

# Ham bitkisel yağların rafinasyonunda ultrases uygulamaları Ultrasound applications in the refining of crude oil

Özgür Devrim ABLAY<sup>1\*</sup>, Onur OZDİKİCİLER<sup>2</sup>, Aytaç SAYGIN GÜMÜŞKESEN<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Teknolojisi Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye.  
odablay94@gmail.com, onurozdi@gmail.com, agumuskesen@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 12.02.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 07.05.2019  
\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.76094  
Derleme Makalesi/Review Article

## Öz

Bitkisel kaynaklı tohum ve meyvelerden elde edilen ham yağların rafinasyonu, yağın yapısındaki istenmeyen bileşenlerin uzaklaştırılması ya da miktarlarının kabul edilebilir düzeye düşürülebilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Rafinasyon işlemi sırasında istenmeyen maddeler yağdan uzaklaştırılırken ya da miktarları kabul edilebilir düzeye düşürülürken; yağda bulunan biyoaktif özellikteki bileşenler (tokoferoller, fenolik maddeler, steroller, skualen vb.) nitel ve nicel olarak kayba uğramakta, konjugasyon ve trans izomerizasyon reaksiyonları meydana gelmekte, bir proses bulaşanı olan 3-MCPD oluşabilmektedir. Rafinasyon kademelerindeki biyoaktif madde kaybını azaltmak ve/veya istenmeyen bileşiklerin oluşmasını engellemek için sistem içi, yenilikçi, teknik çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla; daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilebilen, işlem süresinin kısaltıldığı, daha az kimyasal madde kullanılan, ultrases destekli rafinasyon gibi yenilikçi ve kimyasal reaksiyonları hızlandırıcı etkisi olduğu bilinen tekniklerin uygulandığı rafinasyon akışlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu derlemede; ultrases destekli degumming, asitlik giderme ve renk açma konusunda yapılan bilimsel çalışmalar detaylı olarak ele alınarak özetlenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Rafinasyon, Degumming, Asitlik Giderme, Renk Açma, Ultrases, Ham Bitkisel Yağ

## Abstract

The refining of crude oils obtained from plant origin seeds and fruits is applied in order to remove the undesirable components in the oil or to reduce the amount to an acceptable level. While the unwanted substances are removed from the oil during the refining process or the quantities are reduced to an acceptable level; bioactive compounds (tocopherols, phenolic substances, sterols, squalene, etc.) in the oil are lost qualitatively and quantitatively, conjugation and trans isomerization reactions and process contaminants such as 3-MCPD occur. Intrasystem, innovative, technical solutions need to be developed to reduce the loss of bioactive compounds in the refining stages and / or to prevent the formation of undesirable compounds. For this purpose; refining flows, which can be carried out at a lower temperature, shorter processing time, using less chemicals, are supported by innovative techniques such as ultrasound-assisted refining and accelerating chemical reactions, need to be developed. In this review; the scientific studies on ultrasound assisted degumming, neutralisation and bleaching steps are summarized in detail.

**Keywords:** Refining, Degumming, Neutralization, Bleaching, Ultrasound Crude Vegetable Oil

## 1 Giriş

Son yıllarda artan çevre kirliliği ve iklim değişiklikleri toplumun çeşitli alanlarını olumsuz etkilemiştir. Buna bağlı olarak gıda sanayinde üretimden tüketime kadar doğaya zarar vermeden nitelikli ürün üretmek amacıyla tedarik, işleme, dağıtım gibi aşamalarda çevre dostu uygulamaların arayışı başlamıştır. Bu arayışlar sonucunda, bitkisel yağ sanayinde de birçok amaçla kullanılabilen “yeşil teknoloji” kavramı ortaya çıkmıştır [1]. Yenilikçi yeşil teknolojilerin geliştirilmesi ile özellikle yağların rafinasyon kademelerinde oluşan atık miktarı azaltılırken, yağın yapısındaki biyoaktif bileşen kaybı da en az düzeye düşürülebilmektedir.

Günümüzde gıda üretim kademelerinde işlem süresini azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak, gıdanın raf ömrünü ve kalitesini yükseltmek amacıyla birçok araştırma yapılmakta ve yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bazı teknolojik uygulamalar (mikrodalga ısıtma, vakumlu soğutma teknolojisi, yüksek basınç ve darbeli elektrik alan uygulamaları, vb.) yüksek yatırım maliyetleri, tüketici kabulü ve bir takım yasal engeller nedeniyle sadece pilot ölçekli uygulamalarla sınırlı kalmıştır.

