



# Mikrodalga destekli distilasyon ve ekstraksiyon metotlarının rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve anason (*Pimpinella anisum* L.) meyvelerinin uçucu yağ oranına etkisi

Effects on essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and anise (*Pimpinella anisum* L.) fruits of microwave-assisted distillation and extraction methods

Nimet KARA<sup>id</sup>, Hasan BAYDAR<sup>id</sup>, Seher ÇAKAN<sup>id</sup>

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta

Sorumlu yazar (*Corresponding author*): N. Kara, e-posta (*e-mail*): nimetkara@isparta.edu.tr  
Yazar(lar) e-posta (*Author e-mail*): hasanbaydar@isparta.edu.tr, sehercakan1045@gmail.com

## MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 10 Haziran 2019  
Düzeltilme tarihi 10 Ocak 2020  
Kabul tarihi 13 Ocak 2020

### Anahtar Kelimeler:

Rezene  
Anason  
Mikrodalga destekli distilasyon  
Uçucu yağ  
Sabit yağ

## ÖZ

Bu araştırma, mikrodalga destekli distilasyon uygulamalarının rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve anason (*Pimpinella anisum* L.) meyvelerinde uçucu yağ ve sabit yağ oranları ile bileşenleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Meyvelere 0 (kontrol), 400, 600 ve 800 W güçte mikrodalga uygulandıktan sonra su distilasyonu yoluyla çıkarılan uçucu yağ oranı rezenede %0.96'dan (kontrol) %1.31'e (800 W), anasonda %1.98'den (kontrol) %2.10 (800 W)'a artış gösterdiği, anetol oranı ise sırasıyla %82.67'den (kontrol) %84.06'ya (400 W) ve %95.75'den (kontrol) %96.53'e (800 W) artış gösterdiği belirlenmiştir. Mikrodalga uygulanmış meyvelerde damıtma artışı olarak elde edilen posalarda sabit yağ oranı rezenede istatistiksel olarak önemli değişiklik göstermezken (%27.27-27.87), anasonda %29.87'den (kontrol) %30.30'a (800 W) artış göstermiştir. Rezenede sabit yağın en önemli yağ asidi bileşeni olan petroselinik asit oranı ise %74.86'dan (kontrol) %78.85'e artış göstermiş, anasonda ise petroselinik asit oranı birbirine yakın olmuştur. Çalışma sonucuna göre, ön işlem olarak mikrodalga uygulamalarının rezene ve anason meyvelerinin uçucu ve sabit yağ verimliliğinde ve kalitesinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

## ARTICLE INFO

Received 10 June 2019  
Received in revised form 10 January 2020  
Accepted 13 January 2020

### Keywords:

Fennel  
Anise  
Microwave assisted distillation  
Essential oil  
Fixed oil

## ABSTRACT

This research was carried out to investigate the effects of microwave assisted distillation applications on essential oil and fixed oil yields and compounds in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and anise (*Pimpinella anisum* L.) fruits. The experiment was set up as randomized plots design with four replications. When the fruits were hydro-distilled after applying microwave power of 0 (control), 400, 600 and 800 W, the rate of essential oil yield increased from 0.96% (control) to 1.31% (800 W) in fennel, from 1.98 (kontrol) to 2.10 (800 W) in anise and the anethol ratio increased from 82.67% (control) to 84.06% (400 W) and from 95.75 (kontrol) to 96.53'e (800 W), respectively. While the fixed oil ratio in the distillation residue did not show any significant change (from 27.27% to 27.87%) in fennel, anise increased from 29.87 (kontrol) to 30.30 (800 W). The ratio of petroselinic acid, which is the most important fatty acid component of fixed oil in fennel, was varied from 74.86% (kontrol) to 78.85% (800 W), and petroselinic asit ratio in anise was close to each other. According to the results of study, it was determined to be positive effect of the microwave applications as pre-treatment on the essential and fixed oil productivity and quality of fennel and anise fruits.

