

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REZENE (*Foeniculum dulce* Miller) UÇUCU YAĞININ VERİMİNE VE
BİLEŞİMİNE PARTİKÜL BOYUTUNUN ETKİSİ**

Canan BALKAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2015**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

24.07.2015

Canan BALKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REZENE (*Foeniculum dulce* Miller) UÇUCU YAĞININ VERİMİNE VE BİLEŞİMİNE PARTİKÜL BOYUTUNUN ETKİSİ

Canan BALKAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali BAYRAK

Bu çalışmada, tatlı rezene (*Foeniculum dulce* Miller) tohumları öğütülerek elde edilen 5 farklı boyuttaki partiküllerin, uçucu yağın verimine ve bileşimine etkisi araştırılmıştır. Materyal olarak, Burdur'un Gölhisar ilçesinde 2010 ve 2011 yıllarında yetiştirilip hasat edilen rezene tohumları kullanılmıştır. Tohumlar öğütüldükten sonra elek analizi yapılarak beş farklı partikül boyutunda (<300µm, 300-710µm, 710µm-1mm, 1-1,4mm, >1,4mm) sınıflandırılmıştır. Öğütülmüş rezeneden su destilasyonu yöntemi ile her fraksiyonun uçucu yağı elde edilmiş ve analizler bu yağlar üzerinde yapılmıştır.

Rezenede uçucu yağ oranları partikül boyutu arttıkça sırasıyla % 5,94; 5,15; 2,84; 1,74; 1,24 bulunmuştur. Fraksiyonlara göre, en çok uçucu yağ 2010 yılı hasatı rezene tohumunda <300µm fraksiyonda (% 6,06), en az yağ ise 2011 yılı hasatı rezene tohumunda 1,4mm< fraksiyonda (% 1,18) belirlenmiştir. Ayrıca, tüm fraksiyonlarda 16 adet uçucu aroma bileşeni bulunmuştur. Partikül büyüklüğü <300µm ve 300-710µm olan fraksiyonlarda 15 adet uçucu yağ bileşeni belirlenmiş olup, diğer daha büyük partikül boyutlarında tanımlanan uçucu yağ bileşenleri 16 adettir. Analiz sonuçları için yapılan istatistik değerlendirmede, hasat yılları uçucu yağ verim ve bileşiminde farklılığa neden olmazken, partikül boyutunun uçucu yağ verimi ve bileşimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bileşim üzerindeki partikül boyutunun etkisi en çok, rezene uçucu yağının en önemli bileşeni olan trans-anetolde (% 88,14 – 89,57) görülmüştür (p<0,05). Diğer uçucu yağ bileşen oranlarının istatistiksel olarak partikül büyüklüğünden etkilenmediği görülmekle beraber, trans-anetolü sırasıyla; estragol (% 3,93 – 4,69), limonen (% 2,87 – 4,36) ve fenkon (% 0,97 – 1,46) takip etmiştir.

Temmuz 2015, 35 sayfa

Anahtar Kelimeler: Rezene, partikül boyutu, uçucu yağ verimi, uçucu yağ bileşimi

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF PARTICUL SIZE ON THE YIELD AND COMPOSITION OF FENNEL (*Foeniculum dulce* Miller) ESSENTIAL OIL

Canan BALKAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali BAYRAK

The aim of this study, although it varies according to material, obtained by applying called size reduction process (crushing, cutting, chopping, mincing, grinding) also to the fennel seed processing certain size in the particles, to investigate the effect of the essential oil yield and composition. Fennel seeds, harvested from Gölhisar/Burdur/Turkey, is most important fennel culture area, in 2010 and 2011 were used as material. After grinding and sieving analysis in the same conditions in five different particle sizes ($<300\mu\text{m}$, $300\text{-}710\mu\text{m}$, $710\mu\text{m}\text{-}1\text{mm}$, $1\text{-}1,4\text{mm}$, $> 1,4\text{mm}$) and the water distillation of classified materials, methods derived essential oils and analysis was performed on these oils. The yield of essential oil of fennel seeds milled result of applying water distillation method in the study of different particle size and distribution of essential oil compounds was investigated.

The particle size fennel essential oil rates increased respectively 5.94; 5.15; 2.84; 1.74; 1.24 %. According to the fractions, the most essential oil of fennel seed harvest of 2010 were identified in fraction of $< 300\mu\text{m}$ (6.06 %), the least fat fennel seed harvest of 2011 were identified in fraction of $1.4\text{mm} <$ (1.18 %). Furthermore, 16 volatile aroma components were found in all fractions. 15 essential oil components were determined in fraction of particle size $< 300\mu\text{m}$ and $300\text{-}710\mu\text{m}$, the essential oil components have been identified in other larger particle sizes is 16 pieces. Statistical evaluation of analysis results, whereas the harvest year causes no difference in the yield and composition of the essential oil, particle size has been shown to have an effect on essential oil yield and composition. Generally the effect of particle size on the composition, fennel was observed in trans-anethole (88.14% – 89.57%), the major component of the essential oil components ($p<0,05$). Proportion of other volatile oil components has been shown to not be affected by particle size and after trans-anethole they were determined respectively estragole (% from 3.93 to 4.69), limonene (% from 2.87 to 4.36) and fenchone (% from 0.97 to 1.46).

July 2015, 35 pages

Key Words: Fennel, particle size, the yield of essential oils, essential oil compound

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve yüksek lisans süresi boyunca beniengin bilgi ve deneyimleriyle yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Ali BAYRAK’a (Ankara Üniversitesi / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), tez çalışmalarımdayardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Mustafa KIRALAN’a (Abant İzzet Baysal Üniversitesi / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), Arş. Grv. Necla ÖZDEMİR’e (Ankara Üniversitesi / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve bana her konuda destek veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

Canan BALKAN

Ankara, Temmuz 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1 Materyal.....	17
3.2 Yöntem	17
3.2.1 Öğütme.....	17
3.2.2 Su miktarı tayini (toluen veya toluol yöntemi)	18
3.2.3 Uçucu yağın elde edilmesi (volümetrik yöntem)	19
3.2.4 Uçucu yağ bileşimi tayini.....	19
3.2.5 İstatistik değerlendirme.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1 Su Oranına Ait Bulgular	22
4.2 Uçucu Yağ Oranlarına Ait Bulgular	22
4.3 Uçucu Yağ Bileşimine Ait Bulgular.....	24
5. SONUÇ	28
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ.....	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

da	dekar
dak	dakika
eV	elektrovolt
FID	Alev İyonlaştırmalı Dedektör
g	gram
GC/MS	Gaz Kromatografi/Kütle Spektrofotometri
He	helyum
kg	kilogram
mg	miligram
mL	mililitre
mm	milimetre
µm	mikrometre
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i>) bitkisinin kısımları ve görünüşü.....	1
Şekil 2.1 Rezene uçucu yağının önemli bileşenlerinin kimyasal formülleri.....	6
Şekil 2.2 Islatma süresi ve ekstraksiyon süresinin rezene uçucu yağ bileşimine etkisi....	9
Şekil 2.3 Destilasyon süresine bağlı olarak rezene uçucu yağ verimi ve önemli bileşenlerindeki oransal artış (%) ile önemli uçucu yağ bileşenlerindeki miktarsal artış (mg)	12
Şekil 3.1 Rezene materyallerinin farklı eleklerle öğütülme şekli ve örnek numaraları...	19
Şekil 3.2 Rezene uçucu yağı bileşenlerine ait kromatogram örneği.....	22
Şekil 4.1 İki farklı hasat yılına göre rezene tohumlarının uçucu yağ oranları (% kuru maddede).....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Bazı baharatların tarım alanları ve toplam hasılat miktarları.....	6
Çizelge 2.2 Hidrodestilasyon ve süperkritik akışkan yöntemleri ile elde edilen rezene uçucu yağ bileşenleri.....	8
Çizelge 2.3 Rezene uçucu yağ bileşenlerinin ıslatma süresi, ekstraksiyon süresi ve örnek oranına bağlı olarak değişimi %.....	10
Çizelge 2.4 Farklı ekstraksiyon koşullarının (partikül büyüklüğü, ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon hızı) uçucu yağ bileşimi üzerine etkisi.....	13
Çizelge 2.5 Rezene bitkisinin farklı kısımların kimyasal bileşimi.....	14
Çizelge 2.6 <i>Foeniculum vulgare var. azoricum</i> , <i>Foeniculum vulgare var. dulce</i> ve <i>Foeniculum vulgare var. vulgare</i> tohumlarının önemli uçucu yağ bileşenleri.....	16
Çizelge 4.1 Rezene tohumlarının su içeriği.....	23
Çizelge 4.2 İki ayrı hasat yılına ait rezene tohumlarının partikül büyüklüklerine göre uçucu yağ oranları %	24
Çizelge 4.3 Rezene tohumu fraksiyonlarında bulunan bileşenler, alıkonma süreleri ve Kovats indeksleri.....	26
Çizelge 4.4 Öğütülmüş rezene tohumlarının partikül boyutu ve hasat yılına göre uçucu yağ bileşimi %	27

1. GİRİŞ

Apiaceae veya Umbellifereae familyasından olan rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) aynı familyadan olan kimyon, anason, dereotu, kişniş ve frenk kimyonu gibi önemli bir bitkidir (Akgül 1985). Türkiye’de bölgelere göre “Arapsacı, İrziyan, Mayana, Raziyan ve Tatlı Rezene” gibi isimlerle bilinmektedir (Baytop 1999).

Varyetesine bağlı olarak bir yıllık veya çok yıllık bitkidir (Piccaglia ve Marotti 2001, Barros vd. 2010). Değişik alt kültür ve varyeteleri sebze, baharat ve tıbbi bitki olarak kullanılan rezene Akdeniz havzası orijinlidir (Tutin 1976, Akgül 1985, Miraldi 1999, Piccaglia ve Marotti 2001, Barros vd. 2010). Bu bölgenin dışında Rusya, Hindistan, Çin ve Japonya gibi birçok bölgede de ticari olarak yetiştirilir (Volak ve Stodola 1998, Damjanovic vd. 2005).



Şekil 1.1 Rezene (*Foeniculum vulgare*) kısımları ve görünüşü

Bütün Umbellifereae bitkilerinde olduğu gibi rezenede de meyve bir “diaken”dir (Akgül 1985). Yani, iki tohum ihtiva eden şizokarp, meyvenin meyve kabuğu olgunlaşma ile kurur ve tohumlara yapışır. Bu iki tohumlu meyve, literatür ve ticarete sık sık “tohum” olarak geçer ve bu çalışmada da aynı şekilde kullanılmıştır.

Bir kültür bitkisi olan rezenenin uçucu yağ elde etmek için kullanılan kısımları tohumlarıdır. Yeşil bitkide verim çok az olduğu gibi, uçucu yağın bileşimi farklıdır ve kalite düşüktür. Tohumundan uçucu yağ elde edilen başlıca varyeteler ticari olarak ikiye ayrılır. Bunlar acı (bitter) ve tatlı (sweet) rezenelerdir (El Wahab 2006). Tatlı rezene (*F. vulgare* Miller var. *dulce*) genellikle tek yıllık görülmesine rağmen, acı rezene (*F. vulgare* Miller, var. *vulgare*) uzun ömürlü bilinir ve genellikle çok yıllık bir bitkidir. Ayrıca, Avrupa Farmakopesi (EP) resmi raporlarında da, acı rezene ve tatlı rezene olarak iki farklı tanım yapılmıştır (Anonim 1997). Tatlı rezene tohumlarının uçucu yağları trans-anetol ve limonen gibi bileşenlerce daha zengin olduğu için daha üstündür. Tat ve kokuları da diğerlerine göre daha tatlı ve yumuşaktır (Akgün 1985).