Ultrases ekipmanlarının ulaşılabilirliğinin kolay ve yatırım maliyetinin düşük olması, gıda üretim akışında ultrases kullanımına olan ilgiyi artırmıştır [2]. Gıda endüstrisinde ultrases; işlem süresinin kısaltılmasında, ısısal işlemlerde iş

transferinin hızlandırılmasında, kimyasal tepkime hızının artırılmasında, gıdaların duyu kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla sebze ve etlerin pişirilmesinde [3], ekstraksiyon veriminin iyileştirilmesinde [4], meyve ve sebzelerin kurutulmasında [5], çeşitli özüt ve içeceklerin filtrasyonunda [6], emülsiyon stabilitesini arttırmak için mayonez, ketçap gibi emülsiyon ürünlerinin üretiminde [7], fermente içeceklerde köpük giderme işleminde [8], süt yağının ayrılmasında [9] yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tohum ve meyve yağlarının ekstraksiyonunda, ham yağların rafinasyonunda, özellikle yapışkan maddelerin giderilmesi, asitlik giderme ve renk açma kademelerinde, yağ modifikasyon yöntemlerinden enzimatik interesterifikasyonda ve emülsifikasyon işlemlerinde de ultrases uygulaması üzerinde bilimsel çalışmalar yürütülmektedir.

Bu derlemede; ultrases uygulamasının ilkesi, ultrases uygulama yöntemleri, ham yağların rafinasyonunda yapışkan maddelerin giderilmesi-degumming, asitlik giderme ve renk açma kademelerinde ultrases uygulamaları konuları ele alınarak bu konuda yapılan bilimsel çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

## 2 Ultrases uygulamasının ilkesi ve uygulama yöntemleri

Yeşil teknoloji kapsamında en çok kullanılan uygulamalar arasında yer alan ultrases; frekansı insanların duyma

eşiklerinin üzerinde mekanik titreşimlerden meydana gelen bir enerji olup, genellikle frekansı 20 kHz'den büyük olan seslerdir [10],[11]. Bir ses dalgası olan ultrases, sıvı ve gazlarda uzunlamasına dalgalar şeklinde dalga yönünde yayılmaktadır. Sonik titreşimlerin oluşturduğu bu basınç dalgaları zaman ve frekansa bağlı bir şekilde akustik basınç oluşturur [12]. Bu basınç, dalganın gevşeme döngüsünde oluşan negatif basınca eşit ise sıvı içerisinde mikro kabarcıklar şeklinde boşluklar meydana gelmektedir. Ultrases etkisiyle sıvı içerisinde mikrokabarcıkların oluşması olayı kavitasyon olarak adlandırılmaktadır. Kabarcıklar, uygulanan ultrases dalgalarının yoğunluğuna bağlı olarak büyüyüp genişleyebilir. Bu baloncuklar sürekli olarak birbirleriyle çarpışarak 5000 K ve 5000 atm olduğu tahmin edilen yükseltilmiş lokal sıcaklık ve basınç ile geçici bir sıcak nokta yaratmakta ve bu sayede kimyasal reaktiviteyi önemli ölçüde hızlandırmaktadır. Oluşan bu kuvvetli lokal enerji sayesinde kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için gereken kimyasal aktivasyon enerjisi sağlanabilmektedir [13]-[15].

Ultrases farklı frekans aralıklarında etki göstermektedir. Gıda teknolojisinde ultrases kullanımı; gıdaların kalite özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyen yüksek frekanslı (100 kHz - 1 MHz) ve düşük yoğunluklu (genellikle  $<1 \text{ W cm}^{-2}$ ) uygulamalar şeklindedir. Düşük yoğunluklu uygulamalar genellikle sertlik, olgunluk, şeker içeriği ve asitlik gibi gıdaların fizikokimyasal özellikleri hakkında bilgi edinmek amacıyla ile analitik bir teknik olarak kullanılmaktadır [16]. Düşük frekanslı işlemler ise fiziksel veya kimyasal olarak gıda özelliklerini değiştirmek amacıyla uygulanmaktadır [17]. Genellikle frekansı 20-40 kHz ve uygulanan güç ise  $>10 \text{ W cm}^{-2}$  olan ultrases uygulamaları; yağ emülsiyonlarının (40-200nm) hazırlanmasında, çeşitli biyoaktif ve organik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır [18].

Ultrases işleminin etkinliği üzerinde belirleyici olan; frekans, dalga boyu, genlik ve ultrasonik güç gibi parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. Ayrıca reaktör tasarımı ve ultrasesin uygulanma şekli de işlemin etkinliği üzerinde belirleyici olmaktadır [19].

Ultrases; ultrasonik banyo ve ultrasonik prob olmak üzere iki farklı yöntemle uygulanmaktadır. Ultrasonik banyolar genellikle çözgenlerdeki havanın uzaklaştırılması veya küçük cam malzemelerinin temizliği için kullanılmaktadır. Ultrasonik banyolar; kimyasal reaksiyonların tekrarlanabilirliği çok az olduğu ve aktarılan enerjinin yoğunluğu düşük olduğu için gıda işleme akışlarında çok az kullanılmaktadır [20]. Bir diğer yöntem ise ultrasesin ultrasonik prob ile uygulanmasıdır. Bu yöntemde prob, örneğin içine daldırıldığı için ultrasonik yoğunluk daha küçük bir yüzeye (sadece prob ucuna) aktarılmaktadır. Bu yöntem, ultrasonik banyolara göre daha etkili olup, küçük hacimli üretimlerde kullanılmaktadır [2].