## 1. Giriş

*Umbelliferae* familyasından Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve anason (*Pimpinella anisum* L.), ülkemizde uzun yıllardır kültürü yapılan ve ekonomik değeri olan baharat, ilaç ve uçucu yağ bitkileridir. Ülkemizde anason ve rezene yetiştiriciliğinde özellikle Burdur ili başta olmak üzere Göller Bölgesi tarımsal ve endüstriyel açıdan önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Dünyada rezene en fazla Avrupa ülkelerinde, Hindistan, Mısır, Türkiye, Çin, Arjantin, Endonezya ve Pakistan'da yetiştirilmektedir. Dünyada rezenenin acı rezene (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*) ve tatlı rezene (*Foeniculum vulgare* var. *dulce*) olmak üzere başlıca iki farklı kültür varyetesi vardır. Türkiye florasında rezenenin yayılış gösteren ve kültürü yapılan türü ise *Foeniculum vulgare* Mill. (Baydar 2016) olup, 23400 ha alanda, 3067 ton üretim yapılmakta ve ortalama 131.0 kg da<sup>-1</sup> verim alınmaktadır. Türkiye başta ABD, Almanya, Brezilya, Hollanda, İtalya, İspanya olmak üzere çok sayıda ülkeye yılda 2.52 milyon Dolar değerinde rezene meyvesi ihraç etmektedir (TÜİK 2018). Dünyada anason üretiminde özellikle Hindistan, Suriye, Meksika ve Çin başta gelmektedir. Dünyada anasonun en tanınmış tipleri İtalyan, İspanyol, Alman ve Rus anasonları, ülkemizde Çeşme ve Burdur anasonlarıdır (Ceylan 1987). Türkiye'de anasondan 12445 ha alanda, 8664 ton üretim yapılmakta ve ortalama 70.0 kg da<sup>-1</sup> verim alınmaktadır. Anason ihracatı başta ABD olmak üzere, Almanya, Brezilya, Hollanda, İtalya, Japonya, Hindistan, Yunanistan, İspanya ve Fransa gibi ülkelere yaklaşık 11.55 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir (TÜİK 2018).

Anason ve rezenenin meyvelerinden su/buhar distilasyonu yöntemiyle uçucu yağ solvent ekstraksiyonu yöntemiyle sabit yağ elde edilmektedir (Baydar 2016). Anason %1.5-3.5, rezene %2-4 oranında uçucu yağ içermekte ve uçucu yağları ana bileşen olarak trans-anethol (%75-95) bakımından zengindir (Kara 2015; Baydar 2016). Uçucu yağları dışında meyvelerden solvent ekstraksiyonu ile elde edilen sabit yağları (%20-30) da çok önemlidir. *Umbelliferae* familyası bitkilerinin sabit yağları, diğer yağ bitkilerinin yağlarında rastlanmayan yağ asitlerinden petroselinik asit (C18:1, cis 6) bakımından çok zengindir (%55-90); hem yemeklik hem de sanayi yağı olarak kullanılabilir (Baydar 2013; Baydar ve Erbaş 2014).

Anason ve rezene gibi uçucu yağ taşıyan bitkilerde uçucu yağ oranı ve kompozisyonunda genetik ve ekolojik faktörlerin yanı sıra distilasyon yöntemi, distilasyon süresi (Cannon ve ark. 2013) ve distilasyon suyuna eklenen katkı maddeleri (Shamspur ve ark. 2012)'de etkilidir. Mikrodalgalar, uygulandıkları bitkinin hücrelerindeki su moleküllerini hızla buharlaştırmakta ve buharlaşmaya birlikte ortaya çıkan yüksek basınç hücre membranlarını parçalayarak etkin maddelerin serbest kalmasını sağlayabilir. Mikrodalga uygulamalarında ısı nedeniyle meyvelerin nem içerikleri azalmakta ve kuru madde miktarı artarak etkili madde miktarı yükselebilir (Karabacak ve ark. 2015). Serbest kalan etkin maddeler ekstraksiyon veya distilasyon teknikleri ile izole edilerek kazanılmaktadır.

Mikrodalga ekstraksiyonu diğer klasik ekstraksiyon ve distilasyon teknikleri ile kolayca kombine edilerek kısa sürede yüksek verim ve kalitede ekstrakt elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Baydar 2016). Mikrodalga fırınında ekstraksiyon veya distilasyon sürecinde uygulanan güç (W) ve süre (dakika) ekstrakt verimi ve kalitesi üzerine doğrudan etki etmektedir. Mikrodalga destekli distilasyon ve ekstraksiyon teknikleri sayesinde daha kısa sürede, daha düşük maliyette, daha yüksek

