; Gökdoğan, 2013). Ayrıca gül yağı likör, pasta, sakız, reçel vb. ürünlerde katkı maddesi olarak gıda sanayinde kullanılmaktadır (Sarıbaş ve Aslancan, 2011; Gökdoğan, 2013).

Dünya gül çiçeği üretimi yaklaşık 15 bin ton, gül yağı üretimi yaklaşık 4.50 ton, konkret üretimi ise 13 ton olmakla birlikte Türkiye, Dünya gül yağı üretiminin yaklaşık %50'sini, konkret üretiminin ise yaklaşık %39'unu karşılamaktadır (Kineci, 2005; Anonim, 2015).

Dünyada yıllık yaklaşık 3.500 kg civarında gül yağı ve 15.000 kg civarında gül koncreti tüketilmektedir. Fransa, İsviçre, Almanya, Amerika, Kanada, İrlanda, İspanya, Hollanda, Belçika, İngiltere, Japonya, S. Arabistan ve diğer körfez ülkeleri başlıca ithalatçı ülkelerdir (Anonim, 2015).

Bulgaristan'da son dönemlerde, gül yağının üretim maliyetlerinin düşürülmesi, kalitenin artırılması ve korunmasına yönelik çalışmaların yapıldığı, ayrıca, Bulgaristan Hükümetince verilen tarımsal destekler kapsamında gül yağı üretiminde kullanılan motorin, fuel-oil, elektrik ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarının sektöre indirimli fiyatlardan verildiği, mevcut fabrikaların revizyonu ile yeni fabrikaların kurulmasında hibe desteği verildiği ve ihracatta da belirli oranlarda teşvikler yapıldığı bildirilmektedir. Ülkemizde ise gül üreticisine doğrudan destek, girdi desteği, prim ödemesi ve ihracat desteği uygulaması yapılmadığı, bununla beraber yağ gülünün, süs bitkisi statüsünden çıkarılıp yağlı tohumlu bitkiler ve endüstri bitkileri grubuna dâhil edildiği ve böylece mazot ve gübre desteğinde artış olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2015).

Gül yağı eldesinde çok eski ve en çok kullanılan yöntem su destilasyonu yöntemi olup, damıtma yaklaşık 3-4 saat sürmektedir (Rold'an-Guti'errez, 2008; Mohamadia vd., 2013; Zheljazkov vd., 2013). Yüksek sıcaklık ve basınçta yapılan destilasyonlarda gülde bulunan uçucu yağ bileşiklerinde fermentasyon, saponifikasyon, transesterifikasyon, polimerasyon, kondenzasyon ve hidrolizasyon gibi çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar oluşabilmekte, elde edilen gül yağı çoğu zaman doğal kokuyu temsil etmemekte ve uçucu yağ kalitesi düşmektedir (Garnero ve Buil, 1976; Babu vd., 2002; Baydar ve Erbaş, 2016). Bu bağlamda damıtma işlemi öncesinde ultrases uygulamasının destilasyon süresini kısaltmada alternatif bir yöntem olarak uygulanabileceği düşünülmüştür.

Ülkemizde ve dünyada artan enerji maliyetleri düşünüldüğünde, üretilen gül yağının destilasyon süresinin kısaltılarak enerji gideri maliyetinin düşürülmesine yönelik ultrases

teknolojisinin kullanılabilirliğinin ve işlemin gül yağı kalitesi ile proses verimi üzerine etkilerinin araştırılması önem arz etmektedir.

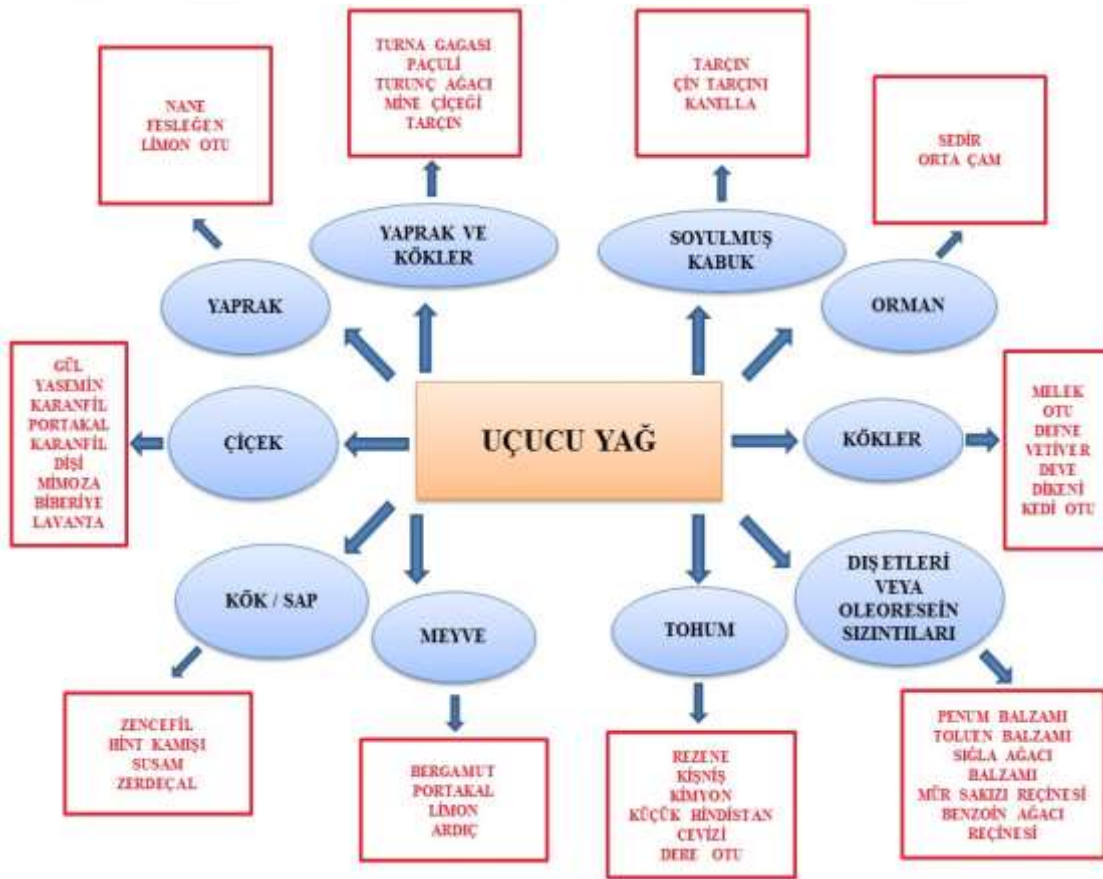
Bu çalışmanın amacı gül yağı eldesinde ultrases uygulamasının proseste verim, süre ve elde edilen uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır. Türkçe ve İngilizce yapılan literatür taraması sonucunda, yapılan çalışmalarda çeşitli aromatik bitkilerden ultrases eşliğinde destilasyon ile uçucu yağ elde edilmesine rağmen, yağlık gl ieği “*Rosa damascena*” ile ilgili Patrascu ve Radoiu (2016) tarafından yapılmış sadece bir çalışmaya rastlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Uçucu Yağların Özellikleri

Uçucu yağlar bitkilerin kök, gövde, yaprak, meyve, kabuk, çiçek gibi kısımlarından çeşitli yöntemlerle elde edilen; oda sıcaklığında sıvı halde olan, uçucu ve kuvvetli kokulu, kolaylıkla kristalleşebilen, genellikle renksiz veya açık sarı renkte olan, bitkinin karakteristik kokusunu ve lezzetini veren, çok sayıda bileşikten oluşan, su ile sürüklenme özelliğine sahip yağimsı karışımlardır (Çalikoğlu vd., 2006; Yaylı, 2013; Kaya ve Ergönül, 2015). Şekil 2.1’de bazı uçucu yağların elde edildiği bitki kısımları görülmektedir.



Şekil 2.1. Uçucu yağların elde edildiği bitki kısımları (Handa, 2008)

Uçucu yağlar bitkilerin belirli organlarında, bazen tüm organlarında, bazen de bir organın belirli dokularında (salgı tüyü, salgı cebi, salgı kanalı veya salgı hücrelerinde) bulunabilmekle birlikte bazen *Piperaceae* familyasında olduğu gibi değişikliğe uğramış parenkima dokusu içinde bazende gül’de olduğu gibi epiderm ya da parankima hücrelerinde

bulunmakta olup, ağzı açık bırakıldığında düşük sıcaklıklarda bile buharlaşabildiklerinden dolayı “uçucu yağ”, eter gibi uçucu olduğu için “eterik yağ”, güzel kokulu olup parfümlerde kullanıldıkları için de “esansiyel yağ” olarak adlandırılmaktadır (Çalikoğlu vd., 2006; Çelik ve Çelik, 2007; Kutlular, 2007; Yaylı, 2013; Kaya ve Ergönül, 2015).

Tüm uçucu yağların depolama boyunca, uzun süre hava, ışık ve ısıya maruz kaldıklarında çoğunlukla oksidasyona, polimerizasyona ve hidrolizasyona uğrayabilmelerinden dolayı, saklama koşulları hava geçirmez, koyu renkli cam ya da alüminyum kaplarda ağzı sıkıca kapalı bir şekilde, eğer mümkünse azot altında, soğuk ve karanlık yerlerde olmalıdır (Kaya ve Ergönül, 2015).

Uçucu yağların, bitkide ya doğrudan doğruya protoplazmada ya da hücre duvarındaki reçinemi tabakanın ayrışmasıyla veya glikozitlerin hidrolizi sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Yıldırım, 2014). Bitkide herhangi bir biyolojik olaya katılmayan uçucu yağların hangi amaçla oluştuğu tam olarak bilinmemekle birlikte bitkinin artık metabolizma ürünlerinin atılmasında rol oynadıkları düşünülmektedir (Kutlular, 2007). Uçucu yağlar yaydıkları koku ile tozlaşmaya yardımcı olmakta, böcekleri kaçırıcı etkisi olan uçucu yağlar ise bitkiyi korumaktadır (Kutlular, 2007).

Genel olarak uçucu yağların sudan hafif olduğu bilinmekle birlikte tarçın yağı, karanfil yağı ve hardal yağı gibi bazı yüksek aromalı veya kükürtlü uçucu yağların yoğunluğu sudan ağırdır (Yıldırım, 2014). Uçucu yağlar, petrol eteri, benzen, eter, etanol gibi organik çözücülerin çoğunda çözünebilmekte olup, sulu etanolde çözünebilme özellikleri uçucu yağları sabit yağlardan ayırmaktadır (Kutlular, 2007).

Uçucu yağlar bitkisel ürünlerin çoğunun yapısında bulduklarından; parfüm, kozmetik, gıda ve içecek sanayilerinde, tıpta, ev temizlik ürünlerinde, aroma terapilerde ve eczacılık olmak üzere farklı endüstrilerde çeşitli kullanım alanlarına sahiptirler (Kaya ve Ergönül, 2015).

## **2.2. Uçucu Yağların Bileşimi**

Uçucu yağlar oksijenli terpenoit türevleri, benzoit yapıdaki bileşenler azot veya kükürt içeren ve genel olarak terpenlerden oluşan karışımlardır (Adams, 2004; Bayrak, 2006; Evren ve Tekgüler, 2011).

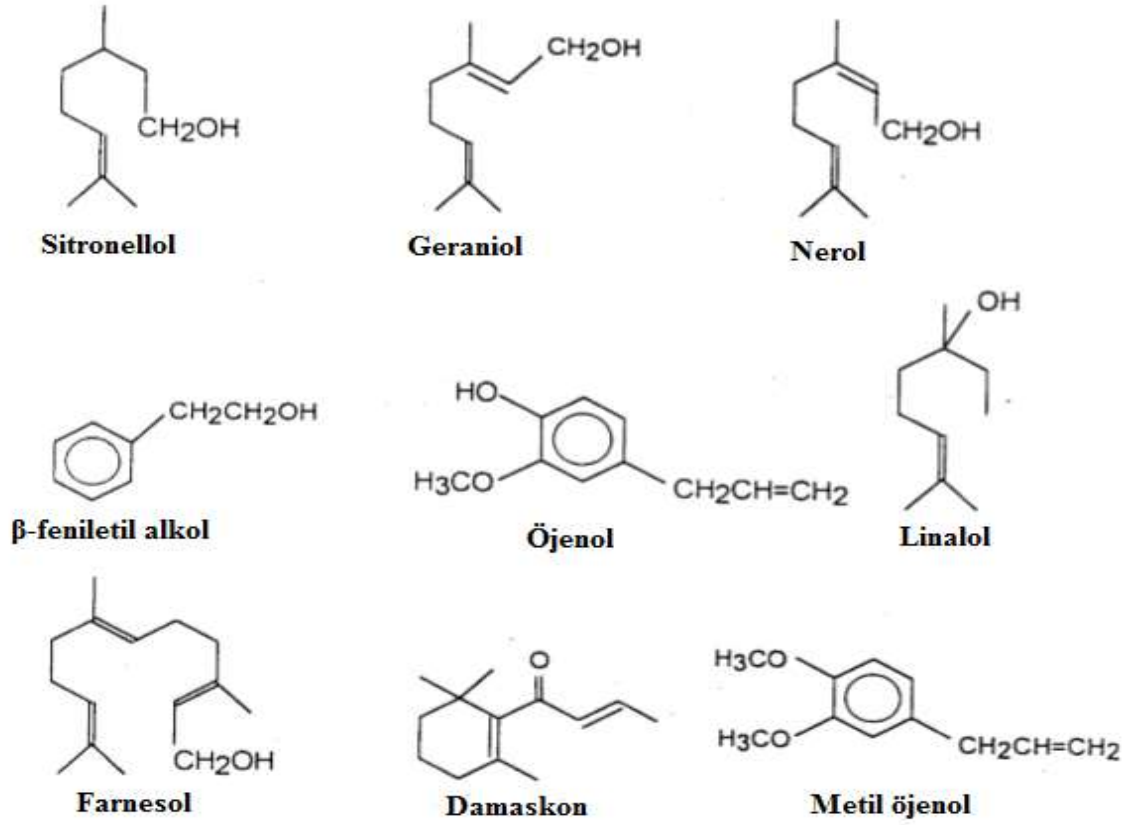
Terpenler iki ya da daha çok izopren ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub> biriminden oluşur. Formülde yer alan n=2 ise monoterpen, n=3 ise seskiterpen, n=4 ise diterpen, n=5 ise sesterterpen, n=6 ise triterpenler olarak adlandırılırlar. Terpenlerin içerdikleri en önemli fonksiyonel gruplar

aldehitler, ketonlar ve esterlerdir. Bu bileşikler uçucu yağları birbirinden ayırıcı koku ve aromaya sahiptirler (Bayrak, 2006).

Benzonitler bitki mekanizmasındaki biyokimyasal dönüşümlerin sonucunda oluşmakta ve organik fonksiyonel grupların tümünü (alkol, asitler, esterler vb) içermektedirler (Bayrak, 2006).

Uçucu yağlarda azot ve kükürt içeren bileşikler nadiren bulunmakta olup, azot ve kükürt içeren bileşenler (amonyak, trimrtilamin, hidrosiyonik asit, hidrojen sülfür v.b) bitkilerden uçucu yağların destilasyonu sonucunda oluşmaktadırlar (Adams, 2004; Bayrak, 2006; Evren ve Tekgüler, 2011).

Yapılan analizlerde gül yağının en önemli koku bileşenlerinin büyük oranda monoterpenik alkollerden oluştuğu (nerol, linalool, geraniol, feniletil alkol ve sitronellol) ve gül yağının esas bileşenlerinin monoterpen alkol olan nerol, linalool, geraniol ve sitronellol, seskiterpen olan farnasol ile karakterize edildiği bildirilmektedir (Örs vd., 2000; Baydar ve Erbaş, 2016; Mirzaei vd., 2016). Gül yağında bu majör bileşenlerin yanısıra, gül yağının %1'ini oluşturan ancak gülün kendine has kokusuna önemli derecede katkı sağlayan  $\beta$ -damascenon,  $\beta$ -damascen,  $\beta$ -iyonen, p-ment-1-en-9-ol, nerol oksit, rose furan ve rose oksit bileşikleri de bulunmaktadır (Örs vd., 2000; Baydar ve Erbaş, 2016). Gül yağının yaklaşık %20'sini oluşturan hidrokarbon bileşikler genellikle parafin türevleri olup, doymuş ya da doymamış olan bu parafin türevleri uçucu değildir, suda çözünmezler, kokusuzdurlar ve 'stearopten' olarak adlandırılmaktadırlar (Örs vd., 2000; Moein vd., 2010). Gül yağında bulunan bazı uçucu yağ bileşenlerinin kimyasal yapısı, Şekil 2.2'de görülmektedir.



**Şekil 2.2.** Gül yağında bulunan bazı uçucu yağ bileşenleri (Örs, 2000)

Gül yağı bileşiminin belirlenmesinde çeşitli kromatografik ve spektroskopik yöntemler kullanılmakta olup, en çok kullanılan yöntem gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) yöntemidir (Örs vd., 2000).

### 2.3. Uçucu Yağ Elde Etme Yöntemleri

Uçucu yağlar, bitkideki uçucu yağ miktarına, cinsine ve bitki kısmına göre değişik yöntemlerle elde edilmektedir (Bayrak, 2006; Toroğlu ve Çenet 2006; Coelho vd., 2012; Kaya ve Ergönül, 2015). Uçucu yağ bitkilerinde yağ oranları bitkinin organlarına, bitkinin gelişme dönemine, gün içindeki sıcaklık değişimlerine, iklim, çevre, topografik koşullara, bitkinin yaşı ve genetik yapısına göre farklılık göstermektedir. Elde edilen uçucu yağ verimi ise; yağın elde edildiği bitki kısmına (çiçek, kök, tohum), bitkinin hasat zamanına, bitkinin çiçekli ya da çiçeksiz olma durumuna, çevresel faktörlere, analitik yöntemlere ve materyalin kuru, yaş veya öğütülmüş olmasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kaya ve Ergönül, 2015).

Bitkilerden uçucu yağ elde edilmesinde kullanılan yöntemler destilasyon, ekstraksiyon, mekanik yöntemler ve gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri olarak 4 ana grupta incelenmektedir. Su destilasyonu, buhar destilasyonu, hidrodifüzyon, vakum destilasyonu, fraksiyonel destilasyon, su-buhar destilasyonu, mikrodalga destekli destilasyon ve destilasyon fermantasyon yöntemleri destilasyon yöntemleri içerisinde; maserasyon, infüzyon, perkolasyon, anfloraj ve dekoksasyon yöntemleri ekstraksiyon yöntemleri içerisinde; sıkma ve çizme yöntemleri mekanik yöntemler içerisinde yer alırken; basınçla ekstraksiyon, mikrodalga destekli solvent ekstraksiyonu, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, ultrases destekli ekstraksiyon yöntemleri ise gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri içerisinde yer almaktadır (Kaya ve Ergönül, 2015; Yaylı, 2013; Bayrak, 2006; Başer, 2010; Vinatoru, 1997; Vinatoru, 2001; Toroğlu ve Çenet 2006; Jacotet-Navarro vd., 2015; Handa, 2008).

Klasik ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak, günümüzde çevreci proseslerin geliştirilmesi öncelikli konular arasında yer almaktadır, Ekstraksiyon süresini kısaltan, organik solvent tüketimini azaltan, çevre kirliliğini önleyen yeni ekstraksiyon tekniklerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Benthin vd., 1999; Tavman vd., 2009).

### **2.3.1. Destilasyon**

Kaynama noktası veya uçuculuk farkına dayanarak iki veya daha fazla sıvı bileşenin bir karışım içerisinde ayrılması olayı destilasyon olarak adlandırılmaktadır. Destilasyonun amacı, uçucu bir sıvıyı uçucu olmayan bir madde içerisinde ayırmaktır (Cellat, 2011).