### 3 Ham bitkisel yağların rafinasyonunda ultrases uygulamaları

Natürel zeytinyağı dışındaki bitkisel tohum ve meyve yağları, yapılarında istenmeyen bileşenleri (serbest yağ asitleri, çeşitli renk ve koku maddeleri, aldehit ve ketonlar, hidrokarbonlar vb.) içerdikleri için rafine edilmeksizin tüketilemezler. Rafinasyon işlemi, ham yağın yapısında bulunan istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılması veya miktarlarının kabul edilebilir düzeye düşürülmesi amacıyla uygulanan işlem basamaklarından oluşmaktadır [21]. Ham yağların rafinasyonunda kimyasal veya fiziksel yöntemler

kullanılmaktadır. Kimyasal rafinasyon; yapışkan maddelerin giderilmesi (degumming), asitlik giderme, renk açma ve koku giderme (deodorizasyon) kademelerini içermektedir [22]. Fiziksel rafinasyon işleminde ise degumming, renk açma kademeleri ile asitlik giderme ve deodorizasyon işlemlerinin aynı anda gerçekleştirildiği su buharı distilasyonu kademeleri yer almaktadır [23].

Rafinasyon işlemi sırasında ham yağdaki istenmeyen bileşikler uzaklaştırılırken; işlem koşullarına bağlı olarak yağın yapısında olumsuz değişiklikler meydana gelmekte, yağdaki biyoaktif bileşenler nitel ve nicel kayba uğramaktadır [24]. Bitkisel yağların rafinasyonu sırasında oluşan biyoaktif madde kayıpları ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [25]-[27]. Biyoaktif bileşenler antioksidatif ve fonksiyonel özelliklere sahip maddelerdir. Bu nedenle rafinasyon kademelerinde biyoaktif bileşenlerin yağdan uzaklaşmasını engelleyecek yenilikçi rafinasyon stratejilerinin oluşturulması oldukça önemlidir [28]. Ham yağdaki biyoaktif bileşenlerin rafinasyon sırasında kaybını en az düzeye indirmek amacıyla uygulanan yeni yaklaşımlar arasında, ultrases uygulaması da yer almaktadır.

Bu derlemede; kimyasal rafinasyonun yapışkan maddelerin giderilmesi-degumming, asitlik giderme ve renk açma kademelerinde ultrases uygulamaları konusunda yapılan bilimsel çalışmaların sonuçları ele alınarak detaylı olarak irdelenmiştir.

#### 3.1 Yapışkan maddelerin giderilmesi -degumming

Ham yağlar; fosfolipidler, proteinli bileşikler, zamklar ve reçine benzeri yapışkan maddeleri içermektedir. Fosfolipidler bir gliserol molekülü, iki yağ asidi ve bir alkol grubu ile modifiye edilen negatif yüklü fosfat grubunu içermektedir. Fosfolipidlerin fosfat grubunu içeren polar uçları hidrofilik (suyu seven), yağ asidi zincirleri ise apolar ve hidrofobik özelliktedir. Fosfolipidler hidrate olabilen ve hidrate olamayan olmak üzere iki formda bulunmaktadır [29]. Yapışkan maddeler; alkali nötralizasyonu, renk açma ve deodorizasyon kademelerinde sorun oluşturdukları için rafinasyon işleminin ilk kademesini oluşturan yapışkan maddelerin giderilmesi-degumming işlemi ile yağdan uzaklaştırılmaktadır.

Degumming işleminde; fosfolipidlerin yapısal özelliklerine bağlı olarak (hidrate olabilen veya olamayan) farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemler; hidrasyon yöntemi, düşük pH'lı çözeltiler (fosforik asit, asetik anhidrit, nitrik asit vb.) ile yapışkan maddelerin giderilmesi ve son yıllarda kullanılmaya başlanan enzimatik degumming yöntemidir [23],[30]-[32]. Bir diğer alternatif yöntem ise membran degumming işlemidir. Membran teknolojisi, geleneksel ayırma yöntemlerine göre birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlar, membranla fosfolipidlerin ayrılmasının oda sıcaklığında gerçekleşebilmesi ve bu sayede sıcaklığa duyarlı ürünler için daha kaliteli ürün elde edilmesi, diğer işlemlerle kombine olarak uygulanabilmesi, sürekli veya kesikli sisteme uygun olması, kimyasal madde kullanılmaması ve düşük enerji tüketimi gibi sıralanabilir [33],[34].

Hidrate olabilen fosfolipidler, hidrasyon yöntemiyle kolayca uzaklaştırılmaktadır. Hidrate olamayan fosfolipidler ise düşük pH'lı çözeltiler kullanıldığında lipofilik özelliklerini kaybeder ve hidrate forma dönüşerek asit degumming-hidrasyon yöntemiyle yağdan uzaklaştırılmaktadır [29].

