

## PAMUKLU DOKUMA HAVLU KUMAŞLARIN OZON GAZI İLE AĞARTILMASI

*Semiha EREN* \*

*Merve ÖZTÜRK* \*\*

*Sevil TÜRKÇEN GÜNÇ* \*\*\*

Alınma: 14.06.2023; düzeltme: 07.08.2023; kabul: 09.08.2023

**Öz:** Bu çalışmada yenilikçi bir yöntem olan ozonlamanın havlu kumaşların ağartılmasında farklı pH (3,5,7,9,11) değerlerindeki etkinliği araştırılmıştır. 5 l/dk ozon gaz akış oranında 15 ve 45 dakika boyunca ozonlama işlemleri yapılmıştır. Ozonlaması yapılan havlu kumaşlara haşıl sökme tayini, beyazlık, hidrofilitite, kopma mukavemeti testleri yapılmıştır. Ağartması yapılan kumaşlar bir sonraki aşamada boyanmıştır. Boyaması yapılan kumaşların renk ölçümleri ve haslık testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH 3, pH 5 ve pH 7'deki 45 dakika boyunca yapılan beyazlık, kopma mukavemeti, haslık ve renk ölçüm testleri sonuçları konvansiyonel yöntemle göre iyi çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Havlu Kumaş, pH, Ozon, Ağartma

### Bleaching of Woven Terry Cotton Fabrics with Ozone Gas

**Abstract:** In this study, the effectiveness of ozonation at different pH (3,5,7,9,11) values on bleaching of terry cotton fabrics was investigated. Ozonation processes were carried out for 15 and 45 minutes at an ozone gas flow rate of 5 l/min. Desizing determination, whiteness, hydrophilicity, breaking strength tests were carried out on the ozonized pile fabrics. The bleached fabrics were dyed in the next step. According to the results obtained, the results of the whiteness, breaking strength, fastness and color measurement tests performed for 45 minutes at pH 3, pH 5 and pH 7 were better than the conventional method.

**Keywords:** Terry Fabric, pH, Ozone, Bleaching

\* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, 16059, Görükle, Bursa

\*\* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, 16059, Görükle, Bursa

\*\*\* Bursalı Tekstil San. Ve Tic. A.Ş., Dosab, Çiğdem 1 Sk. No:14, 16245, Demirtaş, Bursa

Corresponding Author: Merve ÖZTÜRK (merveo@uludag.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Üç iplik grubu (zemin, hav, atkı) ile dokuması yapılan kumaşlar havlu kumaşlar olarak adlandırılır (Karahan ve Eren, 2006). Özellikle ev tekstillerinde kullanım alanı bulan havlu kumaşlar çok miktarda suyu emebilen ve ağırlıkça pamuk lifinin kullanıldığı kumaşlardır (Kandzhikova ve Germanova-Krasteva, 2016; Mojsov 2018; Aslan 2022). TETSİAD "2017 yılı ev tekstili sektörü dış ticaret "Raporunda sunulan TÜİK verilerine göre Türkiye'nin 2017 yılında gerçekleştirdiği 126.495.535 \$'lık ev tekstili ihracatının 14.347.444 \$'lık kısmını (%11,3) havlu ve bornoz grubu ürünlerin oluşturduğu görülmektedir (www.tetsiad.org.tr).

Pamuk, 5000 yılı aşkın süredir dünyada ticari olarak yetiştirilen, tekstil sanayisinde hammadde olarak geçmişten günümüze kadar kullanılan ve dünyada %71 pazar payına sahip olan doğal lif türüdür (Soydas, 2016; Hegde 2022; Wang ve diğ., 2020; Bahtiyari ve Benli, 2016). Ramamoorthy ve diğ. (2015) dünyada üretilen yaklaşık 100000 tonluk üretimin 25000 tonunun pamuk lifi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 2020 yılında pamuk lifi ihracatı 14.955 milyar dolar iken 2021 yılında bu rakamın 18.808 milyar dolara yükseldiği görülmektedir (www.ithib.org.tr).