#### **2.3.1.1. Su Destilasyonu**

Bu yöntemler içerisinde, su destilasyonu çok eski bir yöntem olmakla beraber en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olup, su içinde bulunan materyale ısı işlem uygulanarak, uçucu bileşenlerin buhar ile sürüklenerek buharlaştırılması ve akabinde buharın soğutularak yoğunlaştırılması esasına dayanmaktadır ve işlem yaklaşık 3-4 saat sürmektedir (Çalikoğlu vd., 2006; Bayrak, 2006; Toroğlu ve Çenet, 2006; Rold'an-Gutiérrez, 2008; Mohamadia vd., 2013; Zheljazkov vd., 2013).

Destilasyonun uygulanması sırasında kap içinde materyali örtecek kadar su bulunmalıdır, aksi halde ısı etkisiyle materyal yanarak bozunma ürünleri oluşturması, yoğunlaşan uçucu yağ suda çözünmediğinden faz ayrımı meydana gelmesi ve elde edilen yağın yoğunluğunun sudan ağır ya da hafif olmasına göre suyun üzerinde ya da altında birikmesi söz konusu olabilmektedir (Bayrak, 2006; Başer, 2010). Şekil 2.3' de su buharı

destilasyonu sistemi görülmektedir ve fabrikalarda gül yağı üretimi bu yöntemle yapılmaktadır.



**Şekil 2.3.** Su destilasyonu sistemi (Başer, 2010)

Su destilasyon yöntemi, materyalin topaklaşarak birbirine yapışmaması, bunun sonucu olarak penetrasyon özelliğinin zayıflamaması ve kütle transferinin durmaması gibi avantajlara sahiptir (Bayrak, 2006; Handa, 2008; Başer, 2010).

Bu avantajların yanısıra su destilasyon yönteminin, yağda bulunan ester yapıdaki bileşenlerin kolayca hidrolize olması, aldehitlerin polimerize olma eğiliminde olması, imbik kokusu probleminin oluşması, fenolik bileşenlerin suda çözünmesi sonucu destilasyon sonucunda tamamının alınamaması ve destilasyon kazanlarının küçüklüğü sebebi ile işçilik maliyetinin artması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Bayrak, 2006; Handa, 2008; Başer, 2010).

Bu yöntemde materyal doğrudan su ile temas halindedir. Kaynatılmayla bozulmayan ve kurutulmuş maddelerle çalışılıyorsa bu yöntem birçok işletme tarafından tercih edilmektedir (Bayrak 2006; Toroğlu ve Çenet, 2006).

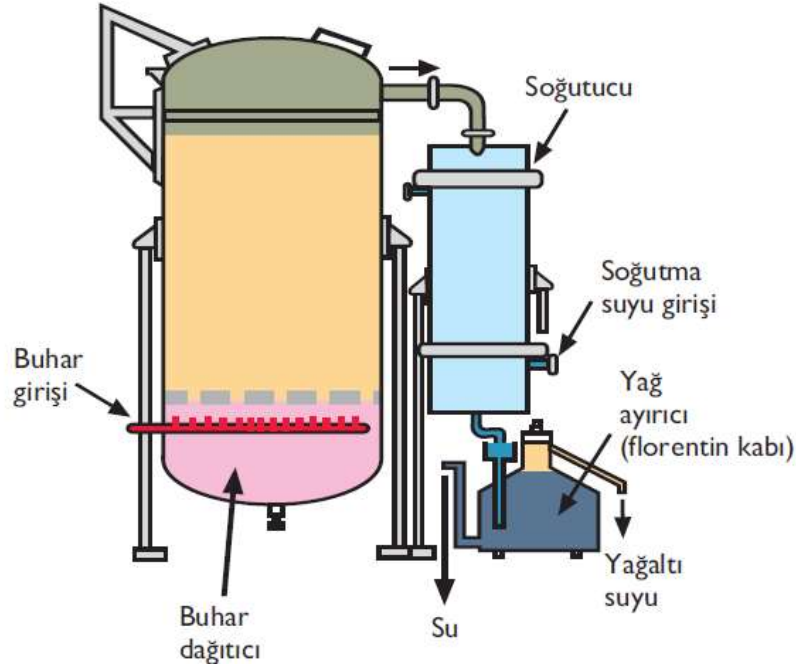
### **2.3.1.2. Buhar Destilasyonu**

Uçucu yağların çoğunun kaynama noktası suyun kaynama noktasından yüksek olmasına rağmen, su buharıyla sürüklenebilme özelliklerinden ve su buharının kısmi basıncının da etkisiyle normal kaynama noktalarının altındaki sıcaklıklarda buharlaşabilmektedir. Buhar destilasyonu işleminin prensibi uçucu bileşenlerin su buharı



yardımı ile sürüklenerek bitki materyalinden ayrılması esasına dayanmaktadır (Bayrak, 2006; Kaya ve Ergönül, 2015; Anonim, 2016a).

Destilasyon sırasında, dışarıdan bir su banyosu veya mantolu ısıtıcı yardımı ile ısıtılan destilasyon ünitesine bitkisel materyali tel sepet içerisinde yerleştirilir. Uçucu yağ buharlaşan su ile birlikte soğutucudan geçerken yoğunlaşarak toplama kabında birikir ve burada bir süre sonra yoğunluk farkına göre uçucu yağ ve su fazı ayrılır (Bayrak, 2006; Kaya ve Ergönül, 2015; Anonim, 2016a). Uçucu yağın yoğunluğu sudan hafif ise toplama kabında suyun üzerinde faz ayrımı olmaktadır. Sudan ağır uçucu yağlar kabın dibine çökerek ayrılmakta, faz ayrımı olmadığı durumlarda ise distilat suyla karışmayan bir organik çözücü ile ekstrakte edilerek ayırım sağlanmaktadır (Başer, 2010). Buhar destilasyonu sistemi, Şekil 2.4'te görülmektedir-

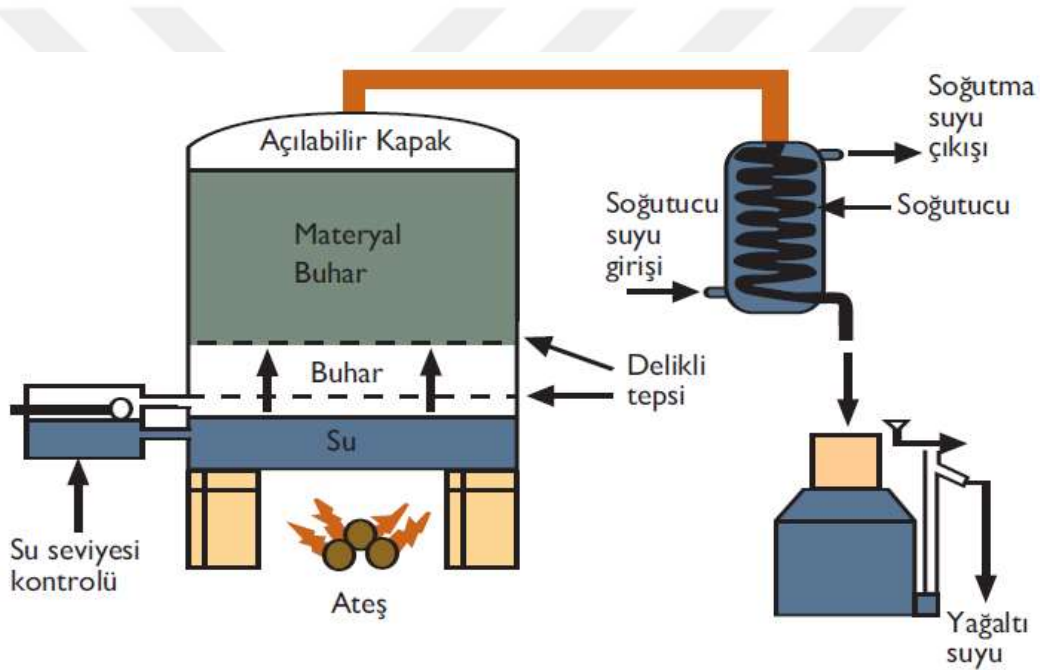


Şekil 2.4. Buhar destilasyonu sistemi (Başer, 2010)

Yöntem ısıya karşı hassas olan tarçın ve kekik gibi bitkiler için uygun olup bu yöntemde buharın hızı ve sıcaklık kontrol edilebilmektedir (Kaya ve Ergönül, 2015). Bu avantajlarının yanı sıra kurulum maliyetinin yüksek olması bir dezavantajdır (Handa, 2008).

### 2.3.1.3. Su-Buhar Destilasyonu

Su ve buhar destilasyonu, ister kuru, ister taze bitki olsun, ısıdan bozulan maddeler için uygun olup, kuru materyalden hareket ediliyorsa (tarçın kabuğu gibi); drog öncelikle toz haline getirildikten sonra maserasyon işlemine tabi tutulur ve bu maserattan su buharı geçirilmesi suretiyle uçucu kısımlar ayrılır eğer taze materyalden hareket ediliyorsa uzun süre maserasyona gerek olmadığı gibi bitkisel materyal delikli tepsi üzerinde bulunur ve alttan kaynamakta olan suyun buharlarının materyalden geçmesi sağlandıktan sonra distilattaki yağ tabakası sulu tabakadan ayrılarak olduğu gibi ya da temizlendikten sonra satışa sunulmaktadır (Bayrak, 2006; Başer, 2010). Su-su buharı destilasyon sistemi, Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5. Su-su buharı destilasyon sistemi (Başer, 2010)

Yağ veriminin daha iyi olması, yağda daha az hidroliz ürünlerinin bulunması, kalite açısından tekrarlanabilirliği yüksek ürün elde edilebilmesi, işlemin hızlı olması ve enerji verimliliğinin yüksek olması su destilasyonuna göre sistemin avantajları olarak sıralanabilir (Handa, 2008).

Bu avantajlarının yanı sıra, yüksek kaynama noktasına sahip olan uçucu yağ eldesinde basıncın düşük olacağı için destilasyon zamanının uzaması, materyal ıslak olacağı için damıtmayı yavaşlatması ve sistemde materyalin doğrudan kaynar buhar ile temasını

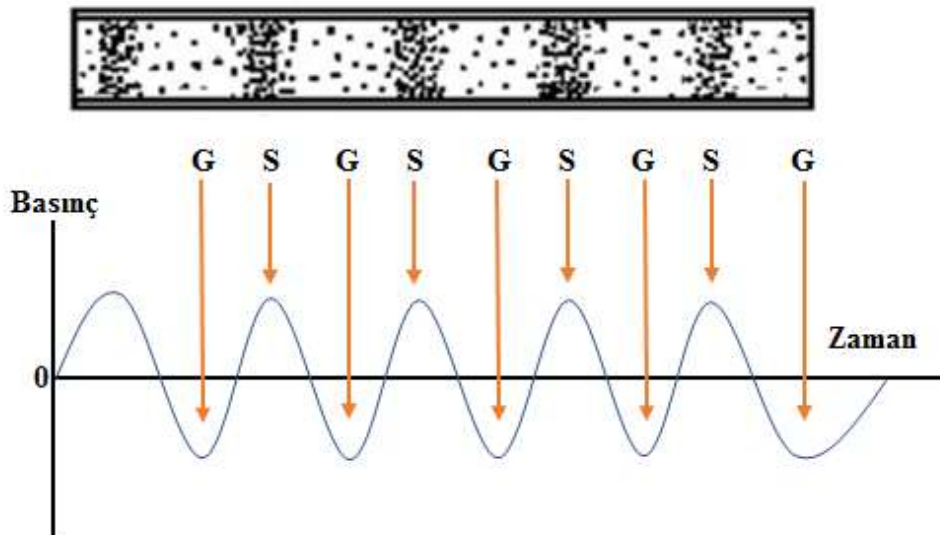
önlemek için ızgara üzerinde su dolu bir bölme bulundurulması (maliyeti artırır) sistemin dezavantajlarıdır (Handa, 2008).

## 2.4. Ultrases Teknolojisi

Ultrases teknolojisinin ilk kullanımı 1900'lü yıllara dayanmakta olup, ultrasesin varlığı ilk olarak dünya savaşları sırasında deniz altılarının gönderdiği ses dalgalarının balık ölümüne sebebiyet vermesi ile anlaşılmıştır (Earnshaw vd., 1995; Abramow vd., 1998; Yüksel, 2013).

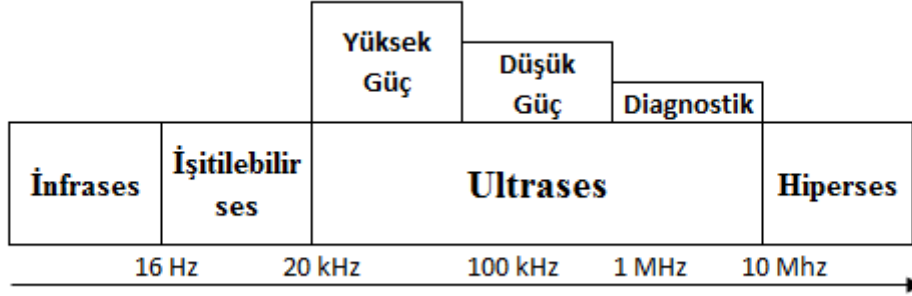
1880'de Curie'ler yüksek frekanslarda elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren piezoelektrik etkiyi keşfetmiştir. 1917'de Langevin'in kuartz dönüştürücüleri bulması ile ultrases denizaltıların tespitinde kullanılan sonar sisteminin temeli olmuş, 1927'de ilk defa ultrasesin kimyasal reaksiyonlara etkisi incelenmiştir. Ultrasesin bu önemli uygulamalarının farkedilmesine rağmen 1950'lere kadar ultrases araştırmaları bilimde çok yer bulmamıştır (Mason, 1999).

Ses dalgaları katı, sıvı veya gaz halindeki ortamlarda yayılan boyuna dalgalar olup, dalgalar, dalga kaynağını içine alan ortamın sıkıştırılarak titreştirilmesine dayanan bir mekanizma ile oluşturulmaktadır. Ses dalgalarının belirli bir frekansları, genliği, dalgaboyları vardır ve dalgalar bir ortam boyunca sıkışma-genleşme şeklinde ilerlemekte olup ses hareketi, Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Ses hareketi (G: Genleşme S: Sıkışma) (Mason, 1999; Akoh ve Lai, 2005)

İnsan kulağı 16 Hz-20 kHz'e kadar olan ses frekans spektrumunu duyabilmekte, bu aralığın altındaki bölge infrases ve üstündeki bölge ise ultrases bölge olarak adlandırılmaktadır (Akyüz, 2010). Ses frekansı spektrumu, Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Ses Frekansı Spektrumu (Mason, 1999; Akyüz, 2010)

İnsan kulağının işitme aralığı 16 Hz -20 kHz iken, ultrasonik ses dalgaları insanın işittiği frekans aralığının üzerinde olan ve genellikle >20 kHz'in üzerindeki frekanslarda sıvı, katı ve gaz ortamlardan geçebilen ses dalgaları olarak tanımlanmakla birlikte ses dalgasını ortama yaymak için ultrasonik ses üreten cihazlar kullanılır ve bu cihazlar genellikle 20-50 kHz aralığında çalışır (Bayraktaroğlu ve Obuz 2006; Dolatowski vd., 2007; Şengül vd., 2009; Tavman vd., 2009; Salazar vd., 2010; Ulusoy ve Karakaya, 2011; Ercan ve Soysal, 2011; Baysal ve Demirören, 2012). Ultrases uygulamalarında üretilen enerji sonucu açığa çıkan sesin sınıflandırılması önem taşımakla birlikte, ultrases, ses gücü (W), ses yoğunluğu ( $W/m^2$ ), ya da ses enerjisi yoğunluğu ( $W.s/m^3$ ) olarak ifade edilmektedir (Knorr vd., 2004; Dolatowski vd., 2007; Yüksel, 2013).

Denge durumunda bulunan taneciklerin mekanik titreşimleri ses, bir saniyede olan titreşim sayısı ise frekans ve ses hareketi boyunca sıkışma-genleşme bölgeleri arasında oluşan pozitif veya negatif atmosferik basınç değişim derecesi genlik olarak ifade edilirken, ses dalgalarının şiddeti ve ortama iletilen enerji miktarı akustik genlik ile ilişkilendirilmektedir (Tüfekçi ve Özkal, 2015).

Ultrasonik ekstraksiyon uygulamalarında, hücre duvarı mekanik olarak parçalandığından dolayı, hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı ekstrat hücre dışına kolayca çıkabilmekte, çözücüye kolayca geçebilmekte, kütle transferi hızlı bir şekilde devam etmekte ve dolayısı ile ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha hızlı gerçekleşmektedir (Toma vd., 2000; Vinatoru, 2001; Rostagno vd., 2003;

Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006; Jian-Bing vd., 2006; Dolatowski, vd., 2007; Ercan ve Soysal, 2011). Böylece uygulanan proseste işlem süresinin kısalması, %50'lere varan bir verim artışının sağlanması, uygulamanın daha düşük enerji tüketimi ile sonuçlanması, ucuz ve basit olması, uygulama sırasında ısı kullanılmıyor olması, tekrarlanılabilirliğinin yüksek olması, organik solvent kullanımını azaltması ve organik solventlere alternatif olarak su bazı karışımların kullanılmasına imkan vermesi ayrıca gıda kalitesini geliştirmede güvenli olması ultrases teknolojisinin sunduğu avantajlardır, bu avantajlar ultrases teknolojisini diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre alternatif ve değerli kılmaktadır (Chemat vd., 2004a; Chemat vd., 2004b; Bayraktaroğlu ve Obuz 2006; Zhang vd., 2009; Tavman vd., 2009; Chemat vd., 2011; Ulusoy ve Karakaya, 2011; Ercan ve Soysal, 2011; Allaf vd., 2013; Liao vd., 2015).

#### **2.4.1. Ultrases İşleminin Sınıflandırılması**

Ultrases işlemini uygulamalara göre düşük güçlü (güç, yoğunluk) - yüksek frekanslı ve yüksek güçlü-düşük frekanslı olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür. Düşük güçlü-yüksek frekanslı ultrases 100 kHz ve üzeri frekanslarda ve 1 W/cm<sup>2</sup>'nin altındaki enerji yoğunluğunda uygulanmaktadır. Düşük güçlü-yüksek frekanslı ultrases işlemi uygulamasında, ortamdaki geçen ses dalgaları materyalde önemli bir fiziksel ve kimyasal değişikliğe sebep olmadığından dolayı bu uygulama genellikle; bir ürün veya prosesi izlemek, kontrol etmek yada farklı gıda maddelerinin bileşimi ve fizikokimyasal özelliklerinin (sertliği, olgunluğu, kompozisyonu) belirlenmesi (ette yağ oranı, içeceklerde şeker ve alkol oranı, bisküvide tekstür, şarapta fermantasyon kontrolü, kavunda şeker içeriğinin belirlenmesi) amacı ile kullanılmaktadır. Yöntem, basit, hızlı, kesin, ucuz ve yıkıcı etki yapmadığından dolayı kullanımı her geçen gün artmaktadır (McClaments, 1995; Mason vd., 1996; Mason, 1998; Zheng ve Sun, 2006; Patist ve Bates, 2008; Salazar vd., 2010; Muthukumarappan vd., 2010; Weiss, vd., 2011; Ercan ve Soysal, 2011; Chandrapala vd., 2012; Awad vd., 2012; Türkmen 2012; Şeran 2013; Tüfekçi ve Özkal, 2015).

Yüksek yoğunluklu ultrases işlemi 100 kHz' in altındaki frekanslarda ve 10 W/cm<sup>2</sup>' nin üzerindeki enerji yoğunluğunda uygulanmakta olup, temel etki mekanizması kavitasyondur (Mason, 1998; Ashokkumar vd., 2010; Salazar vd., 2010; Awad vd., 2012). Yüksek yoğunluklu ultrases işlemi ürün veya proseste doğrudan etki etmek amacıyla kullanılmakta; gıdaların fizikokimyasal özelliklerini modifiye etmek, gıdaların kalitesini arttırmak, enzim ve mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak, homojenizasyon, kristalizasyon ve emülsifikasyon sağlama amacıyla kullanılmaktadır (Ashokkumar vd., 2010; Salazar vd.,

2010; Ercan ve Soysal, 2011; Awad vd., 2012; Türkmen, 2012; Şeran, 2013; Tüfekçi ve Özkal, 2015; Frydenberg vd., 2016).