Fosfolipidlerin uzaklaştırılmasında uygulanan bir diğer yöntem ise enzimatik degumming yöntemidir [35]. Özellikle son yıllarda biyoteknolojik çalışmalarda gelişmeler, yağ

sanayinde enzim kullanımına bağlı çalışmaların da artmasına neden olmuştur. Degumming işleminde ham yağdaki fosfolipid miktarını kritik değere ( $\leq 10$  ppm) kadar düşürmek amacıyla enzimatik degumming yöntemi de uygulanmaktadır [23],[36]. Enzimatik degumming işleminin geleneksel yöntemden üstün yönleri; alkali nötralizasyon sırasında kullanılan alkali miktarında azalma, verimde artış, atık su miktarının azalması olarak belirtilmektedir [37]. Ancak enzimatik yöntemlerde işlem süresinin uzun olması, en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle enzimatik degumming yönteminde ultrases kullanımının, enzim aktivitesi ve reaksiyon hızı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

More ve Gogate [38], farklı parametrelerin (enzim miktarı, pH, su miktarı, sıcaklık ve ultrases gücü) ultrases destekli enzimatik degumming işlemi üzerine etkilerini incelemiş ve degumming işleminin etkinliğini, "degumming etkinliği değeri-*extent of degumming*" (DED) ile açıklamışlardır. Degumming etkinliği değeri, (1) numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır. Her parametre için yapılan değerlendirmeler sonucunda ultrases destekli enzimatik degumming işlemi için optimum koşullar; 2.0 ml/L enzim miktarı (fosfolipaz A enzimi), pH 5, su miktarı %5, işlem süresi 120 dakika ve ultrases gücü 100 W olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda DED, %98.38 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca ultrases uygulamasının, yağ kalitesi açısından yağın serbest yağ asitliği ve totoks değerini düşürdüğü de saptanmıştır.

$$DED (\%) = \frac{(\text{ilk fosfolipid} - \text{son fosfolipid})}{\text{ilk fosfolipid}} \times 100 \quad (1)$$

Mahmood-Fashandi ve diğ. [39] yaptıkları çalışmada, ham soya yağı ve ayçiçek yağında ultrases destekli asit degumming işlemi (fosforik asit) uygulanmıştır. Ultrasonik banyo ile gerçekleştirilen ultrases destekli asit degumming işleminde işlem süresinin belirgin bir şekilde kısaldığı saptanmıştır. Ultrases uygulamasının yağların yağ asidi kompozisyonlarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmadığı, serbest yağ asidi ve oksidasyon değerlerinde oluşan değişimin ise sorun oluşturmayıp, rafinasyonun diğer kademelerinde giderilebileceğini belirtmişlerdir.

Jiang ve diğ. [40], kolza yağı ile ultrasonik banyoda gerçekleştirdikleri enzimatik degumming işleminde, mekanik karıştırma ile mekanik karıştırma-ultrases uygulaması kombinasyonunun, işlem koşulları üzerindeki etkisini incelemiştir. Mekanik karıştırma-ultrases kombinasyonu uygulandığında; gerekli su ve enzim miktarının (fosfolipaz A<sub>1</sub>) azaldığı, işlemin daha kısa sürede etkin bir şekilde gerçekleştiği, iki uygulama arasında yağın serbest yağ asitliği ve peroksit değeri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmediği belirtilmiştir.

Liu ve diğ. [41], yaptıkları çalışmada ultrases uygulamasının, kavitasyon etkisiyle enzim aktivitesini ve reaksiyon hızını artırdığını belirtmişlerdir.

### 3.2 Asitlik giderme

Alkalilerle gerçekleştirilen asitlik giderme işleminde yaygın olarak; sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sodyum karbonat gibi alkali çözeltiler kullanılmaktadır [42]. Serbest yağ asitleri alkali çözeltisi ile sabunlaşma tepkimesine

girmekte ve sabun fazı meydana gelmektedir. Oluşan sabun fazı, yağ/su emülsiyonuna daha dayanıklı bir yapı kazandırmaktadır [43]. Özellikle yağın serbest yağ asidi içeriğine göre belirlenen alkali miktarından daha fazla alkali kullanımına bağlı olarak nötr yağ kaybı da artmaktadır. Ultrasonik su banyosu ve adsorbantlara tutturulmuş farklı konsantrasyonlarda alkali çözeltisi kullanılarak yapılan çalışmada ham soya yağının asitliğinin giderilmesi amaçlanmıştır [44]-[46]. Çalışmada adsorbant olarak kizelgur ve silika, alkali olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Ultrases destekli asitlik giderme işleminde soya yağının serbest asitlik değeri ve UV ışığında özgül soğurma değerlerinde azalma saptanmıştır. Ultrases destekli asitlik giderme işleminde nötr yağ verimi %86.57 olarak saptanmış ve yağın renginde açılma gözlemlenmiştir. Sonuçlar; teorik olarak hesaplanan alkali miktarının %10 fazlasının kullanımına gerek kalmadığını ve ultrases uygulaması yağın ısıtılmasında kullanıldığı için enerji tasarrufunun sağlandığını göstermektedir.

Alkali çözeltisi ve serbest yağ asitleri arasındaki sabunlaşma tepkimesinin etkin olarak gerçekleşmesi için yağ ve alkalinin temas ettiği yüzey alanının artması gerekmektedir. Etkin bir karıştırma sağlanması açısından asitlik giderme kademesinde ultrases uygulamasının olumlu etkisinin olabileceği düşünülmektedir. Ancak ultrases destekli asitlik giderme uygulaması konusunda yeterli bilimsel çalışma yapılmamıştır.

