

## Ayçiçek Yağı Rafinasyonunda Ultrasonik Uygulamalar ile Ağartma Prosesinin İyileştirilme Potansiyelinin Belirlenmesi

*Necattin Cihat İÇYER*

Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş/Türkiye. ORCID:  
0000-0002-3190-9669

Sorumlu Yazar: n.icyer@alparslan.edu.tr

Geliş Tarihi:04.09.2023

Kabul tarihi:08.10.2023

### Özet

Bu çalışmanın amacı, bitkisel yağların rafinasyon adımlarından birisi olan ağartma aşamasında non-termal ultrasonik uygulamaların kazanım potansiyellerinin ayçiçek yağının ağartılmasında uygulanabilirliğinin tespitidir. Ayrıca, ayçiçek yağında 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik ağartma işleminin klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen işlem koşullarında lovibond sarılık ve kırmızılık renk giderim değerleri 10 dakika boyunca 2 dakikada bir olacak şekilde belirlenmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin düşük olmasından dolayı ağartma işleminde ultrasonik işlemin belirli bir katkısı olmadığı görülmüştür. Sarılık değerinde ise 100°C sıcaklık, % 100 ultrasonik güç uygulanması durumunda beklendiği gibi hızlı bir adsorbsiyon sağlanmış ve klasik ağartma işlemine göre zaten düşük olan işlem süresi daha da kısaltılabilmektedir. Diğer bitkisel yağlara göre düşük işlem koşulları gereken ayçiçek yağının ağartılmasında ultrasonik işlemin uygulanması endüstri tarafından maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağartma, Bitkisel Yağ, Rafinasyon, Ayçiçek Yağı, Lovibond

### Determination of Improvement Potential of Bleaching Process by Ultrasonic Applications in Sunflower Oil Refining

#### Abstract

The aim of this study is to investigate the feasibility of applying non-thermal ultrasonic treatments during the bleaching stage, one of the refining steps of vegetable oils, in the bleaching of sunflower oil. Furthermore, the study aims to identify potential advantages, if any, of the ultrasonic bleaching process applied under specific ultrasonic power and temperature conditions (100–87.5–75°C temperature and % 100–80–60 ultrasonic power) compared to the conventional bleaching process. In this study, Lovibond yellowness and redness color reduction values were determined at 2-minute intervals for a duration of 10 minutes under the specified process conditions, and comparisons were made. As a result of the study, it was observed that the ultrasonic treatment did not have a significant impact on the bleaching process of sunflower oil due to the low redness color value of the oil. However, for the yellowness value, rapid adsorption was achieved as expected when % 100 ultrasonic power was applied at 100°C, and the already short processing time compared to the conventional bleaching process was further reduced. The application of the ultrasonic process for the bleaching of sunflower oil, which requires lower process conditions compared to other vegetable oils, can be evaluated by the industry, taking into consideration cost analysis.

**Keywords:** Bleaching, Vegetable Oil, Refining, Sunflower Oil, Lovibond

## 1. GİRİŞ

Yemelik yağlar günlük besin ihtiyacının ayrılmaz bir unsurudur [1]. Bu yağlar genellikle tohumlar veya meyveler kullanılarak mekanik veya kimyasal yöntemlerle ekstrakte edilmektedir [2]. Ekstraksiyon sürecinin tamamlanması ile elde edilen ham yağ tüketilebilir hale gelebilmesi için degamming, nötralizasyon, ağartma ve deodorizasyon gibi temel rafinasyon adımları uygulanmaktadır [3]. Ağartma aşamasında, yağın rengini ve buna bağlı olarak kalitesini etkileyen renk pigmentleri ve iz bileşenler, asitle aktive edilmiş ağartma toprağının

adsorpsiyon özelliği kullanılarak uzaklaştırılmaktadır [4]. Ağartma sürecinde ağartma toprağının kompakt yapısı nedeniyle bu toprağın yağdan ayrılması sırasında kendisi ile birlikte yağı sürükleyerek yağ kaybının artmasına neden olabilmektedir [5]. Bu durum, proses verimini düşüren olumsuz bir etki olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, ağartma toprağının kullanımı toprağın ayrıştırılması sırasında filtreleri tıkayarak işlem verimini, filtre ömrünü düşürebilmekte ve arta kalan yağlı ağartma toprağı çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Bu sorunlar, yağlı ağartma toprağının bertaraf maliyetleri gibi ek zorlukları da beraberinde getirmektedir [6].