Ultrases uygulanan ortam özellikleri (viskozite, yüzey gerilimi, buhar basıncı, çözünmüş gaz konsantrasyonu, mevcut olan katı partikül), işlem parametreleri (sıcaklık, basınç ve süre), ultrases kaynağının performansı (frekans ve güç) ve işlemde uygulanan kabın geometrisi ve büyüklüğü sıvı bir ortamda yüksek yoğunluklu ultrases uygulamasını etkileyen en önemli unsurlardır (Demirören ve Baysal, 2009; Awad vd., 2012).

#### **2.4.2. Ultrases İşleminin Bileşenleri ve Mekanizması**

Ultrases sistemi jeneratör, dönüştürü ve dağıtıcı kısım olmak üzere 3 temel bileşenden oluşmakta olup, Jeneratörlerin görevi gerekli elektriği yüksek frekanslı alternatif akıma dönüştürüp dönüştürücüye iletmek olup, dönüştürücülerin görevi ise yüksek frekanslı alternatif akımı mekanik titreşimlere dönüştürüp dağıtıcı kısma iletmektir (Mason, 1998; Cellat, 2011; Kurt, 2013). Dağıtıcı kısım ise bu mekanik titreşimleri sıvı ortama göndermektedir (Mason, 1998).

Ultrases uygulamasında yüksek frekanslı ses dalgasını ortama iletmeye yarayan ve en fazla kullanılan ultrases kaynakları ultrasonik banyolar ve ultrasonik prob sistemleridir (Mason, 1998; Vinatoru, 2001; Luque-García ve Luque de Castro, 2003; Torley ve Bhandari, 2007; Zhang vd., 2009). Ultrasonik banyolarda dönüştürücü tankın altına yerleştirilmiş olup örnek ile direk temas durumu mevcut değildir. Ultrasonik banyoların ultrases üreten problara göre maliyeti düşüktür. Ultrasonik tanklarda örnek hacmi büyük olduğunda işlem sırasında meydana gelecek kavitasyonun tanka zarar verebilme ihtimalinden dolayı maksimum 1-5 W/cm<sup>2</sup> güç yoğunluğu kullanılmaktadır (Mason, 1998; Torley ve Bhandari, 2007; Jambrak vd., 2008; Türkmen, 2012).

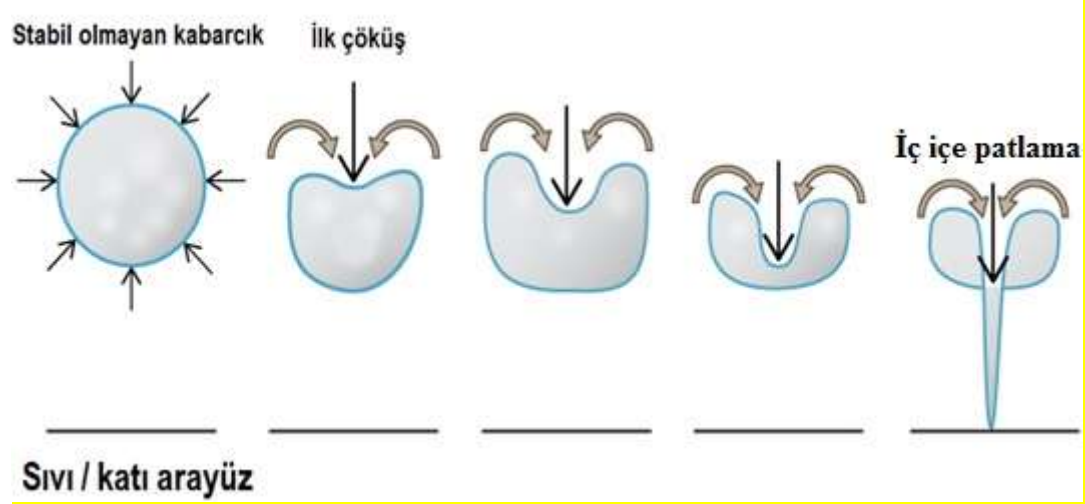
Prob sistemlerinde dönüştürücüden gelen titreşimleri yükseltmek amacıyla dönüştürücüye bağlı metalden yapılmış olan bir başlık bulunmakta ve başlığın uç kısmına aşınmaya karşı dayanıklı maddelerden yapılmış (titanyum gibi), farklı boyutlara sahip problemler takılabilmektedir (Mason, 1998; Torley ve Bhandari, 2007; Türkmen, 2012).

Probu sistemler, proste kullanılan materyalin içinde veya karşısında yer alabilir, güçleri kontrol edilebilir ve birkaç yüz W/cm<sup>2</sup> ultrases yoğunluğu üretebilmektedir ancak kavitasyon nedeni ile başlığın ucunun aşınması, bu aşınma ile başlık ucunun metal kontaminasyonuna neden olması ve aşınma ile birlikte başlığın etkisini kaybetmesinin yanısıra proste kullanılan materyalin ısınmasına karşılık serbest radikallerin oluşması da söz konusu olabilmektedir (Mason, 1998; Torley ve Bhandari, 2007).

Yapılan çalışmalarda uygulama süresine bağlı olarak değişmekle birlikte prob sistemlerde  $\sim 25^{\circ}\text{C}$ , banyo sistemlerde ise  $\sim 1^{\circ}\text{C}$  çalışılan ortamın sıcaklığında artış meydana gelebileceği belirtilmiştir (Salazar vd., 2010; Kurt, 2013).

Ultrases etkisi basınç dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılmasıyla oluşup, ultrases işlemi uygulandığı ortamda mekanik titreşim, akustik kavitasyon ve akustik dalga oluşumu olmak üzere 3 farklı etki oluşturabilmekte, mekanik titreşim ve akustik dalga oluşumu kavitasyonel olmayan fiziksel etkiler olarak bilinmektedir. Bu iki etki temizleme, ekstraksiyon ve dilimleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Örnek içinde katı parçacık varlığında oluşan mekanik titreşimler sayesinde bu parçacıklar parçalanır ve sıvı içinde akustik dalga etkisi oluştuğunda kütle transferi artar ve böylece ekstraksiyon ve temizleme etkinliğinde de artış olmaktadır (Luque de Castro ve Priego Capote, 2007; Tavman vd., 2009; Ashokkumar vd., 2010; Muthukumarappan vd., 2010).

Ultrases işleminin asıl etki mekanizması kavitasyondur ve ultasonik ses dalgaları sıvı içerisinde sıkıştırma-genişleme hareketi yapmakta ve bu hareketler sırasında sıvı içerisinde bulunan küçük gaz kabarcıkları büyümekte ve genişleme evresinde sıvı gerginliğinin etkisi ile yeni baloncuklar oluşmakta, baloncukların yüzey alanı sıkıştırma evresindeki absorbladığı gazlar sayesinde genişlemekte ve ultrasonik ses dalgalarının etkisi ile kritik değere ulaşarak, sıkıştırma-genişleme evresindeki baloncukların büyümesi ve patlaması olayı olarak adlandırılan kavitasyon meydana gelmektedir (McClements, 1995; Piyasena vd.,2003; Chemat vd., 2004a; Knorr vd., 2004; Jian-Bing vd., 2006; Vikhu vd., 2007; Patist ve Bates, 2008; Tavman vd., 2009; Ashokkumar vd., 2010; Salazar vd., 2010; Donnell vd., 2010; Soria ve Willamiel, 2010; Weiss vd., 2011; Pingret vd., 2013; Hallez vd., 2016). Baloncukların patlaması sırasında ortamda yüksek sıcaklık ( $\sim 1727 - 4727^{\circ}\text{C}$ ) ve yüksek basınç (1000 atm) açığa çıkmakta, yüksek sıcaklığın bölgeyi ısıtması ile baloncukların içerisinde bulunan su buharı ve gaz molekülleri arasında kimyasal bir etki meydana gelerek reaktif radikaller oluştuğu gibi su buharı molekülü bileşenlerine ayrılarak da radikaller meydana getirmektedir (Earnshaw, 1998; Vercet vd., 2001; Luque-Garcia ve Luque de Castro, 2003; Piyasena vd.,2003; Knorr vd., 2004; Tavman vd., 2009; Madadlou vd., 2009; Ashokkumar vd., 2010; Soria ve Willamiel, 2010; Donnell vd., 2010; Sayın ve Tamer, 2014; Ashokkumar vd., 2015; Frydenberg vd., 2016). Kavitasyon baloncuklarının oluşması ve çökmesi, Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Kavitasyon kabarcık oluşumu ve çökmesi (Anonim, 2016b)

Kavitasyonun kimyasal etkileri yanında türbülans, mikrojet, kayma gücü, şok dalgası ve akustik akış gibi fiziksel etkileri de mevcuttur (Patist ve Bates, 2008; Ashokkumar vd., 2010). Düşük frekanslardaki ultrases uygulamalarında kavitasyonun fiziksel etkileri daha güçlü olup reaktif radikal oluşturma oranı düşük iken, yüksek frekanslı uygulamalarda kavitasyonun fiziksel etkileri zayıflamakta ve önemli oranda reaktif radikal oluşumu gözlenmektedir (Ashokkumar vd., 2010).

Kavitasyonu etkileyen bazı faktörler vardır. Bu faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz (Mason ve Lorimer, 2003)

- Ultrases frekansı
- Ultrases şiddeti
- Ortam sıcaklığı ve kabarcık sıcaklığı
- Statik basınç
- Vizikozite
- Yüzey gerilimi

Bu özelliklerden bazılarının etkisi şu şekilde sıralanabilmektedir (Mason ve Lorimer, 2003).

Ultrases frekansı yükseltirse genleşme ve sıkışma fazı kısılacığından dolayı kavitasyon oluşumu için yeterli zaman kalmamakta ve kavitasyon oluşumu zorlaşmaktadır. Bundan dolayı ultrases uygulamalarında genellikle 20 ile 40 kHz arasındaki frekans bölgesi kullanılmaktadır. Ancak radikal oluşumunun anahtar rol oynadığı reaksiyonların oluşumunun gerçekleşmesini kolaylaştırmak ve hızlandırmak istendiğinde yüksek frekansta ultrases uygulaması avantaj sağlamaktadır (Luque de Castro ve Priego Capote, 2007).



Ultrasonik enerjinin güç ve yoğunluğunun artmasına bağlı olarak eşik değerin aşılmasıyla oluşan kavitasyon bölgeleri de artmaktadır. Yüksek ultrasonik güç uygulamalarında sıvı faz içerisinde çok fazla kabarcık oluşumu ve bunların kendi içerisinde patlaması, sıvı faz içerisinde akustik enerjinin iletilmesinde bir engel teşkil ettiği ve bu durumun reaksiyon verimini düşürdüğü belirtilmektedir (Luque de Castro ve Priego Capote, 2007).

Yüksek vizkozite veya yüzey gerilimine sahip sıvılarda sıvının çekme gerilimini ve kohezif kuvvetlerini yenmek zorlaşacağından dolayı kavitasyon oluşumu zor olmaktadır (Akyüz, 2010).

Bir reaksiyonun gerçekleşmesinde ultras es aktivasyonun en önemli kaynağını kavitasyon oluşturmakta, bundan dolayı da reaksiyon ortamında ortam sıcaklığının düşük olduğu durumlarda düşük kaynama noktasına sahip bir çözen kullanımı tercih edilirken, reaksiyon ortamında yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulduğu durumlarda yüksek kaynama noktasına sahip bir çözen kullanımının kavitasyon oluşumunda daha iyi sonuç vereceği bildirilmektedir (Luque de Castro ve Priego Capote, 2007). Düşük buhar basıncına sahip olan sıvılarda kabarcığa daha az buhar gireceğinden dolayı kavitasyon oluşumu zorlaşmaktadır (Akyüz, 2010).

Dış basıncın artırılması, sıvının hidrostatik basıncını ve kavitasyon oluşumu için gerekli enerji miktarını arttıracığından dolayı gerekli olan enerji eşik değeri aşıldığında yüksek sıcaklık ve yüksek basınçta daha şiddetli çökmeler meydana gelmekte, böylece ultras es etkisi de artmaktadır (Luque de Castro ve Priego Capote, 2007).

Uygulanan akustik enerjinin kavitasyon eşik değerini geçip geçmemesine göre geçici ve sabit kavitasyon olarak bilinen iki çeşit kavitasyon meydana gelmektedir. Prob sistemlerinde 20 kHz ve üzerinde akustik yoğunluktaki başlıklarda geçici, >200 kHz akustik yoğunluktaki başlıklarda ise sabit kavitasyon meydana gelmektedir (Earnshaw ve Hurst, 1995; Torley ve Bhandri, 2007; Ashokkumar vd., 2010; Weiss vd., 2011). Geçici kavitasyonda baloncuk büyümesi birkaç akustik döngü sonucu oluşup, hızlı ve şiddetli bir patlama meydana gelirken, sabit kavitasyonda baloncuk oluşumu ve patlaması sürekli haldedir ve baloncuklar yeterli düzeye ulaştığında meydana gelen patlamalar daha az şiddetlidir (Torley ve Bhandri, 2007; Ashokkumar vd., 2010).

### **2.4.3. Ultras es Teknolojisinin Ekstraksiyon İşleminde Kullanımı**

Ultrasonik ekstraksiyon uygulamalarında, hücre duvarı mekanik olarak parçalanır. Hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı ekstrat hücre dışına kolayca

çıkabilmektedir. Ultrases uygulamasıyla hücre duvarı ortadan kalktığından, bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işleminin diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha hızlı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca ultrasonik uygulama sonucunda partikül çapı küçüldüğünden, katı ve sıvı kısımlar arasındaki yüzey alanı artar. Ultrasesin mekanik aktivitesi, solvetin dokulara doğru olan dağılımını hızlandırır. Mekanik olarak hücre duvarı yıkıldığından hücre içi bileşen, çözücü solvante kolayca geçmektedir (Vinatoru, 2001; Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Ultrases eşliğindeki ekastraksiyon uygulamalarında işlem kısa sürede tamamlandığından ısıya hassas aroma bileşenlerinin kaybı da daha az olmaktadır (Mason, 1998). Bu teknoloji uçucu yağların daha yüksek verimle ve kısa sürede elde edilmesini sağlamanın yanı sıra aroma maddeleri, fenolik bileşikler, renk maddeleri, tıbbi ve aromatik bitkilerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda, sızma zeytinyağının zeytin yaprakları ile maserasyonu sonucu oleorupeince zenginleştirilmesi işleminde bu teknoloji kullanılmıştır (Vinatoru, 2001; Roldán-Gutiérrez vd., 2008; Kowalskia ve Wawrzykowski, 2009; Chemat vd., 2011; Achat vd., 2012).

## **2.5. Destilasyon/Ekstraksiyon Uygulamalarında Ultrases Eşliğinde Yapılan Çalışmaların Özeti**

Velickovic vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada, ateş çiçeği katı atıklarından hidrodestilasyon yöntemi ile uçucu yağ eldesinde ultrases destekli hidrodestilasyon yöntemini kullanmışlardır, ekstraksiyon süresinin klasik hidrodestilasyon yöntemine göre 5 saat kısalttığını, hidrodestilasyonda ekstraksiyonun 6 saatte, ultrases destekli hidrodestilasyonun ise 1 saatte tamamlandığını bildirilmişlerdir.

Chemat vd. (2004c) yapmış oldukları çalışmada kimyon tohumundan karvon ve limonen eldesinde soxhlet ekstraksiyonu ve ultrases destekli ekstraksiyonu karşılaştırmışlardır. Soxhlet ekstraksiyonunda kimyon tohumları 5 saat hekzanla ekstrakte edilmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyonda kimyon tohumları 20 kHz'lik, 150 watt güçte ve 69°C'deki su banyosunda 60 dk. süreyle ekstrakte edilmiştir. İki uygulamada da ekstraksiyon süresi boyunca 2., 5., 10., 20., 30. ve 60. dakikalarda ekstraksiyon ortamından örnek almışlardır. Ultrases uygulamasının ekstraksiyonun başlangıç aşamalarında önemli gelişme sağladığını, limonene göre karvon eldesi için daha seçici olduğunu bildirmişlerdir. Ultrases destekli karvon ekstraksiyonunda, ekstraksiyonun ilk 10 dakikasında uygulanan düşük sıcaklığın, iki uygulama arasında daha fazla verim farkı ortaya çıkardığını bildirilmişlerdir. Ultrases kullanımının ekstraksiyon hızını, soxhlet ekstraksiyonuna göre,

karvon eldesinde yaklaşık olarak 55°C, 35°C ve 20°C’de sırası ile 1,3, 1,4 ve 2 kat, limonen eldesinde yaklaşık 1- 1,3 kat arttırdığını belirtmişlerdir.

Périno-Issartier vd. (2013) lavantadan esansiyel yağ ekstraksiyonunda, konveksiyonel yöntemlerden su destilasyonu, buhar destilasyonu, turbo hidrodestilasyon, yenilikçi ekstraksiyon tekniklerinden ultrases destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli hidrodestilasyon, mikrodalga buhar difüzyonu, mikrodalga hidrodifüzyonu gibi mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemlerini, ekstraksiyon süresi, esansiyel yağ kompozisyonu, koku, güç tüketimi ve verim açısından karşılaştırmışlardır. Yenilikçi proses kullanılarak ekstrakte edilmiş esansiyel yağların miktarca (verim) ve kalitece (aromatik profil) konvensiyonel tekniklerle elde edilenlerle benzer özellik gösterdiklerini belirtmişler, en iyi sonucu veren metodun mikrodalga hidrofüzyon yöntemi olduğunu bildirmişlerdir. Buhar destilasyonu yönteminde ekstraksiyon süresi 220 dk. iken mikrodalga hidrofüzyon yöntemi ile bu sürenin 30 dk’ya maximum verime buhar destilasyonu yönteminde 120 dk.’da ulaşılırken, mikrodalga hidrodifüzyon yönteminde 15 dk.’da ulaşıldığını belirtmişlerdir.

Albu vd. (2004) biberiye yapraklarından karnosik asit eldesi için yapmış oldukları çalışmada çalkalamalı su banyosu ekstraksiyonu, ultrasonik prob sistemi ekstraksiyonu, etanollü ultrasonik banyo ekstraksiyonu ve etanol-su karışimli ultrasonik banyo ekstraksiyonu yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Biberiye yapraklarını çalkalamalı su banyosunda ve ultrasonik prob sistemi ekstraksiyonunda 30, 60, 120 ve 180 dakika boyunca 25°C, 35°C, 50°C’de olmak üzere 3 ayrı sıcaklıkta ekstrakte etmişler, solvent olarak, bütanon, etanol, etilasetat karışımı kullanılmışlardır. Etanollü ultrasonik banyo ekstraksiyonunda ise şişe içindeki biberiye yaprakları 40 kHz ‘lik ultrasonik su banyosuna batırılmış, sıcaklık derecesi 47-53°C arasında tutulup, iyi bir solvent ve yaprak karışımı eldesi için yukarıdan bir karıştırıcı ile karıştırılarak 15, 30 ve 45 dakika sürelerle sonike edilmiştir. Etanol ve su karışimli ultrasonik banyo ekstraksiyonunda ise 1/9 oranında su/etanol (su:1/etanol:9 birim) karışımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda sonikasyonun ekstraksiyon solventine bağımlılığı azalttığını, etanol kullanımında verimliliğin geliştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca etanol kullanılarak yapılan karnosik asit ekstraksiyonunun sonikasyonla önemli ölçüde geliştirildiğini, sonuç olarak çalkalamalı su banyosunda 3 saatte elde edilen karnosik asit miktarını, 50°C’de etanol içerisinde prop kullanılarak 15 dakikada elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kimbaris vd. (2006) sarımsaktan sarımsak uçucu yağı eldesinde eşzamanlı solvent ekstraksiyonu, ultrases destekli ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Solvent olarak dietil eter, hexan ve etil asetat kullandıkları

çalışmada, ultrases destekli ekstraksiyonda 35 kHz'lik 25°C'de 30 dk. ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyonda maximum 700 watta 2 saat ekstraksiyon, solvent ekstraksiyonunda 2 saat ekstraksiyon gerçekleştirmişlerdir. Taze doğranmış sarımsağın karakteristik kokusundan ve tadından sorumlu olan reaktif sülfür molekülleri farklı ekstraksiyon yöntemlerine değişken tepki gösterdiğini bildirmişlerdir. Ultrases destekli ekstraksiyonun diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında, oda sıcaklığında ekstraksiyon sağlanması ve sürenin kısa olması nedeni ile hassas aroma bileşiklerinin sarımsaktan termal olarak parçalanma tehlikesini azalttığı, yöntemin uygulanmasının kolay olduğunu ve büyük ölçekli endüstriyel kullanım içinde uygulanabilir olduğunu bildirmişlerdir. Diğer yöntemlerde sıcaklığın ve sürenin artmasına bağlı olarak, taze doğranmış sarımsağın karakteristik kokusundan ve tadından sorumlu olan bileşenlerinin siklik ve asiklik fransiyonlara parçalandığı bildirilmiştir.