verimlilikte, saflıkta ve kalitede bitki ekstraktları elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, mikrodalga fırınında 3 farklı güçte (400, 600 ve 800 W) mikrodalga uygulamasının, rezene ve anason meyvelerinin uçucu ve sabit yağ oranı ve kalitesi üzerine etkisi belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında Burdur'dan temin edilen rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve anason (*Pimpinella anisum* L.) populasyonları kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekrürlü olarak yürütülmüştür. Uçucu yağ oranı, Clevenger cihazında hidro-distilasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Distilasyon işleminde her bir uygulama için rezene ve anason meyveleri 20 gram tartılmış ve üzerine 200 ml saf su (1:10) eklendikten sonra damıtma balonuyla birlikte mikrodalga fırınına yerleştirilmiştir (kontrol için mikrodalga uygulaması yapılmamıştır). Mikrodalga fırınında (250 V, 50 Hz, 2450 MHz) 3 farklı güçte (400 W, 600 W ve 800 W) 4 tekrürlü olarak mikrodalga uygulaması yapılmıştır. Mikrodalga fırında her bir güç uygulamasında kaynama başladığı anda (400 W: 3.35 dak., 600 W: 2.25 dak. ve 800 W: 1.45 dak.) kaynatma işlemi sonlandırılmıştır. Daha sonra Clevenger aparatında 2 saat süreyle damıtılarak uçucu yağ oranları (% v/w) belirlenmiştir (European Pharmacopoeia 1975).

Her bir uçucu yağ örneğinin uçucu yağ bileşenleri GC/MS (Gas chromatography/Mass spectrometry) cihazında (QP-5050 quadrapole detektörlü Shimadzu 2010 Plus) CP-Wax 52 CB (50 m x 0.32 mm, 0.25 µm) kapiler kolonu kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerde fırın sıcaklık programı dakikada 10°C artarak 60°C'den 220°C'ye ulaşmış ve 220°C'de 10 dakika kadar bekletilmiştir. Toplam koşuturma süresi 60 dakika, enjektör sıcaklığı 240°C ve detektör sıcaklığı 250°C olarak ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum gazı (20 ml dakika<sup>-1</sup>, split 1:20) kullanılmıştır.

Clevenger düzeneği ile distile edilen her bir numuneye ait posa kurutulup öğütüldükten sonra nükleer manyetik rezonans (NMR) cihazında sabit yağ oranları (%) tespit edilmiştir. Sabit yağda yağ asitlerinin belirlenmesi amacıyla uçucu yağ alınmış 3 g kurutulmuş ve öğütülmüş posa üzerine 5 ml n-hekzan eklenerek cam baget yardımıyla iyice karıştırılmıştır. Ağzı kapalı olarak bir gece bekletildikten sonra (soğuk ekstraksiyon) üst fazda toplanan berrak yağlı solvent pipetle alınarak başka bir temiz tüpe aktarılmıştır. Bu tüpler ağız açık olarak kurutma fırınında tutularak solvent iyice uçurularak geride kalan saf sabit yağ türevlendirmeye (esterleşirmeye) alınmıştır. Posanın soğuk ekstraksiyon yağı (100 µl) %0.5 sodyum metoksit (80:20, methanol: iso-oktan) içeren türevlendirici içinde 24 saat oda sıcaklığında bekletilip üzerine 1 ml iso-oktan eklendikten sonra vortekslenip üst fazın ayrılması beklenmiş ve esterleşmiş yağ asitlerinin (FAME) toplandığı üst fazdan 1 µl çekilerek gaz kromatografisi (GC-FID) cihazına enjekte edilmiştir. (Cihaz: Perkin Elmer Auto System XL, kolon: CP sil 88 for FAME, 50 m x 0.25 mm, 0.25 µm), fırın sıcaklığı programı: 80°C'de 4 dak. (rate: 0) // 175°C'de 25 dak. (rate 10°C dakika<sup>-1</sup>) // 215°C'de 2 dak. (rate 4 °C dakika<sup>-1</sup>) ve 240°C'de 10 dak. (rate 2°C dakika<sup>-1</sup>). Enjektör ve detektör sıcaklığı 240°C, taşıyıcı gaz: He (15 PSI), split oranı: 1/20 ml dakika<sup>-1</sup>, enjeksiyon miktarı: 1 µl.