Aktif ağartma toprakları, bitkisel yağların rafinasyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılan etkili adsorbanlardır [7]. Aktif ağartma toprakları, genellikle mineral bentonit hammaddesinden üretilmektedir ve bu hammaddenin montmorillonit yapısı tabakalar arasındaki boşlukların moleküler boyutta bileşenlerin girişine ve adsorpsiyonuna olanak sağlayacak şekilde meydana gelmektedir [8]. Bu tabakalı yapının etkinliği genellikle yüksek sıcaklıklarda mineral asitlerle aktive edilerek artırılmaktadır [9].

Yağların rafinasyonunda ağartma aşamalarında kullanılan sıcaklık seviyeleri, yağ türleri ve özelliklerine göre ayarlanmaktadır [10]. Yemelik yağların büyük bir kısmı, genellikle 100°C civarında değişen sıcaklık aralıklarında ağartma işlemine tabi tutulmaktadır [11]. Ancak, daha zor ağartılabilen kırmızılık değeri yüksek yağlar için bu sıcaklık seviyesi 120°C gibi daha yüksek değerlere çıkarılabilmektedir. Yüksek sıcaklık uygulamaları bir yandan istenmeyen renk pigmentlerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına yardımcı olabilirken, diğer yandan kokusu giderilmiş yağın rengini olumsuz etkileyebilmekte ve oksidatif kararlılığını azaltabilmektedir [12]. Buna ek olarak, yüksek sıcaklık uygulamaları biyoaktif bileşiklerin stabilitesini olumsuz etkileyebilmekte ve besinsel değeri azaltabilmektedir [13]. Bu nedenle, yağ rafinasyon süreçlerinde düşük sıcaklıkların kullanılması tercih edilmektedir. Düşük sıcaklık uygulamaları, trigliseritlerdeki kimyasal veya fiziksel değişiklik riskini azaltabilmekte ve aynı zamanda enerji tüketimini düşürerek çevresel sürdürülebilirliği artırabilme potansiyeline sahiptir [14].

Laboratuvar testleri ve endüstriyel uygulamalar, çoğu yenilebilir yağ için ağartma işleminin ortalama 30 dakika gibi bir süre içinde gerçekleştirilmesi gerektiğini göstermektedir [1]. Ancak, bu sürenin ağartma toprağı kalitesi, yağın özellikleri ve hedeflenen sonuçlara bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır. Temas süresinin aşırı uzatılması ağartma toprağının asidik yapısı nedeniyle yağ kaybını ve endüstriyel üretimlerde enerji sarfiyatını da arttırabilmektedir. Bu nedenle, ağartma işlemlerinde temas süresinin mümkün olduğunca kısa tutulması önemlidir. İlave olarak, ağartma işleminden sonra filtrasyon süreçleri de hızlı bir şekilde yapılmalıdır. Çünkü ağartma toprağı ile yağ arasındaki etkileşim sonucu oluşan çökelti veya partiküller yağın kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Rafinasyon işlemleri sürecinde oksidasyonun engellenebilmesi için ağartma işlemi vakum altında gerçekleştirilmektedir. Vakum koşullarında oksijenin etkisi en aza indirilir ve böylece yağdaki oksidatif reaksiyonlar durdurularak son üründe muhtemelen olumsuzluklar giderilebilir [15]. Azaltılmış vakum koşulları, aynı zamanda buharlaşma hızının kontrol edilmesine de yardımcı olmakta ve renk pigmentlerinin çıkarılması sırasında verimliliği arttırılabildiğini de olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Ultrasonik teknikler, insan işitme aralığının genellikle 20kHz olarak kabul edilen üst sınırından daha yüksek frekansta titreşen ses dalgalarını içeren bir yöntemdir. Ultrasonik mekanizma, özellikle sıvıların özellikleri, ortamın fiziksel koşulları ve ultrasonik sistemin akustik gücü gibi faktörlere bağlı olarak, sıvı çözeltiler içinde kavitasyon adı verilen yüksek enerjili yapıların oluşmasını sağlamaktadır. Kavitasyon, ultrasonik titreşimlerin neden olduğu basınç değişimleri sonucunda sıvı içerisinde mikroskobik boyutlarda boşlukların oluşması ve bu boşlukların hızla çökmesi ile gerçekleşmektedir. Ultrasonik sistem özellikle çözünürlüğü zor olan maddelerin çözünürlüğünü arttırmak, yüzey geriliminin düşürülmesi ile kütle transferini geliştirmek amacıyla gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılan non-termal bir uygulamadır [16, 17].