Türkiye’de kültürü yapılan tür, rezenenin tatlı ve tek yıllık varyetesidir (Akgül 1993). Rezenenin Bursa, Denizli, Gaziantep, Manisa ve Antalya gibi illerde sınırlı alanlarda tarımı yapılmaktadır. Türkiye’de rezenenin ekim alanının 3500 da ve meyve verimlerinin 55 kg/da civarında olduğu belirtilmektedir. Son yıllarda, dünyada tıbbi bitkilerin piyasa değeri yıllık 60 milyar dolar civarına yükselmiştir. Dünya tıbbi bitkiler ticareti ise 16.8-18.2 milyar dolar arasındadır. Türkiye’de ise 2008 yılı verilerine göre 33-56 bin ton tıbbi bitki ticaretine karşılık 66.3- 80.3 milyon dolar gelir sağlanmıştır (Bayram vd. 2010).

Ülkemizde ilaç ve baharat bitkisi olarak kullanılan rezene, eskiden beri halk hekimliğinde özellikle mide rahatsızlıklarında, gaz söktürücü ve süt artırıcı etkileri nedeniyle kullanılmaktadır. Bitkinin meyvelerinden başka yaprakları yara iyileştirici, kökleri ise idrar artırıcı olarak kullanılır (Baytop 1999). Rezenenin sindirim (dispeptik) rahatsızlıklarında, öksürük ve bronşitte kullanımı Avrupa Komisyonu tarafından onaylıdır (Blumenthal vd. 2000, Gruenwald vd. 2004).

Rezene mutfakta (çorba, ekmek, sosis, makarna, köfte, domates, balık, sos, turşu, salata, tavuk, sebze, tatlılar), gıda sanayinde; meyve ve türevlerinde ‘anizet tipi’ alkollü içecek yapımında, et, şekerleme, fırın ürünü, jelatin, puding, çeşni ürünü, alkolsüz içecek ve soslarda kullanılır. Ayrıca eczacılık (acı rezene) ve parfümeride (tatlı rezene) de kullanılmaktadır (Akgül 1993).

Destilasyonda en önemli işlem uçucu yağın aromatik bitkilerden elde edilmesidir. Değeri yüksek uçucu yağları elde etmek, materyalden yüksek verim ve geri kazanım sağlamak, materyale uygulanacak ön işlemlerin dikkatli bir şekilde yapılmasına bağlıdır.

Uçucu yağlar bitkilerde familyaya göre belirli bir organda, salgı hücrelerinde, salgı tüyünde, salgı ceplerinde ve salgı kanallarında toplanır. Eğer bitki materyali buharla temasa geçirilirse buharın temas ettiği yüzeydeki yağlar buharlaşır. Buharlaşma, bitki destilasyonunda önemli olup sadece hidrodifüzyon mekanizması ile sağlanır. Kısaca bitki materyali destilasyondan önce bir şekilde kıyılmalı, ezilmeli veya öğütülmelidir. Bu işleme genel olarak boyut küçültme denir ve bununla mümkün olduğunca fazla yağ hücresini parçalamak amaçlanır. Bu nedenle bitki materyali küçültülmeli ki difüzyon olsun, uçucu yağların buharlaşma oranı veya hızı artsın. Öğütmenin (parçalama, küçültme) temel amacı, uçucu yağları bulundukları yerden kolay bir şekilde buharla dışarı çıkartmak ve uçucu yağ elde etmektir (Guenther 2008).

Bu çalışmada, Burdur'un Gölhisar ilçesinden kültüre alınmış ve iki farklı hasat yılına ait (2010 ve 2011) tatlı rezene tohumlarının boyutları öğütme işlemi ile küçültülmüş ve her iki örnek de elek analizi ile beş farklı partikül boyutunda ($<300\mu\text{m}$, $300-710\mu\text{m}$, $710\mu\text{m}-1\text{mm}$, $1-1,4\text{mm}$, $>1,4\text{mm}$) sınıflandırılmıştır. Boyutları belli bu örneklerle su destilasyonu yöntemi uygulanarak uçucu yağlarının verimleri hesaplanmış ve GS/MS yöntemi ile uçucu yağ bileşenlerinin örneklerle göre değişimi incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Antik çağlardan günümüze kadar insanların ilgisini çeken uçucu yağlar, doğal kokulu bileşenler olup, “eterik” veya “kokulu yağlar” olarak da adlandırılır. Uçucu yağlar, birkaç istisna dışında, genellikle bitkilerde oluşur. Türlerine ve varyetelerine göre değişen zengin aromaları, tedavi edici özellikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle başta gıda, ecza, parfümeri ve kozmetik olmak üzere çeşitli alanlarda geniş çapta kullanılırlar.

Rutaceae, Umbellifereae, Compositeae, Labiateae, Lauraceae ve Myristaceae gibi familyalar özellikle uçucu yağca zengin bitki türlerine sahip olmakla beraber, bitkiler aleminde yaklaşık olarak 2000 tür ekonomik değeri olan uçucu yağ vermektedir (Akgül 1985).

Tüketiciler arasında sentetik hammaddelere karşı bir direnç, daha güvenilir olduğu görüşünün ağırlık kazanması nedeni ile bitkisel ürünlere karşı bir eğilim hızla artmaktadır. Bunun sonucu olarak bitkisel maddeler ve baharatlar, doğal antimikrobiyal ve antioksidan amaçlı kullanım için daha çok tercih edilmektedir (Singh vd. 2006). Bunların yanında, bitki ve baharatların haşerelere karşı kontrol maddesi olarak kullanımı ile ilgili öneriler de mevcuttur (Prajapati vd. 2005). Bu amaçla kullanıma Doğu Asya'da depolanmış gıda akarlarının kontrol edilmesi amacıyla bitki ekstre ve uçucu yağların kullanımı örnek olarak verilebilir (Lee vd. 2006). Yapılan başka araştırmalar da uçucu yağların (karanfil yağı, limon yağı vb.) herbisit olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Dayan vd. 2009). Bitkisel pestisitlerin çevre dostu olmaları, biyolojik olarak kolayca parçalanabilmeleri ve aynı zamanda ucuz olmaları kullanımları açısından önemlidirler (Dharmagadda vd. 2005).

Uçucu yağ bakımından zengin içerikli bitkilerden biri olan rezene hakkında varyatelerine bağlı olarak uçucu yağ bileşimi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Arslan vd. 1989, Napoli vd. 2010). Uçucu yağ verimi ve bileşimi; genetik yapı ve yetiştiği bölgenin ekolojik koşulları gibi birçok iç ve dış faktöre bağlı olarak değişir (Fuente vd. 2003, Telci vd. 2006). Uçucu yağ oranı % 2.9 - 3.1 (Arslan vd. 1989) ve

% 1- 4 arasında değişmektedir (Miraldi 1999). Rezene uçucu yağı trans-anetol ve metil kavikol (estragol) gibi medikal açıdan önemli bileşenleri yüksek oranda içermekle beraber; fellandren, fenkon ve α -pinen, limonen gibi diğer önemli bileşenler bakımından da zengindir (Arslan vd. 1989, Piccaglia ve Marotti 2001, Diaz-Maroto vd. 2006, Özcan vd. 2006).

Rezenenin gıda ve eczacılıkta kullanımı yaygındır (Albert 1980, Charles vd. 1993, Marotti vd. 1994, Piccaglia ve Marotti 2001, Kandil vd. 2002, Camejo-Rodrigues vd. 2003, Novais vd. 2004, Choi ve Hwang 2004, Carvalho 2005, Sandhu ve Heinrich 2005, Santayana vd. 2007, Andrade-Cetto 2009). Rezene, antik çağlardan beri tıbbi ve aromatik bitki olarak bilinmekte ve genellikle likör, ekmek, balık, salata ve peynir gibi gıdalarda aromatik özelliğinden dolayı kullanılmaktadır (Krishna 2004).

Rezene aynı zamanda diyabet için tavsiye edilir, bronşit ve böbrek taşı tedavisinde kullanılır. Bunun yanında kronik öksürük, diüretik ve mide rahatsızlıklarında tedavi edici özelliklere sahip olduğu bilinir (Camejo-Rodrigues vd. 2003, Novais vd. 2004, Carvalho 2005).

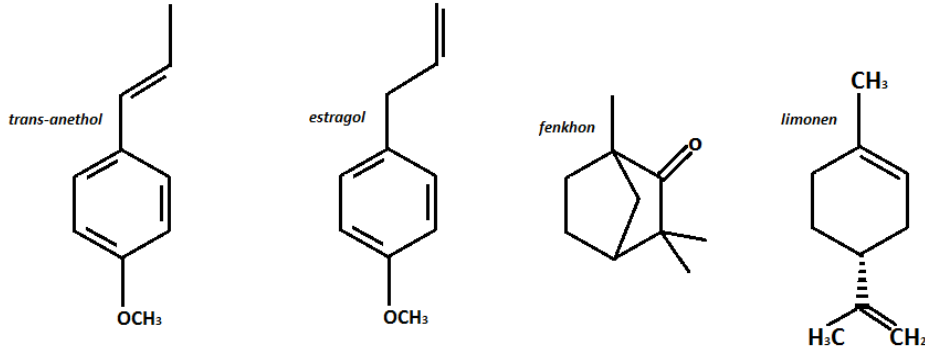
Rezene, kullanım amacı ve kimyasal bileşimlerine göre acı (bitter) ve tatlı (sweet) olarak ikiye ayrılır (El Wahab 2006). Türkiye’de tatlı rezene yaygın olup doğal olarak Kuzey Anadolu bölgesinde yetişir (Baytop 1999). Bu tür Türkiye’nin değişik bölgelerinde “arapsacı, irziyan, meyana, raziyane ve tatlı rezene” gibi isimlerle bilinmektedir (Akgül 1993, Baytop 1999). Türkiye’de kültürü yapılan rezene türü tatlı tür olup tek yıllıktır (Akgül 1993). Rezenenin Bursa, Denizli, Gaziantep, Manisa ve Antalya gibi illerde sınırlı olarak tarımı yapılmaktadır. Ekim alanlarının 15000 da. ve meyve verimlerinin 55 kg/da civarında olduğu belirtilmektedir. Yıllara göre az çok değişiklik göstermekle birlikte, Türkiye’de yıllık olarak ortalama 2000 ton rezene üretimi yapılmakta olup bir kısmı da ihraç edilmektedir (www.tuik.gov.tr 2015).

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre; ülkemizde toplam olarak 2013 yılında 1994 ton, 2014 yılında 2289 ton rezene üretimi olmuştur. (Çizelge 2.1)Bu üretimin 1990 tonu sadece Burdur ilinde yapılmıştır (www.tuik.gov.tr 2015).

Çizelge 2.1 Türkiye’de 2012-13-14 yıllarında bazı baharat bitkilerinin ekim alanları ve toplam üretim miktarları (www.tuik.gov.tr 2015)

	2012		2013		2014	
	Alan (dekar)	Üretim (ton)	Alan (dekar)	Üretim (ton)	Alan (dekar)	Üretim (ton)
Rezene	15 775	1 862	13 848	1 994	15 848	2 289
Kırmızı biber	112 677	165 527	112 736	198 636	108 508	186 291
Anason	194 430	11 023	152 431	10 046	140 506	9 309
Kimyon	226 294	13 900	247 045	17 050	224 421	15 570
Kekik	94 283	11 598	89 137	13 658	92 959	11 752
Çörekotu	2 299	161	3 261	352	1 717	140

Rezene tohumu (meyveleri) sabit yağ (% 10-20), uçucu yağ (% 3-7), protein (% 15-20), flavonoid, sterol, şeker ve apiol içermektedir. Uçucu yağında %60-80 trans-anetol, % 5-10 fenkon, limonen, metil kavikol (estragol), α -felandren, anisaldehit, cis-anethol, anisik asit, anisketon, monotерpenler ve çeşitli alkoller bulunur (Akgül 1993, Baytop 1999).