Pamuk lifi yumuşaklık, emicilik, nefes alabilirlik ve giyilebilirliği gibi başlıca özelliklerinden dolayı insanlar tarafından oldukça tercih edilmesine rağmen üretim aşamalarında kimyasal ve su kullanımı oldukça fazladır (Bashar ve Khan, 2013; Fang ve diğ., 2021). Pamuk lifi üzerinde çeşitli kirleticiler bulunmaktadır. Pamuk lifinin verimini bu kirleticiler tekstil terbiye işlemlerinde düşürmektedir (Öztürk 2010). Bu işlemler arasında en çok haşıl sökme ve ağartma işlemleri yer almaktadır (Eren ve Öztürk, 2011).

Pamuk lifinin ağartılmasında alkali ortamda ve kaynama sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kullanılan en yaygın kimyasal hidrojen peroksittir (Topalovic ve diğ., 2007; Pereira ve diğ., 2005; Liu ve diğ., 2018). Yüksek alkali ortamın olması lif kaybına ve yüksek enerji tüketimine sebep olur (Liu ve diğ., 2018; Fei ve diğ., 2015). Hidrojen peroksit ağartması 95-98°C'de 30-60 dk boyunca gerçekleştirilir (Wang ve diğ., 2020; Akyol ve diğ., 2022). Ağartma işlemlerinde kullanılan kimyasallar ve su çevreyi önemli ölçüde kirlettiğinden çeşitli çevre dostu prosesler günümüzde kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalardan en bilineni ise tekstilde ozon kullanımındır.

Ozon soğuk şartlarda etkili olan, yardımcı kimyasala ihtiyaç duymayan, zararlı kimyasallar içermediğinden çevre dostu olarak kabul edilen oksidatif bir gazdır (Prabaharan ve diğ. 2000; Yiğit ve Eren, 2017). Hidrojen peroksitin redoks potansiyeli 1.77 iken, ozon gazının redoks potansiyeli 2.07'dir (Eren ve diğ., 2014). Sahip olduğu yüksek oksidasyon potansiyeli sayesinde organik ve inorganik bileşenleri kolaylıkla oksitleyebilir (Sevimli ve Sarıkaya, 2002). Ozon gazının etkinliğini belirleyen çeşitli faktörler vardır. Bunlar sıcaklık, ozon dozajı, süre ve pH'dır (Öztürk ve Eren, 2010).

Turhan ve Soydaş (2018), yaptıkları çalışmada farklı gramajlardaki havlu kumaşları (350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup>) pamuklu havlu kumaşları pH 6'da, farklı gaz akış oranlarında (5 l/dk, 10 l/dk) ve sürelerde (15, 30, 45, 60 dk) ozonlamışlardır. Ozon dozu ve süresi arttığında numunelerin yırtılma ve aşınma dirençlerinin azaldığı belirtilmiştir.

Perinçek ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada %100 pamuklu dokuma kumaşları farklı sıcaklık (10-12, 23-25, 50-52 °C), süre ve pH değerlerinde (10-11, 6,5-7,5, 2-3) ozonlamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre pH 2-3 aralığında, sıcaklık 23-25°C'de kumaşların beyazlık dereceleri daha yüksek çıkmıştır.