Bu çalışmanın amacı, ayçiçek yağının ağartılması aşamasında non-termal ultrasonik uygulamanın renk giderimindeki kazanım potansiyellerinin tespit edilmesidir. Ayrıca, 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik işlem ile ağartma sürecinde klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyaller

Degamming işlemine tabi tutulan nötr ayçiçek yağı, yerel bir yağ işleme şirketinden (Çotanak Yağ, Türkiye) temin edilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktaydı ve Merck'ten (Almanya) temin edilmiştir. Asitle aktifleştirilen ağartma toprağı (Tonsil OPT 210 FF), Süd Chemie A.G., Almanya'dan satın alınmıştır. Tonsil OPT 210 FF'nin özellikleri pH 4,4 (%10 süspansiyon, filtrelenmiş), asitlik 4,5 (mg KOH/g), yüzey alanı: 200 (B.E.T.) (m<sup>2</sup>/g) ve serbest nem: %10 (2h, 110°C).

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Deneysel tasarım

Bu aşamada yağların renginin giderilmesinde uygulanan klasik yöntem ile ultrasonik işlemin entegre edildiği ağartma yöntemi karşılaştırılmıştır. Ön denemeler ile belirlenen 100°C sıcaklık, 500 rpm karıştırma hızı, 10 dakika süre, 100 mbar vakum kuvveti ile 0,2 g ağartma toprağı kullanılarak klasik renk giderimi yapılmış ve 2 dakikada bir numuneler alınarak yağın özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda oluşturulan ön denemelerle belirlenen şartlarda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik şiddet, 0,2 g ağartma toprağı kullanılarak 10 dakika uygulama süresi ile ağartma işlemi yapılmış ve 2 dakikada bir numuneler alınarak yağın özellikleri incelenmiştir. Ön çalışmalar sonucu, % 100–80–60 ultrasonik şiddete maruz kalan yağın sırasıyla yağın sıcaklığını 100–87,5–75°C değerlerinde sabitlenebilmektedir. Uygulanan bu ultrasonik şiddet değerlerinde uygulanan güç değerleri sırasıyla 340–280–200W olduğunu belirlemiştir. Ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin çok düşük olması, sarılık renk değerinin diğer bitkisel yağlara göre düşük olmasından dolayı işlem koşulları düşük seviyelerde belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile klasik ile ultrasonik ağartma yönteminin ayçiçek yağının renk değerlerine olan etkileri karşılaştırılmıştır.