Şekil 2.1 Rezene uçucu yağının önemli bileşenlerinin kimyasal formülleri (Akgül 1993)

Rezene tohumlarının öğütülmesi ile elde edilen 100 g tatlı rezenede 345 kcal enerji, 8.8 g su, 15.8 g protein, 14.9 g yağ, 52.3 g karbonhidrat, 15.7 g lif, 8.2 g kül, 1196 mg Ca, 19 mg Fe, 385 mg Mg, 487 mg P, 1694 mg K, 88 mg Na, 4 mg Zn, 6 mg niasin ve 135 IU A vitamini bulunur (Akgül 1993, Baytop 1999). Yaprığı yara iyileştirici, kökü idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır. Tohumlarından yapılan % 2’lik infüzyonu gaz

söktürücü ve süt artırıcı olmasının yanında, antispazmodik ve sekretolitik etkilere de sahiptir (Baytop 1999).

Damjanovic vd. (2005) rezene tohumlarından uçucu yağ elde etmek için süperkritik akışkan ile ekstraksiyon ve hidrodestilasyon tekniklerini kullanmış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Yapılan bu çalışmada; materyal öğütülmüş ve partikül boyutları ölçülmüştür. En yüksek uçucu yağ verimi 1.4 mm (% 43,58) partikül boyutunda görülmüş ve bunu 0,557 mm (% 34,44), 0,237 mm (% 18,48), 2,575 mm (% 2,34), 0,13 mm (1,02) ve 0,05 mm (0,14) izlemiştir. Öğütülmüş materyalden her iki yöntemle elde edilen uçucu yağların bileşimi çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Hidrodestilasyon ve süperkritik akışkan yöntemleri ile elde edilen rezene uçucu yağının bileşimi (Damjanovic vd. 2005)

Bileşenler	SÜPER KRİTİK AKIŞKANLA EKSTRAKSİYON									HD
	80 bar			100 bar			150 bar			
	40 °C	47 °C	57 °C	40 °C	47 °C	57 °C	40 °C	47 °C	57 °C	
α -pinen	0,42	0,24	0,36	0,22	0,25	0,43	0,29	0,32	0,41	2,81
kamfen	0,08	-	-	0,07	0,06	0,11	0,05	0,07	0,12	0,34
sabinen	0,19	0,21	0,29	0,18	0,19	0,18	0,25	0,21	0,19	0,56
mirsen	0,41	0,50	0,57	0,42	0,30	0,46	0,35	0,35	0,37	1,68
α -fellandren	0,13	0,16	0,22	0,12	0,18	0,38	0,10	0,18	0,18	0,73
limonen	0,61	-	-	0,54	0,36	0,54	0,39	0,61	0,41	3,15
γ -terpinen	0,47	0,71	0,75	0,37	0,32	0,45	0,55	0,40	0,43	1,05
fenkon	10,20	14,70	14,50	11,40	9,38	8,57	8,97	8,40	8,68	20,30
estragol	6,60	6,81	9,10	6,74	6,70	6,63	5,90	5,81	5,09	4,90
trans-anetol	72,80	71,80	69,30	73,30	75,00	74,30	68,60	69,10	69,90	62,00

HD: Hidrodestilasyon yöntemi

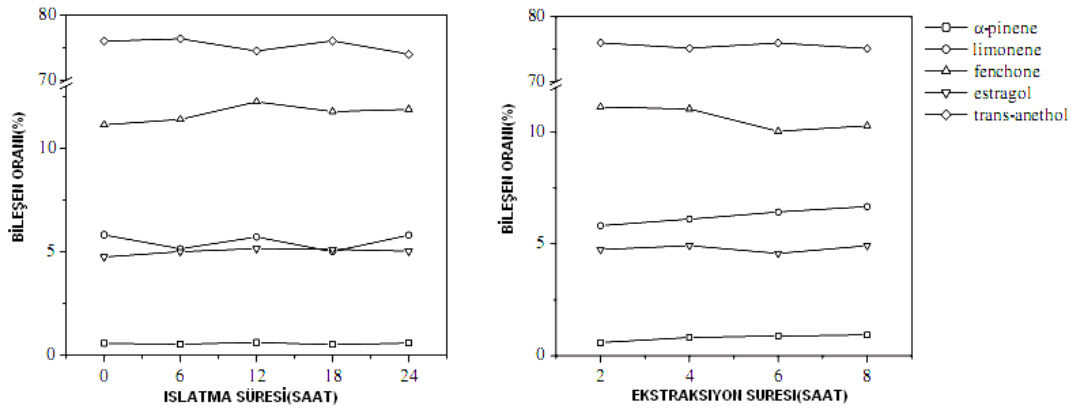
Tatlı rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) ve acı rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare*) tohumlarının uçucu yağ bileşimi incelenen bir çalışmada, tatlı rezene yağı, majör bileşen olan trans-anetol bakımından daha zengin olduğu belirtilmiştir. Tatlı rezenede; trans-anetol (% 95.25), estragol (% 2.87), limonen (% 0.91), fenkon (% 0.62), p-anisaldehit (% 0.24) belirlenirken, acı rezenede; trans-anetol (% 75.13), estragol (% 15.51), limonen (% 1.08), fenkon (% 5.03), α -pinen (% 0.57) ve γ -terpinen (% 0.84) belirlenmiştir (Coşge vd. 2008).

Rezene uçucu yağının kimyasal bileşiminin ve antibakteriyal etkinliğinin incelendiği bir çalışmada, materyal olarak Çin’deki Sichuan bölgesinden temin edilen rezene tohumları

kullanılmıştır. Rezene tohumlarının uçucu yağ verimi %1,74 (hacim/kütle) olarak bulunmuştur. Rezene uçucu yağında %68.13 oranında bulunan trans-anetol major bileşen olarak belirlenmiş olup, bunu % 10.42 ile estragol, % 6.24 ile limonen ve % 5.45 ile fenkon takip etmiştir (Diano vd. 2013).

Floransa'daki iki farklı bölgeden temin edilen rezene bitkisi yapraklarının kimyasal bileşimi, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, yaprakların su oranları %83-89 arasında bulunmuştur. Uçucu yağındaki önemli bileşenin trans-anetol (%59.8-90.4) olduğu belirlenmiş, bunu değişen oranlarda limonen (% 0.1-21.5), neofitadien (% 0-10.6), fitol (% 0.1-6.0), ekzo fensil asetat (% 0.3-3.8), estragol (% 0.1-2.5) ve fenkon (% 0.1-3.1) takip etmiştir (Senatore 2013).

Rezene tohumlarının uçucu yağ verimi ve bileşimi üzerine 3 ekstraksiyon parametresinin (ıslatma süresi, ekstraksiyon süresi ve örnek/su oranı) etkisinin incelendiği bir çalışmada; uçucu yağ veriminin ıslatma süresinden etkilenmediği, ancak ekstraksiyon süresi ile paralel olarak değiştiği gözlenmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 İslatma süresi ve ekstraksiyon süresinin rezene uçucu yağ bileşimine etkisi (Zoubiri vd 2010)

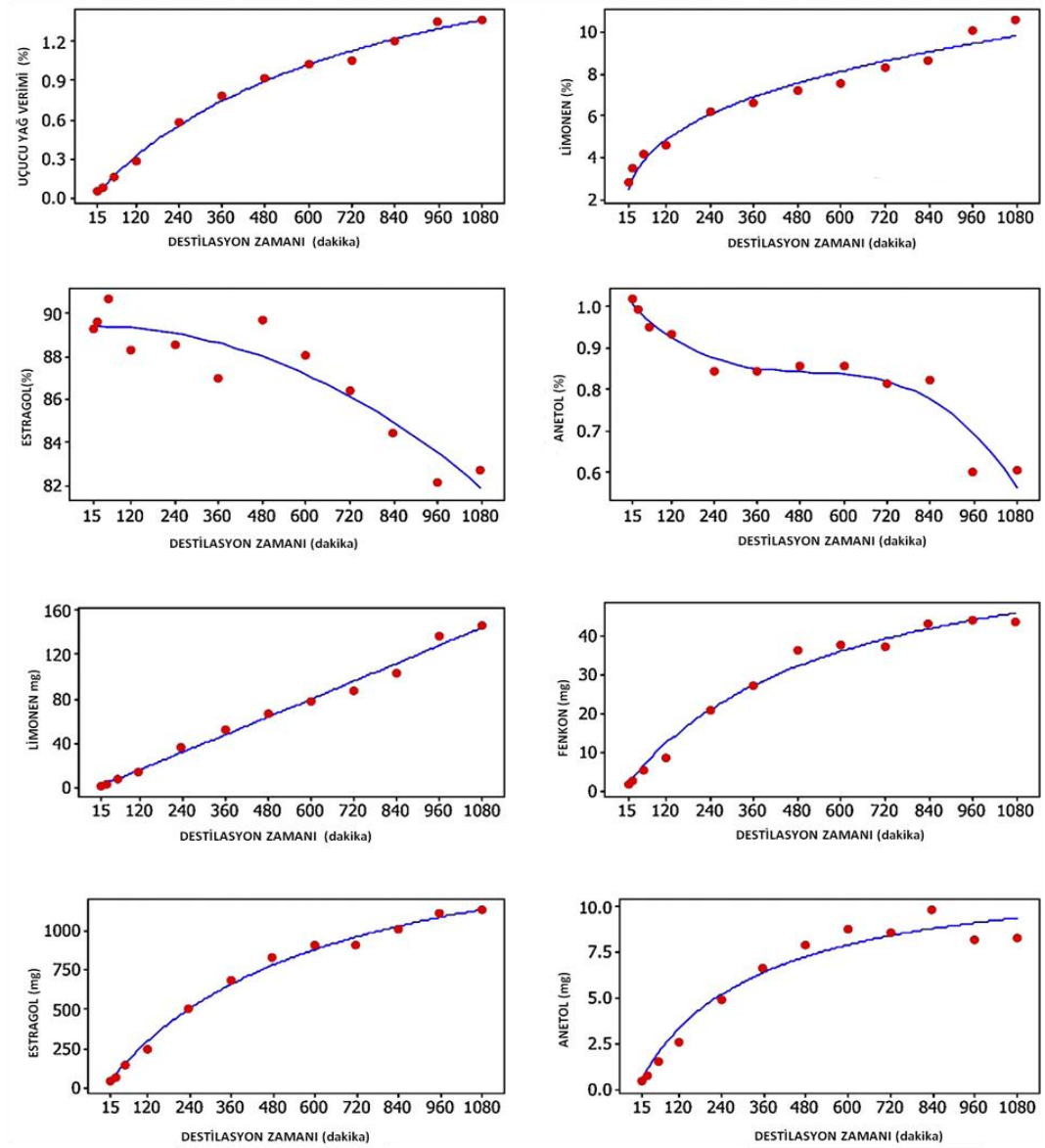
Aynı çalışmada rezene tohumlarının uçucu yağ bileşimine bakıldığında % 72.86 oranında trans anetol belirlenmiş olup bunu % 12.93 oranı ile fenkon ve % 6.37 ile limonen takip etmiştir (Çizelge 2.3) (Zoubiri vd. 2010).