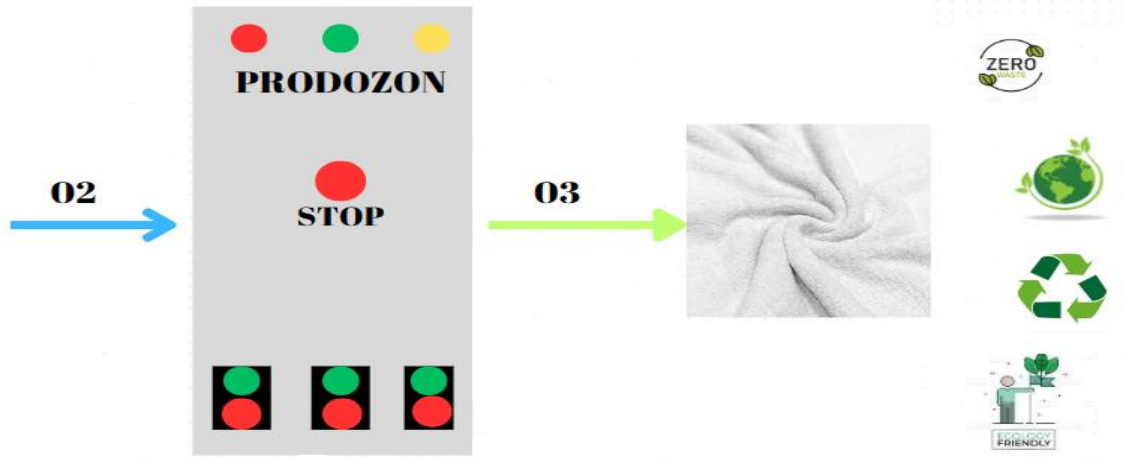
Prabaharan ve Rao (2001) yaptıkları çalışmada pamuklu kumaşı 100 g/m<sup>3</sup> ozon konsantrasyonunda 5 dk süre ile farklı pH değerlerinde (2, 4, 6, 8, 10, 12) ozonlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre pH arttıkça kumaşların beyazlık derecelerinde düşme olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada %100 pamuklu dokuma havlu kumaşlar farklı pH değerlerinde (3, 5, 7, 9, 11) ve sürelerde (15, 45 dk) 5 l/dk ozon gaz akış oranı ile ozonlanmıştır. Ozonlanan kumaşların tegawa skalasına, beyazlık, hidrofilit, kopma mukavemeti, renk ölçümü ve haslık değerlerine bakılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada zemin ve hav iplikleri Ne 12/1, atkı ipliği Ne 20/2 olan, kumaşın her iki yüzeyinde de hav iplikleri bulunan 400 g/m<sup>2</sup> pamuklu dokuma havlu kumaş, konvansiyonel ağartma reçetesi için gerekli olan ısıtıcı (PULCRA), iyon tutucu (PULCRA), stabilizatör (PULCRA), hidrojen peroksit (MERCK), kostik (ONAN KİMYA) ve boyamada kullanılacak olan Everzol LX grubu sarı, mavi ve kırmızı boyarmaddeleri (EKSOY) Bursalı Tekstil San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Reaktif boyamada kullanılan boyarmaddelerin yanında tuz ve soda da firmadan temin edilmiştir. Boyarmaddeler karışım olarak kullanılmıştır. Ozon üretimi 25 g/saat kapasiteli Prodozon PRO DO25 model ozon jeneratöründe üretilmiş olup ozonlama işlemleri ise ozonlama yapabilmesi için modifiye edilen Ataç BB01F numune boyama makinesinde yapılmıştır (Yiğit ve Eren, 2017). Modifikasyon işleminde çözelti sirkülasyon hattına bir ventüri enjektör ilave edilerek ozon jeneratöründe üretilen ozon gazının buradan sirkülasyon halindeki çözeltiliye enjeksiyonu ve bu yolla otoklavdaki kumaş ile reaksiyonu sağlanmıştır. Konvansiyonel boyama işlemleri laboratuvar tipi numune boyama makinesinde yapılmıştır. Ter haslığı testleri için di-Sodium Hydrogen Phosphate Dihydrate (ISOLAB), L-Histidine monohydro-chloride monohydrate (MERCK), Sodium Chloride (ISOLAB), Sodium Dihydrogen Phosphate Dihydrate (ISOLAB) kullanılmıştır.