Elde edilen sayısal veriler 4 tekerrürlü olarak SAS istatistik programı yardımıyla değerlendirilmiş ve F testi yapılarak ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD Testine göre karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Uçucu Yağ Oranları

Mikrodalga destekli su distilasyonu uygulamaları sonucu rezene meyvelerinden elde edilen toplam uçucu yağ ve bileşen oranları Çizelge 1’de sunulmuştur. Ön işlem olarak yapılan mikrodalga uygulamaları rezene meyvelerinin uçucu yağ oranında istatistiksel olarak önemli ( $P<0.01$ ) artışlara neden olmuştur. Mikrodalga uygulanmayan (kontrol) rezene meyvelerde su distilasyonu ile %0.96 oranında uçucu yağ oranı elde edilirken, ön işlem olarak 400 W, 600 W ve 800 W güçte mikrodalga uygulamaları yapıldığında uçucu yağ oranları sırasıyla %0.96, %1.16 ve %1.31 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). GC-MS analiz sonuçlarına göre rezene uçucu yağında oranları %0.5’in üzerinde olan 22 farklı uçucu yağ bileşeni tespit edilmiştir. Bu bileşenler arasında oransal olarak en fazla temsil edilen bileşenlerin sırasıyla anetol (%81.52-84.06), p-allianisol (%5.25-6.12), anisaldehit (%3.95-4.28), limonen (%2.97-4.50) ve fenkon (%1.65-1.98) olduğu

belirlenmiştir. Rezene uçucu yağının en önemli bileşeni olan anetol miktarı 400 W uygulamasında %84.06 ile en yüksek oranda tespit edilmiş, bundan daha yüksek güçteki mikrodalga uygulamalarda azalış göstererek kontrole yakın değerler göstermiştir (Çizelge 1).

Farklı mikrodalga güçleri uygulamalarının anason meyvelerinin uçucu yağ oranları üzerine etkisi Çizelge 2’de gösterilmiştir. Anason meyvelerine farklı güçte uygulanan mikrodalgalar arasında istatistiksel olarak fark çıkmamış, ancak uçucu yağ oranı güç artışına bağlı olarak kontrolden 800 W (%1.98 ile %2.10)’a doğru artış göstermiştir (Çizelge 2).

Anason meyvelerinde toplam 4 tane uçucu yağ bileşeni belirlenmiş ve uçucu yağ ana bileşenleri olarak anetol ve estragol (metil kavikol) tespit edilmiştir. Anetol bakımından uygulamalar arasında fark çıkmamış, en yüksek anetol oranı 600 W (%96.73) güçten elde edilirken, estragol oranı kontrole göre tüm uygulamalarda daha düşük oranlarda tespit edilmiştir. En düşük estragol oranının %2.64 ile yine 600 W’lık mikrodalga gücünde tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Şekil 1 ve Şekil 2’de mikrodalga destekli distilasyon uygulamalarının ve anason meyvelerinde 30, 60, 90 ve 120 dakikalık distilasyon aşamalarında uçucu yağ kazanımı üzerine etkisi gösterilmiştir. Toplam 2 saat (120 dakika) süren

**Çizelge 1.** Mikrodalga destekli su distilasyon uygulamalarında rezene meyvelerinin uçucu yağ oranı ve bileşenleri.

**Table 1.** Essential oil content and composition of fennel fruits in microwave-assisted water distillation treatments.

Bileşenler	Rt	0 W (Kontrol)	400 W	600 W	800 W
$\alpha$ -pinen	6.74	0.14	0.14	0.17	0.15
$\beta$ -Fellandren	8.16	-	0.06	-	0.09
Sabinen	8.17	0.08	-	0.09	-
Simol	10.39	-	0.13	-	0.19
p-simen	10.42	0.16	-	0.17	-
Limonen	10.65	3.73	2.97	4.50	4.19
1,8-sineol	10.79	0.20	0.16	0.21	0.20
Cis-osimen	10.95	0.12	0.09	0.13	0.14
Fenkon	13.71	1.98	1.65	1.93	1.98
Cis-limonen oksit	16.23	0.07	-	0.07	0.07
Kamfor	17.02	0.06	-	-	0.05
p-allianisol	20.00	5.89	5.25	6.07	6.12
t-karveol	21.65	0.05	-	0.06	-
Benzalaldehit	22.98	-	0.06	-	0.06
2-siklohekzen	23.18	0.34	0.29	0.24	0.28
Anisaldehit	23.99	3.95	3.95	4.28	3.98
Anetol	26.69	82.67	84.06	81.52	81.99
p-Asetonilanisol	32.12	-	0.12	-	0.25
Propanon	32.24	0.37	-	0.14	-
Karyofillen	34.46	-	0.11	-	-
$\alpha$ -humulen	36.72	-	0.38	0.09	-
Laden	45.20	-	0.45	0.07	-
Uçucu yağ oranı (%)		0.96 c*	0.96 c	1.16 b	1.31 a