Jadhav vd. (2009) vanilya tohumundan vanilya eldesinde SE ile UDE yöntmini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada 22,4 kHz frekanslı 1 saat darbeli modda ultrasonik horn (UH), çözücü olarak 1 g/100 ml solvent kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, SE ile 8 saatte 180 ppm vanilin elde edilirken, UDE ile 1 saatte 140 ppm vanilin elde ettiklerini ve UDE nin yüksek oranda verim artışı sağladığını bildirmişlerdir.

Sharma vd. (2006) vanilin eldesinde yapmış oldukları çalışmada geleneksel yöntem ile UDE yöntemini karşılaştırmışlardır. Çalışmada ultrasonik prob kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda UDE'da elde edilen vanilinin %80'ini 120 saniyede, geleneksel yöntemde ise vanilinin %100'ünün ancak 24 saatte elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Caldeira vd. (2004) yıllanmış kanyaktan aroma bileşeni eldesi için yapmış oldukları çalışmada konvensiyonel yöntem ile UDE karşılaştırmışlardır. Bu amaçla ultrasonik su banyosu, çözücü olarak 50 ml diklorometan kullanmışlar ve 20°C'de 3\*10 dk. ekstraksiyon işlemine tabi tutmuşlardır. Uygulama sonucunda uygulanan ultrases ile birlikte 37 adet bileşen elde ettiklerini, işlem süresinde kısalma ve verimde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Xia vd. (2006) çay'dan aroma bileşenlerinin eldesinde UDE ile konvensiyonel yöntemi karşılaştırmışlardır. Bu amaçla 250 W gücünde 40 kHz frekansta USB, solvent olarak 3 g/300 ml su kullanılmış, örnekler 60°C'de 40 dk. ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Uygulama sonucunda uygulanan ultrases ile birlikte ekstraksiyon süresinde kısalma, ekstraksiyon veriminde artış, uçucu ve kimyasal bileşenlerde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Cabredo-Pinillos vd. (2006), nane yapraklarından mentol eldesinde ultrases destekli ekstraksiyonu ve konvensiyonel yöntemi karşılaştırmışlardır. Bu amaçla 40 kHz'lik USB, çözücü olarak hexan kullanılmış, örnekler 22°C'de 60 dk ekstraksiyona tabi tutulmuştur.

Uygulama sonucunda uygulanan ultrasesin etkisi ile %2'den %12'ye varan uçucu yağ artışı tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Porto vd. (2009), lavantadan uçucu yağ eldesinde ultrasonik prob, solvent olarak 10 g/100 ml %70' lik etanol kullanmışlardır. Uygulama sonucunda ultrasesin etkisi ile ekstraksiyon süresinin kısaldığını, uygulanan düşük sıcaklıktan dolayı termal bozulma riskinin düştüğünü bildirmişlerdir. Bunun yanısıra lavantanın ana bileşenlerinden olan 1,8 cineol, kafur ve linalol asetatta 2-3 kat artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Alissandrakis vd (2003), narenciye çiçeklerinden elde edilen baldan linalol eldesinde, UDE ve konvensiyonel yöntemi karşılatırmışlarır. Bu amaçla USB kullanmışlardır. Çözücü olarak 25°C, 5 g/30 ml n-pentan dietil eter (1:2) veya 25 ml su + 15 ml solvent kullanarak numuneleri 10 dk. ekstraksiyona tabi tutmuşlardır. Uygulanan ultrasesin etkisi ile verim artışı sağlandığını, ekstraksiyon süresinin kısaldığını, termal bozulma riskinin düştüğünü bildirmişlerdir. Bunun yanısıra elde edilen bileşenlerin %80 den fazlasının linalol türevi olduğunu tespit etmişlerdir.

Shotipruk vd. (2001), şarapta uçucu bileşenlerin eldesi için yaptıkları çalışmada UDE ve konvensiyonel yöntemi karşılaştırmışlardır. Bu amaç için 40 kHz'lik USB kullanılmıştır ve 25°C'de 15 dk. ekstrasyon gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonucunda 12 adet bileşen elde edilmiş ve bunun yanısıra uygulanan ultrasesin etkisi ile verim artışı ve ekstraksiyon süresinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Patrascu ve Radoiu (2016), *Rosa damascena* Mill. yapraklarından gül yağı eldesinde hidrodestilasyon, buhar destilasyonu, organik çözücü ekstraksiyonu ve ultrases destekli mikrodalga ekstraksiyonunu karşılaştırmışlardır. Ultrases için ultrasonik prob kullanılmışlar ve gül yaprakları 20 kHz, 500 Watt güç ve 40°C'de 15 dk. ekstraksiyona tabi tutulduktan sonra 2,45 GHz de 2000 Watlık mikrodalga ekstraktörüne aktarılarak ekstraksiyona devam edildiğini bildirmişlerdir. Konvensiyonel yöntemde 240 dk. süren ekstraksiyon süresinin uygulanan ultrases ile birlikte 60 dk.'ya indirildiğini ve böylece ekstraksiyon süresinin 4 kat kısaldığını belirtmişlerdir. Uygulanan ultrases ile birlikte elde edilen uçucu yağ veriminin arttığını ve gül yağının karakteristik kokusundan sorumlu olan monoterpen miktarının artarken hidrokarbon miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak ultrases uygulaması, gül yağı eldesine önemli ölçüde katkı sağladığını bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Isparta'nın Yakaören köyünde bulunan gül üreticisinden alınan yağlık gül '*Rose damascena*' çiçekleri kullanılmıştır. Şekil 3.1'de çalışmada kullanılan güllerin temin edildiği Isparta'daki gül bahçesi görülmektedir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan güllerin temin edildiği Isparta'daki gül bahçesi

#### 3.2. Aletler ve Cihazlar

Gül çiçeklerinin tartımını yapmak için SHIMADZU (Shimadzu Scientific Instruments, Japan) marka UW6200H model ve 0.01 g hassasiyette olan terazi kullanılmıştır.

Tartılan gül çiçeklerini koymak için 40\*51 cm boyutlarında plastik poşetler kullanılmıştır.

Gül yağının destilasyonu için sudan hafif Neo-Clevenger tipi (Çalışkan, Türkiye) hidrodestilasyon cihazı kullanılmıştır.

Florentin kabından alınan gül yağını santrifüj etmek için WiseSpin (Wisd Laboratory Instruments, Korea) marka CF-10 model santrifüj kullanılmıştır.

Gül yağını muhafaza etmek için 2ml'lik ependorf tüpleri kullanılmıştır.

Ultras ses işlemi uygulaması için 40 kHz 253 watt gücünde olan WiseClean (Wisd Laboratory Instruments, Korea) marka WUC-D06H model ultrasonik su banyosu kullanılmıştır.

Gülyağı uçucu bileşenlerinin tespiti için Agilent Marka gaz kromatografi/kütle spektroskopisi (AGILENT 5975 C AGILENT 7890A GC), kolon olarak CP WAX 52 CB (50\*0,25 mm, 0,20 µm) kolonu kullanılmıştır.

### **3.3. Yöntem**

Tez çalışmasında kullanılacak olan yağlık gül çiçeği "*Rosa damascena*" Isparta bölgesindeki çiftçilerden, gül çiçeklenme sezonunda (Mayıs ve Haziran ayları) sabah erken saatlerde günlük olarak temin edilerek bir saat içerisinde laboratuvara getirilip uçucu yağ destile edilinceye kadar buzdolabında +5° C'de muhafaza edilmiştir. Destilasyon işlemi konvensiyonel ve ultras ses ön uygulaması sonrası konvensiyonel destilasyon olmak üzere iki farklı şekilde 3 tekrür olarak gerçekleştirilmiştir.

#### **3.3.1. Konvensiyonel Yöntem**

Yaklaşık 750 g gül çiçeği tartılarak Neo-Clevenger tipi hidro-destilasyon cihazının 5 L'lik cam balonuna aktarılıp üzerine çiçek ağırlığının 3 katı kadar saf su ilave edilerek 3 saat boyunca damıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Destilasyon sonucunda skalalı damıtma haznesinde toplanan gül yağı ependorf tüpüne aktarılıp 13000 rpm'de 5 dk. santrifüj edildikten sonra, su fazından ayrılan gül yağı başka bir ependorf tüpüne alınarak dondurucuda -18° C'de GC-MS analizleri yapılana dek muhafaza edilmiştir. Gül yağı eldesinde kullandığımız Neo-Clevenger aparatı, Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Neo - Clevenger aparatı

### 3.3.2. Konvansiyonel Yöntem Öncesi Ultrases Ön İşlemi

Ultrases ön işlemi 40 kHz 'lik ultrasonik su banyosunda yapılmıştır. 121 g çiçek tartılarak poşetlere konulmuş ve üzerine 425 ml su ilave edilerek ağzı bağlandıktan sonra, içerisinde 2900 ml su bulunan ultrasonik su banyosuna konularak 5 dk. boyunca %50 güçte ultrases işlemine tabi tutulmuştur. 6 parti şeklinde yapılan bu işlem sonucunda poşetlerde bulunan çiçek ve sular Neo-Clavenger balonuna aktarılarak 1,5 saat süre ile destile edilmiştir. Destilasyon sonucunda kılcal damıtma haznesinde toplanan gül yağı ependorf tüpüne aktarılıp santrifüj edildikten sonra, su fazından ayrılan gül yağı başka bir ependorf tüpüne alınarak dondurucuda  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de GC-MS analizleri yapılana dek muhafaza edilmiştir. Uygulanan ultrases işlemi 5dk. %50 güç (M50-5), 10dk. %50 güç (M50-10), 5dk. %100 güç



(M100-5) ve 10dk. %100 güç (M100-10) şeklinde 3 tekerrür'lü olarak yapılmıştır. Şekil 3.3'de çalışmada kullandığımız ultrasonik su banyosu görülmektedir. Ultrases uygulamalarında su banyosunun başlangıç sıcaklığı 20° C olarak ölçülmüştür. Bütün uygulamalar bu sıcaklıkta yapılmıştır. M50-5 ve M100-5 uygulamalarında işlem sonu son sıcaklık ortalama 24° C, M50-10 ve M100-10 uygulamalarında ise bu değer ortalama 28°C olarak saptanmıştır.



**Şekil 3.3.** Çalışmada kullanılan ultrasonik su banyosu

Elde edilecek gül yağlarının miktarları ml olarak ölçülerek %oran (v/w; gül yağı, ml/gül çiçeği, g) olarak belirlenmiştir.

Elde edilen gül yağlarının uçucu yağ bileşenleri oranları Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hizmet alımı şeklinde GC-MS ile belirlenmiş olup, sonuçlar TS 1040:1971 gül yağı standardı ve yapılan çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

### 3.3.3. Gül Yağının GC/MS Analizleri

Gül yağının uçucu yağ bileşeni analizleri Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hizmet alımı şeklinde yapılmıştır. Analizde kullanılan cihaz ve çalışma koşulu aşağıda verilmiştir.

- Cihaz : Agilent Marka gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi (AGILENT 5975 C AGILENT 7890A GC)
- Kolon : CP WAX 52 CB (50\*0,25 mm, 0,20 µm)
- Kütüphane : WILEY
- Enjeksiyon hacmi : 1 µL
- Çalışma sıcaklığı : Fırın başlangıç sıcaklığı 60° C'dir. 60° C'de 2 dakika bekletildikten sonra dakikada 2° C'lik artışla 220° C'ye çıkılmıştır. Bu sıcaklıkta 20 dakika beklenmiştir (Baydar vd., 2013a). Enjektör sıcaklığı 240° C, dedektör sıcaklığı 250° C olarak çalışılmıştır. Çalışmamızda kullandığımız GC-MS resmi, Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan GC-MS cihazı

### 3.3.4. İstatistik Analizler

Analizler sonucu elde edilen veriler, SAS University Edition (2016) programında GLM prosedürü ile tek yönlü varyans analizi ve Duncan çoklu ortalama karşılaştırma testi ile analiz edilmiştir



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Elde Edilen Gül Yağı Miktarları

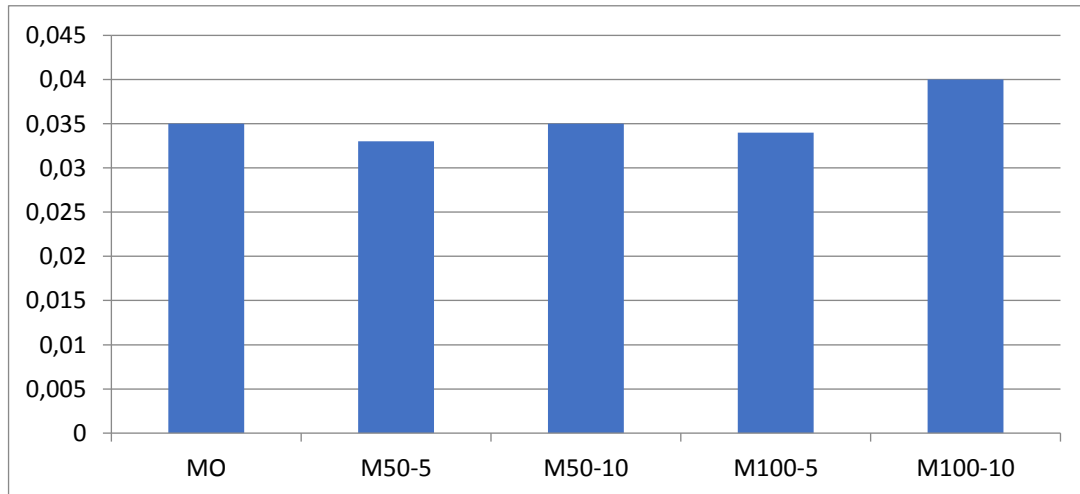
Su destilasyonu yöntemi ile ve su destilasyonu öncesi ultrases ön işlemi uygulanarak elde edilen uçucu yağ miktarları, Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1. Uçucu yağ miktarı (v/w)

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	Destilasyon Süresi (dk.)	%Uçucu yağ miktarı (v/w)
M0	0	0	180	0,035 <sup>a</sup> ±0,006
M50-5	50	5	90	0,033 <sup>a</sup> ±0,002
M50-10	100	10	90	0,035 <sup>a</sup> ±0,003
M100-5	50	5	90	0,034 <sup>a</sup> ±0,001
M100-10	100	10	90	0,040 <sup>a</sup> ±0,007

M0: Konvensiyonel, M50-5: %50 güç-5 d, M50-10: %50 güç-10 d, M100-5: %100 güç-5 d, M100-10: %100 güç-10 d  
<sup>a</sup>: Aynı sütunda bulunan, aynı harfler ile gösterilen ortalamalar birbiri ile aynıdır (p> 0.05)

Uygulanan ultrases gücünün ve süresinin arttırılmasına bağlı olarak elde edilen uçucu yağ miktarında %14,3 oranında bir artış meydana gelmesine rağmen istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Konvensiyonel yöntemde 180 dk.’da %0,035 oranında uçucu yağ elde edilirken, ultrases uygulamasına bağlı olarak %0,040 oranındaki uçucu yağ 90. dk’da elde edilmiştir. Elde edilen uçucu yağ veriminde M0 uygulamasına göre bir miktar artış sağlanması ve süreyi %50 oranında kısaltmış olması uygulamasının sağladığı bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Şekil 4.1’de gül yağı verimleri gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktarı %(v/w).

Baydar vd. (2007), gül çiçeklerinin diğer aromatik bitkilere kıyasla uçucu yağ oranının çok düşük olduğunu (%0,03-0,04), 1 kg gül yağı elde etmek için mevsim şartlarına göre değişmekle birlikte yaklaşık 3500 kg gül'e ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada verim değeri %0,033-0,040 (v/w) aralığında saptanmış olup Baydar vd. (2007)'nin çalışmasındaki bulgularla paralellik göstermektedir.

Kazaz vd. (2009)'un gül çiçeğinin petal yapraklarının bekletilmeden destile edilmesi ile uçucu yağ miktarını %0,043 (v/w) olarak tespit etmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçların bu bulgudan düşük olduğu görülmektedir.

Baydar vd. (2013b), yağ gülü çiçeğinde yaptıkları çalışmada, çiçeğinin tümünde %0,035 oranında, petal yapraklarında %0,057 oranında ve sepal yapraklarında %0,013 (v/w) oranında uçucu yağ bulunduğu tespit edilmişlerdir. Yaptığımız çalışmada verim değeri %0,033-0,040 (v/w) aralığında saptanmış olup Baydar vd. (2013b)'nin çalışmasındaki bulgularla paralellik göstermektedir.

Baydar ve Erbaş (2016) güllerin bütün (tam) olarak damıtıldığında ortalama % 0,035 oranında, aynı çiçeklerin sadece petal yaprakları ayrılıp damıtıldığında %0,060 oranında ve petal yaprakları dışında kalan kısımların damıtılması ile %0,015 (v/w) oranında uçucu yağ elde ettiklerini bildirmişlerdir. Sonuçlarımız gülün tam olarak damıtıldığında elde edilen bulgu ile paralellik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin petal yapraklarından ultrases destekli mikrodalga ekstraksiyonu ile gül yağı elde etmişlerdir. Gül yağı verimini konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli mikrodalga ekstraksiyonu yönteminde sırası ile %0,05 (w/w) ve %0,12 (w/w) olarak bulmuşlardır.

Baydar ve Erbaş (2016) gül yağı eldesinde petal yaprakları kullanmış ve gül yağı verimini tüm çiçekle yaptığı damıtmaya göre yaklaşık iki kat fazla bulmuşlar (tüm çiçekte %0,035, petal yapraklarda %0,060, v/w) ve bu durumu petal yaprakların tek başına damıtılması ile daha yüksek verim elde edileceği bilgisi ile açıklamışlardır.

Tüm bu bilgiler ışığında Patrascu ve Radoiu (2016) nun elde ettiği bulgular ile sonuçlarımızı karşılaştırdığımızda, sonuçlarımızın daha düşük çıkmasını ultrases uygulamasında diğer araştırmacıların ultrasonik prob, bizim ise ultrasonik su banyosu kullanmamız, diğer araştırmacıların damıtmayı petal yapraklardan yapması, bizim ise damıtmada tüm gül çiçeğini kullanmamız ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2. Gül Yağının Bileşenleri ve Miktarlarına Ait Sonuçlar

Elde ettiğimiz gül yağının GC-MS analizleri sonuçlarına göre, gül yağında 32 adet uçucu yağ bileşeni tespit edilmiştir. Bu bileşenlerin yüzde miktarlarının ortalamaları aşağıda çizelgeler halinde özetlenmiştir.