### 3.3 Renk açma

Rafinasyon sürecinin en önemli kademelerinden olan renk açma işlemi, yağdaki renk maddelerinin, bazı oksidasyon ürünlerinin bir adsorbant yardımıyla yağdan uzaklaştırılması işlemidir [47], [48]. Ayrıca yağda kalan fosfolipidler, iz metaller, sabun kalıntıları da renk açma işlemi sırasında yağdan uzaklaştırılmaktadır [49]. Renk açma işlemi için doğal ağartma toprakları, asitle aktifleştirilmiş ağartma toprakları, aktif karbon ve amorf silikat gibi adsorbantlar kullanılmaktadır [50]. Renk açma işlemi 85-100°C sıcaklıkta ve 50-100 mmHg vakum altında gerçekleştirilmektedir [51].

Son yıllarda ultrases destekli renk açma işlemi konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Liang ve diğ. [52], ultrases destekli renk açma işleminin kenevir tohumu yağının klorofil ve karoten içeriği üzerine etkisini ve oksidatif stabilitedeki değişimi incelemiştir. Bu amaçla üç farklı adsorbant kullanılmış (sepiyolit, aktif bentonit ve endüstriyel ağartma toprağı) ve ultrases destekli renk açma işlemi, ultrasonik prob ile uygulanmıştır. İşlem sonunda klorofil ve karoten içeriğinde önemli bir azalma sağlandığı görülmüş. En yüksek azalmanın aktif bentonit toprağı ile sağlandığı görülmüş, tüm adsorbantlarda peroksit sayısı ve konjuge dien değerlerinde ciddi azalmalar sağlandığı bulgulanmıştır. Ultrases destekli renk açma uygulaması ile rengi açılan örneklerdeki birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunun, kontrol örneklerine göre daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

İcyer ve Durak, [53] tarafından yapılan çalışmada, kanola yağında ultrases destekli ve geleneksel renk açma işlemleri; yağın renk değerleri ve kalite kriterleri açısından karşılaştırılmıştır. Ultrasonik probun kullanıldığı bu çalışmada istenilen renk değerlerine %5 daha kısa sürede ulaşılmıştır. Ultrases destekli renk açma işlemi, geleneksel yöntemle göre daha düşük sıcaklıkta (%25 daha düşük) uygulanmıştır. İki yöntem arasında oksidatif tepkimeler açısından farklılık olmadığı görülmüştür. Optimum işlem koşulları; 75 °C sıcaklık,

%60 ultrases gücü, 0.8 g (kütle/kütle) toprak miktarı ve 15 dakika işlem süresi olarak belirlenmiştir.

Abbasi ve diğ. [54], yaptıkları çalışmada ayçiçeği ve zeytinyağında geleneksel ve ultrases destekli renk açma işlemi uygulamışlardır. Ultrases destekli renk açma işlemi ultrasonik banyoda, 2 farklı sıcaklık (45 ve 60 °C) ve 3 farklı süre (10-20-30 dk) uygulanarak yapılmıştır. Geleneksel renk açma işlemi ise 110°C sıcaklıkta ve 60 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Ultrases destekli renk açma işleminin, geleneksel yöntemeye göre yağdaki klorofil ve karoten içeriğindeki azalmada daha etkili olduğu görülmüştür. Ultrases uygulaması yağların yağ asidi kompozisyonlarında değişiklik oluşturmamıştır. Araştırmacılar ultrases uygulaması ile işlem süresinin kısaltıldığını, işlem sıcaklığının düştüğünü, enerji tüketiminde azalma sağlandığını ve renk açma işleminin etkin olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Abedi ve diğ. [55], soya yağında ultrases destekli renk açma işleminin yağın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. 400 W maksimum güçte ve 25 kHz frekansta, %45-90 güç düzeyinde uygulanan ultrases işleminin, soya yağında klorofillerin ve karotenoidlerin parçalanmasını hızlandırdığını belirtmişlerdir. Bu etki nedeniyle ultrases destekli renk açma işleminde daha az miktarda ağartma toprağı kullanarak, istenilen renk değerlerine ulaşılabildiği belirtilmiştir. Araştırmacılar özellikle daha az ağartma toprağı atığı oluşması açısından renk açma işleminin ultrases destekli olarak gerçekleştirilmesinin yağ rafinasyonunda önemli bir yer tutabileceğini vurgulamışlardır.

Hosseini ve diğ. [56], yaptıkları çalışmada zeytinyağı, ayçiçeği yağı ve susam yağına 400 W kapasiteli bir ultrases cihazı ile %25, 60 ve 100 güçte uygulanan ultrases destekli renk açma işleminin, yağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, ultrases uygulamasında güç seviyesi arttıkça, renkte daha etkin bir açılma (genel olarak L değerinde azalma) sağlandığını ortaya koymuştur. Ayrıca yağların klorofil ve  $\beta$ -karoten içeriklerinde, ultrases gücündeki yükselmeye paralel olarak önemli oranda azalma sağlanmıştır. Ultrases uygulaması, yağ örneklerinin viskozite ve yoğunluğunda değişime yol açmamıştır. Ayrıca ultrases işleminin yağın peroksit sayısında minimal bir artışa sebep olurken, serbest yağ asitliğinde ise artış oluşturmadığı saptanmıştır.