### 2.3. Ayçiçek Yağının Laboratuvar Koşullarında Ağartılması

#### 2.3.1. Ultrasonik ağartma

Yüz gram gamları giderilmiş nötr ayçiçek yağı 250 mL'lik beherde tartılır ve bir ısıtıcı ile deneme noktasındaki sıcaklığa kadar ısıtılır ve istenen sıcaklığa gelene kadar 500 rpm'de karıştırılır. İstenen sıcaklığa ulaşıldığında yağ numunesi hızla 250 mL çift ceketli silindirik cam kaba aktarılır. Daha sonra, yağ numunesi bir akış hücresi (Hielscher FC100L1K–1S) ile birleştirilmiş 22 mm çaplı bir probla (Hielscher sonotrode BS4D22) ultrasonik işleme tabi tutulur (Hielscher UIP1000–1000W–20kHz, Teltow, Almanya). Sıcaklık bir termometre (Fluke 52–II, WA, ABD) ile kontrol altında tutulur. 2 dakikada bir 10 mL kadar numuneler alınarak 50 mL'lik falcon tüplerine yerleştirilir ve ağartma toprağı yağdan santrifüj sistemi (9000 rpm, 5 dk) kullanılarak uzaklaştırılır (Hettich uni 320R, Tuttlingen, Almanya). Son olarak, 100 mL koyu cam şişelere yerleştirilen ağartılmış yağ örnekleri 4°C'de saklanır [16].

#### 2.3.2. Geleneksel ağartma

Yüz gram gamları giderilmiş nötr ayçiçek yağı 250 mL'lik nuçe erleninde tartılır ve bir ısıtıcı ile 100°C sıcaklığa kadar ısıtılır ve 500 rpm'de, kısmi vakum altında (70 mmHg vakum basıncı, yaklaşık 100 mbar) (KNF Lab N958.50, Freiburg, Almanya) manyetik bir karıştırıcı (Heidolph MR 3001, Almanya) kullanılarak karıştırılır. Sıcaklık bir termometre (Fluke 52–II, WA, ABD) ile kontrol altında tutulur. Ağartma işlemi 10 dakika süresince gerçekleştirilir ve her 2 dakikada bir pastör pipeti yardımıyla yağdan 10 mL kadar numune alınarak 50 mL'lik falcon tüplerinde (9000 rpm, 5 dk) santrifüj edilir (Hettich uni 320R, Tuttlingen, Almanya). Böylelikle ağartma toprağı santrifüjleme işlemi ile yağdan ayrılır. Daha sonra, 100 mL koyu renkli cam şişelere yerleştirilen ağartılmış yağ örnekleri 4°C'de saklanır [16].

#### 2.3.3. Renk değerleri

Yağ numuneleri için kırmızı ve sarı renkleri AOCS Resmi Metot Cc 13e–92'ye göre 1 inçlik bir kuvvet kullanılarak Lovibond Tintometre (PFXi 880/L, Tintometer Ltd., Amesbury, İngiltere) cihazı ile manuel olarak belirlenmiştir [18].