Çalışmamızda en yüksek  $\alpha$ -pinen miktarı ortalaması M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %4,278 olarak tespit edilirken, en düşük  $\alpha$ -pinen miktarı ortalaması %3,149 ile M0 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Meydana gelen fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standartında  $\alpha$ -pinen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında  $\alpha$ -pinen miktarını Özel vd. (2006) %0,35 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda saptadığımız  $\alpha$ -pinen miktarı ortalaması %3,149-4,278 miktarları arasında olup, Özel vd. (2006)'nın saptadıkları bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek betapinen miktarı ortalaması M50-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,953 olarak tespit edilirken, en düşük betapinen miktarı ortalaması %0,547 ile M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Ultrases ön uygulaması ile betapinen miktarında artış olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standartında betapinen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarına baktığımızda "*Rosa damascena*"dan elde edilen gül yağında betapinen miktarını Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %0,36 olarak tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada betapinen miktarı %0,547-0,953 aralığında saptanmış olup, Baydar ve Göktürk Baydar (2010)'un çalışmasındaki bulguların üzerinde olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek mirsen miktarı ortalaması M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,589 olarak tespit edilirken, en düşük mirsen ortalaması %1,281 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standartında mirsen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında mirsen miktarını Babu ve Kual (2005) %0,46, Özel vd. (2006) %0,11, Baydar vd. (2007) %0,92 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz sonuçlar %1,281-1,589 arasında olup, sonuçlarımızın literatür bulgularının üzerinde olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek  $\alpha$ -terpinen miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,289 olarak tespit edilirken, en düşük  $\alpha$ -terpinen miktarı ortalaması %0,197 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Ancak bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında  $\alpha$ -terpinen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında ise gül yağında  $\alpha$ -terpinen miktarı ile ilgili herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Çalışmamızda saptamış olduğumuz  $\alpha$ -terpinen miktarı ortalamaları %0,197-0,289 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek limonen miktarı ortalaması M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,139 olarak tespit edilirken, en düşük limonen ortalaması %0,104 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Yüksek güç ve düşük süre ultrases uygulaması limonen miktarını artırırken, düşük güç ve yüksek süre ultrases uygulaması limonen miktarında azalmaya sebep olmuştur. Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standardında limonen ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarına baktığımızda gül yağında limonen miktarını Özel vd. (2006) %0,13 olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz limonen miktarı ortalaması %0,104-0,139 arasındadır ve Özel vd. (2006)'nın tespit ettiği bulgu ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek  $\gamma$ -terpinen miktarı ortalaması, M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,091 olarak tespit edilirken, en düşük  $\gamma$ -terpinen ortalaması %0,076 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında  $\gamma$ -terpinen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağı ile ilgili  $\gamma$ -terpinen miktarı ile ilgili herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Çalışmamızda saptadığımız  $\gamma$ -terpinen miktarı ortalamaları %0,077-0,091 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek o-simen miktarı ortalaması, M100-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,114 olarak tespit edilirken, en düşük o-simen miktarı ortalaması %0,071 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında o-simen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında o-simen miktarı ile ilgili herhangi bir

veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda bulduğumuz o-simen miktarı ortalamaları %0,071-0,114 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek  $\alpha$ -terpinole miktarı ortalaması, M100-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,062 olarak tespit edilirken, en düşük  $\alpha$ -terpinole ortalaması %0,049 ile M100-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında  $\alpha$ -terpinole miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında  $\alpha$ -terpinolen miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda bulduğumuz  $\alpha$ -terpinole miktarı ortalamaları %0,049-0,062 arasında yer almaktadır





**Çizelge 4.2.** Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % ( $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, mirsen,  $\alpha$ -terpinen, limonen,  $\gamma$ -terpinen, o-simen,  $\alpha$ -terpinole)

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	$\alpha$ -pinen	$\beta$ -pinen	Mirsen	$\alpha$ -terpinen	limonen	$\gamma$ -terpinen	o-simen	$\alpha$ -terpinole
M0	0	0	3,149 <sup>a</sup> ±0,739	0,547 <sup>a</sup> ±0,089	1,363 <sup>a</sup> ±0,266	0,289 <sup>a</sup> ±0,071	0,114 <sup>ab</sup> ±0,015	0,084 <sup>a</sup> ±0,011	0,088 <sup>a</sup> ±0,018	0,057 <sup>a</sup> ±0,008
M50-5	50	5	3,762 <sup>a</sup> ±0,516	0,652 <sup>b</sup> ±0,097	1,536 <sup>a</sup> ±0,161	0,241 <sup>a</sup> ±0,044	0,121 <sup>ab</sup> ±0,013	0,077 <sup>a</sup> ±0,010	0,071 <sup>a</sup> ±0,010	0,057 <sup>a</sup> ±0,007
M50-10	50	10	3,847 <sup>a</sup> ±0,635	0,953 <sup>b</sup> ±0,194	1,281 <sup>a</sup> ±0,259	0,252 <sup>a</sup> ±0,037	0,104 <sup>b</sup> ±0,011	0,076 <sup>a</sup> ±0,008	0,110 <sup>a</sup> ±0,086	0,056 <sup>a</sup> ±0,005
M100-5	100	5	4,278 <sup>a</sup> ±0,542	0,706 <sup>b</sup> ±0,078	1,589 <sup>a</sup> ±0,287	0,246 <sup>a</sup> ±0,030	0,139 <sup>a</sup> ±0,022	0,091 <sup>a</sup> ±0,005	0,084 <sup>a</sup> ±0,012	0,062 <sup>a</sup> ±0,007
M100-10	100	10	3,650 <sup>a</sup> ±0,983	0,607 <sup>b</sup> ±0,180	1,467 <sup>a</sup> ±0,388	0,197 <sup>a</sup> ±0,047	0,118 <sup>ab</sup> ±0,021	0,088 <sup>a</sup> ±0,012	0,114 <sup>a</sup> ±0,076	0,049 <sup>a</sup> ±0,007

<sup>a</sup>: Aynı sütunda bulunan, aynı harfler ile gösterilen ortalamalar birbiri ile aynıdır (p> 0,05)

**Çizelge 4.3.** Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (1- hexanol, nonanal, pentadekan, linalol,  $\beta$ -bourbon, azulen, transkaryofilen, sitronelil asetat)

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	1-hexanol	Nonanal	Pentadekan	Linalol	$\beta$ -bourbon	Azulen	Trans-Karyofilen	Sitronelil asetat
M0	0	0	0,090 <sup>a</sup> ±0,035	0,311 <sup>a</sup> ±0,192	0,227 <sup>a</sup> ±0,045	1,367 <sup>a</sup> ±0,416	0,110 <sup>a</sup> ±0,013	0,928 <sup>a</sup> ±0,163	0,704 <sup>a</sup> ±0,092	0,580 <sup>a</sup> ±0,050
M50-5	50	5	0,086 <sup>a</sup> ±0,059	0,138 <sup>a</sup> ±0,021	0,188 <sup>a</sup> ±0,070	0,933 <sup>a</sup> ±0,558	0,112 <sup>a</sup> ±0,021	0,821 <sup>a</sup> ±0,070	0,697 <sup>a</sup> ±0,182	0,459 <sup>a</sup> ±0,169
M50-10	50	10	0,117 <sup>a</sup> ±0,023	0,130 <sup>a</sup> ±0,023	0,229 <sup>a</sup> ±0,008	1,255 <sup>a</sup> ±0,177	0,102 <sup>a</sup> ±0,003	0,797 <sup>a</sup> ±0,078	0,591 <sup>a</sup> ±0,041	0,567 <sup>a</sup> ±0,029
M100-5	100	5	0,100 <sup>a</sup> ±0,013	0,240 <sup>a</sup> ±0,184	0,244 <sup>a</sup> ±0,062	1,044 <sup>a</sup> ±0,279	0,120 <sup>a</sup> ±0,024	0,829 <sup>a</sup> ±0,062	0,576 <sup>a</sup> ±0,013	0,579 <sup>a</sup> ±0,101
M100-10	100	10	0,078 <sup>a</sup> ±0,007	0,250 <sup>a</sup> ±0,055	0,207 <sup>a</sup> ±0,090	0,955 <sup>a</sup> ±0,071	0,094 <sup>a</sup> ±0,021	0,719 <sup>a</sup> ±0,148	0,517 <sup>a</sup> ±0,102	0,539 <sup>a</sup> ±0,117

<sup>a</sup>: Aynı sütunda bulunan, aynı harfler ile gösterilen ortalamalar birbiri ile aynıdır (p> 0,05)

**Çizelge 4.4.** Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (Heptadekan, sitral, 8-heptedesen,  $\alpha$ -karyofilen, sitronellol, nerol, geraniol, nonadekan)

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	Heptadekan	Sitral	8-Heptedesen	$\alpha$ -Karyofilen	Sitronellol	Nerol	Geraniol	Nonadekan
M0	0	0	1,822 <sup>a</sup> ±0,164	0,237 <sup>b</sup> ±0,052	0,407 <sup>a</sup> ±0,058	0,506 <sup>a</sup> ±0,060	27,582 <sup>a</sup> ±3,984	6,298 <sup>b</sup> ±0,653	19,033 <sup>a</sup> ±4,800	15,344 <sup>a</sup> ±3,545
M50-5	50	5	1,252 <sup>b</sup> ±0,389	0,389 <sup>a</sup> ±0,069	0,247 <sup>cb</sup> ±0,084	0,523 <sup>a</sup> ±0,084	25,608 <sup>a</sup> ±4,601	10,091 <sup>a</sup> ±2,162	25,594 <sup>a</sup> ±7,136	11,440 <sup>a</sup> ±3,071
M50-10	50	10	1,517 <sup>ab</sup> ±0,273	0,362 <sup>a</sup> ±0,030	0,308 <sup>ab</sup> ±0,074	0,497 <sup>a</sup> ±0,035	27,642 <sup>a</sup> ±0,594	9,704 <sup>ab</sup> ±1,786	24,846 <sup>a</sup> ±0,474	11,033 <sup>a</sup> ±0,748
M100-5	100	5	1,481 <sup>ab</sup> ±0,371	0,391 <sup>a</sup> ±0,013	0,254 <sup>cb</sup> ±0,027	0,537 <sup>a</sup> ±0,019	27,923 <sup>a</sup> ±1,738	8,908 <sup>ab</sup> ±1,773	23,815 <sup>a</sup> ±1,719	11,377 <sup>a</sup> ±1,597
M100-10	100	10	1,371 <sup>ab</sup> ±0,134	0,415 <sup>a</sup> ±0,010	0,148 <sup>c</sup> ±0,071	0,533 <sup>a</sup> ±0,055	25,576 <sup>a</sup> ±3,712	10,893 <sup>a</sup> ±3,219	26,927 <sup>a</sup> ±3,991	11,087 <sup>a</sup> ±1,609

<sup>a</sup>: Aynı sütunda bulunan, aynı harfler ile gösterilen ortalamalar birbiri ile aynıdır (p> 0,05)

**Çizelge 4.5.** Gül yağında tespit edilen uçucu yağ bileşenlerinin miktar ortalamaları % (9-nonadesen, fenil etil alkol, eikosan, metil öjenol, heneikosan, öjenol, trikosan, farnesol)

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	9-nonadesen	Fenil etil alkol	Eikosan	Metil öjenol	Heneikosan	Öjenol	Trikosan	Farnesol
M0	0	0	2,954 <sup>a</sup> ±0,987	1,122 <sup>a</sup> ±0,447	1,190 <sup>a</sup> ±0,407	1,015 <sup>a</sup> ±0,396	6,867 <sup>a</sup> ±2,532	0,691 <sup>a</sup> ±0,346	1,517 <sup>a</sup> ±0,674	1,631 <sup>a</sup> ±0,588
M50-5	50	5	2,330 <sup>a</sup> ±0,089	0,991 <sup>a</sup> ±0,148	0,926 <sup>a</sup> ±0,268	0,649 <sup>a</sup> ±0,120	5,428 <sup>a</sup> ±1,067	0,697 <sup>a</sup> ±0,365	1,177 <sup>a</sup> ±0,246	1,489 <sup>a</sup> ±0,200
M50-10	50	10	2,812 <sup>a</sup> ±0,363	1,263 <sup>a</sup> ±0,078	0,861 <sup>a</sup> ±0,091	0,674 <sup>a</sup> ±0,070	4,655 <sup>a</sup> ±0,485	0,627 <sup>a</sup> ±0,048	0,908 <sup>a</sup> ±0,115	1,489 <sup>a</sup> ±0,118
M100-5	100	5	2,434 <sup>a</sup> ±0,659	1,094 <sup>a</sup> ±0,159	0,901 <sup>a</sup> ±0,088	0,785 <sup>a</sup> ±0,177	4,981 <sup>a</sup> ±0,580	0,639 <sup>a</sup> ±0,064	0,926 <sup>a</sup> ±0,109	1,594 <sup>a</sup> ±0,118
M100-10	100	10	2,043 <sup>a</sup> ±0,242	1,110 <sup>a</sup> ±0,268	0,843 <sup>a</sup> ±0,208	0,872 <sup>a</sup> ±0,092	4,461 <sup>a</sup> ±1,264	0,586 <sup>a</sup> ±0,053	0,816 <sup>a</sup> ±0,265	1,607 <sup>a</sup> ±0,229

<sup>a</sup>: Aynı sütunda bulunan, aynı harfler ile gösterilen ortalamalar birbiri ile aynıdır (p> 0,05)

Çalışmamızda en yüksek 1-hexanol miktarı ortalaması, M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,100 olarak tespit edilirken, en düşük 1-hexanol miktarı ortalaması %0,078 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Meydana gelen fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında 1-hexanol miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında 1-hexanol miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz 1-hexanol miktarı ortalamaları %0,078-0,117 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek nonanal miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,311 olarak tespit edilirken, en düşük nonanal miktarı ortalaması %0,130 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında nonanal miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında nonanal miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz nonanal miktarı ortalamaları %0,130-0,311 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek pentadekan miktarı ortalaması, M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,244 olarak tespit edilirken, en düşük pentadekan ortalaması %0,188 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir. M0 uygulamasında ise bu oran %0,227 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Ancak bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında pentadekan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarına baktığımızda Loghmani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Gehamsar, Khonab bölgelerinde gül yağlarında yaptıkları çalışmada pentadekan miktarlarını sırası ile %0,13, %0,32, %0,65, %0,96 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki pentadekan miktarı %0,188-0,244 arasında saptanmış olup, sonuçlar Loghmani vd. (2007)'nin İran'ın Vidoj bölgesinden elde ettikleri gül yağındaki pentadekan miktarı ile benzerlik gösterirken, Dorrin, Gehamsar ve Khonab bölgelerindeki güly yağlarında tespit ettikleri pentadekan miktarından düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda en yüksek linalool miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,367 olarak tespit edilirken, en düşük linalool ortalaması %0,933 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standartında linalool miktarı %1,1-3,1 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Sonuçlarımızda linalool ortalamaları %0,933-1,367 olup, TS 1040 gül yağı standartında belirlenen linalool miktarı ile genel olarak paralellik göstermektedir.

Literatür çalışmalarında gül yağında linalool miktarını Loghmani-Khouzani vd. (2007) %0,29, Babu ve Kaul (2005) %2,15, Baydar vd. (2007) %1,66, Baydar vd. (2008a) %0,95, Baydar vd. (2008b) %1,17, Baydar ve Erbaş (2016) %0,25, Özel vd. (2006) %1,91, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %2,48 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız Baydar vd. (2008a)'nın, Baydar vd. (2008b)'nin tespit ettikleri bulgular ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek betabourbon miktarı ortalaması M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,244 olarak tespit edilirken, en düşük betabourbon ortalaması %0,188 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında betabourbon miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarına baktığımızda betabourbon miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz betabourbon miktarı ortalamaları %0,094-0,120 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek azulen miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,928 olarak tespit edilirken, en düşük azulen miktarı ortalaması %0,719 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Meydana gelen fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında azulen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir (TS 1040). Literatür çalışmalarında azulen miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz azulen miktarı ortalamaları %0,719-0,928 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek transkaryofilen miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,704 olarak tespit edilirken, en düşük transkaryofilen miktarı ortalaması %0,517 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında transkaryofilen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir (TS 1040). Literatür çalışmalarında transkaryofilen miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda tespit ettiğimiz transkaryofilen miktarı ortalamaları %0,517-0,704 arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda en yüksek sitronelil asetat miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,580 olarak tespit edilirken, en düşük sitronelil asetat ortalaması %0,539 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında sitronelil asetat miktarı %1,3-1,9 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda tespit ettiğimiz sitronelil asetat miktarı ortalamaları %0,459-0,580 arasında olup, sonuçlarımız TS 1040'da belirtilen değerlerin altındadır.

Literatür çalışmalarında gül yağında sitronelil asetat miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) %0,13, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %1,6, Kazaz vd. (2009) %0,74, Baydar vd. (2007) %0,46 olarak tespit etmiştir. Sonuçlarımız %0,459-0,580 arasında olup, Baydar vd. (2007)'nin saptadıkları bulgular ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek heptadekan miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,822 olarak tespit edilirken, en düşük heptadekan ortalaması %1,252 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ultrases gücünün ve uygulama süresinin artmasına bağlı olarak tespit edilen heptadekan miktarı ortalamasında genel olarak azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standardında heptadekan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda heptadekan miktarını sırası ile %1,37, %1,59, %1,55, Moeina vd. (2010) %2,4, Babu ve Kaul (2005) %0,92 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz heptadekan miktarı %1,252-1,822 arasında değişmekte olup, Loghmani-khouzani vd. (2007)'nin saptadıkları bulgular ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek sitral miktarı ortalaması, M100-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,928 olarak tespit edilirken, en düşük sitral miktarı ortalaması %0,237 ile M0 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ultrases gücünün ve uygulama süresinin artmasına bağlı olarak tespit edilen sitral miktarı ortalamasında genel olarak artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standardında sitral miktarı %1,6-2,0 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda saptadığımız sitral miktarı ortalaması %0,237-0,415 arasında olup,

TS 1040'da belirlenen değerlerinin altındadır. Literatür çalışmalarında gül yağında sitral miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır.

Çalışmamızda en yüksek 8-heptadesen miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,407 olarak tespit edilirken, en düşük 8-heptadesen miktarı ortalaması %0,148 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ultrases ön uygulamalarının tamamında 8-heptadesen miktarında bir azalma saptanırken bu azalma en fazla M100-10 kodlu uygulama sonucunda görülmüştür. Bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standardında 8-heptadesen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında 8-heptadesen miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda saptadığımız 8-heptadesen miktarı ortalamaları %0,148-0,407 arasında değişmektedir.

Çalışmamızda en yüksek  $\alpha$ -karyofilen miktarı ortalaması M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,533 olarak tespit edilirken, en düşük  $\alpha$ -karyofilen miktarı ortalaması %0,497 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında  $\alpha$ -karyofilen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında  $\alpha$ -karyofilen miktarı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızda saptadığımız  $\alpha$ -karyofilen miktarı ortalamaları %0,497-0,537 arasında değişmektedir.

Çalışmamızda en yüksek sitronellol miktarı ortalaması, M100-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %27,923 olarak tespit edilirken, en düşük miktar %27,576 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında sitonellol miktarı %36,5-54,6 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda tespit ettiğimiz sitronellol miktarı ortalaması %25,576-27,923 arasında olup, TS 1040'da belirlenen değerlerin altındadır.

Literatür çalışmalarında gül yağında sitronellol miktarını Moeina vd. (2010) 6,14, Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Ghamsar ve khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %32,49, %23,55, %26,05, %14,88, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %25,63, Moeina vd. (2010) %6,14, Babu ve Kaul (2005) %30,31, Özel vd. (2006) %30,54 Kazaz vd. (2009) %25,34, Baydar vd. (2007) %17,91, Baydar vd. (2008a) %32,13, Baydar vd. (2008b) %15,75, Baydar ve Erbaş (2016) %25,16 olarak tespit

etmişlerdir. Sonuçlarımız %25,576-27,923 arasında değişmekte olup, Baydar ve Göktürk Baydar (2010)'un, Kazaz vd. (2009)'un, Baydar ve Erbaş (2016)'nın ve Loghmani-khouzani vd. (2007)'nin saptadıkları bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında sitronellol miktarını sırası ile %23,36-24,16 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %27,582, %25,608, %27,642, %27,923, %25,576 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun damıtmada kullanılan bitki bölümlerinin ve kullanılan ultrases yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek nerol miktarı ortalaması, M100-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %10,893 olarak tespit edilirken, en düşük nerol miktarı ortalaması %6,298 ile M0 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ultrases ön uygulamasının yapıldığı tüm deneylerde Nerol miktarı M0 grubundan yüksek tespit edilmiştir. Meydana gelen bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Türk gül yağı standardında nerol miktarı %4,6-10,2 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda elde ettiğimiz nerol miktarı ortalamaları %6,298-10,893 arasında olup, sonuçlarımız TS 1040'da belirtilen değerler ile uygunluk göstermektedir.