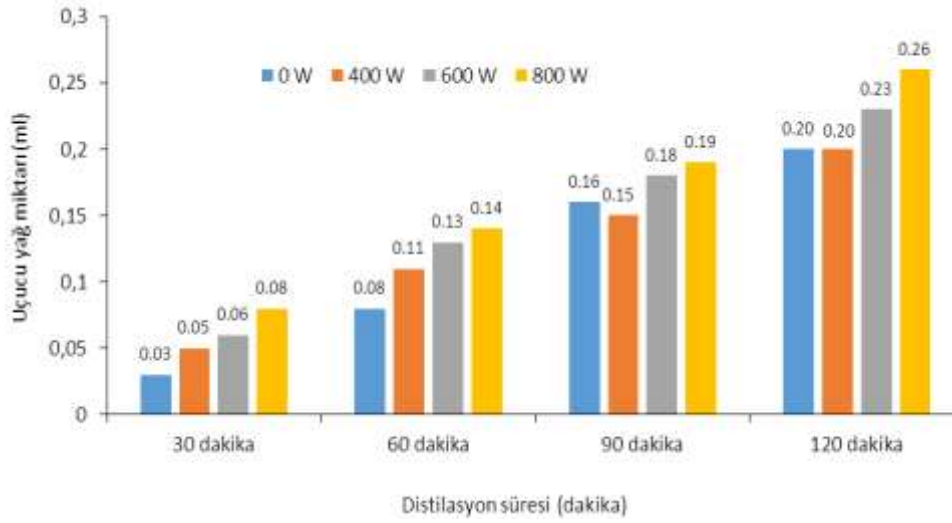
Uçucu yağ oranı için aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir (F değeri= 16.85\*\*,  $LSD_{0.05}= 0.128$ , V.K.= %7.54).

**Çizelge 2.** Mikrodalga destekli su distilasyon uygulamalarında anason meyvelerinin uçucu yağ oranı ve bileşenleri.

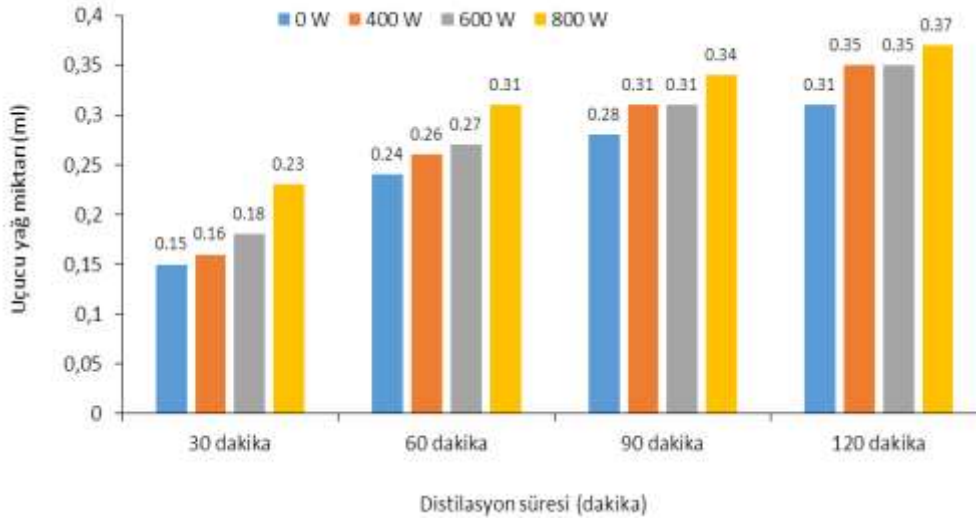
**Table 2.** Essential oil content and composition of anise fruits in microwave-assisted water distillation treatments.

Bileşenler	Rt	0 W (kontrol)	400 W	600 W	800 W
Estragol	20.1	3.20	2.98	2.64	2.70
Trans-anetol	26.2	95.75	96.19	96.73	96.53
B-chamigrene	38.0	0.23	0.28	0.26	0.26
Isoeugenol	58.5	0.82	0.55	0.37	0.51
Uçucu Yağ Oranları (%)		1.98	1.98	2.00	2.10

Uçucu yağ oranı için aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir (F değeri= 2.36<sup>0d</sup>, V.K.= %2.76).



**Şekil 1.** Mikrodalga destekli distilasyon uygulamalarının rezene meyvelerinde distilasyon sürecinde uçucu yağ kazanımı üzerine etkisi.  
**Figure 1.** Effect on essential oil recovery during the distillation process in fennel fruits of microwave-assisted distillation treatment.