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

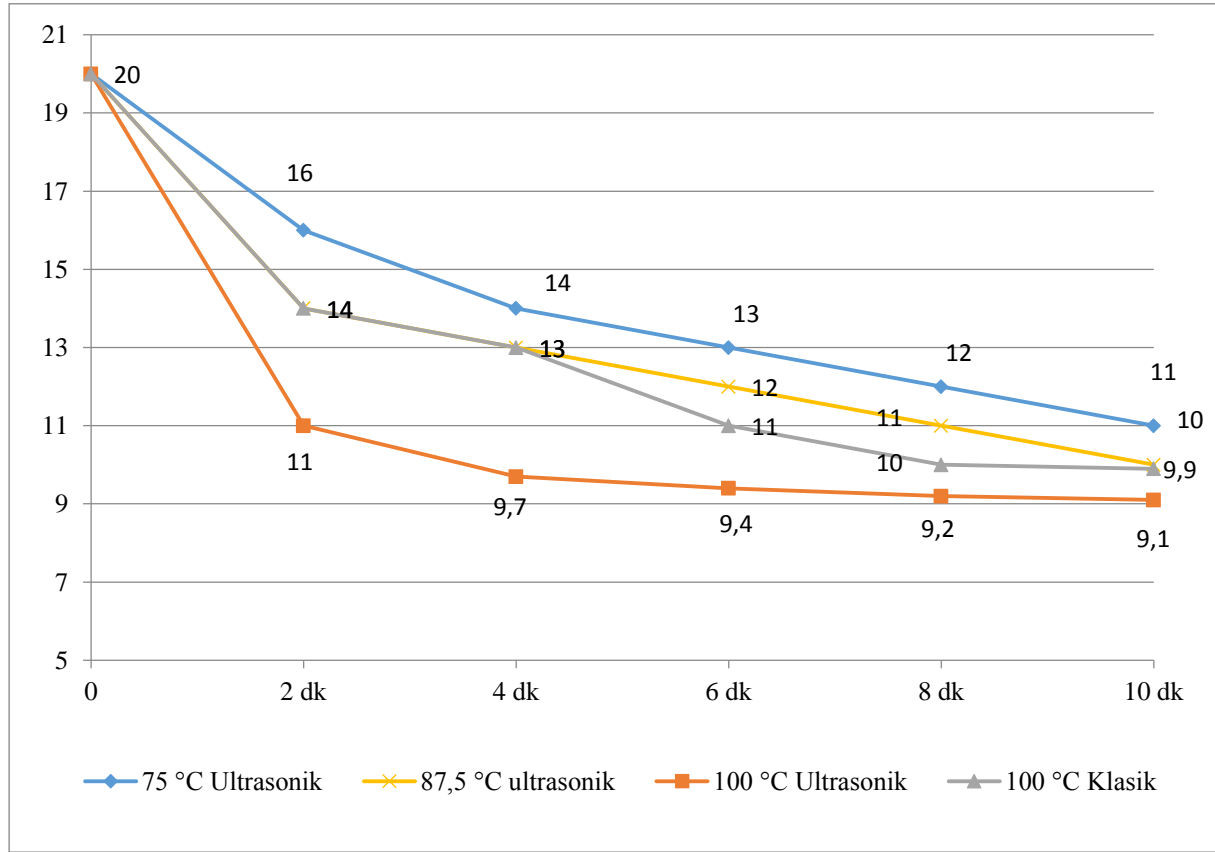
### 3.1. Ultrasonik ve Klasik Ağartma İşlemlerinin Renk Giderimleri

Başlangıçtaki ağartılmamış ayçiçek yağının sarılık değeri 20'dir ve 10 dakika sonunda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç uygulandığında benzer sarılık değerlerine erişildiği görülmektedir. 100°C/%100 ultrasonik güç uygulamasının hızlı bir renk düşüşünü sağladığı ve 75°C/%60 Ultrasonik güç uygulamasının 10 dakikada ulaştığı renk giderim değerine ikinci dakikada ulaştığı tespit edilmiştir. 100°C klasik ağartma işleminin 87,5°C/%80 ultrasonik güç uygulaması ile paralel renk giderimi sağladığı görülmektedir. Ultrasonik güç/sıcaklık değerinin artmasına bağlı olarak renk giderim değerlerinde hızlanma yani daha düşük sürelerde düşük renk giderim değerlerine ulaşılsa da onuncu dakika sonunda klasik ağartma işlemine göre benzer

renk giderim değerleri belirlenmiştir (Tablo 1 ve Şekil 1). Ultrasonik işlemin renk gideriminde adsorpsiyon hızını arttırdığı, proses şartlarını iyileştirme potansiyeli olduğu benzer çalışmalarda da belirtilmektedir [16,17, 18, 21].