Literatür çalışmalarında gül yağında nerol miktarını Yassa vd. (2009) %3,05, Babu ve Kaul (2005) %8,46, Özel vd. (2006) %11,19, Kazaz vd. (2009) %14,3, Baydar vd. (2007) %12,7, Baydar vd. (2008a) %8,78, Baydar vd. (2008b) %17,39, Baydar ve Erbaş (2016) %16,58 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %6,298-10,893 arasında değişmekte olup, Babu ve Kaul (2005)'in ve Baydar vd. (2008a)'nın saptadıkları bulgular ile paralellik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında nerol miktarını sırası ile %6,30-8,64 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %6,298, %10,091, %9,704, %8,908, %10,893 olarak tespit edilmiştir. Konvensiyonel yöntem ile elde edilen yağda tespit edilen nerol miktarları karşılaştırıldığında Patrascu ve Radoiu (2016)'nın tespit ettiği ile bizim tespit ettiğimiz bulgu paralellik göstermektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz diğer bulguların ise Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan yüksek olduğu

görülmektedir. Bu durumun kullanılan ultrases yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek geraniol miktarı ortalaması M100-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %26,927 olarak tespit edilirken, en düşük geraniol ortalaması %19,033 ile M0 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında geraniol miktarı %7,8-23,5 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda elde ettiğimiz geraniol miktarı ortalamaları %19,033-26,927 arasında olup, sonuçlarımızın TS 1040'da belirtilen değerlerin üzerinde olduğu gözlenmektedir.

Literatür çalışmalarında gül yağında geraniol miktarını Yassa vd. (2009) %15,05, Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj ve Dorrin bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %18,12, %5,65, Babu ve Kaul (2005) %16,96, Özel vd., (2006) %36,22, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %12,07, Kazaz vd. (2009) %33,02, Baydar vd. (2007) %30,22, Baydar vd. (2008a) %17,33, Baydar vd. (2008b) %35,91, Baydar ve Erbaş (2016) %35,52 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %19,033-26,927 arasında değişmekte olup, Loghmani-khouzani vd. (2007)'nin, Babu ve Kaul (2005)'in, Baydar ve Göktürk Baydar (2010)'un, Baydar vd. (2008a)'nın tespit ettikleri bulguların üzerinde, Özel vd., (2006)'nın, Kazaz vd. (2009)'un, Baydar vd. (2007)'nin, Baydar vd. (2008b)'nin, Baydar ve Erbaş (2016)'nin saptadıkları bulguların altında olduğu görülmüştür.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında geraniol miktarını sırası ile %19,07-20,04 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %19,033, %25,594, %24,846, %23,815, %26,927 olarak tespit edilmiştir. Konvensiyonel yöntem ile elde edilen yağda tespit edilen geraniol miktarları karşılaştırıldığında Patrascu ve Radoiu (2016)'nın tespit ettiği ile bizim tespit ettiğimiz bulgu paralellik göstermektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz diğer bulguların ise Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun kullanılan ultrases yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek nonadekan miktarı ortalaması M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %15,344 olarak tespit edilirken, en düşük nonadekan miktarı ortalaması %11,033 ile M50-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).



Türk gül yağı standardında nonadekan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında nonadekan miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %23,99, %39,7, %40,68, %10,39, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %23,96, Moeina vd. (2010) %39,73, Babu ve Kaul (2005) %2,7, Özel vd. (2006) %0,55, Kazaz vd. (2009) %10,27, Baydar vd. (2008a) %13,28, Baydar vd. (2008b) %9,01, Baydar ve Erbaş (2016) %5,83 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %11,033-15,344 arasında değişmekte olup, Kazaz vd. (2009)'un ve Baydar vd. (2008a)'nın bulguları ile paralellik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında nonadekan miktarını sırası ile %14,78-9,59 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %15,344, %11,440, %11,033, %11,377, %11,087 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun kullanılan ultrases yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek 9-nonadesen miktarı ortalaması M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %2,954 olarak tespit edilirken, en düşük 9-nonadesen ortalaması %2,043 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında 9-nonadesen miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında %9-nonadesen miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %4,89, %4,26, %4,95, %3,34, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %2,02, Moeina vd. (2010) %5,69, Kazaz vd. (2009) %2,53, Baydar ve Erbaş (2016) %2,37 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %2,043-2,954 arasında değişmekte olup, Baydar ve Göktürk Baydar (2010)'un, Kazaz vd. (2009)'un ve Baydar ve Erbaş (2016)'nın bulguları ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek fenil etil alkol miktarı ortalaması, M50-10 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,263 olarak tespit edilirken, en düşük fenil etil alkol miktarı ortalaması %0,991 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında fenil etil alkol miktarı %1,2-1,9 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda saptadığımız fenil etil alkol miktarı ortalamaları %0,991-1,263 arasında olup, M50-10 kodlu uygulama sonucunda tespit edilen %1,263 değeri TS 1040'da belirlenen değerler ile paralellik gösterirken, diğer uygulama sonuçları TS 1040'da belirlenen değerlerin altında kalmıştır.

Literatür çalışmalarında gül yağında fenil etil alkol miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %0,39, %0,22, %0,41, Babu ve Kaul (2005) %12,6, Özel vd. (2006) %1,92, Baydar ve Göktürk Baydar (2005) %1,32-1,80 arasında, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %2,53, Kazaz vd. (2009) %0,54, Baydar vd. (2008a) %0,45, Baydar vd. (2008b) %0,51 Baydar ve Erbaş (2016) %1,25 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %0,991-1,263 arasında değişmekte olup, Baydar ve Erbaş (2016)'nın saptadıkları bulgularla benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek eikosan miktarı ortalaması M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,190 olarak tespit edilirken, en düşük eikosan ortalaması miktarı %0,843 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında eikosan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında eikosan miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %1,29, %1,87, %1,71, %20,5, Babu ve Kaul (2005) %1,65, Özel vd. (2006) %0,47, Kazaz vd. (2009) %0,33, Moeina vd. (2010) %4,52, Baydar ve Erbaş (2016) %0,56 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %0,843-1,190 arasında değişmekte olup, Loghmani-khouzani vd. (2007)'nin, Babu ve Kaul (2005)'in tespit ettiği değerlerden düşük, Özel vd. (2006)'nın, Kazaz vd. (2009)'un, Moeina vd. (2010)'un, Baydar ve Erbaş (2016)'ın tespit ettikleri bulgulardan yüksek olduğu gözlenmektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında eicosan miktarını sırası ile %2,87-1,84 arasında bulmuşlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %1,190, %0,926, %0,861, %0,901, %0,843 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun damıtmada kullanılan bitki bölümlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek metil öjenol miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,015 olarak tespit edilirken, en düşük metil öjenol miktarı ortalaması %0,586 ile M50-5 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında metil öjenol miktarı %1,2-3,3 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda saptadığımız metil öjenol miktarı ortalamaları %0,649-1,015 arasında olup, TS 1040'da belirlenen metil öjenol değerlerinin altında bulunmaktadır.

Literatür çalışmalarında gül yağında metil öjenol miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Dorrin, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %0,55, %0,87, %2,55, %1,78, Kazaz vd. (2009) %0,84, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %1,17, Baydar vd. (2008a) %2,77, Baydar vd. (2008b) %0,96, Baydar ve Erbaş (2016) %1,26 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %0,649-1,015 arasında değişmekte olup, Loghmani-khouzani vd. (2007)'nin Kazaz vd. (2009)'un, Baydar vd. (2008b)'nin tespit ettikleri bulgular ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek heneikosan miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %6,867 olarak tespit edilirken, en düşük heneikosan miktarı ortalaması %4,461 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında heneikosan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlamaya yer verilmemiştir. Literatür çalışmalarında gül yağında heneikosan miktarını Loghmani-khouzani vd. (2007) İran'ın Vidoj, Ghamsar ve Khonah bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda sırası ile %9,64, %13,89, %7,3, Özel vd. (2006) %0,27, Kazaz vd. (2009) %0,81, Moeina vd. (2010) %32,38, Baydar ve Erbaş (2016) %2,24 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %4,461-6,867 arasında değişmekte olup, sonuçlarımızın Moeina vd. (2010)'un ve Loghmani-khouzani vd. (2007) %9,64, %13,89, %7,3, olarak saptadıkları bulgulardan düşük, Özel vd. (2006)'nın, Kazaz vd. (2009)'un ve Baydar ve Erbaş (2016)'nın saptadıkları bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında heneikosan miktarını sırası ile %3,45-4,54 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases ön uygulamalı destilasyonla elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %6,867, %5,428, %4,655, %4,981, %4,461 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgularla genel olarak paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek öjenol miktarı ortalaması, M50-5 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %0,697 olarak tespit edilirken, en düşük öjenol miktarı ortalaması %0,586 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Meydana gelen bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında öjenol miktarı %0,0-0,8 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda saptadığımız öjenol miktarları ortalaması %0,586-0,697 arasında değişmekte olup, TS 1040'da belirtilen öjenol değerleri ile uygunluk göstermektedir.

Literatür çalışmalarında gül yağında öjenol miktarını Kazaz vd. (2009) %4,16, Baydar vd. (2008a) %0,22, Baydar ve Erbaş (2016) %1,94, Yassa vd. (2009) %0,18, Özel vd. (2006) %0,22, Baydar ve Göktürk Baydar (2010) %0,16 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %0,586-0,697 arasında değişmekte olup, Kazaz vd. (2009)'un, Baydar ve Erbaş (2016)'nın tespit ettikleri bulguların altında, Yassa vd. (2009)'un, Özel vd. (2006)'nın, Baydar ve Göktürk Baydar (2010)'un tespit ettikleri bulguların üzerinde olduğu gözlenmektedir.

Çalışmamızda en yüksek trikosan miktarı ortalaması M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,517 olarak tespit edilirken, en düşük trikosan ortalaması %0,816 ile M100-10 kodlu uygulama sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında trikosan miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlandırılma bulunmamaktadır. Literatür çalışmalarında gül yağında trikosan miktarını Baydar vd. (2008a) %1,7 ve Baydar vd. (2008b) %1,03 olarak tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız %0,816-1,517 arasında değişmekte olup Baydar vd. (2008b)'nin tespit ettiği bulgu ile paralellik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında trikosan miktarını sırası ile %2,67-3,82 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %1,517, %1,177, %0,908, %0,926, %0,816 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların Patrascu ve Radoiu (2016)'nın elde ettiği bulgulardan düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun kullanılan ultrases yönteminin ve kullanılan bitki bölümlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Seskiterpen bileşiği olan farnesol gül yağının esas bileşenleri arasında yer almaktadır (Örs vd., 2000). Çalışmamızda en yüksek farnesol miktarı ortalaması, M0 kodlu uygulama sonucu elde edilen gül yağında %1,631 olarak tespit edilirken, en düşük farnesol miktarı

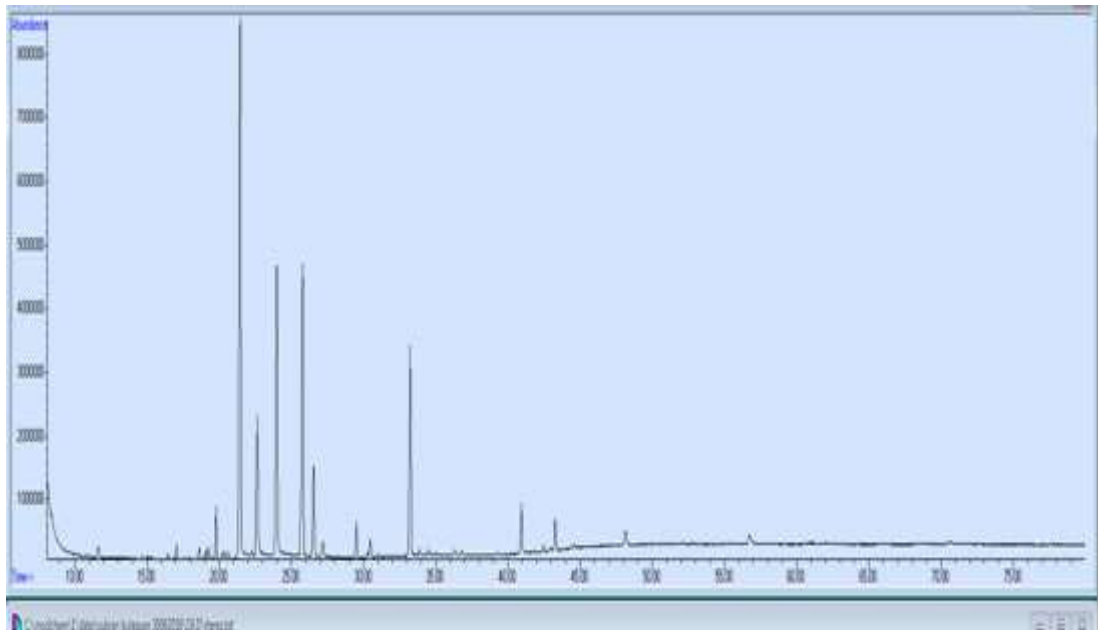
ortalaması %1,489 ile M50-5 ve M50-10 kodlu uygulamalar sonucunda elde edilen gül yağında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Türk gül yağı standardında farnesol miktarı %0,2-1,6 arasında sınırlandırılmaktadır (TS 1040). Çalışmamızda saptadığımız farnesol miktarı ortalamaları %1,489-1,631 arasında olup, TS 1040'da belirtilen değerler ile uygunluk göstermektedir.

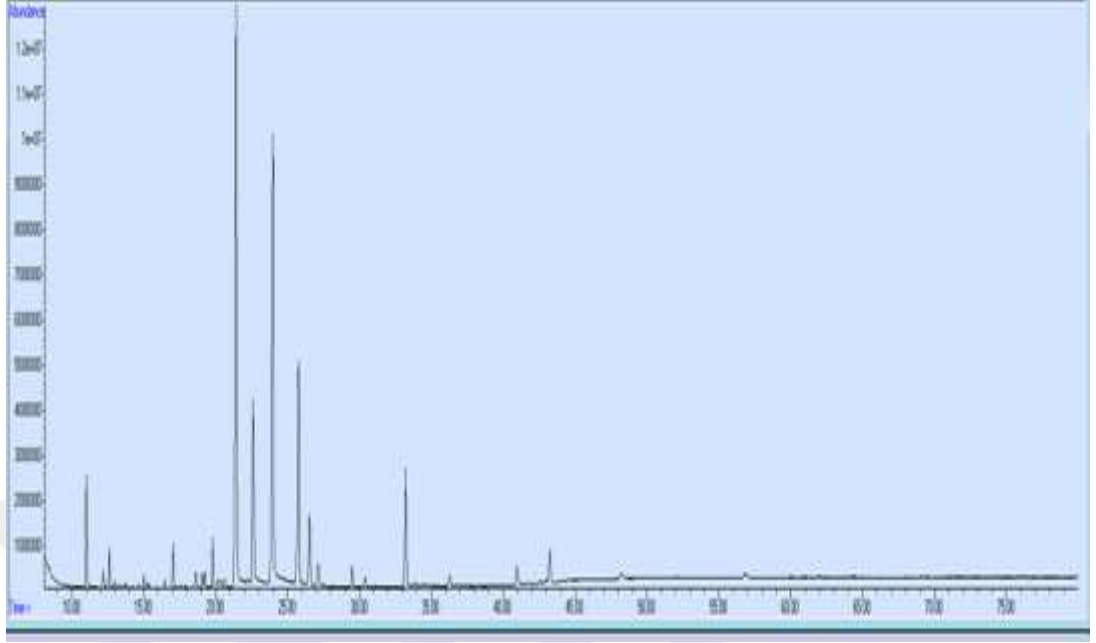
Literatür çalışmalarında güly yağlarında farnesol miktarını Baydar ve Erbaş (2016) %2,01, Baydar vd. (2008a) %1,19, Baydar vd. (2008b) %2,08 ve Babu ve Kaul (2005) %1,36 olarak saptamışlardır. Sonuçlarımız %1,489-1,631 arasında olup, Baydar vd. (2008a)'nın ve Babu ve Kaul (2005)'in saptadıkları bulgular ile paralellik göstermektedir.

Patrascu ve Radoiu (2016) gül çiçeklerinin patel yapraklarının damıtılması ile elde ettikleri gül yağında farnesol miktarını sırası ile %2,53-2,14 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda konvensiyonel yöntem ve ultrases destekli ekstraksiyonda elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan ultrases ve uygulama süresine göre sırası ile %1,631, %1,489, %1,489, %1,594, %1,637 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların Patrascu ve Radoiu (2016)'nin elde ettiği bulgulardan düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun kullanılan ultrases yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

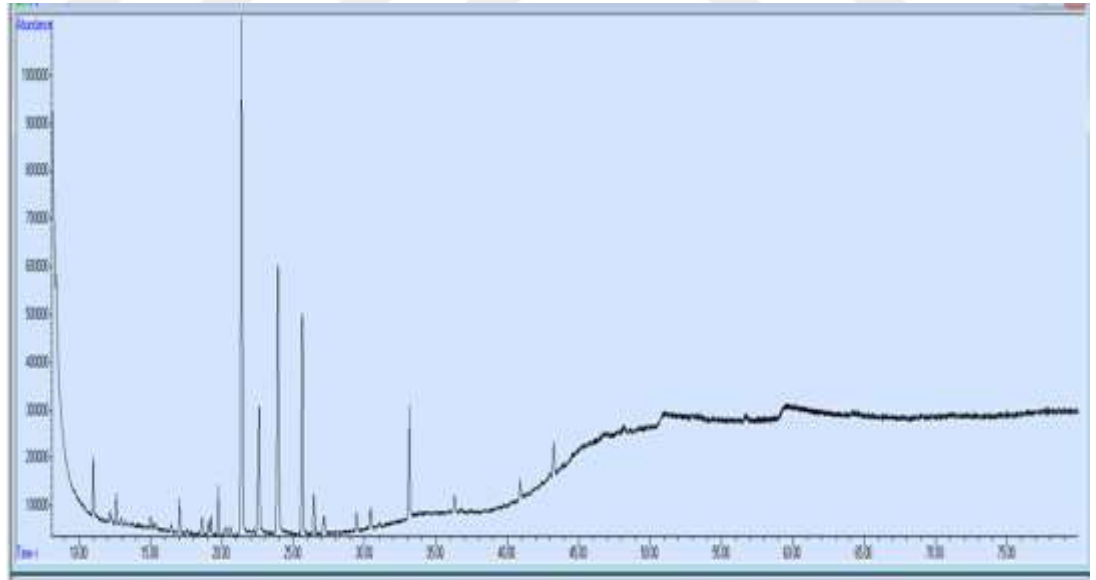
Çalışmamızdaki gül yağı kromatogram örnekleri (19, 10 ve 1 numaralı örneklere ait kromatogramlar), Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.2. 19. Numuneye ait kromatogram



Şekil 4.3. 10. Numuneye ait kromatogram



Şekil 4.4. 1. Numuneye ait kromatogram

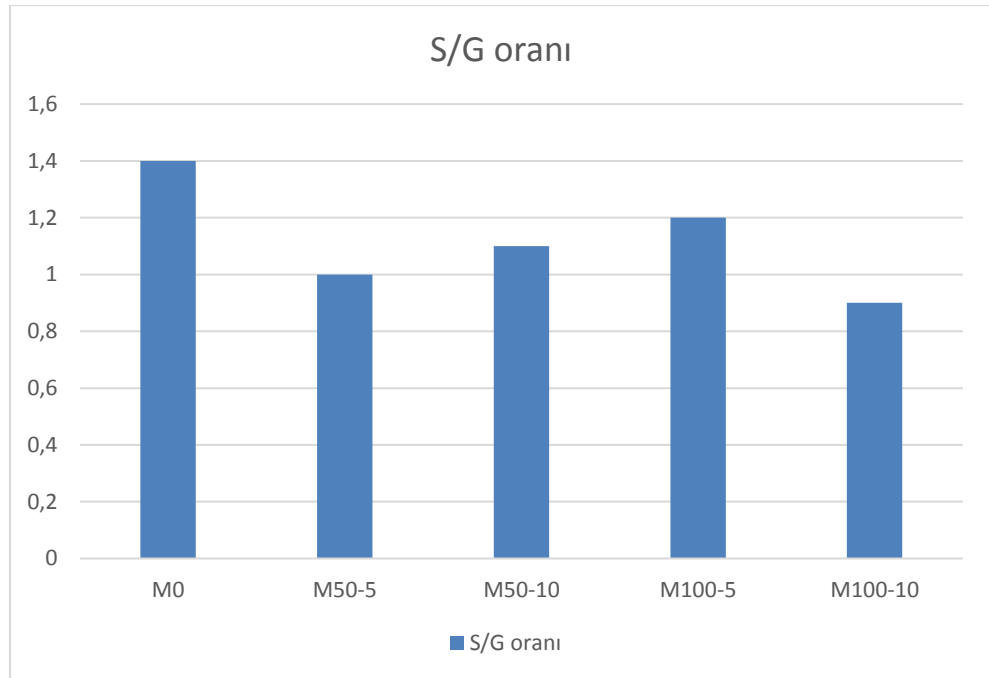
Sitronellol/geraniol oranı (S/G) gül yağında önemli kalite parametrelerindedir. S/G oranının 1,25-1,30 arasında olması beklenirken, genellikle 1'in altında olan değerler güllerin

fermantasyona uğramadan damıtıldığına işarettir (Başer, 1992). Çizelge 4.6’da elde ettiğimiz gül yağında belirlenen S/G oranları görülmektedir.