**Şekil 2.** Mikrodalga destekli distilasyon uygulamalarının anason meyvelerinde distilasyon sürecinde uçucu yağ kazanımı üzerine etkisi.  
**Figure 2.** Effect on essential oil recovery during the distillation process in anise fruits of microwave-assisted distillation treatment.

distilasyon süresinin ilk 30 dakikası içinde 0, 400, 600 ve 800 W mikrodalga uygulamalarında sırasıyla rezenede 0.03, 0.05, 0.06 ve 0.08 ml, anasonda 0.15, 0.16, 0.18 ve 0.23 mL uçucu yağ kazanılmış, bu sıralama diğer distilasyon dilimlerinde de benzer şekilde artarak devam etmiştir (Şekil 1). Sonuç olarak belirli bir güç ve belirli bir süre için mikrodalgalara maruz kalan hücre duvarları veya zarları ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle parçalanarak uçucu yağların daha kısa sürede ve daha yüksek miktarlarda açığa çıkmasına neden olmaktadır.

Fazlalı ve ark. (2015) biberiye yapraklarının su distilasyonu ile 90 dakika damıtılması ile uçucu yağ oranı %1.3, 900 W güçte mikrodalga destekli su distilasyonu yöntemi ile 30 dakika damıtmasından %1.5 oranında uçucu yağ elde etmişlerdir. Akgül (1986) tatlı rezene meyvelerinde uçucu yağ oranının %1.7-2.5, Özkan ve Gürbüz (2000) %1.93-2.28 ve Keskin ve Baydar (2016) %2.20-3.13 arasında değiştiğini uçucu yağın ana bileşeni olan anetol oranının %79.67-89.13 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Akgül (1986) tatlı rezene meyve

örneklerinde uçucu yağ oranının %1.7-2.5 arasında değiştiğini ve uçucu yağlarında trans-anetol (%75.6-86.5), limonen (%4.2-9.1), estragol (%3.2-5.2), fenkon (%1-2.8),  $\gamma$ -terpinen (%0.8-1.5) ve  $\alpha$ -pinen (%0.4-1.1) arasında bulunduğunu belirlemiştir. Kan ve ark. (2006) rezene meyvelerinin uçucu yağ bileşenlerinin yetiştirme koşullarına göre değiştiğini ana bileşenleri trans-anetol (%60.6-87.0), anisaldehit, estragol,  $\alpha$ -fenkon, limonen, karvon ve cis-anetol olduğunu tespit etmiştir. Kiralan (2012) mikrodalga fırınında 2, 4 ve 8 dakika boyunca 0.45 kW'de kavrulmuş çörek otunun uçucu yağ bileşen oranlarının kavurma ile azaldığını bildirmiştir

Doğan ve ark. (2018) anasonun uçucu yağ oranının %1.21-3.88 arasında değiştiğini, Satbeşe ve ark. (1994) anasonun uçucu yağının çok büyük bir miktarının trans-anetol (ortalama %98.0) olduğunu, Kara (2015) anasonun temel uçucu yağ bileşenlerinin trans-anetol (%97.57), anisol-p-allyl (%1.80) ve karyofillen (%1.30) olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.2. Sabit Yağ Oranı ve Yağ Asitleri

Ön işlem olarak farklı güçlerde ve sürelerde mikrodalga uygulanmış rezene meyvelerinin su distilasyonu sonrasında atık ürün olarak elde edilen uçucu yağı alınmış rezene posasının kurutulup öğütüldükten sonra elde edilen sabit yağ oranı ve yağ asitleri bileşenleri Çizelge 3'te sunulmuştur. Kontrol, 400, 600 ve 800 W mikrodalga uygulanmış rezene meyvelerinin damıtma posalarının NMR sabit yağ oranları sırasıyla %27.27, 27.87, 27.16 ve 27.85 olarak tespit edilmiş, ortalamalar arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Her bir uygulamadan elde edilen sabit yağların yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 3'te verilmiştir. GC-FID analizine göre rezene sabit yağını meydana getiren en önemli doymuş yağ asitlerinin palmitik ve stearik asit, en önemli doymamış yağ asitlerinin ise geliş sırasına göre miristoleik, petroselinik, oleik, cis-vassinik ve linoleik olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Stearik, oleik ve cis-vassinik asit dışındaki yağ asitleri ön işlem olarak mikrodalga ışınlarından istatistiksel olarak önemli düzeylerde etkilenmişlerdir. Genel olarak mikrodalga gücü artışına bağlı olarak miristoleik asit %9.57'den %5.09'a ve palmitik asit %3.77'den %3.60'a azalış, linoleik asit ise %0.96'dan %1.22'ye artış göstermiştir (Çizelge 3).