**Tablo 1.** Ağartma işlemi lovibond sarı renk giderimleri

	75 °C %60 Ultrasonik Güç	87,5 °C %80 Ultrasonik Güç	100 °C %100 Ultrasonik Güç	100 °C Klasik
0 dk	20± 0,0	20± 0,0	20± 0,0	20± 0,0
2 dk	16± 0,0	14± 0,0	11± 0,0	14± 0,0
4 dk	14± 0,0	13± 0,0	9,7± 0,0	13± 0,0
6 dk	13± 0,0	12± 0,0	9,4± 0,0	11± 0,0
8 dk	12± 0,0	11± 0,0	9,2± 0,0	10± 0,0
10 dk	11± 0,0	10± 0,0	9,1± 0,0	9,9± 0,0

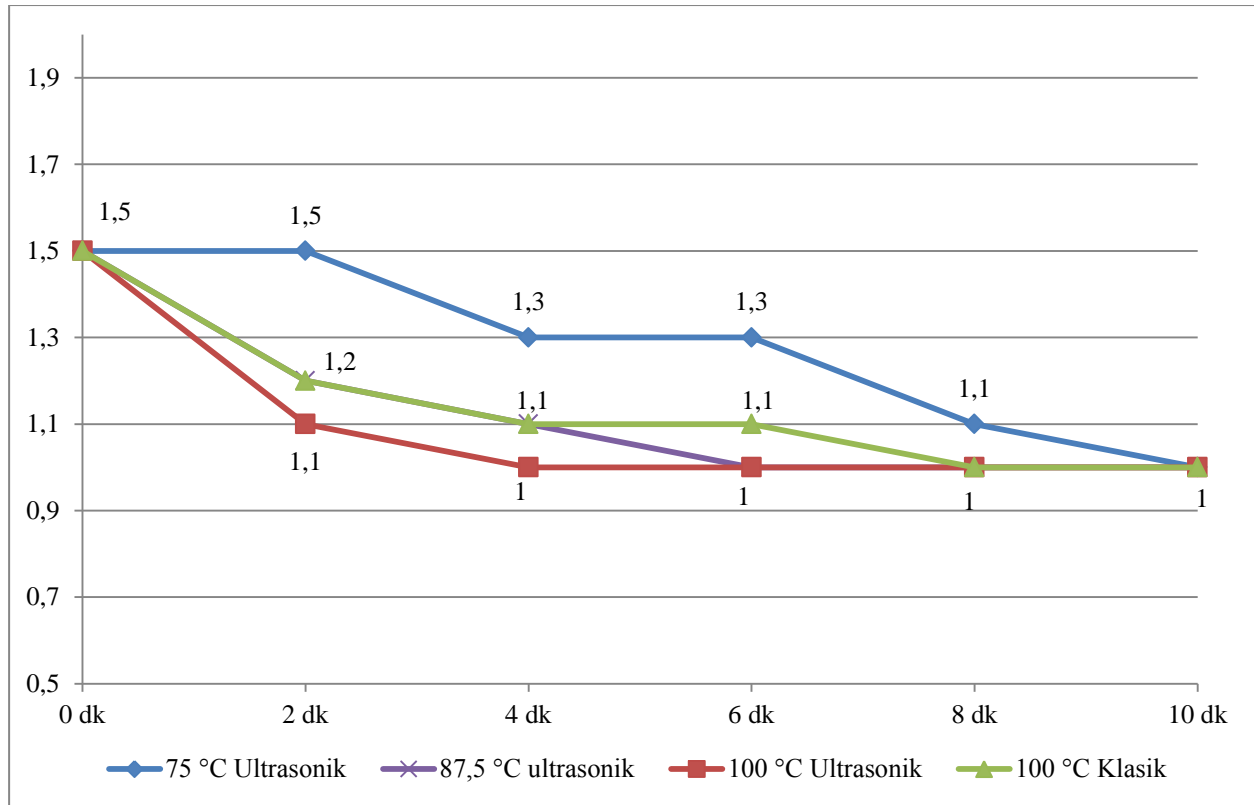


**Şekil 1.** Ağartma işlemi lovibond sarılık renk giderimleri

Başlangıçtaki ağartılmamış ayçiçek yağının kırmızılık değeri 1,5'tir ve beklediği gibi kırmızılık değeri oldukça düşüktür. 10 dakika sonunda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç uygulandığında klasik ağartma işlemi ile benzer kırmızılık değerlerine erişildiği görülmektedir. Kırmızılık değeri yüksek yağlarda yüksek sıcaklık uygulaması gerekliliği bilinen bir durumdur. Düşük sıcaklık uygulamalarında kırmızılık giderimi pek mümkün değildir. 100°C klasik ağartma işleminin Sıcaklık/Ultrasonik güç uygulamaları bakımından klasik ağartma işlemine göre belirgin bir fark görülmemektedir (Tablo 2 ve Şekil 2). 75°C/%60 ultrasonik güç uygulamasının diğer işlem koşullarına göre daha yavaş renk giderimi sağladığı fakat onuncu dakika sonunda diğer işlem koşulları ile benzer renk giderim değerine ulaştığı söylenebilir. Elde edilen veriler literatürle benzer özellikler göstermektedir [16, 20, 21, 22, 23].

**Tablo 2.** Ağartma işlemi lovibond kırmızılık renk giderimleri

	75 °C	87,5 °C	100 °C	100 °C
	%60 Ultrasonik Güç	%80 Ultrasonik Güç	%100 Ultrasonik Güç	Klasik
0 dk	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5± 0,0	1,5± 0,0
2 dk	1,5 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1± 0,0	1,2± 0,0
4 dk	1,3 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,0± 0,0	1,1± 0,0
6 dk	1,3 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,1± 0,0
8 dk	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0
10 dk	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0