**Çizelge 4.6.** Gül yağında tespit edilen S/G oranları.

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	Sitronellol	Geraniol	S/G oranı
M0	0	0	27,582 <sup>a</sup> ±3,984	19,033 <sup>a</sup> ±4,780	1,4
M50-5	50	5	25,608 <sup>a</sup> ±4,601	25,594 <sup>a</sup> ±7,136	1,0
M50-10	50	10	27,642 <sup>a</sup> ±0,594	24,846 <sup>a</sup> ±0,474	1,1
M100-5	100	5	27,923 <sup>a</sup> ±1,738	23,815 <sup>a</sup> ±1,719	1,2
M100-10	100	10	25,576 <sup>a</sup> ±3,712	26,927 <sup>a</sup> ±3,991	0,9

Konvensiyonel yöntemde 1,4 olarak hesaplanan S/G oranında ultrases uygulamasına bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Yüksek güç ve yüksek sürede ultrases uygulamasında S/G oranı en alt düzeye inmiştir. Bu çiçeklerin fermentasyona uğramadan damıtıldığıının ve kaliteli bir gül yağı eldesinin işareti olabilmektedir. Şekil 4.5’de S/G oranları görülmektedir.



**Şekil 4.5.** Gül yağında S/G oranı

Gül yağı 20°C'nin altında donmaya başlamakta ve 16°C'nin altına inildiğinde tamamen donmaktadır (Başer vd., 1990). Monoterpenlerce zengin olan gül yağı daha düşük sıcaklıklarda donarken, uzun zincirli hidrokarbonlarca zengin gül yağı daha yüksek sıcaklıklarda donmaktadır (Başer, 1992). Bu nedenle kaliteli bir gül yağında monoterpenlerin oranının yüksek, uzun zincirli hidrokarbonların (C>17) oranının düşük olması istenmektedir (Haris, 2002). Çizelge 4.7'de monoterpen ve uzun zincirli hidrokarbonların oranı görülmektedir.

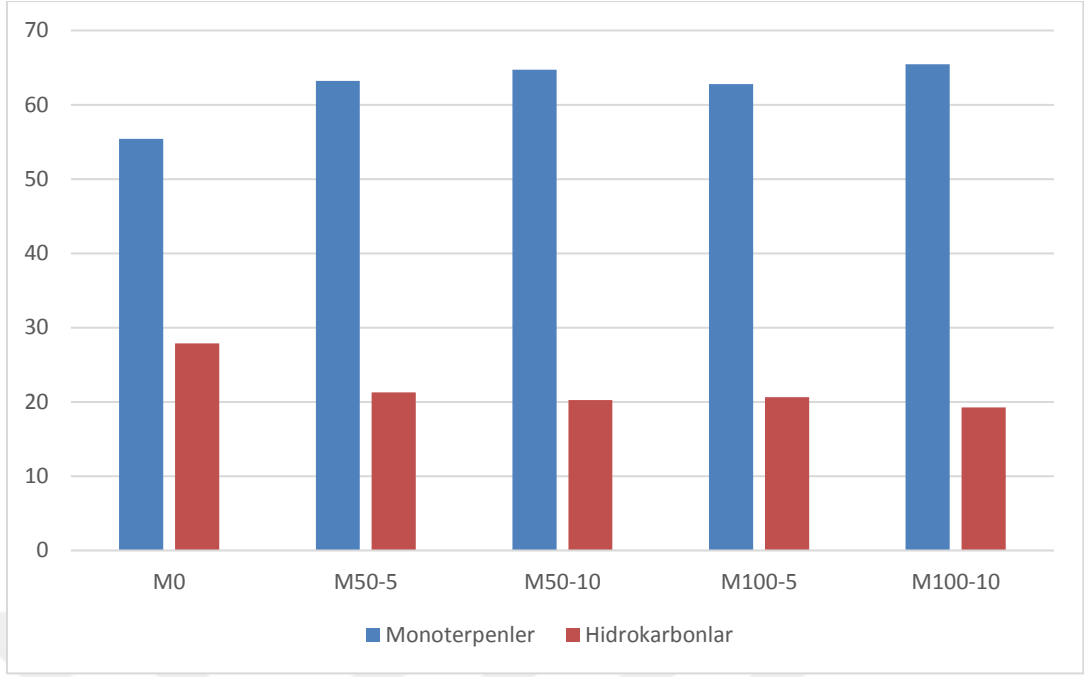
**Çizelge 4.7.** Monoterpen ve uzun zincirli hidrokarbonların oranı (%) görülmektedir.

KOD	Ultrasonik Güç	Sonikasyon Süresi (dk.)	Monoterpen alkoller (%)	Hidrokarbonlar (%)	Monoterpenler/Hidrokarbonlar
M0	0	0	55,401 <sup>a</sup> ± 8.04	27,871 <sup>a</sup> ±8.03	1,988
M50-5	50	5	63,216 <sup>a</sup> ±5.97	21,301 <sup>a</sup> ±5.72	2,968
M50-10	50	10	64,710 <sup>a</sup> ±1.91	20,269 <sup>a</sup> ±1.68	3,193
M100-5	100	5	62,784 <sup>a</sup> ±3.18	20,619 <sup>a</sup> ±3.02	3,045
M100-10	100	10	65,460 <sup>a</sup> ±4.92	19,251 <sup>a</sup> ±3.48	3,400

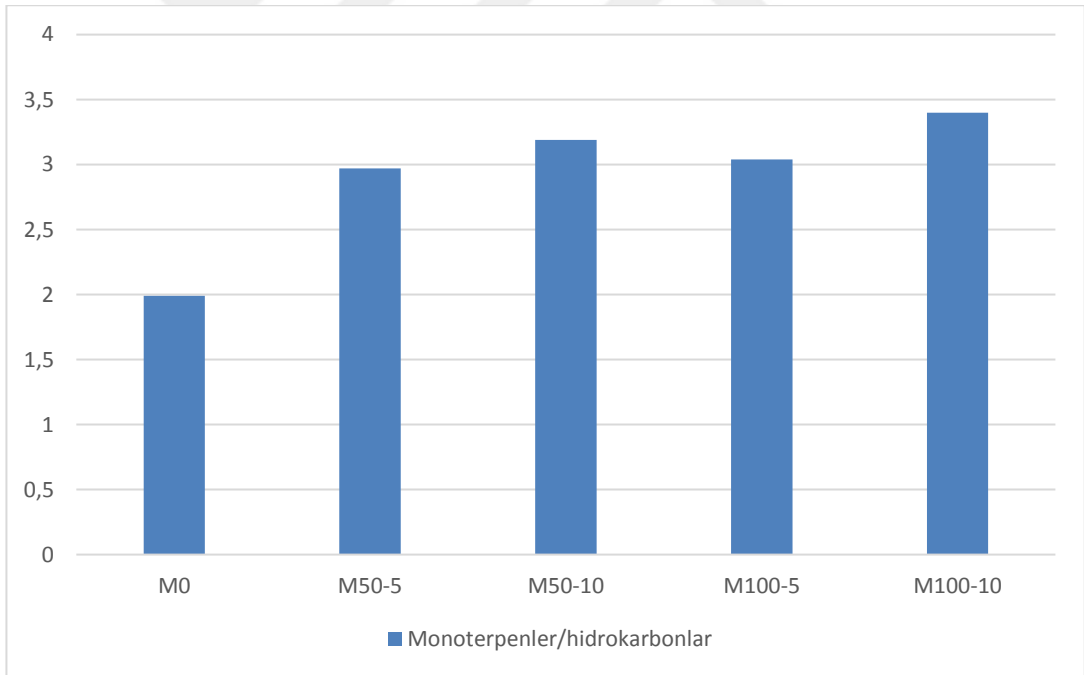
Monoterpen alkoller: Sitronellol+geraniol+nerol+linalol+feniletilalkol  
Hidrokarbonlar: Nonadekan, 9-nonadesen, eikosan, trikosan, heneikosna

Konvensiyonel yöntemde monoterpen alkollerin miktarı %55,422 iken ultrases uygulamasına bağlı olarak bu değer %65,461 düzeyine çıkmış, uzun zincirli hidrokarbonların miktarı ise %27,872'den %19,250 düzeylerine düşmüştür. Bu değerlere bağlı olarak Monoterpen alkol/hidrokarbon oranı konvensiyonel yöntemde %1,988 iken, ultrases uygulamasına bağlı olarak bu değer %3,400 düzeyine çıkmıştır. Bu bulgular ışığında uygulanan ultrasesin, arzu edildiği üzere monoterpen alkollerce zengin bir gül yağı eldesi sağladığı açıkça ortaya çıkmaktadır. Monoterpenlerce zengin olan gül yağı daha düşük sıcaklıkta donar ve böylece gül yağı karakteristik kokusunu muhafaza etmiş olur (Baydar ve Göktürk Baydar, 2001). Şekil 4.6'de monoterpen ve hidrokarbon miktarları (%), Şekil 4.7'de monoterpen/hidrokarbon oranları görülmektedir.





**Şekil 4.6.** Monoterpen ve Hidrokarbon miktarları (%).



**Şekil 4.7.** Monoterpen/Hidrokarbon oranları

## 5. SONUÇ

Gül Türkiye’de genellikle Isparta, Burdur ve çevresinde yetiştirilen, uçucu yağ, konkret, absöüt ve gül suyu üretiminde kullanılan bir süs bitkisidir. Isparta’da 10000’e yakın çiftçi geçimini sağlamak için gül çiçeği yetiştiriciliği yapmaktadır. Farklı gül çeşitlerinden gül yağı eldesi mümkün iken, genellikle gül yağı eldesinde ‘*Rosa damascana* Mill.’ tercih edilmektedir.

Ülkemizde gül yağı verimi çok düşüktür (%0,035) ve gül yağı genellikle su destilasyonu ve buhar destilasyonu yöntemleri kullanılarak yaklaşık 3-4 saat süren bir damıtma sonucunda elde edilmektedir. Bu bağlamda gül yağı üretiminde süreyi kısaltacak ve verimi artıracak yeni yöntemlerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Çalışmamızda gül yağı eldesinde konvensiyonel yöntem ve ultrases ön uygulamalı konvensiyonel yöntem kullanılmış, uygulanan ultrasesin süre, verim ve gül yağı bileşenlerine olan etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar TS 1040 gül yağı standardı ve literatür bulguları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Kaliteli bir gül yağında monoterpenik alkol oranının (koku üzerine önemli katkısı olan), uzun zincirli hidrokarbonlardan (kokuya etkisi yoktur, yüksek oranda bulunması gül yağının kalitesini olumsuz etkiler) daha yüksek olması istenmektedir. Yaptığımız çalışmada uygulanan ultrases ve uygulama süresine bağlı olarak monoterpen oranının arttığı ve hidrokarbon oranının azaldığı gözlenmiştir. Bu bağlamda ultrases ön uygulaması çalışmamıza olumlu etki yapmıştır.

Allerjik ve mutajenik etkiye neden olabileceğinden dolayı gül yağında metil öjenol miktarının sınırlı seviyede olması istenmektedir. Çalışmamızda uygulanan ultrases ve uygulama süresine bağlı olarak tespit edilen metil öjenol miktarlarında bir düşüş meydana gelmiştir. Bu durum ultrasesin çalışmamıza kattığı olumlu etkilerindedir.

Su destilasyonu yönteminde 180 dk. süren damıtma sonucunda gül yağı eldesi sağlanmıştır. Bu süre sonunda elde edilen gül yağı miktarına ultrases ön uygulaması ile 90 dk. süren destilasyon sonucunda ulaşılmıştır. İstatistiki olarak önemli bir artış tespit edilmemesine rağmen verimde %14,3 oranında bir artış ve destilasyon süresinde yaklaşık %50 oranında kısalma sağlanmıştır.

Gül yağında S/G oranı, çiçeklerin fermantasyona uğramadan damıtıldığıının önemli göstergelerindedir ve bu oranın belirli seviyede olması istenmektedir. Çalışmamızda uygulanan ultrases S/G oranını istenilen seviyelere indirilmesinde olumlu etkide bulunmuştur.

Fenil etil alkol gül yağının karakteristik kokusuna katkı sağlayan önemli bileşenlerdendir. Fenil etil alkol gül çiçeğinde fazla miktarda bulunurken, damıtma sırasında çözünerek suya geçtiğinden dolayı gül yağında yeteri düzeyde bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada ultrases ön uygulaması gül yağında feniletanol miktarında bir artış ya da kayba neden olmamıştır.

Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, ultrases uygulamasının çalışmamıza önemli düzeyde katkı sağladığı görülmektedir. Ultrases uygulaması ile destilasyonun etkinliği artmış, destilasyon süresi kısalmış ve uygulanan ultrases gül yağının kimyasal bileşimine olumsuz bir etki yapmamıştır. İleriki çalışmalarda gül yağı eldesinde ultrases tekniklerinin değerlendirilmesi ve bu tekniklerin geliştirilmesi önemle üzerinde durulması gereken konulardır. Ultrases tekniğinin geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin artırılması, gül yağı fabrikalarında zaman, yakıt ve elektrik tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda gül yağı eldesinde ultrasonik su banyosu kullanılarak ultrases işlemi uygulanmıştır. İlerki çalışmalarda karıştırıcı ultrasonik prob kullanılması ile, uygulanan ultrasesin gül yapraklarına daha iyi nüfuz etmesi sağlanarak verim artışı elde edilebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abramow O.V., 1998. High-Intensity Ultrasound: Theory and Industrial Applications London: Gordon and Breach.
- Achat, S., Tomao, V., Madani, K., Chibane, M., Elmaataoui, M., Dangles, O., Chemat, F., 2012. Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale. *Ultrasessics Sonochemistry*, 19, 777-786.
- Adams R.P., 2004. *Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy*. Allured publishing Co, Carol Stream, IL, USA, 456 s.
- Akoh, C.C., Lai, O., 2005. *Lipids with antioxidant properties, In Lipids with antioxidant properties, In Healthful Lipids*. AOCS Pres, USA, 582 s.
- Akyüz, A. Ö., 2010. Ultrasesin Polimerlere Etkileri, Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Albu, S., Joyce, E., Paniwnyk, L., Lorimer, P., & Mason, J., 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from rosmarinus officinalis for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasessics Sonochemistry*, 11, 261–265.
- Alissandrakis, E., Daferera, D., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., Harizanis, P.C., 2003. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from citrus flowers and citrus honey, *Food Chemistry*, 82, 575–582.
- Allaf, T., Tomao, V., Ruiz, K., Chemat, F., 2003. Instant controlled pressure drop technology and ultrasound assisted extraction for sequential extraction of essential oil and antioxidants. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 239–246.
- Anonim, 2015. 2014 Yılı Gülçiçeği Raporu. T.C. Gümrük Ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü. <http://koop.gtb.gov.tr/data/53319d05487c8eb1e43d729a/2014%20Gülçiçeği%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 02.02.2016)
- Anonim 2016a, Kimyaevi. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF8DF7C92FCA5B4D05BB89BF54D3DDD6B9> (Erişim: 06.08.2016)
- Anonim 2016b. Kavitasyon kabarcık oluşumu ve çökmesi. [http://www.ccur.iastate.edu/news/newsletters/2012/nov\\_dec/ultrasonics.html](http://www.ccur.iastate.edu/news/newsletters/2012/nov_dec/ultrasonics.html). (Erişim tarihi: 20.08.2016)
- Antonelli, A., Fabbri, C., Giorgioni, M.E. and Bazzocchi, R., 1997. Characterisation of 24 old garden roses from their volatile compositions. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 45, 4435-4439.

- Arıdoğan, B.C., Baydar, H., Kaya, S., Demirci, M., Özbaşar, D., Mumcu, E., 2002. Antimicrobial activity and chemical composition of some essential oils. *Archives of Pharmacal Research*, 25 (6), 860-864.
- Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M., Zisu, B., (2010). The ultrasonic processing of dairy products-An overview. *Dairy Science Technology*, 90, 147-168.
- Ashokkumar, M., 2015. Applications of ultrasound in food and bioprocessing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 25, 17-23.
- Awad, T. S., Moharram, H. A, Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48, 410-427.
- Babu, K.G., Singh, B.S., Joshi, P.J., Singh, V., 2002. Essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) distilled under different pressures and temperatures. *Flavour and Fragrance Journal*, 17, 136-140.
- Babu, K.G.D. and Kaul, K.V., 2005. Variation in essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium sp.*) distilled by...", *Flavour and Fragrance Journal*, 20, 222-231
- Başer, K.H., Kürkçüoğlu, M. ve Konur, O.Z., 1990. Türk gül yağının üretimi ve özellikleri. *Anadolu Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bülteni, Gül Özel Sayısı*, 4, 13-15.
- Başer, K.H.C., 1992. Turkish rose oil. *Perfumer and Flavorist*, 17, 45-52
- Başer, K.H., 2010. *Tıbbi ve Aromatik Bitkisel Ürünlerin Üretimi ve Kalite Kontrolü*. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 148 s.
- Baydar, H. ve Göktürk Baydar, N., 2001. Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde Verim ve Kalite Üzerine Hasat Dönemi, Distilasyon İçin Bekleme Süresi ve Distilasyon Aşamalarının Etkisi, *IV. Tarla Bitkileri Kongresi*, 117-122.
- Baydar, H., Göktürk Baydar, N., 2010. Organik ve konvensiyonel gül (*Rosa damascena* Mill.) yağlarının koku kalitesinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 9-14.
- Baydar, H., Göktürk Baydar, N., 2015. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 21, 251-255.
- Baydar, H., Erbaş, S., Kineci, S., Kazaz, S., 2007. Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) damıtma suyuna katılan tween-20'nin taze ve fermente olmuş çiçeklerin gül yağı verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 15-20.