Çizelge 2.3 Rezene uçucu yağ bileşenlerinin ıslatma süresi, ekstraksiyon süresi ve örnek oranına bağlı olarak değişimi % (Zoubiri vd. 2010)

Bileşen	Bileşen oranı (%)															
	Islatma Süresi(h)						Ekstraksiyon süresi(h)						Örnek miktarı(g/L)			
	0	6	12	18	24		2	3	4	6	8	50	150	200	250	300
α -pinen	0,59	0,55	0,63	0,53	0,6		0,59	0,78	0,82	0,89	0,93	0,97	1,45	1,27	1,05	1,22
Kamphen	0,09	0,09	0,1	0,09	0,1		0,09	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,22	0,19	0,16	0,19
β -fellandren	0,23	0,22	0,24	0,21	0,24		0,23	0,27	0,27	0,28	0,28	0,25	0,34	0,3	0,26	0,28
β -mirsen	0,39	0,35	0,41	0,35	0,42		0,39	0,43	0,44	0,46	0,45	0,6	0,78	0,74	0,64	0,69
α -fellandren	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09		0,08	0,09	0,09	0,1	0,09	0,11	0,16	0,13	0,12	0,13
benzen,1-metil-4-(1-metiletil)-	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07		0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	tr	0,12	0,17	0,08
Limonen	5,82	5,15	5,72	5,01	5,81		5,82	6,19	6,12	6,43	6,68	5,79	7,38	6,8	6,05	6,37
1,3,6-oktatrien,3,7-dimetil-(E)-	0,37	0,31	0,37	0,31	0,39		0,37	0,38	0,39	0,41	0,41	0,47	0,61	0,58	0,52	0,54
3-karen	0,1	0,09	0,1	0,09	0,11		0,1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,15	0,19	0,17	0,16	0,17
Fenkon	11,13	11,39	12,24	11,77	11,88		11,13	11,35	11,04	10,04	10,29	12,65	14,17	13,26	12,58	12,93
Kamfor	0,2	0,21	0,24	0,23	0,23		0,2	0,21	0,21	0,18	0,18	0,2	0,21	0,2	0,2	0,21
Estragol	4,75	5,01	5,16	5,13	5,03		4,75	4,95	4,93	4,58	4,93	3,66	3,49	3,43	3,35	3,41
fensil asetat	0,12	0,09	0,1	0,09	0,12		0,12	0,11	0,11	0,13	0,12	0,16	0,38	0,53	0,08	0,14
trans-anetol	76	76,37	74,5	76,01	73,99		76	74,86	75,16	75,97	75,11	74,27	70,13	71,84	74,34	72,86
apiol	0,03	-	-	-	0,03		0,03	-	-	0,04	0,03	0,04	-	-	-	0,05
n-hekzanoik asit	-	-	-	-	0,06		-	0,04	0,06	0,09	0,12	0,08	-	-	-	0,07
Verim(%)	1,003	0,85	0,946	0,922	0,934		0,725	1,05	1,174	1,231	1,24	0,811	1,201	1,072	1,219	1,264

Kan vd. (2006) rezene meyvelerinin uçucu yağ bileşenleri üzerine yaptıkları bir çalışmada farklı dozlarda azotlu ve çinkolu gübre uygulamaları ile üretilen rezene tohumları incelenmiştir. Materyal uçucu yağ verimlerinin gübre dozuna bağlı olarak %2-3,2 arasında değişmekte olduğu görülmüş ve en yüksek uçucu yağ veriminin (%3,2) 15kg/da azotlu gübre uygulaması ile elde edildiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada uçucu yağ bileşenlerinden trans-anetol (%60,6-87,0) majör bileşen olarak tespit edilirken bu bileşeni anisaldehit (%6,1-21,3), estragol (%3,2-11,7), α -fenkon (%0,7-3,2), limonen (%0,3-2,5), karvon (%0,3-1) , cis-anetol (%0,2-0,9) gibi bileşenler takip etmiştir.

Moser vd. (2014) rezene tohumlarının uçucu yağı ile sabit yağ verim-bileşimine ve antioksidan özelliğine destilasyon zamanının etkisini incelemiştir. Çalışmada 1080 dakikalık destilasyon işlemi sonucunda en yüksek uçucu yağ verimi (%1,375) elde edilmiştir. En önemli uçucu yağ bileşeni %82-91 oranla estragol olup, bunu limonen, fenkon ve anetol takip etmiştir. Uçucu yağın antioksidan kapasitesi destilasyon süresinden etkilenmemiştir. Rezene tohumlarının sabit yağ oranları ise kütlice %21,7-22,8 arasında çıkmıştır. Yağ asidi bileşimi incelendiğinde petroselenik asit (%67,0-71,3) ve oleik asitin (%12,0-16,4) yüksek oranlarda bulunduğu görülmüş ve bu yağ asileri destilasyon süresinden etkilenmemiştir. Destilasyon süresi yağ verimini etkilemiş olup, antioksidan etki ve uçucu yağ bileşiminde bir değişikliğe yol açmamıştır. Buna göre; çalışmanın verilerine göre; destilasyon süresi ile uçucu yağ verimi doğru orantılı bir şekilde artmıştır. Destilasyon zamanına bağlı olarak uçucu yağ verimindeki artış; limonen oranında istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artışa neden olmuştur. Bunun yanında estragol ve anetol oranlarında azalmaya yol açmıştır. Ayrıca bileşenlerin miktarları destilasyon zamanıyla verime bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde artmış olup, istatistiksel açıdan oransal artış görülmemiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Destilasyon süresine bağlı olarak rezene uçucu yağ verimi, önemli bileşenlerindeki oransal artış (%) ve önemli uçucu yağ bileşenlerindeki miktarsal artış (mg) (Moser vd. 2014)

Katsiotis (1988) farklı partikül boyutları, ekstaksiyon süresi ve ekstraksiyon hızı uygulayarak 16 farklı koşulda rezene uçucu yağı bileşenlerini incelemiştir. İnceleme sonuçları çizelge 2.4’de verilmiştir. Çalışmada uçucu yağ bileşenlerinden trans-anetol (%83,63-92,47) majör bileşen olarak tespit edilirken bu bileşeni estragol, fenkon, limonen ve anisaldehit takip etmiştir (Katsiotis 1988).

Çizelge 2.4 Farklı ekstraksiyon koşullarının (partikül büyüklüğü, ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon hızı) uçucu yağ bileşimi üzerine etkisi (Katsiotis 1988)

EKSTRAKSİYON KOŞULLARI																			
Partikül Büyüklüğü (mm)	öğütülmeden öğütülmeden öğütülmeden																		
	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden	öğütülmeden
Ekstraksiyon Süresi (dak)	90	150	210	270	90	150	210	270	90	150	210	270	90	150	210	270	90	150	210
Ekstraksiyon hızı (ml/dak)	1,5	4	5	3	5	3	1,5	4	3	5	3	1,5	4	3	5	4	1,5	4	3
α-pinen	0,11	0,23	0,38	0,45	0,22	0,22	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,05
kamfen	0,09	0,17	0,23	0,26	0,16	0,15	0,16	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04
β-pinen	0,02	0,05	0,07	0,07	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
limonen	1,63	3,25	4,45	4,75	3,54	3,42	3,60	3,08	2,60	2,52	2,60	3,97	1,08	1,03	1,03	1,48	1,03	1,48	1,63
γ-terpinen	0,08	0,18	0,23	0,26	0,25	0,22	0,25	0,13	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13	0,09	0,09	0,12	0,09	0,12	0,13
terpilenen	0,24	0,36	0,47	0,44	0,33	0,33	0,30	0,27	0,26	0,26	0,26	0,23	0,23	0,11	0,11	0,14	0,11	0,14	0,16
fenkon	2,03	2,57	2,68	2,60	2,23	2,12	2,10	1,86	1,82	1,60	1,82	1,52	1,58	0,93	0,83	0,93	0,83	0,93	0,94
linalol	0,09	0,13	0,08	0,12	0,12	0,11	0,09	0,11	0,06	0,08	0,08	0,09	0,15	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
estragol	4,16	4,68	4,39	4,45	4,42	4,32	4,22	4,18	4,31	4,01	4,31	3,74	4,11	3,69	3,45	3,66	3,45	3,66	3,75
cis-anetol	0,30	0,30	0,40	0,23	0,25	0,16	0,29	0,29	0,24	0,26	0,24	0,23	0,25	0,21	0,28	0,25	0,21	0,28	0,27
trans-anetol	88,70	86,10	83,63	84,65	86,42	88,31	86,83	87,98	88,75	88,85	88,75	88,96	89,05	92,45	92,47	91,97	92,45	91,97	91,02
p-anisaldehyt	1,23	1,59	2,58	1,38	1,58	1,33	0,90	1,29	0,91	1,60	0,91	1,39	0,90	0,93	0,78	0,95	0,93	0,78	1,68

Rezene ve papatya ekstraktları ve uçucu yağlarının antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, rezene tohumu uçucu yağı major bileşeni trans-anetol (% 65,4) olarak belirlenmiş olup, bunu fenkon (% 8,26), estragol (% 5,2) ve limonen (% 4.2) takip etmiştir (Robya vd. 2012).

Barros vd. (2010) rezene bitkisinin farklı kısımlarının (sürgün, yaprak, sap ve çiçek) kimyasal bileşimini incelemiş olup en az su içeren kısmın çiçek (% 71,31) ve en çok su içeren kısmın sap (% 77,46) olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonucunda hesaplanan diğer kimyasal bulgular çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Rezene bitkisinin farklı kısımların kimyasal bileşimi % (Barros vd. 2010)

	Sürgün	Yaprak	Sap	Çiçek
Nem	73,88	76,36	77,46	71,31
Kül	2,39	3,43	1,62	3,23
Yağ	0,49	0,61	0,45	1,28
Protein	1,33	1,16	1,08	1,37

Türkiye’de yetişen tatlı rezene tohumları üzerine yapılan bir araştırmada; uçucu yağ temel bileşenlerinin bitkinin olgunlaşma düzeyi-hasat zamanına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Majör bileşen olan trans-anetol % 81,63-87,85 arasında değişmiştir. Diğer önemli bileşenler ise estragol (% 4,19-5,53), limonen (% 2,96-4,69), fenkon (% 1,17-2,65) ve trans-osimen (% 0,83-1,49) olarak belirlenmiştir (Telci vd. 2009).

Ege bölgesinde sebze olarak tüketilen bazı bitkilerin kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; rezene bitkisinin % 6 nem, %22 protein, %3,5 azot ve %15,3 kül içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, rezene bitkisinde bulunan önemli mineraller mg/100 g olarak; demir (26,56), mangan (4,63), çinko (3,40), bakır (1,71) belirlenmiş olup, 1mg/100g’den daha az oranlarda potasyum, sodyum, kalsiyum, fosfor ve magnezyum belirlenmiştir (Kaya vd. 2004) .

İspanya’da yetişen rezene tohumlarının incelendiği bir çalışmada, uçucu yağdaki major bileşenin estragol (% 86-89) olduğu, bunu fenkonun (% 1,85-4,07) ve anetolün (% 1,54-2,31) izlediği belirtilmiştir (Solana vd. 2013).