Ultrases destekli benzer bir çalışmada ise; araştırmacılar kolza yağında 20 kHz frekansta çalışan ultrases banyosu içerisinde farklı ağartma toprakları kullanarak ve ağartma toprağı kullanmadan renk açma işlemi uygulamışlardır [57]. Bu çalışmada, kolza yağında ultrases destekli renk açma işlemi sonrasında renk değişimi, spektrofotometre ile elde edilen görünür bölge renk spektrumu saptanarak incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kolza yağının renk değerlerinde %60 güçte adsorbant kullanmadan uygulanan ultrases sonucunda, 130°C sıcaklıkta bentonit ilavesi ile gerçekleşen geleneksel renk açma işlemiyle aynı düzeyde renk azalması sağlandığı saptanmıştır. Bu sonuç, ultrases işleminin yağlardaki karotenoidlerin belirli bir ultrases güç düzeyi üzerinde parçalanabildiğini göstermektedir.

Ultrases destekli renk açma işleminde en önemli etkinin, renk açma süresi üzerinde olduğu belirtilmektedir [58].

#### 4 Sonuç

Rafinasyon kademelerinde uygulanan ultrases, oluşan kaviteasyon kuvveti nedeniyle reaksiyonun gerçekleşmesi için

gerekli aktivasyon enerjisinin büyük kısmını sağlamaktadır. Yapılmış olan çalışmalarda elde edilen teorik ve pratik bilgiler ışığında, ultrases uygulaması; işlem süresinin kısaltılması, enerji tüketiminin düşük oluşu, kimyasal madde kullanımını azaltması, yağın yapısındaki biyoaktif bileşenlere minimal etki göstermesi nedenleri ile yenilikçi bir teknik olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, ultrases uygulamasının bitkisel yağ rafinasyonu kademelerinden yapışkan maddelerin giderilmesi ve renk açma kademelerinin yanı sıra asitlik giderme aşamasında da önemli avantajlar sağlayabileceği sonucuna varılabilmektedir. Sonuç olarak, ultrases uygulamalarının bitkisel yağ rafinasyonu aşamalarında kullanımını konu alacak yeni bilimsel çalışmalara hız verilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

#### 5 Kaynaklar

- [1] Güneş E, Keskin B, Kıymaz T. "Gıda Sanayiinde Yeşil Ekonomi ve Uygulamaları." *XI. Tarım Ekonomisi Kongre Kitabı/Samsun*, (2014): 1528-1532.
- [2] Chemat F, Khan MK. "Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction." *Ultrasonics sonochemistry*, 18(4)(2011): 813-835.
- [3] Zou Y, Kang D, Liu R, Qi J, Zhou G, Zhang, W. (2018). "Effects of ultrasonic assisted cooking on the chemical profiles of taste and flavor of spiced beef". *Ultrasonics sonochemistry*, 46, 36-45.
- [4] Khoei M, Chekin F. (2015). "The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil". *Food Chem.* 194, 503-507. doi:10.1016/j.foodchem.2015.08.068
- [5] Tao Y, Zhang J, Jiang S, Xu Y, Show PL, Han Y, Ye M. (2018). "Contacting ultrasound enhanced hot-air convective drying of garlic slices: Mass transfer modeling and quality evaluation". *Journal of Food Engineering*, 235, 79-88.
- [6] Liu D, Vorobiev E, Savoie R, Lanoisellé JL. (2013). "Comparative study of ultrasound-assisted and conventional stirred dead-end microfiltration of grape pomace extracts". *Ultrasonics sonochemistry*, 20(2), 708-714.
- [7] Gavahian M, Chen YM, Khaneghah AM, Barba FJ, Yang BB. (2018). "In-pack sonication technique for edible emulsions: Understanding the impact of acacia gum and lecithin emulsifiers and ultrasound homogenization on salad dressing emulsions stability". *Food Hydrocolloids*, 83, 79-87.
- [8] Mawson R, Tongaonkar J, Bhagwat SS, Pandit AB. (2016). "Airborne ultrasound for enhanced defoaming applications". *In Innovative Food Processing Technologies*, 347-359.
- [9] Johansson L, Singh T, Leong T, Mawson R, McArthur S, Manasseh R, Juliano P. (2016). "Cavitation and non-cavitation regime for large-scale ultrasonic standing wave particle separation systems-In situ gentle cavitation threshold determination and free radical related oxidation". *Ultrasonics sonochemistry*, 28, 346-356.
- [10] Duran K, Bahtiyari Mİ, Körlü A. E, Dereli S, Özdemir D. (2006). "Ultrason teknolojisi". *Tekstil ve konfeksiyon*, 16(3), 155-158.
- [11] Dinçer C, Topuz A. (2018). "Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı". *Gıda/The Journal Of Food*, 43(4), 569-581.
- [12] Tüfekçi S, Özkal SG. (2018). "Ultrases Ön İşleminin Havuç Dilimlerinin Kuruma Karakteristikleri Üzerine Etkisi". *Akademik Gıda*, 16(1), 11-19.
- [13] Ince NH, Tezcanlı G, Belen RK, Apıkyan IG. (2001). "Ultrasound as a catalyzer of aqueous reaction systems:

- the state of the art and environmental applications". *Applied Catalysis B: Environmental*, 29(3), 167-176.
- [14] Pingret D, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. (2013). "Degradation during application of ultrasound in food processing". *A review. Food control*, 31(2), 593-606.
- [15] Kuleaşan Ş, Şahin K. (2015). "Yemeklik Yağ Rafinasyonunda Çevreci Yaklaşımlar: Ultrason Teknolojisi Uygulamaları". *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 13(2).
- [16] Demirdoven A, Baysal T. (2009). "The use of ultrasound and combined technologies in food preservation". *Food Reviews International*, 25(1), 1-11.
- [17] Soria AC, Villamiel M. (2010). "Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review". *Trends in food science & technology*, 21(7), 323-331.
- [18] Ashokkumar M. (2015). "Applications of ultrasound in food and bioprocessing". *Ultrasonics sonochemistry*, 25, 17-23.
- [19] Esclapez MD, García-Pérez JV, Mulet A, Cárcel JA. (2011). "Ultrasound- assisted extraction of natural products". *Food Engineering Reviews*, 3(2), 108-120.
- [20] Wen C, Zhang J, Zhang H, Dzah CS, Zandile M, Duan Y, Luo X. (2018). "Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops-A review". *Ultrasonics sonochemistry*.
- [21] Yemişçiöğlü F, Özdikicierler O, Gümüşkesen AS, Sönmez AE. (2013). "Bitkisel yağ rafinasyon artıklarının değerlendirilmesi". *Gıda Dergisi*, 38(6).
- [22] Chew SC, Tan CP, Long K, Nyam KL. (2016). "Effect of chemical refining on the quality of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) seed oil". *Industrial Crops and Products*, 89, 59-65.
- [23] Gümüşkesen AS, Yemişçiöğlü F. (2010). "Bitkisel Sıvı ve Yağ Üretim Teknolojisi". *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, ISBN: 975-94208-0-5, İzmir, 216 s.
- [24] El-Mallah MH, El-Shami SM, Hassanien MMM, Abdel-Razek AG. (2011). "Effect of chemical refining steps on the minor and major components of cottonseed oil". *Agric. Biol. JN Am*, 2, 341-349.
- [25] Ghazani SM, Marangoni AG. (2013). "Minor components in canola oil and effects of refining on these constituents: A review". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(7), 923-932.
- [26] Ghazani SM, García-Llata G, Marangoni AG. (2013). "Minor constituents in canola oil processed by traditional and minimal refining methods". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(5), 743-756.
- [27] Kreps F, Vrbíková L, Schmidt Š. (2014). "Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil". *European journal of lipid science and technology*, 116(11), 1572-1582.
- [28] Ergönül PG, Köseoğlu O. (2014). "Changes in  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol contents of mostly consumed vegetable oils during refining process." *CyTA-Journal of Food*, 12(2), 199-202.
- [29] Paisan S, Chetpattananondh P, Chongkhong S. (2017). "Assessment of water degumming and acid degumming of mixed algal oil". *Journal of environmental chemical engineering*, 5(5), 5115-5123.
- [30] Sengar G, Kaushal P, Sharma HK, Kaur M. (2014). "Degumming of rice bran oil". *Reviews in Chemical Engineering*, 30(2), 183-198.
- [31] Chew SC, Tan CP, Nyam KL. (2017). "Optimization of degumming parameters in chemical refining process to reduce phosphorus contents in kenaf seed oil". *Separation and Purification Technology*, 188, 379-385.
- [32] Vlahopoulou G, Petretto GL, Garroni S, Piga C, Mannu A. (2018). "Variation of density and flash point in acid degummed waste cooking oil". *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3), e13533.
- [33] Firman LR, Ochoa NA, Marchese J, Pagliero C. (2013). "Deacidification and solvent recovery of soybean oil by nanofiltration membranes". *Journal of membrane science*, 431, 187-196.
- [34] Boynueğri P, Yemişçiöğlü F, Gümüşkesen AS. (2017). "Effect of membrane degumming conditions on permeate flux and phospholipids rejection". *Gıda/The Journal Of Food*, 42(5).
- [35] Sampaio KA, Zyaykina N, Wozniak B, Tsukamoto J, Greyt WD, Stevens CV. (2015). "Enzymatic degumming: degumming efficiency versus yield increase". *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(1), 81-86.
- [36] Turetkan G, Yucedag CT, Ustun G, Tuter M. (2018). "Enzymatic degumming process for crude corn oil with phospholipase A1". *International Journal Series in Engineering Science, (IJSES)*(ISSN: 2455-3328), (4), 1-14.
- [37] Mei L, Wang L, Li Q, Yu J, Xu X. (2013). "Comparison of acid degumming and enzymatic degumming process for Silybum marianum seed oil". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2822-2828.
- [38] More NS, Gogate PR. (2018). "Ultrasound assisted enzymatic degumming of crude soybean oil". *Ultrasonics sonochemistry*, 42, 805-813.
- [39] Mahmood-Fashandi H, Ghavami M, Gharachorloo M, Abbasi R, Mousavi Khaneghah A. (2017). "Using of Ultrasonic in Degumming of Soybean and Sunflower Seed Oils: Comparison with the Conventional Degumming". *Journal of food processing and preservation*, 41(1), e12799.
- [40] Jiang X, Chang M, Wang X, Jin Q, Wang X. (2014). "The effect of ultrasound on enzymatic degumming process of rapeseed oil by the use of phospholipase A1". *Ultrasonics sonochemistry*, 21(1), 142-148.
- [41] Liu Y, Jin Q, Shan L, Liu Y, Shen W, Wang X. (2008). "The effect of ultrasound on lipase-catalyzed hydrolysis of soy oil in solvent-free system". *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(4), 402-407.
- [42] Engelmänn JI, Ramos LP, Crexi VT, Morais MM. (2017). "Degumming and neutralization of rice bran oil". *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12362.
- [43] Yooritphun K, Lilitchan S, Aryasuk K, Krisnangkura K. (2017). "Effect of Selected Polyhydric Alcohols on Refining Oil Loss in the Neutralization Step". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(2), 301-308.
- [44] Kuleaşan Ş, Demirok H, Çınar A. (2017). "Ham Soya Yağının Ultrases Eşliğinde Asitliğinin Giderilmesi". *YABİTED III. Bitkisel Yağ Kongresi*, s.58, 13-15 Nisan, İzmir-Hilton.
- [45] Gökalp K. Ham Zeytinyağının Ultrases Etkisi Altında Asitliğinin Giderilmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Türkiye, 2018.
- [46] Kuleaşan Ş, Demirok H, Güler HÖ, Çınar A. "Effect of Ultrasound Assisted Alkali Neutralization Process on Fatty Acid Profile of Soybean Oil". *2nd International*