- Baydar, H., Kazaz, S., Erbaş, S., Örucü, Ö.K., 2008a. Sogukta muhafaza ve kurutmanın yağ gülü çiçeklerinin uçucu yağ içeriği ve bileşimine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 42-48.
- Baydar, H., Schulz, H., Krüger, H., Erbaş, S., Kineci, S., 2008b. Influences of fermentation time, hydrodistillation time and fractions on essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 224-232.
- Baydar, H., Erbaş, S., 2016. Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyonu (HS-SPME) ve konvansiyonel su distilasyonu yöntemleri ile elde edilen uçucu bileşenlerin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1), 27-36.
- Baydar, H., Kuleaşan, H., Kara, N., Seçilmiş-Canbay, H., Kineci, S., 2013a. The effect of pasteurization, ultravioletradiation and chemical preservatives on microbial spoilage and scent composition of rose water, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16 (2), 150-160.
- Baydar, H., Kazaz, S., Erbaş, S., 2013b. Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde morfogenetik, ontogenetik ve diurnal varyabiliteler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1):1-11.
- Bayrak, A., 2006. *Gıda Aromaları*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 32, Ankara.
- Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E., 2006. Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı, *Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu*, 57-60.
- Cabredo-Pinillos, S., Cdrón-Fernandez, T., Gonzalez-Briongos, M., Puente- Pascual, L., Saenz-Barrio, C., 2006. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from wine samples: optimisation of the method. *Talanta*, 69, 1123-1129.
- Caldeira, I., Pereira, R., Climaco, M.C., Belchior, A.P., Bruno de Sousa, R., 2004. Improved method for extraction of aroma compounds in aged brandies and aqueous alcoholic wood extracts using ultrasounds. *Analytica Chimica*, 513, 125-134.
- Cellat, K., 2011. Bazı Endemik Bitkilerin Uçucu Yağ Bileşenlerinin Ekstrakte Edilmesi ve İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Chandrapala, J., Oliver, C., B., Kentish, S., Ashokkumar, M., 2012. Ultrasonics in food processing- Food quality assurance and food safety. *Trends in Food Science and Technology*, 26, 88-98.
- Chemat, F., Grondin, I., Shum Cheong Sing, A., Smadja, J., 2004a. Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 13-15.
- Chemat, F., Grondin, I., Costes, P., Moutoussamy, L., Shum Cheong Sing, A., Smadja, J., 2004b. High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 281-285.

- Chemat, F., Huma, Z., Khan, M.K., 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813- 835.
- Chemat, S., Lagha, A., AitAmar, H., Bartels, P.V., Chemat, F., 2004c. Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 188–195.
- Coelho, J.P., Cristino, A.F., Matos, P.G., Rauter, A.P., Nobre, B.P., Mendes, R.L., Barroso, C.G., Mainar, A., Urieta, C.S., Fareleira, J.M.N.A., Sovová, H., Palavra, A.F., 2012. Extraction of volatile oil from aromatic plants with supercritical carbon dioxide: experiments and modeling. *Molecules*, 17 (9), 10550-10573.
- Collin, H.A., 2003. Extraction and Industrial Processes. In: *Encyclopedia of Rose Science*. Academic Press, 726-735.
- Çalıkoğlu., E, Kıralan, M., Bayrak, A., 2006. Uçucu Yağ Nedir, Nasıl Üretilir ve Türkiye'deki Durumuna Genel Bir Bakış *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu, 24-26.24-26.
- Çelik, E., Çelik, G.Y., 2007. Bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri. *Orlabon-line Mikrobiyoloji dergisi*, 5 (2), 1-6.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., Stasiak, D., 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 6, 89-99.
- Earnshaw, R.G., Appleyard, J. and Hurst, R.M., 1995. Understanding physical inactivation processes: Combined preservation opportunities using heat, Ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28 (2), 197–219.
- Earnshaw, R. G., 1998. Ultrasound: A New Opportunity for Food Preservation: In *Ultrasound in Food Processing*. 181-191,
- Ercan, S.Ş. ve Soysal, Ç., 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, *Gıda Dergisi*, 36 (4), 225-231.
- Evren, M., tekgüler, B., 2011. Uçucu yağların antimikrobiyal özellikleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 9 (3), 28-40.
- Frydenberg, R.P., Hammershøj, M., Andersen, U., Wiking, L., 2016. High intensity ultrasound effects on heat-induced whey protein isolate gels depend on a-lactalbumin: b-lactoglobulin ratio. *International Dairy Journal*, 56, 1-3.
- Garnero, J., Buil, P., 1976. Evolution of the composition of the rose essential oils and concrete during the production campaign. riv. Ital ess prof piante offic aromatic Sap., *Aerosol*, 58, 537-540.
- Gökdoğan, O., 2013. Isparta yöresinde yağ gülü yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisindeki yeri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Gül Özel Sayısı, 1, 51-58

- Gökdoğan, O., Demir, F., 2013. Isparta yöresinde yağ gülü üretiminde enerji girdi çıktı analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19, 33-43.
- Guterman, I., Shalit, M., Menda, N., Piestun, D., Yelin, M.D., Shalev, G., Bar, E., Davydov, O., Ovadis, M., Emanuel, M., Wang, J., Adam, Z., Pichersky, E., Lewinsohn, E., Zamir, D., Vainstein, A. and Weiss, D., 2002. Rose Scent: Genomics approach to discovering novel floral fragrance-related genes. *The Plant Cell*, 14, 2325–2338.
- Handa, S.S., 2008. *An Overview of Extraction Techniques for Medicinal and Aromatic Plants in Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants*, 21-52.
- Hallez, L., Lee, J., Touyeras, F., Nevers, A., Ashokkumar, M., Hihn, JY., 2016. Enhancement and quenching of high-intensity focused ultrasound cavitation activity via short frequency sweep gaps. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 194-197.
- Haris, B., 2002. Methyl eugenol – The current bete noire of aromatherapy. *International Journal of Aromatherapy*, 12 (4), 193-201.
- Jabbarzadeh, Z., Khosh-Khui, M., 2005. Factors affecting tissue culture of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Scientia Horticulturae*, 105, 475-482.
- Jacotet-Navarro, M., Rombaut, N., Fabiano-Tixier, A.S., Danguien, M., Bily, A., Chemat, F., 2015. Ultrasound versus microwave as green processes for extraction of rosmarinic, carnosic and ursolic acids from rosemary. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 102–109.
- Jadhav, D., Rekha, B.N., Gogate, P.R., Rathod, V.K., 2009. Extraction of vanillin from vanilla pods: a comparison study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction, *Journal of Food Engineering*, 93, 421-426.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I.L., 2008. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering*, 86, 281-287.
- Jian-Bing, J., Xiang-hong, L., Mei-qiang, C., Zhi-chao, X., 2006. Improvement of leaching process of geniposide with ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13, 455-462.
- Kaya, D., Ergönül, P.G., 2015. Uçucu yağları elde etme yöntemleri. *Gıda dergisi*, 40 (5), 303-310.
- Kazaz, S., Erbaş, S., Baydar, H., 2009. The effects of storage temperature and duration on essential oil content and composition oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Turkish Journal of Field Crops*, 14 (2), 89-96.
- Kimbaris, A.C., Siatis, N.G., Daferera, D.J., Tarantilis, P.A., Pappas, C.S., Polissiou, P.G., 2006. Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13, 54–60.



- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D.U., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 261-266.
- Kowalskia, R., Wawrzykowski, J., 2009. Effect of ultrasound-assisted maceration on the quality of oil from the leaves of thyme *Thymus vulgaris* L. *Flavour Fragrance Journal*, 24, 69-74.
- Kurt, Ç., 2013. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Fermente Süt İçeceği'nin Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kutlular, Ö., 2007. Bazı Adaçayı ve Kekik Türlerinin Uçucu Yağlarının Süper Isıtılmış Su ile Ekstraksiyonları ve Gc-MS ile Karakterizasyonları, Yüksek lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Liao, J., Qu, B., Liu, D., Zheng, N., 2015. New method to enhance the extraction yield of rutin from *Sophora japonica* using a novel ultrasonic extraction system by determining optimum ultrasonic frequency. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 110–116
- Loghmani-Khouzani, H., Sabzi Fini, O., Safari, J., 2007. Essential oil composition of *Rosa damascena* Mill cultivated in central Iran. Sharif University of Technology. *Scientia Iranica*, 14 (4), 316-319.
- Luque de Castro, M.D., Priego Capote, F., 2007. Introduction: Fundamentals of ultrasound and Basis of Its Analytical Uses. In: *Analytical Applications of Ultrasound. Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry*, Volume 26. Elsevier, The Netherlands, 350 s.
- Luque-Garcia, J.L., Luque de Castro, M.D., 2003. Ultrasound: a powerful tool for leaching. *Trends in Analytical Chemistry*, 22 (1), 41-47.
- Madadlou, A., Mousavi, M.E., Emam-djomeh, Z., Ehsani, M., Sheehan, D., 2009. Sonodisruption of re-assembled casein micelles at different pH values. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16, 644-648.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L., and Lorimer, J.P., 1996. The use of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, 253-256.
- Mason, T.J., 1998. Power ultrasound in food processing-the way forward: in *Ultrasound in Food Processing*. London, 105-126.
- Mason, T. J., 1999. *Sonochemistry*. Oxford University, Primer Series. No 70 Oxford science Publications, New york.
- Mason, T. J. ve Lorimer, J. P., 2002. Introduction to Applied Ultrasonics; in *Applied Sonochemistry*, Wiley VCH., New york. 1-61
- McClements, D. J., 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing, *Trends in Food Science and Technology*, 6, 293–299.

- Mirzaeia, M., Sefidkonb, F., Ahmadia, N., Shojaeiayana, A., Hosseini, H., 2016. Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short- and long-term handling. *Industrial Crops and Products*, 79, 219–224.
- Mohamadia, M., Shamsapura, T., ve Mostafavi, A., 2013. Comparison of microwave-assisted distillation and conventional hydrodistillation in the essential oil extraction of flowers *Rosa damascena* Mill. *The Journal of Essential Oil Research*, 25 (1), 55-61.
- Moein, M., Karami, F., Tavallali, H., Ghasemi, Y., 2010. Composition of the essential oil of *Rosa damascena* Mill. From south of Iran. *Iran Journal of Pharmaceut Science Citation Index*, 6, 59-62.
- Muthukumarappan, K., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Cullen, P. J., 2010. Ultrasound processing: rheological and functional properties of food: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*. 85-102,
- Nilsson, O., 1997. Rosa. In: Davis P.H, editor. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Pres, 4, 106-128.
- O'Donnell, C. P. Tiwari, B. K. Bourke, P. and Cullen, P. J., 2010. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science and Technology*, 21, 358–367.
- Ortaç, Ö.D., Yaşar, B., Aydın, G., 2015. Organik ve konvansiyonel yağ gülü *Rosa damascena* Miller (Rosales: Rosaceae) yetiştirilen alanlarda böcek biyolojik çeşitlilik değerlerinin Karşılaştırılması: Isparta Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2), 161-173,
- Örmeci Kart, M.Ç., İkiz, M., Demircan, V., 2012. Türkiye’de yağ gülü (*Rosa damascena*) üretimi ve ticaretinin gelişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 124-134.
- Örs, N., Kalafatoğlu, İ.E., Savaşçı, Ö.T., 2000. Gül yağı Üretiminde Çeşitli Bileşenlerin Akımlara Dağılımı, IV. *Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Bildiriler kitabı*, 1062-1067 İstanbul.
- Özel, M.Z., Göğüş, F., Lewis, A.C., 2006. Comparison of direct thermal desorption with water distillation and superheated water extraction for the analysis of volatile components of *Rosa damascena* Mill. using GCxGC-TOF/MS. *Analytica Chimica Acta*, 566, 172–177.
- Özkan, G., Sagdıç, O., Baydar, N.G. and Baydar, H., 2004. Antioxidant and antibacterial activities of *Rosa damascena* flower extracts. *Food Science and Technology*, 10 (4), 277-281
- Patist, A., Bates, D., 2008. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 147-154.

- Patrascu, M., Radoiu, M., 2016. Rose Essential Oil Extraction from Fresh Petals Using Synergetic Microwave & Ultrasound Energy: Chemical Composition and Antioxidant Activity Assessment. *Journal of Chemistry Engineer*, 10, 136-142
- Périno-Issartier, S., Ginies, C., Cravottob, G., Chemata, F., 2013. A comparison of essential oils obtained from lavandin via different extraction processes: Ultrasound, microwave, turbohydrodistillation, steam and hydrodistillation. *Journal of Chromatography A*, 1305, 41– 47
- Pingret, D., Durand, G., Fabiano-Tixier, A.S., Rockenbauer, A., Ginies, C., Chemat, F., 2012. Degradation of edible oil during food processing by ultrasound: electron paramagnetic resonance, physicochemical, and sensory appreciation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 7761-7768.
- Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R. C., 2003, Inactivation of Microbes Using Ultrasound, *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207– 216.
- Porto, C.D., Decorti, D., Kikic, I., 2009. Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: comparison of three different extraction methods. *Food Chemistry*, 112, 1072–1078.
- Ranade, G.S., 1980. The Rose Fragrance. *Indian Perfumer*, 1-5.
- Roldán-Gutiérrez, J.M., Ruiz-Jiménez, J., Luque de Castro, M.D., 2008. Ultrasound-assisted dynamic extraction of valuable compounds from aromatic plants and flowers as compared with steam distillation and superheated liquid extraction. *Talanta*, 75, 1369-1375.
- Rostagno, A., Palma, M., Barroso, C., 2003. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *Journal of Chromatography A*, 1012, 119–128.
- Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A. ve García-Hernández, M. J., 2010. Effect of ultrasound on food processing: in *Novel Food Processing*, Effects on Rheological and Functional Properties, p. 65-84.
- Sarıbaş, R., Aslançan, H., 2011. Yağ Güllü Yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No: 45 Isparta
- Sayın, L., Tamer, C.E., 2014. Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 83-94.
- Senapati, S.K., Rout, G.R., 2008. Study of culture conditions for improved micropropagation of hybrid rose. *Horticultural Science*. (Prague), 35 (1), 27–34.
- Sharma, A., Verma, S.C., Saxena, N., Chadda, N., Pratap, S.N., Kumar, S.A., 2006. Microwave and ultrasound-assisted extraction of vanillin and its quantification by high performance liquid chromatography in *Vanilla planifolia*, *Jornal of Separetion Science*, 29, 613–619.

- Sharma, S., Kumara, R., 2016. Effect of temperature and storage duration of flowers on essential oil content and composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3, 10–17.
- Shreve, R.N., Joseph, A., Brink, J. R., 1985. Kimyasal Proses Endüstrileri-2, Çeviren: Çataltaş, A. İ., İnkılap Kitabevi, İstanbul, 1-8.
- Shotipruk, A., Kaufman, P.B., Wang, H.Y., 2001. Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable *Mentha x piperata* using ultrasonic extraction, *Biotechnology Program*, 17, 924–928..
- Soria, A.C., Willamiel, M., 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 323–331.
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F., 2009. Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 34 (4), 219-222.
- Şeran, E.B., 2011. Yağlı Tohumlara Uygulan Ultrason Destekli Ön İşlem İle Soğuk Pres Yağlarında Verim ve Kalitenin Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S. ve Akaya, Z., 2009, Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu, *Gıda Dergisi*, 34 (3), 175–182
- Toma, M., Vinatoru, M., Paniwyrk, L., Mason, T.J., 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 137-142
- TS 1040: 1971 ‘Gül yağı’ Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Torley, P. J., Bhandari, B. R., 2007. Ultrasound in Food Processing and Preservation: in Handbook of Food Preservation. 713-732,
- Toroğlu, S., Çenet, M., 2006. Tedavi amaçlı kullanılan bazı bitkilerin kullanım alanları ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi İçin kullanılan metodlar. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (2), 12-20.
- Tucker, A.O. and Maciarelo, M., 1988. Nomenclature and chemistry of Kazanlak Damask Rose and some potential alternatives from the horticultural trade of North America and Europe. In: *Flavors and Fragrances: A World Perspective*. Elsevier, Amsterdam, 99-104.
- Tüfekçi, S., Özkal, S.G., 2015. Gıdaların Kurutulmasında Ultrases Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 21 (9), 408-413.
- Türkmen, F., 2012. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Sütün Fizikokimyasal Ve Jelleşme Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ulusoy, K. ve Karakaya, M., 2011, Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı, *Gıda Dergisi*, 36 (2), 113–120.
- Velickovic, D.T., Milenovic, D.M., Ristic, M.S., Veljkovic, V.B., 2008. Ultrasonic extraction of waste solid residues from the *Salvia* sp. Essential oil hydrodistillation. *Biochemical Engineering Journal*, 42, 97–104.
- Vercet, A., Oria, R., Marquina, P., Crelier, S., Lo'pez-Buesa, P., 2002. Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6165-6171.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D., 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 161–169.
- Vinatoru, M., Toma, M., Radu, O., Filip, P.I., Lazurca, D., Mason, T.J., 1997. The use of ultrasound for the extraction of bioactive principles from plant materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4, 135-139.
- Vinatoru, M., 2001. An overview of the ultrasessionally assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 303-313.
- Weiss, E.A., 1997. Essential oil crops. In: Rosaceae. CAB International. Wallingford Oxon, UK, 393–416 s.
- Weiss, J., Gülseren, İ. ve Kjartansson, G., 2011. Physicochemical effects of high-intensity ultrasessionation on food proteins and carbohydrates: in Nonthermal Processing Technology for Food, 109-134.
- Xia, T., Shi, S., Wan, X., 2006. Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *Journal of Food Engineer*, 74, 557–560.
- Yassa, N., Masoomi, F., Rohani Rankouhi, S.E., Hadjiakhoondi, A., 2009. Chemical composition and antioxidant activity of the extract and essential oil of *Rosa damascena* from Iran, Population of Guilan. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(3):175-180.
- Yaylı N., Yaşar A., Güleç C., Usta A., Kolaylı S., Coşkunçelebi K., Karaoğlu Ş., 2005. Composition and antimicrobial activity of essential oils from *Centaurea sessilis* and *Centaurea armena*. *Phytochemistry*, 66, 1741–1745.
- Yaylı, N., 2013. Uçucu Yağlar ve Tıbbi Kullanımları. *1. İlaç Kimyası, Üretimi, Teknolojisi, Standardizasyonu Kongresi, Kimyagerler Derneği*, 29-31, Antalya.
- Yıldırım, E., 2014. Melisa, Adaçayı ve Nane Yağlarının Bilimsel Olarak İncelenmesi, Piyasa Analizi ve Kalite Tayini, Bitirme Ödevi. Erciyes Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Kayseri.
- Yüksel, F., 2013. Gıda teknolojisinde ultrasession uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (2), 29-38.

- Zhang, HF., Yang, XH., Zhao, LD., Wang, Y., 2009. Ultrasonic-assisted extraction of epimedin C from fresh leaves of Epimedium and extraction mechanism. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 54–60
- Zheljazkov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T. ve Jeliaskova, E., 2013. Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, 62 (4), 195-199.
- Zheng, L., Sun, D-W., 2006. Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes-a Review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 16–23.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı :Tuğba Yaman  
Doğum Yeri ve Yılı :05.04.1982



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Eyüp İ.H.L	1995-1999
Ön Lisans : Uludağ Üniversitesi	2001- 2003
Lisans : Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2003-2006
Yüksek Lisans : Mehmet Aif Ersoy Üniversitesi	2015-

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
1- Uslu Gıda San. Ltd. Şti.	2006-2012
2- Malta Gıda	2014-2015

### Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

- 1- Yaman, T., Kuleaşan, Ş., 2016. Uçucu yağ elde etmede gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*: 78-83.
- 2- Yaman, T., Kuleaşan, Ş., 2016. Ultrases ön işlem uygulamasının gül yağının destilasyon süresi, uçucu yağ bileşenleri ve gül yağı verimine etkisi. *Gıda Metabolizma & Sağlık; Biyoaktif Bileşenler ve Doğal Katkıları Kongresi, İstanbul*, s:250.
- 3- Kuleaşan, Ş., Çınar, A., Demirok, H., Koca, Ayşenur., Yaman, T., 2016. Sofralık Yeşil Zeytinin Ultrasonik Ortamda Tatlandırılması, *Türkiye 12. Gıda Kongresi, Edirne*. s:71.
- 4- Yaman, H., Sağdıç, O., Gün, İ., Yaman, T., 2017. Improvement of concentrated yogurt production and comparison with traditional production. *Icafof International Conference on Agriculture, Forest, Sciences and Technologies, Abstract Proceeding Book Of Icafof Conference, Nevşehir*. s:353