Napoli vd. (2010) tarafından Sicilya kökenli 24 farklı rezene tohumunun uçucu yağ bileşiminin incelendiği bir çalışmada, rezene uçucu yağ major bileşeninin estragol (% 34–89) olduğu belirtilmiştir.

Fas’ta yetiştirilen rezene tohumlarının uçucu yağ bileşenleri incelenmiş ve trans-anetol bakımından fakir oldukları belirlenerek önemli bileşenlerinin limonen (% 20,8), β -pinen (% 17,8), mirsen (% 15,0) ve fenkon (% 12,5) olduğu tespit edilmiştir (Ouariachi vd. 2014).

İran’da yetiştirilmiş rezene materyali üzerinde yapılan bir çalışmada, rezene tohumu uçucu yağı verimi % 2,15 bulunmuştur. Rezene uçucu yağındaki önemli bileşenler; anetol (% 46,73), limonen (%13,65), α -fenkon (% 8,27), karvon (% 6,12), estragol (% 5,26), eugenol (% 3,75) ve α -pinen (%3,53) olarak belirlenmiştir (Ebadollahi 2014).

Materyal olarak İran’ın farklı bölgelerinden temin edilen rezene tohumlarını uçucu yağ bileşimi açısından incelemiştir. Uçucu yağ veriminin %2,7-4,0 arasında değiştiğini ve en önemli bileşenin farklılık göstermekle birlikte tüm örnekler için trans-anetol (% 46,5-84,0) olduğunu belirtmiştir. Bu bileşeni yine değişen materyale göre değişen oranlarda fenkon (% 9,01-23,8), limonen (% 3,1-14,4), estragol (% 1,1-12,2) takip etmiştir (Pouryouself 2014).

Qiu vd. (2011) Çin’den temin ettikleri rezene tohumları üzerinde yaptıkları bir çalışmada, rezene uçucu yağındaki temel bileşenin trans-anetol (% 88,91) olduğunu belirlemiştir. Bu bileşeni %2,89 anisol, %2,54 anisaldehit ve %1,64 limonen takip etmiştir.

İran’dan temin edilen ve hasat zamanına göre gelişme düzeyleri farklı olan 3 farklı rezene tohumunun uçucu yağ verim ve bileşimini incelemiştir. Çalışma sonucunda

uçucu yağ verimlerinin, olgunluk seviyelerine göre belirgin bir şekilde değişmemekle beraber, % 1,18-1,31 arasında olduğu görülmüştür. Uçucu yağ bileşimleri incelendiğinde; trans-anetol (%84,12-86,09) major bileşen olarak belirlenmiş ve bu bileşeni fenkon (% 7,13-8,86), limonen (% 3-3,3) ve metil kavikol (% 2,5-2,7) takip etmiştir (Saharkhiz ve Tarakeme 2011).

Shahat vd. 2011 yılında yaptıkları bir çalışmada, Mısır'dan temin edilen 3 farklı rezene varyetesinin (*Foeniculum vulgare* var. *azoricum*, *Foeniculum vulgare* var. *dulce* ve *Foeniculum vulgare* var. *vulgare*) uçucu yağ bileşimini incelemiştir. Çalışma sonucunda *F. var. azoricum* ve *F.vulgare* var. *dulce* türlerinin major bileşeninin trans-anetol olduğu, *F. vulgare* var. *vulgare* türünün major bileşeninin ise trans-anetolün izomeri olan estragol olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 *Foeniculum vulgare* var. *azoricum*, *Foeniculum vulgare* var. *dulce* ve *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* tohumlarının önemli uçucu yağ bileşenleri % (Shalat vd. 2011)

	(%)	α -pinen	limonen	ökalipol	fenkon	Estragol	tras-anetol
<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>Azoricum</i>		1,65	12,53	2,05	7,99	11,99	61,11
<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>Dulce</i>		3,26	27,78	0,9	12,77	6,34	46,26
<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>Vulgare</i>		3,61	20,64	1,93	7,22	57,94	4,99

Nagy ve Simandi (2008) yaptıkları çalışmada, Macaristan'dan temin ettikleri paprika numunelerinde, numune nem oranının, numune yağ miktarının ve partikül boyutunun süperkritik akışkan ile yağ eldesinde, verim üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Araştırma 11 farklı partikül boyutuyla yürütülmüş olup, sonucunda, partikül boyutu azaldıkça yağ veriminin arttığı belirtilmiştir (Nagy ve Simandi 2008).

Kakao çekirdeği yağının süperkritik akışkan yöntemi ile ekstraksiyonunda partikül boyutunun yağ verimi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, 4 farklı partikül boyutu ile (0,074mm, 0,25-0,5mm, 1-1,4mm ve tüm haldeki çekirdek) çalışılmıştır. Partikül boyutu küçüldükçe ekstraksiyon veriminde istatistiksel olarak önemli bir artış meydana gelmiştir (Asep vd. 2007).

Partikül büyüklükleri ortalama 0.38, 0.68 ve 0.93 mm olan domates tohumlarının sıvı ekstraksiyonu ile yağ verimlerinin incelendiği bir çalışmada, yağ verimleri sırasıyla %20,32, %16,02 ve %13,03 bulunmuştur. Partikül büyüklüğü azaldıkça yağ veriminin arttığı görülmüştür (Shao vd. 2012).

Karabiber uçucu yağı üzerinde yapılan bir çalışmada, 6 farklı partikül büyüklüğündeki numunelerin uçucu yağ verimlerini sırasıyla %1.48, %2.02, %2.65, %2.92, %2.72 ve %2.54 bulmuştur. Uçucu yağların bileşimleri incelendiğinde ise karabiber için en önemli bileşenlerin; α -pinen, β -pinen, limonen ve β -karyofillen olduğu ve en çok (%81) partikül büyüklüğü 0,70 mm olan örnekte bulunduğu görülmüştür. Araştırma sonucunda karabiber uçucu yağının eldesi için en uygun partikül büyüklüğünün 0,70 mm olduğu ifade edilmiştir (Murthy vd. 1999).

Soya materyalinde farklı ekstraksiyon koşullarındaki yağ veriminin incelendiği bir başka çalışmada, ekstraksiyon basıncı ve tohumların partikül büyüklüğü azaldıkça, ekstraksiyon hızı ve sıcaklığı arttıkça yağ veriminin arttığı anlaşılmıştır (Jokic vd. 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada, Burdur'un Gölhisar ilçesinden temin edilen ve kültüre alınmış olan, 2010 ve 2011 yıllarında yetiştirilip hasat edilmiş olan tatlı rezene tohumları kullanılmıştır. Rezene tohumları hasattan sonra kapalı ambalajlar içinde serin, ışık almayan ve rutubetsiz ortamda, plastik ambalajlar içinde muhafaza edilerek öğütülmüş ve analizleri yapılmıştır.

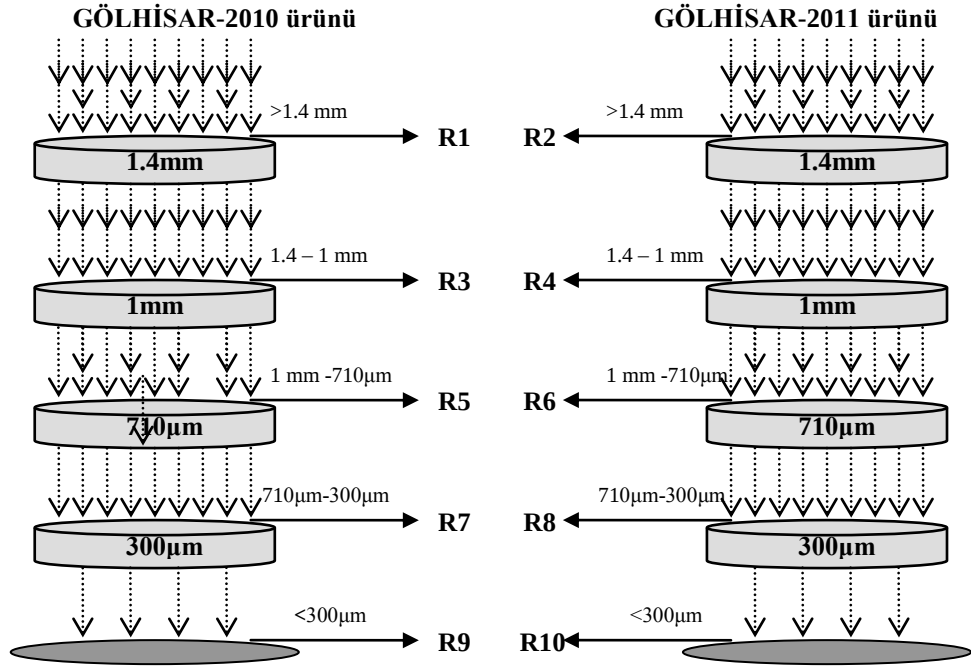
3.2 Yöntem

3.2.1 Öğütme

Rezene tohumlarının öğütülmesi işleminde kahve öğütücüsü (coffee grinder) kullanılmıştır. Her iki hasat yılına (2010, 2011) ait rezene tohumları öğütüldükten hemen sonra 1,4 mm, 1 mm, 710 µm ve 300 µm olmak üzere 4 farklı elek sisteminden geçirilerek elek üstünde kalan materyaller ile en küçük göz açıklığı olan elek altında kalan materyal olmak üzere 5 farklı partikül büyüklüğüne ayrılmıştır (Şekil 3.1). Analizler 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Gölhisar-2010 materyali eleme sonunda partikül büyüklükleri esas alınarak büyükten küçüğe doğru R1(>1,4 mm), R3 (1,4-1 mm), R5 (1 mm-710 µm), R7 (710-300 µm) ve R9 (<300 µm) olarak adlandırılmıştır.

Gölhisar-2011 materyali eleme sonunda partikül büyüklükleri esas alınarak büyükten küçüğe doğru R2(>1,4 mm), R4 (1,4-1 mm), R6 (1 mm-710 µm), R8 (710-300 µm) ve R10 (<300 µm) olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.1 Rezene materyallerinin farklı eleklerle öğütülme şekli ve örnek numaraları

3.2.2 Su miktarı tayini (toluen veya toluol yöntemi)

Rezene tohumlarında bulunan % su miktarı, Guenther (2008) tarafından önerilen, Bidwell-Sterling yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre, aparatın 500 mL'lik damıtma balonuna 5-7 g arasında öğütülmüş örnek tartılıp üzerine 200 mL toluol ilave edilmiştir. Balon elektrik ocağında ısıtılarak saniyede 2 damla akış olacak şekilde sıcaklığı ayarlanmıştır. Suyun büyük bir kısmı damıtıldıktan sonra saniyede 4 damla damlayacak şekilde sıcaklık tekrar ayarlanmış ve suyun toplandığı dereceli kısımda su seviyesinin artık değişmediği saptanınca damıtmaya 15 dakika daha devam edilmiştir. Bir süre dinlendirildikten sonra ölçekli kısımdaki su ve toluol fazı birbirinden tamamen ayrılınca su miktarı okunmuş ve alınmış olan numune miktarı ile oranlanarak materyalde bulunan yüzde su miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3 Uçucu yağın elde edilmesi (volümetrik yöntem)

Rezene tohumlarının uçucu yağ oranının belirlenmesi amacıyla, sudan hafif yağlar için uygun olan Clevenger damıtma düzeneği kullanılmıştır.