Diğer *Umbelliferae* türlerinde olduğu gibi rezene sabit yağının da en önemli yağ asidinin petroselinik asit olduğu tespit edilmiştir. Petroselinik asit oranı mikrodalga uygulamalarından önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) etkilenmiş, mikrodalga fırınının güç artışına bağlı olarak sırasıyla %74.86, %77.33, %78.77 ve %78.85 oranlarında artan değerler elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bu sonuçlar, ön işlem olarak mikrodalga uygulamasının rezene damıtma posasında sabit yağ oranını etkilemezken, sabit yağın en önemli bileşeni olan petroselinik asidi önemli olarak artırdığı saptanmıştır.

Ön işlem olarak farklı güçlerde ve sürelerde mikrodalga uygulanmış anason meyvelerinin sabit yağ oranları arasında ise istatistiksel olarak ( $P<0.05$ ) fark ortaya çıkmış, mikrodalga ısı artışına bağlı olarak sabit yağ oranı yükselmiştir. Her bir uygulamadan elde edilen anason meyvelerinin sabit yağ oranları ve yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 4'te verilmiştir. En düşük sabit yağ oranı kontrolden (%29.87) ve en yüksek sabit yağ oranı ise 600 ve 800 W (%30.29 ve %30.30) mikrodalga uygulamasından elde edilmiştir.

Anason meyvelerinin sabit yağında yağ asitleri kompozisyonu büyük oranda petroselinik asit (%60.98) ve linoleik asitten (%20.65) oluşmuştur. Mikrodalga uygulamaları arasında yağ asitleri oranları bakımından önemli farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4).

Bayrak (2006) rezene meyvesinde %12.71-16.61 arasında sabit yağ bulunduğunu, en fazla petroselinik asit %45.09-58.40, laurik asit %24.61-39.33 yer alırken bunu sırası ile linoleik asit %6.55-9.74, palmitik asit %3.20-3.80, oleik asit %2.55-3.25 ve diğer eser miktardaki bileşenlerin takip ettiğini tespit etmiştir. Keskin ve Baydar (2016) rezene sabit yağ oranı %22.27-23.70 arasında değiştiğini ve sabit yağda en fazla bulunan petroselinik asit oranının %83.29-83.49 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 3.** Mikrodalga destekli su distilasyon uygulamalarında rezene meyvelerinin sabit yağ oranı ve bileşenleri.

**Table 3.** Fixed oil content and its components of fennel fruits of microwave-assisted water distillation treatments.

Bileşenler	0 W (Kontrol)	400 W	600 W	800 W
Miristoleik	9.57	7.46	6.13	5.09
Palmitik	3.77	3.59	3.61	3.60
Stearik	1.28	1.34	1.30	1.40
Petroselinik	74.86	77.33	78.77	78.85
Oleik	0.18	0.10	0.57	0.17
Cis-vassinik	9.41	9.47	9.45	9.24
Linoleik	0.96	0.67	0.61	1.22
Sabit yağ oranları (%)	27.27	27.87	27.16	27.85
F değeri <sup>Yağ oranı</sup>	2.45 <sup>nd</sup>			
VK <sup>Yağ oranı</sup>	1.75			

**Çizelge 4.** Mikrodalga destekli su distilasyon uygulamalarında anason meyvelerinin sabit yağ oranı ve bileşenleri.

**Table 4.** Fixed oil content and its components of anise fruits of microwave-assisted water distillation treatments.

Bileşenler	0 W (Kontrol)	400 W	600 W	800 W
Miristik asid	0.15	0.23	0.21	0.23
Cis- 10- Pentadekonoik asid	3.28	3.25	3.22	3.29
Palmitik asid	3.50	3.79	4.63	3.07
Stearik asid	0.81	1.21	0.78	0.92
Petroselinik	60.98	61.05	60.93	61.67
Oleik asid	10.1	9.40	9.41	8.37
Cis-vassinik	0.30	0.31	0.28	0.31
Linoleik asid	20.65	20.35	20.25	20.63
Arasidik asid	0.18	0.25	0.25	0.26
Sabit yağ oranları (%)	29.87 B	30.21 AB	30.29 A	30.30 A
F değeri <sup>Yağ oranı</sup>	8.60*			
LSD (%) <sup>Yağ oranı</sup>	0.366			
VK <sup>Yağ oranı</sup>	4.1			

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir.\* $P<0.05$  düzeyinde önemli.