**Şekil 2.** Ağartma işlemi lovibond kırmızılık renk giderimleri

#### 4. SONUÇ

Non-termal uygulamalarda büyük potansiyeli olan ultrasonik işlemlerin bitkisel yağların rafinasyonundaki önemli adımlardan birisi olan ağartma aşamasında kullanılması büyük potansiyeller içermektedir. Özellikle bitkisel yağa uygulanan sıcaklık derecesi, işlem süresi, kullanılan ağartma toprağı miktarının azaltılması gibi kazanımların bitkisel yağın renk bileşimlerinin yoğunluğuna göre arttığı görülmektedir. Ayçiçek yağı renk bileşenlerince çok zengin olmayan bir yağ olarak ağartılması diğer bitkisel yağlara göre kolay denilebilecek bir yağdır. Çalışma sonucunda, gamları giderilmiş nötr ayçiçeğı yağının kırmızılık renk içeriğı çok düşük olduğu için uygulanan ultrasonik işlem klasik ağartma işlemine göre belirgin bir fark ortaya koyamamış görünmektedir. Sarılık değeri incelendiğinde ise klasik yöntem kullanıldığında sekizinci dakikada ulaşılan sarılık değerine 100°C sıcaklık/%100 ultrasonik güç uygulaması ile dördüncü dakikada ulaşılmıştır. Beklendiğı gibi ultrasonik işlem ağartma toprağının adsorpsiyon kapasitesini artırarak daha kısa sürede renk giderimi sağlayabilmektedir. Diğer bitkisel yağlarla kıyaslandığında ayçiçek yağının ağartılmasında oldukça düşük ağartma toprağı miktarı ve işlem süresi gerektirmesi ultrasonik işlemin endüstriyel uygulamaları için maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Smith, J. R. The Significance of Edible Oils in Global Cuisine, *International Journal of Gastronomy and Food Culture*, 15, 56-68, 2018.
- [2] Jones, K. P., Brown, H. R., Martinez, A. M., & Clark, W. D. Extraction Methods and Their Implications on Edible Oil Quality, *Journal of Food Processing*, 38(4), 567-582, 2015.
- [3] Roberts, L. S. Edible Oil Refining Techniques: A Comprehensive Review, *Journal of Food Science and Technology*, 53(7), 2895-2905, 2016.
- [4] Gomez, R. J., Johnson, M. A., Smith, T. K., & Williams, P. Q. Activated Bleaching Clays in Edible Oil Refining: A Comprehensive Review, *Food Chemistry and Technology*, 37(2), 156-171, 2019.
- [5] Brown, A. B., & White, C. D. Impacts of Adsorbent Structure on Oil Loss during Bleaching, *Journal of Oilseed & Olive Oils*, 42(3), 235-248, 2020.
- [6] Green, S. M., Wilson, E. F., Harris, L. J., & Turner, M. W. Environmental Concerns of Bleaching Earth Usage in Oil Refining, *Environmental Chemistry and Technology*, 45(2), 154-167, 2017.
- [7] Abedi, E., Sahari, M. A., Barzegar, M., & Azizi, M. H. Enhancement of Edible Oil Quality Using Adsorbent, *Food Control*, 47, 470-484, 2015.
- [8] Roberts, L. S. Structure and Applications of Montmorillonite Clay in Oil Refining, *Journal of Applied Clay Science*, 135, 227-235, 2017