Öğütülmüş rezene örnekleri yaklaşık 100-150 g tartılmış ve numune balonuna tam olarak aktarılmıştır. Üzerine 500-600 mL destile su ilave edilmiş ve balon önce hızlı şekilde ısıtılmış, daha sonra kaynamaya yaklaştığında yavaş şekilde ısıtılmıştır. Kaynamaya başlayınca damlama sayısı dakikada 3-4 damla olacak şekilde sıcaklık ayarlaması yapılmıştır. Düzeneğin dereceli büret kısmının sıcaklığının 33-35 °C'yi geçmemesine yani eli yakmamasına dikkat edilmiştir. Sistemde su buharı ile sürüklenen yağ, soğutucuya çarparak yoğunlaşıp bürette damla damla toplanmakta ve yağla birlikte toplanan suyun fazlası bir tahliye borusu ile tekrar balona geri dönmektedir. Damıtma işlemi yaklaşık 4 saat sürmüştür. Bu süre sonunda işlemin bitip bitmediğine büretteki yağ hacmine bakılarak karar verilmiştir.

Bürette toplanan yağın hacmi tam olarak okunmuş ve kaydedilmiştir. Daha sonra büretin musluğu yavaşça açılmış ve dikkatli bir şekilde suyun boşalması sağlanmıştır. Kalan yağ ve çok az miktarda su, çapı dar bir tüpe alınmıştır. Tüp içinde kalan yağ ile birlikte bulunan su, bir spatül yardımıyla sodyum sülfat (Na_2SO_4) ilave edilerek kurutulmuştur. Uçucu yağ pastör pipeti veya mikropipet ile kahverengi hava sızdırmaz bir tüpe alınmış ve buzdolabında (+4 °C) analizler yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir.

3.2.4 Uçucu yağ bileşimi tayini

Uçucu yağın bileşimi gaz kromatografi-kütle spektrofotometresi (GC/MS) ile belirlenmiştir.

Uçucu bileşenlerin analizinde FID dedektör donanımlı Hewlett Packard 7890 gaz kromatografi cihazı ile kombine HP 5975 MS dedektörü kullanılmıştır. Analizlerde DB-

624 (30 m uzunluğunda, 0,25 mm iç çapında, 1,4 µm film kalınlığında) kapiler kolon kullanılmıştır. Çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 250 °C

Dedektör sıcaklığı: 250 °C

Taşıyıcı gaz: He

Akış hızı: 1mL/dak.

MS kaynağının sıcaklığı: 230 °C

MS kuadropol sıcaklığı: 150 °C

Enjeksiyon modu: Bölünmesiz (splitless)

Fırın sıcaklık programı:

40 °C’da 5 dak tutulur,

40 °C’dan 110 °C’a kadar, dakikada 3 °C artacak şekilde programlanır,

110 °C’dan 150 °C’a kadar, dakikada 4 °C artacak şekilde programlanır,

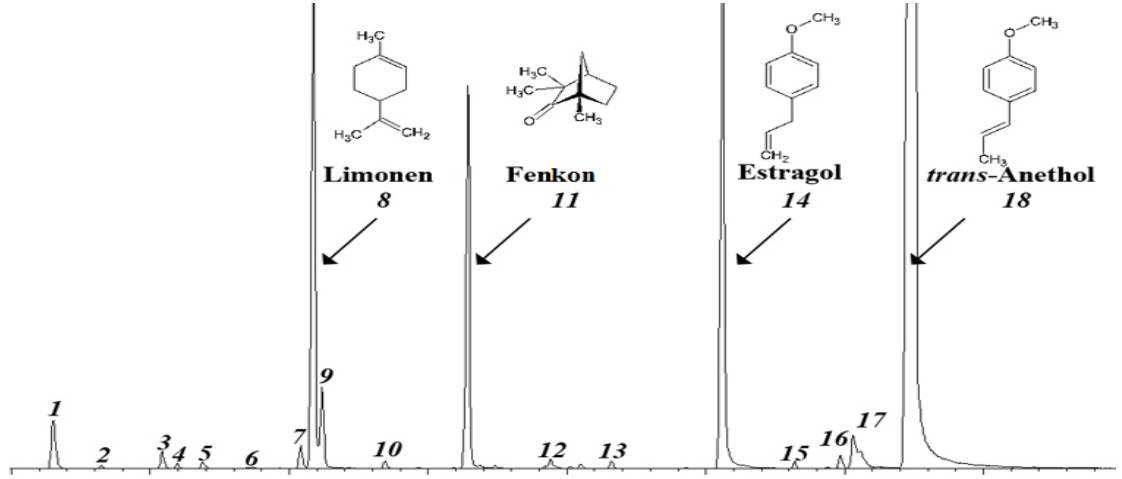
150 °C’dan 210 °C’a kadar, dakikada 10 °C artacak şekilde programlanır,

210 °C’da 12 dak. tutulur,

Elektron enerjisi: 70 eV

Kütle aralığı: 41-400 atomik kütle ünitesi

GC/MS analizleri yapılan bileşenlerin kütle spektrumları, standart maddeler cihaza enjekte edilerek hem alıkonma süreleri hem de kütle spektrumlarından yararlanılarak tanımlama yapılmıştır. Ayrıca kütle spektrofotometrenin Wiley ve NIST kütüphanelerindeki bilgiler ile karşılaştırma yapılarak da teşhisler yapılmıştır. En son olarak alifatik hidrokarbon standart maddeleri (C4-C20) cihaza verilerek Kovats indeks (Lineer retention indeks) değerleri hesaplanmış ve bu da tanımlamada ayrıca kullanılmıştır. Şekil 3.2’de rezene uçucu yağına ait bir kromatogram örneği verilmiştir.



Şekil 3.2 Rezene uçucu yağı bileşenlerine ait kromatogram örneği

3.2.5 İstatistik değerlendirme

Elde edilen sonuçlar PASW Statistic 18 programı kullanılarak istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar varyans analizi ve DUNCAN testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Su Oranına Ait Bulgular

Çalışmada kullanılan iki farklı hasat yılına (2010, 2011) ait rezene tohumlarının su oranları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Rezene tohumlarının su oranları (%)

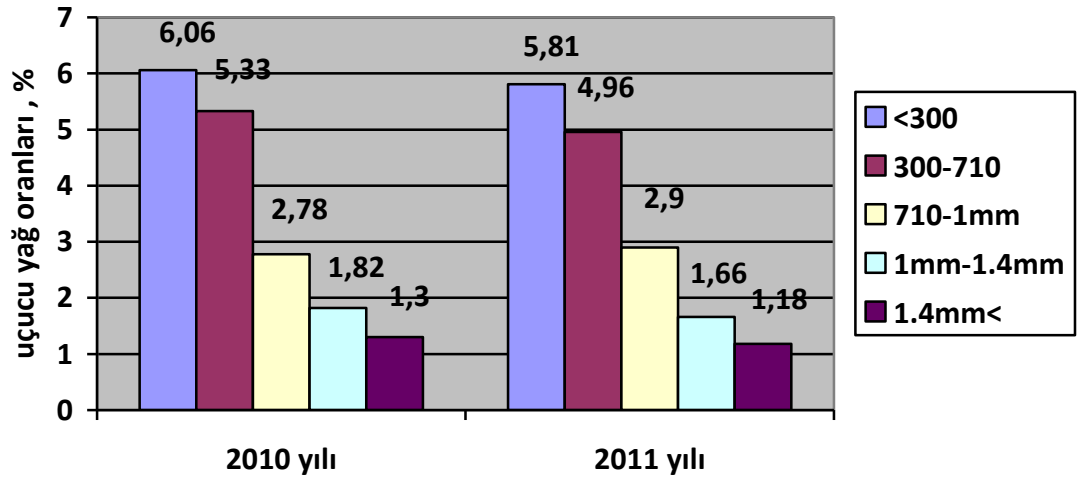
Hasat yılı	Su oranı (%)
2010	4.74
2011	5.81

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere 2010 ve 2011 yıllarına ait rezene tohumlarının su oranları sırasıyla % 4.74 ve % 5.81’dir.

Rezene tohumlarının su içeriği; hasat yılı, iklim ve toprak koşulları, genetik farklılıklar gibi birçok faktöre göre değişim göstermektedir. Yapılan araştırmalar rezene tohumlarının su içeriğinin %4-8.8 arasında değiştiğini göstermektedir (Baytop 1999, Kaya vd. 2004, Parthasarathy vd 2008). Çalışmada elde ettiğimiz bulgular bu değerler arasında bulunmuştur. Çalışma materyallerinin her ikisi de su içeriği bakımından alt sınıra yakın olup, materyaller kuru olarak nitelenebilir özelliktedir.

4.2 Uçucu Yağ Oranlarına Ait Bulgular

Partikül büyüklüklerine göre gruplandırılan öğütülmüş rezene tohumlarının % kuru madde üzerinden uçucu yağ oranlarını gösteren grafik şekil 4.1’de, yıllara ve partikül büyüklüklerine uçucu yağ verimleri ise çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 İki farklı hasat yılına ait rezene tohumlarının uçucu yağ oranları (% kuru madde)

Rezene tohumlarının uçucu yağ verimlerinde yıllara göre farklılık görülmemektedir. Ancak, tohumların partikül büyüklüğü arttıkça uçucu yağ verimi önemli oranda düşmüştür. En yüksek uçucu yağ verimi (%5.94) partikül büyüklüğü 300 μ m'nin altında olan numunelerde görülmüş olup, en düşük uçucu yağ verimi ise partikül büyüklüğü 1.4 mm'nin üzerinde olan numunelerde görülmüştür (%1.74).

Çizelge 4.2 Rezene tohumlarının hasat yılları ve partikül büyüklüklerine göre uçucu yağ oranları %

Partikül boyutları	Uçucu yağ (% kuru madde)		
	2010	2011	Ortalama
<300 μ m	6,06 $\pm$ 0,07	5,80 $\pm$ 0,18	5,94 $\pm$ 0,18A
300 μ m - 710 μ m	5,83 $\pm$ 0,38	4,96 $\pm$ 0,50	5,39 $\pm$ 0,62B
710 μ m – 1 mm	2,78 $\pm$ 0,40	2,90 $\pm$ 0,18	2,84 $\pm$ 0,08C
1 mm – 1,4 mm	1,82 $\pm$ 0,54	1,66 $\pm$ 0,18	1,74 $\pm$ 0,12D
1,4mm<	1,30 $\pm$ 0,29	1,18 $\pm$ 0,01	1,24 $\pm$ 0,08D

Farklı ortalamalar farklı harfler ile gösterilmiştir, istatistik olarak önemlidir ($p < 0,01$).

Rezene tohumları üzerine yapılan farklı çalışmalar incelendiğinde; genetik yapı, yetiştiği bölgenin ekolojik koşulları, dönemsel iklim koşulları, kullanılan ekstraksiyon

yöntemleri gibi birçok faktörden kaynaklanan farklılıklara rağmen, rezene uçucu yağ veriminin ortalama %1-4 arasında değiştiği görülmektedir (Miraldi 1999, Kan vd. 2006, Sharkhiz ve Tarakeme 2011, Bryn vd. 2014, Ebadollahi 2014, Pouryouself 2014).

Bu çalışmada 710 μm – 1 mm , 1 mm – 1,4 mm ve 1,4 mm'den daha büyük partikül boyutundaki materyaller için uçucu yağ verimleri %1,18 – 2,90 arasında değişerek literatür bilgileriyle paralellik göstermiştir. Fakat, 300 μm – 710 μm ve 300 μm 'den daha küçük materyallerin uçucu yağ verimleri % 4,96 – 6,06 arasında değişmiş ve literatürdeki değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu farklılığın partikül boyutunun oldukça küçük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Özet olarak, tanecik boyutu azaldıkça kütle aktarım dirençleri azalmakta ve böylece yağ katı yapıdan kolaylıkla akışkan faza geçmektedir. Ayrıca hem katı faz ile akışkan faz arasında yüzey alanı artmakta ve hem de öğütme sırasında hücrelerin parçalanmasından dolayı yağ, kütleden daha kolay serbest hale geçmektedir. Bu nedenle tanecik boyutu arttıkça ekstraksiyon veriminin azaldığı, tanecik boyutunun azalması ile ekstraksiyon veriminin arttığı saptanmıştır.