- Tourism and Microbial Food Safety Congress, Antalya, Türkiye* 13-14 December 2017.
- [47] Hatami AM, Sabour MR, Amiri A. (2018). "Recycling process of spent bleaching clay: Optimization by response surface methodology". *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(1), 9-18.
- [48] Strieder MM, Pinheiro CP, Borba VS, Pohndorf RS, Cadaval Jr TR, Pinto LA. (2017). "Bleaching optimization and winterization step evaluation in the refinement of rice bran oil". *Separation and Purification Technology*, 175, 72-78.
- [49] Chew SC, Tan CP, Nyam KL. (2017). "Optimization of bleaching parameters in refining process of kenaf seed oil with a central composite design model". *Journal of food science*, 82(7), 1622-1630.
- [50] Ismadji S, Soetaredjo FE, Ayucitra A. (2015). "Clay materials for environmental remediation". *New York: Springer*. Vol. 25, 1-124.
- [51] Lee SY, Jung MY, Yoon, SH. (2014). "Optimization of the refining process of camellia seed oil for edible purposes". *Food Science and Biotechnology*, 23(1), 65-73.
- [52] Liang J, Aachary AA, Hydamaka A, Eskin NM, Eck P, Thiyam-Holländer U. (2018). "Reduction of Chlorophyll in Cold-Pressed Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil by Ultrasonic Bleaching and Enhancement of Oxidative Stability". *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(4), 1700349.
- [53] Icyer N C, Durak M. (2018). "Ultrasound-assisted bleaching of canola oil; Improve the bleaching process by central composite design". *LWT*, 97, 640-647.
- [54] Abbasi R, Gharachorloo M, Ghavami M, Mahmood-Fashandi H, Mousavi Khaneghah A. (2017). "The Effect of Ultrasonic Waves in Bleaching of Olive and Sunflower Oils and Comparison with Conventional Bleaching". *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13079
- [55] Abedi E, Sahari MA, Barzegar M, Azizi MH. (2015). "Optimisation of soya bean oil bleaching by ultrasonic processing and investigate the physico-chemical properties of bleached soya bean oil". *International Journal of Food Science & Technology*, 50(4), 857-863.
- [56] Hosseini S, Gharachorloo M, Tarzi BG, Ghavami M, Bakhoda H. (2015). "Effects of ultrasound amplitude on the physicochemical properties of some edible oils". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(11-12), 1717-1724.
- [57] Su D, Xiao T, Gu D, Cao Y, Jin Y, Zhang W, Wu T. (2013). "Ultrasonic bleaching of rapeseed oil: Effects of bleaching conditions and underlying mechanisms". *Journal of Food Engineering*, 117(1), 8-13.
- [58] Jahouach-Rabai W, Trabelsi M, Van Hoed V, Adams A, Verhé R, De Kimpe N, Frikha MH. (2008). "Influence of bleaching by ultrasound on fatty acids and minor compounds of olive oil. Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds (by SPME coupled to GC/MS)". *Ultrasonics sonochemistry*, 15(4), 590-597.