#### 4. Sonuç

Rezene ve anason meyvelerinde 0 (Kontrol) ve ön işlem 400, 600 ve 800 W güçte mikrodalga uygulandıktan sonra su distilasyonu yoluyla elde edilen uçucu yağ oranı rezene ve anasonda sırasıyla %0.96'dan (kontrol) %1.31'e (800 W) ve %1.98'den (kontrol) %2.10'a (800 W), anetol oranı ise %82.67'den (kontrol) %84.06'ya (400 W) ve %95.75'den (kontrol) %96.73'e (600 W) artış gösterdiği belirlenmiştir. Ön işlem olarak mikrodalga uygulanmış rezene meyvelerinden damıtma artışı olarak elde edilen posalarda sabit yağ oranı önemli değişiklik göstermezken, anasonda önemli bulunmuştur (sırasıyla %27.27-27.87 ve %29.87-30.30 arasında değişmiştir). Rezenede petroselinik asit oranı %74.86'dan (kontrol) %78.85'e artış gösterirken, anasonda önemli bir artış olmamıştır. Sonuç olarak mikrodalga destekli ön uygulamaların etkisi bitki çeşitlerine göre uçucu ve sabit yağ oranlarında değişkenlik göstermiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada Rezene bitkisine ait laboratuvar araştırma kısmı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Akgül A (1986) Türkiye'de yetişen rezenelerin (*Foeniculum vulgare* Mill.) uçucu yağlarının bileşimi üzerine bir araştırma. Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi 10: 301-307.
- Baydar H (2013) Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51 (ISBN: 975-7929-79-4).
- Baydar H, Erbaş S (2014) Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. SDÜ Yayınları, Yayın No: 97, Isparta.
- Baydar H (2016) Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 5. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51 (ISBN: 975-7929-79-4).
- Bayrak A (2006) Çeşitli baharat meyvesi (Rezene, Çemenotu) yağlarının sterol ve yağ asidi bileşimi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu Ankara.
- Cannon JB, Cantrella CL, Astatkieb T, Zheljazkovic VD (2013) Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. Industrial Crops and Products 41: 214-220.
- Ceylan A (1987) Tıbbi Bitkiler II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, s. 481.
- Doğan Ö, Kara N, Tonguç M (2018) Anason populasyonlarında verim, uçucu yağ oranı ve genetik ilişkilerin araştırılması. Black Sea Journal of Agriculture 1(4): 110-116.
- European Pharmacopoeia (1975) European Pharmacopoeia Commission, Maastricht 1975, Series: European treaty series, no. 50. Edition.
- Fazlali A, Moradi S, Hamed H (2015) Studying of optimization condition of rosemary essence extraction with microwave assisted hydro-distillation method. American Journal of Essential Oils and Natural Products 3(1): 46-50.
- Kan Y, Kartal M, Aslan S, Yıldırım N (2006) Farklı koşullarda yetiştirilen rezene meyvelerinin uçucu yağ bileşenleri. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi 35(2): 95-101.
- Kara N (2015) Yield, quality and growing degree-days of anise (*Pimpinella anisum* L.) under different agronomic practices. Turkish Journal of Agricultural and Forestry 39: 1014-1022.

Karabacak AÖ, Sınır GÖ, Suna S (2015) Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 29(2): 125-135.

Keskin S, Baydar H (2016) Umbelliferae familyasından bazı önemli kültür türlerinin Isparta ekolojik koşullarında tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 20(1): 133-141.

Kıralan M (2012) Volatile compounds of black cumin seeds (*Nigella sativa* L.) from microwave-heating and conventional roasting. Journal of Food Science 77(4): 481-484.

Özkan F, Gürbüz B (2000) Tatlı rezene (*Foeniculum vulgare* Mili. var. dulce) 'de bitki sıklığının verim ve verim özellikleri üzerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 9: 1-2.

Satıbeşe E, Doğan A, Yavaş İ (1994) Anason tohumu uçucu yağının bileşimi üzerine depolama süresinin etkisi. Gıda 19: 295-299.

Shamspur T, Mohamadi M, Mostafavi A (2012) The effects of onion and salt treatments on essential oil content and composition of *Rosa damascena* Mill. Industrial Crops and Products 37: 451-456.

TÜİK (2018) Türkiye İstatistik Kurumu Tarımsal İstatistik Verileri, Ankara. www.tuik.gov.tr. Erişim 25 Şubat 2019.