4.3 Uçucu Yağ Bileşimine Ait Bulgular

Rezene uçucu yağlarının bileşimi gaz kromatografi ve kütle spektrofotometresi (GC/MS) ile analiz edilmiştir. Çizelge 4.3'te uçucu bileşenler tanımlanarak alıkonma süreleri ve KI değerleri verilmiştir. Bileşenlerin hem teşhisi yapılmış hem de oranları % olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4)

Çizelge 4.3 Rezene uçucu yağlarına ait uçucu bileşenler, bunların alıkonma süreleri ve Kovats indeksleri

Alıkonma Süresi (dakika)	KI	Bileşenler	Alıkonma Süresi (dakika)	KI	Bileşenler
12.076	934	α -pinen	22.139	1148	kamfor
13.894	974	sabinen	24.715	1203	estragol
14.692	992	β -mirsen	27.164	1257	anetol
16.519	1030	limonen	27.957	1272	p-anisaldehit
16.913	1038	cis- β -osimen	29.724	1314	trans-anetol
17.925	1059	γ -terpinen	32.633	1383	α -kapolen
19.393	1090	fenkon	32.908	1390	Anisilaseton
21.298	1131	allosimen	36.952	1487	Germasren-D

KI: Kovats İndeksi

Çizelge 4.4 Rezene tohumlarının partikül boyutu ve hasat yılına göre uçucu yağ bileşimi (%)

Partikül büyüklüğü	>1,4mm		1,4mm-1mm		1mm-700µm		700-300µm		<300µm	
Hasat yılı	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
α-pinen	0,20±0,07	0,19±0,03	0,15±0,01	0,15±0	0,17±0,02	0,16±0,05	0,15±0,05	0,20±0,06	0,11±0,07	0,14±0,01
sabinen	0,15±0,04	0,14±0,02	0,11±0	0,11±0,01	0,12±0	0,11±0,02	0,12±0,02	0,15±0,03	0,12±0	0,10±0,01
β-mirsen	0,09±0,02	0,10±0,01	0,08±0,03	0,07±0,01	0,06±0	0,09±0,03	0,10±0,02	0,09±0,02	0,07±0,02	0,07±0,03
limonen	4,36±0,93	4,24±0,13	3,54±0,47	3,17±0,18	3,16±0,13	3,69±0,82	3,75±0,42	3,96±0,70	2,87±0,92	3,37±0,90
cis-β-osimen	0,38±0,06	0,41±0,09	0,41±0,09	0,35±0,01	-	0,42±0,14	0,40±0,05	0,34±0,07	0,30±0,08	0,39±0,01
γ-terpinen	0,11±0,02	0,10±0	0,09±0,02	0,07±0	0,07±0	0,09±0,03	0,09±0,01	0,10±0,02	0,07±0,02	0,07±0,02
fenkon	0,97±0,11	1,00±0,05	0,99±0,01	1,46±0,15	1,15±0,10	1,14±0,19	1,07±0,01	1,02±0	1,19±0,01	1,12±0,19
allosimen	0,08±0,01	0,08±0,02	0,06±0,02	0,06±0,02	0,12±0	0,08±0,03	0,07±0,01	0,07±0,02	0,06±0,02	0,06±0,03
kamfor	0,04±0	0,04±0	0,04±0	0,06±0	0,06±0	0,04±0,01	0,04±0	0,05±0	0,04±0	0,05±0,01
estragol	4,12±0,32	4,05±0,35	3,98±0,47	4,69±0,28	4,60±0,10	3,98±0,42	3,93±0,17	4,21±0,13	4,30±0,02	4,27±0,59
anetol	0,38±0,04	0,41±0,07	0,40±0	0,41±0,08	0,38±0,01	0,38±0,01	0,31±0,01	0,41±0,09	0,36±0	0,46±0,07
p-anisaldehit	0,45±0,14	0,37±0,20	0,32±0,01	0,34±0,07	0,44±0	0,30±0,10	0,22±0,07	0,44±0,22	0,25±0,08	0,34±0,04
trans-anetol	88,14±0,26^B	88,27±0,73^B	89,35±0,23^A	88,76±0,35^A	88,93±0,08^{AB}	88,65±0,21^{AB}	89,15±0,43^{AB}	88,79±0,56^{AB}	89,57±0,48^A	89,13±0,68^A
α-kapoen	0,02±0	-	0,03±0,02	-	-	0,02±0	-	-	-	-
Anisilaseton	0,07±0,02	0,05±0	0,07±0,01	0,04±0,01	0,07±0	0,04±0	0,03±0,01	0,05±0,01	0,05±0	0,05±0,01
Germakren-D	0,06±0,01	0,05±0,01	0,04±0,02	0,04±0,02	0,05±0	0,06±0,04	0,03±0	0,05±0	0,03±0,01	0,02±0

Farklı harfler ile gösterilen değerler farklı ortalamaları gösterir, istatistiksel olarak önemlidir (p< 0,05)

Çalışmada rezene uçucu yağında toplam 16 adet uçucu bileşen tanımlanmış olup, en önemli bileşen trans-anetol (% 88,14 – 89,57) olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla; estragol (% 3,93 – 4,69), limonen (% 2,87 – 4,36) ve fenkon (% 0,97 – 1,46) takip etmiştir.

Rezene uçucu yağı bileşenleri partikül büyüklüğü bakımından incelendiğinde trans-anetolün istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Partikül büyüklüğü 1,4 mm'nin üzerindeki örneklerde trans-anetol miktarında belirgin bir azalma görülmektedir. Diğer uçucu bileşenlerin miktarsal açıdan partikül büyüklüğünden etkilenmediği görülmüştür.

Hasat yılları arasında, rezene uçucu yağı bileşenlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir.

Yapılan bu çalışmada rezene uçucu yağının en büyük orana sahip bileşeninin trans-anetol olduğu ve bu bileşenin uçucu yağdaki miktarının literatürdeki çalışmalar ile benzerlik gösterdiği görülmüştür (Katsiotis 1988, Arslan vd. 1989, Akgül 1993, Baytop 1999, Kan vd. 2006, Coşge vd. 2008, Telci vd. 2009, Zoubri S. Vd. 2010, Qiu vd. 2011, Sharkhiz ve Tarakene 2011, Robya vd. 2012, Diano vd. 2013, Senatore 2013, Pouryouself 2014). Bunun yanında varyeteleri ve yetiştirildikleri bölgeleri farklı olan rezene materyalleri üzerinde yapılan bazı araştırmalar rezene uçucu yağının temel bileşenin estragol olduğunu öne sürmektedir (Napoli vd. 2010, Solana vd. 2013). Bu durum muhtemelen başka bir rezene kemotipi olabileceğine işaret etmektedir.

5. SONUÇ

İki farklı hasat yılına ait (2010 ve 2011) tatlı rezene tohumlarının boyutları öğütme işlemi ile küçültülmüş ve her iki örnek de elek analizi ile partikül büyüklüğüne göre beş farklı gruba ayrılmıştır ($<300\mu\text{m}$, $300-710\mu\text{m}$, $710\mu\text{m}-1\text{mm}$, $1-1,4\text{mm}$, $>1,4\text{mm}$) . Tanımlanan bu farklı hasat yılları ve farklı partikül büyüklüklerine ait materyallerin uçucu yağ verimleri ve uçucu bileşenlerin değişimi istatistiksel olarak hesaplanmıştır.

Örneklerin uçucu yağ verimlerinde yıllar bazında bir farklılık görülmemiştir. Örneklerin uçucu yağ verimleri partikül büyüklüğü açısından incelendiğinde ise partikül büyüklüğü arttıkça uçucu yağ veriminin düştüğü görülmüştür . En yüksek verim %5,94 ile partikül büyüklüğü $300\mu\text{m}$ 'nin altındaki örneklerde görülmüş olup, en düşük verim (%1.74) partikül büyüklüğü $1,4\text{mm}$ 'nin üzerinde olan örneklerde tespit edilmiştir.

Farklı yıllarda hasat edilen örneklerin uçucu yağ bileşimlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir. Ancak, örneklerin uçucu yağ bileşimleri partikül büyüklükleri bakımından kıyaslandığında trans-anetol miktarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmüştür ($p<0,05$). Trans-anetol miktarı partikül büyüklüğü $1,4\text{ mm}$ 'nin üzerindeki örneklerde belirgin şekilde azalmıştır. Diğer uçucu bileşenlerde ise partikül büyüklüğüne bağlı bir farklılık görülmemiştir. Yalnızca trans-anetol miktarında görülen bu farklılığın nedeni; trans-anetolün rezene uçucu yağının majör bileşeni olmasıdır. Trans-anetol rezene uçucu yağında yüksek miktarda bulunduğundan partikül büyüklüğüne bağlı değişim daha net olarak görülmüştür.

Rezene uçucu yağının etken bileşeninin bazı araştırmalarda estragol çıkması kemotip olabileceği nedeniyle üzerinde başka araştırmaların yapılmasını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgül, A. 1985. Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) Uçucu Yağı Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü, 4-13, Erzurum.
- Akgül, A. 1993. Baharat Bilim ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:15, Ankara.
- Albert, P.M. 1980. Fennel and anise as estrogenic agents. *Journal of Ethnopharmacol*, 2, 337–344.
- Anonim. 2015. Web Sitesi: [http:// www.tuik.gov.tr/PrelstatistikTablo.do?istab_id=72](http://www.tuik.gov.tr/PrelstatistikTablo.do?istab_id=72), Erişim Tarihi: 22.03.2015.
- Anonymous. 2005. Medicinal and Aromatic Plants Working Group-ECP/GR.
- Andrade-Cetto, A. 2009. Ethnobotanical study of the medicinal plants from Tlanchinol, Hidalgo, Mexico. *J. Ethnopharmacol*. 122, 163–171.
- Arslan, N., Bayrak, A. and Akgül, A.1989.The Yield and Components of Essential Oil In Fennels of Different Origin (*Foeniculum vulgare* Mill.)Grown In Ankara Conditions.*Herba Hungarica*, Tom.28.No.3.
- Asep, E.K., Jinap, S., Tan, T.J., Russly, A.R., Harcharan, S. and Nazimah, S.A.H. 2007. The effects of particle size, fermentation and roasting of cocoa nibs on supercritical fluid extraction of cocoa butter. *Journal of Food Engineering* 85, 450–458.
- Barros, L., Carvalho, A.M. and Ferreira, I. 2010. The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): shoots, leaves, stems and inflorescences. *LWT-Food Sci. Technol*. 43, 814–818.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S. ve Telci, İ., 2010. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik kongresi bildiriler kitabı-1. Ziraat mühendisleri odası yayınları, 1300, Ankara.
- Baytop, T. 1999. Türkiye’de Bitkilerle Tedavi. Nobel Tıp Kitapevleri, 2. Baskı, 320.
- Blumenthal, M., Goldberg, A. and Brinckmann, J. 2000. Herbal Medicine Expanded Commision E Monographs, Integrative Medical Communications, Boston.
- Camejo-Rodrigues, J.S., Ascensa, L., Bone, T.M.A. and Valles, J. 2003. An ethnobotanical study of medicinal and aromatic plants in the Natural Park of Serra de S. Mamede (Portugal). *Journal of Ethnopharmacology*, 89, 199–209.