- [9] Gomez, R. J., Smith, T. K., Johnson, M. A., & Williams, P. Q. Enhancing Edible Oil Quality through Adsorption-Driven Bleaching, *Food Science Journal*, 27(5), 321-335, 2019.
- [10] García-Moreno, P. J., Guadix, A. M., Gómez-Robledo, L., Melgosa, M., & Guadix, E. M. Enhancing Edible Oil Quality through Adsorption-Driven Bleaching: A Review, *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 805-815, 2013.
- [11] Brown, A. B., & White, C. D. Improving Adsorption Efficiency of Active Bleaching Clays in Oil Refining, *Journal of Oil and Fat Chemistry*, 66(4), 351-366, 2019.
- [12] Smith, J. R., & Williams, T. M. Activation of Montmorillonite for Enhanced Adsorption in Oil Refining, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 60(7), 2658-2667, 2021.
- [13] Jones, K. P., & White, A. B. Adsorption Characteristics of Active Bleaching Clays for Edible Oil Refining, *Journal of Food Engineering*, 213, 42-50, 2018.
- [14] Green, S. M., Wilson, E. F., Harris, L. J., & Turner, M. W. Environmental Considerations in Oil Refining: Impact of Temperature, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 6347-6359, 2022.
- [15] Ng, K. S., Tan, C. P., Long, K., Mirhosseini, H., & Nehdi, I. A. Enhancing Edible Oil Quality Using Vacuum-Assisted Bleaching Process, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 499-511, 2019.
- [16] Icyer, N. C., & Durak, M. Z. Ultrasound-assisted bleaching of canola oil: Improve the bleaching process by central composite design, *Lwt*, 97(March), 640-647, 2018.
- [17] Abbasi, R., Gharachorloo, M., Ghavami, M., Mahmood-Fashandi, H., & Mousavi Khaneghah, A. 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), 1-7, 2017.
- [18] Škevin, D., Domijan, T., Kraljić, K., Kljusurić, J. G., Nederal, S., & Obranović, M. Optimization of bleaching parameters for soybean oil, *Food Technology and Biotechnology*, 50(2), 199-207, 2012.
- [19] Ngo, T. H. D., & Ngo, D. N. Effects of low-frequency ultrasound on heterogenous deacetylation of chitin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1604-1610, 2017.
- [20] Brown, A. B., & White, C. D. Effect of Temperature on Adsorption Kinetics in Oil Bleaching, *Journal of Oil and Fat Chemistry*, 68(3), 217-232, 2019.
- [21] Smith, J. R. Enhancing Quality of Edible Oils: Role of Temperature in Refining Processes, *Food Chemistry and Technology*, 39(4), 415-429, 2020.
- [22] Topkafa, M., Ayyildiz, H. F., Arslan, F. N., Kucukkolbasi, S., Durmaz, F., Sen, S., & Kara, H. Role of Different Bleaching Earths for Sunflower Oil in a Pilot Plant Bleaching System, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(3), 147-154, 2013.
- [23] Chew, S. C., Tan, C. P., & Nyam, K. L. Optimization of Bleaching Parameters in Refining Process of Kenaf Seed Oil with a Central Composite Design Model, *Journal of Food Science*, 82(7), 2017.