- Carvalho, A.M. 2005. Etnobotanica del Parque Natural de Montesinho. Plantas, tradicion saber popular en un territorio del nordeste de Portugal. Madrid: Universidad Autonoma.(coord.) Castroviejo, S., 2003. Flora Iberica. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- Charles, D.J., Morales, M.R. and Simon, J.E. 1993. New crops. In J. Janick, & J.E. Simon (Eds.), Essential oil content and chemical composition of finocchio fennel, 570–573. New York:Wiley.
- Choi, E.M. and Hwang, J.K., 2004. Antiinflammatory, analgesic and antioxidant activities of the fruit of *Foeniculum vulgare*. *Fitoterapia* 75, 557–565.
- Coşge, B., Kiralan, M. and Gürbüz, B. 2008. Characteristics of fatty acids and essential oil from sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce) and bitter fennel fruits (*F. vulgare* Mill. var. vulgare) growing in Turkey. *Natural Product Research*, 22, No. 12, 15, 1011–1016.
- Damjanovic, B., Lepojevic, Z., Zivkovic, V. and Tolic, A. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: comparison with hydrodistillation. *Food Chem.* 92, 143–149.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L. and Duke, S.O. 2009. Natural products in crop protection. *Bioorg. Med. Chem.* 17, 4022–4034.
- Dharmagadda, V.S.S., Naik, S.N., Mittal, P.K. and Vasudevan, P. 2005. Larvicidal activity of *Tagetes patula* essential oil against three mosquito species. *Bioresour. Technol.* 96, 1235–1240.
- Diao, W., Hua, Q., Zhang, H. and Xu, J. 2013. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Food Control*, 35, 109–116.
- Diaz-Maroto, M.S., Perez-Coello, S., Esteban, J. and Sanz, J. 2006. Comparison of the volatile composition of wild fennel samples (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Central Spain. *Agric. Food Chem.* 54, 6814–6818.
- Ebadollahi, A., Sendi, J.J., Aliakbar, A. and Razmjou, J. 2014. Chemical Composition and Acaricidal Effects of Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiales: Apiaceae) and *Lavandula angustifolia* Miller (Lamiales: Lamiaceae) against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Hindawi Publishing Corporation Psyche*, 6 sayfa.
- El Wahab, M.A.A. 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. vulgare var. Vulgare under North Sinai conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 2, 571–577.

- Fuente, E.B., Gil, A., Lenardis, A.E., Pereira, M.L., Suarez, S.A., Ghera, C.M. and Grass, M.Y. 2003. Response of winter crops differing in grain yield and essential oil production to some agronomic practices and environmental gradient in the Rolling Pampa. Argentina. *Agr. Ecosyst. Environ.* 99, 59–169.
- Gruenwald, J., Brendler, T. and Jaenicke, C. 2004. *PDR for Herbal Medicines*, 3, Medical Economics Company, New Jersey, 316-317.
- Guenther E. 2008. *The Essential Oils - Vol 1: History - Origin In Plants – Production Analysis* Jepson Pres. 4, 456.
- Jokic, S., Nagy, B., Zefeouic, Z., Vidovic, S., Bilic, M., Veli, D. and Simandi, B. 2012. Effects of supercritical CO₂ extraction parameters on soybean oil yield. *Food and Bioproducts Processing*, 9, 693-699.
- Kan, Y., Kartal, M., Aslan, S. ve Yıldırım, N. 2006. Farklı Koşullarda Yetiştirilen Rezene Meyvelerinin Uçucu yağ Bileşenleri. *Ankara Ecz. Fak. Derg.* 35 (2) 95-101.
- Kandil, M.A.M., Salah, A., Omer, E.E., El-Gala, M., Sator, C. and Schung, E. 2002. Fruit and essential oil yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), grown with fertilizer sources for organic farming in Egypt. *Landbauforschung Volkenrode*, 52, 135–139.
- Katsiotis, S.T. 1988. Study of Different Parameters Influencing the Composition of Hydrodistilled Sweet Fennel Oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 4, 221-224.
- Kaya, I., İncekara, N. ve Nemli, Y. 2004. Ege Bölgesi’nde Sebze Olarak Tüketilen Yabani Kuşkonmaz, Sirken, Yabani Hindiba, Rezene, Gelincik, Çoban Değneği ve Ebegümecinin Bazı Kimyasal Analizleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 14(1), 1-6.
- Krishna, A. 2004. The genus *Foeniculum*. In: Jodral, M.M. (Ed.), *Illicium, Pimpinella and Foeniculum – Medicinal and Aromatic Plants*, 40. CRC Press LLC, 12.
- Lee, C.H., Sung, B.K. and Lee, H.S. 2006. Acaricidal activity of fennel seed oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored-food mite. *J. Stored Prod. Res.* 42, 8–14.
- Marotti, M., Piccaglia, R. and Giovanelli, E. 1994. Effects of variety and ontogenic stage on the essential oil composition and biological activity of fennel. *Journal of Essent. Oil Research*, 6, 57–62.
- Miraldi, E. 1999. Comparison of the essential oils from ten *Foeniculum vulgare* Miller samples of fruits of different origin. *Flavour Fragr. J.* 14, 379–382.

- Moser, B., Zheljaskovb, V.D., Bakota, E.L., Evangelista, R.L., Gawde, A., Cantrell, C.L., Winkler-Mosera, J.K., Hristov, A.N., Astatkie, T. and Jeliazkova, E. 2014. Method for obtaining three products with different properties from fennel (*Foeniculum vulgare*) seed . *Industrial Crops and Products* 60, 335–342.
- Murthy, C.T., Rani, M. and Srinna Rao, P.N. 1999. Optimal Grinding Characteristics of Black Pepper for Essential oil Yield. *Journal of Food Process Engineering* 22, 161-173.
- Nagy, B. and Simandi, B. 2008. Effects of particle size distribution, moisture content, and initial oil content on the supercritical fluid extraction of paprika. *J. of Supercritical Fluids* 46, 293–298.
- Napoli, E.M., Curcuruto, G., Ruberto, G. 2010. Screening the essential oil composition of wild Sicilian fennel. *Biochem. Syst. Ecol.* 38, 213–223.
- Novais, H.M., Santos, I., Mendes, S. and Pinto-Gomes, C. 2004. Studies on pharmaceutical ethnobotany in Arrabida Natural Park. *Journal of Ethnopharmacology*, 93, 183–195.
- Ouariachi, E., Lahhit, N., Bouyanzer, A., Hammouti, B., Paolini, J., Majidi, L., Desjober J. and Costa, J. 2014. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Morocco. *Journal of Chemical and pharmaceutical Research*, 6(4), 743-748.
- Özcan, M.M., Chalchat, J.C., Arslan, D., Ateş, A. and Ünver, A. 2006. Comparative essential oil composition and antifungal effect of bitter fennel (*Foeniculum vulgare* ssp. *piperitum*) fruit oils obtained during different vegetation. *J. Med. Food*. 9, 552–561
- Piccaglia, R. and Marotti, M. 2001. Characterization of some Italian types of wild fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49; 239-244.
- Pouryousef, M. 2014. Variation in the essential oil constituents in indigenous populations of *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* from different locations of Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 26, 6, 441–445.
- Prajapati, V., Tripathi, A.K., Aggarwal, K.K. and Khanuja, S.P.S. 2005. Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresour. Technol.* 96, 1749–1757.
- Qiu, J., Hongen Li, Hongwei Su, Jing Dong, Mingjing Luo, Jianfeng Wang, Bingfeng Leng, Yanhong Deng, Juxiong Liu and Xuming Deng. 2011. Chemical composition of fennel essential oil and its impact on *Staphylococcus aureus* exotoxin production. *World J Microbiol Biotechnol*, 28:1399–1405.

- Robya, M.H.H., Sarhana, A.T., Selima, K.A. and Khalela, K.I. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) . *Industrial Crops and Products*, 44, 437– 445.
- Saharkhiz, M.J. and Tarakeme, A. 2011. Essential Oil Content and Composition of Fennel (*Foeniculum vulgare* L.) Fruits at Different Stages of Development, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14:5, 605-609.
- Sandhu, D.S. and Heinrich, M. 2005. The use of health foods, spices and other botanicals in the Sikh community in London. *Phytother. Res.* 19, 633–642.
- Santayana, M. P., Tardio, J., Blanco, E., Carvalho, A. M., Lastra, J. J. and San Miguel, E. 2007. Traditional knowledge of wild edible plants used in the northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): a comparative study. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, 27–37.
- Senatore, F., Oliviero, F., Scandolera, E., Taglialatela-Scafati, O., Roscigno, G., Zaccardelli, M. and Falco, E. 2014. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of anethole-rich oil from leaves of selected varieties of fennel [*Foeniculum vulgare* Mill. ssp. *vulgare* var. *azoricum* (Mill.) Thell]. *Fitoterapia*, 90, 214–219
- Shahat, A.A., Abeer, Y. I., Hendawy, S., Elsayed, A.Ö, Faiza, M.H., Fawzia, H. A. and Mahmoud, A.S. 2011. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oils from Organically Cultivated Fennel Cultivars. *Molecules*, 16, 1366-1377.
- Shao, D., Atungulu, G., Pan, Z., Yue, T., Zhang, A. and Li, X. 2012. Study of Optimal Extraction Conditions for Achieving High Yield and Antioxidant Activity of Tomato Seed Oil. *Journal of Food Science*, 77, 8.
- Singh, G., Maurya, S., de Lampasona, M.P. and Catalan, C. 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control* 17, 745–752.
- Solana, R.R, Salgado, J.M., Domingueza, J.M. and Cortes-Diequez, S. 2013. Characterization of fennel extracts and quantification of estragole: Optimization and comparison of accelerated solvent extraction and Soxhlet techniques. *Industrial Crops and Products*, 52, 528– 536.
- Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G. and Avci, B. 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basil (*Ocimum basilicum* L.). *Biochem. Syst. Ecol.* 34, 489–497.
- Telci, İ., Demirtas, İ. and Şahin, A. 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 30, 126–130.

- Tutin, T.G. 1976. *Foeniculum* Miller. Rosaceae to Umbelliferae. Flora Europaea, 2. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 341.
- Volak, J. and Stodola, J. 1998. The illustrated book of herbs. London: Caxton Editions.
- Zoubiri, S., Baaliouamer, A., Seba, N. and Chamouni N. 2010. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil. King Sout Universty, Algeria.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Canan BALKAN

Doğum Yeri : AFYON

Doğum Tarihi : 04/04/1987

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu:

Lise : Afyon Anadolu Öğretmen Lisesi, 2005

Lisans : Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2010

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı, 2015

Ulusal Kongre:

Balkan, C., Bayrak, A., Kıralan, M. “Sızma Zeytinyağı Fenolik Bileşiklerinin İnsan Sağlığı ve Yağın Oksidasyon Stabilitesi Üzerine Etkileri” Poster Sunumu, Ulusal Zeytin Kongresi, 22-25 Şubat 2011, Akhisar, Türkiye.

Uluslararası Kongre:

Balkan, C., Özdemir, N., Gümüş, C.E., Bayrak, A. “Pesticide Residues in Olive Oil” Poster Presentation, AOCS World Conference on Oilseed Processing, Fat & Oils Processing, Biofuels & Applications, 21-23 June 2011, İzmir, Turkey.