Şekil 1:

*Havlu kumaşın ozonlamasının yapıldığı jeneratörün şematik çizimi*

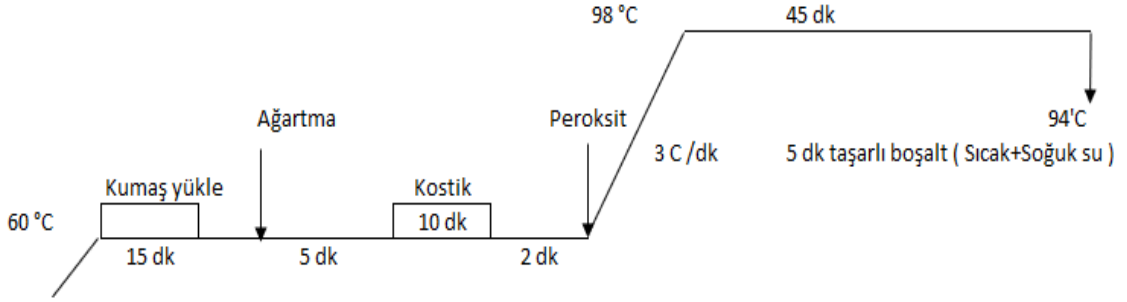
### 2.2. Metot

Pamuklu havlu kumaşlara 98°C'de 45 dakika boyunca konvansiyonel ağartma işlemi yapılmış, 90°C'de sıcak durulama yapılmıştır (Akyol ve diğ., 2022). Ağartma prosesi Şekil 2'de verilmiştir. Ozonlama işlemi için ham havlu kumaşlar Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ozon cihazı (ozon jeneratörü ve bağlı numune boyama makinesi) ile 5 l/dk gaz akış oranı ile 15 ve 45 dakika boyunca ozonlanmıştır. Konvansiyonel ağartma ve ozon ağartması yapılan havlu kumaşlar belirlenen boyarmaddeler ile 1:10 flote oranında boyanmıştır. Boyama işlemi 60°C'de 60 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Boyama reçetesi Tablo 1'de, boyama prosesi Şekil 3'de verilmektedir. Ağartması yapılan kumaşlara haşıl tayini, beyazlık, hidrofilite, kopma mukavemeti testleri yapılmıştır. Boyanan kumaşlara ise renk ölçümü yıkama, sürtme ve ter haslığı testleri yapılmıştır. Ter haslığı testleri asidik koşullar altında 0,5 g/l L-Histidine monohydro-chloride monohydrate, 5 g/l Sodium Chloride, 2,2 g/l Sodium Dihydrogen Phosphate Dihydrate kullanılarak, alkali koşullar altında ise 0,5 g/l L-Histidine

monohydro-chloride monohydrate ve 2,5 g/l di-Sodium Hydrogen Phosphate Dihydrate kullanılarak 37°C’de 4 saat boyunca bekletilip numuneler test edilmiştir.

### 2.3. Testlerde Kullanılan Standartlar

- Haşıl tayini için I<sub>2</sub>/KI çözeltisi kumaşlar üzerine damlatılarak renk değişimlerine bakılıp, Tegawa skalası (1 en kötü, 9 en iyi) ile değerlendirilmiştir.
- Kumaşların beyazlık (Stensby) ölçümleri Konica Minolta CM3600D model spektrofotometre cihazı (Bursa Uludağ Üniversitesi) kullanılarak ölçülmüştür.
- Hidrofilite testleri *AATCC-79* standardına göre tayin edilmiştir (Sathianarayanan ve diğ., 2010)
- Kopma mukavemeti SHIMADZU Model AG-X-Plus (Kyoto, Japan) test cihazında 5N ön gerilme ve 100 mm/dk hız ile *ISO 13934:1999* standardına göre tayin edilmiştir (Eren 2018).
- Boyanan kumaşların renk ölçüm değerleri Datacolor 800 L spektrofotometre (Bursalı) cihazında ölçülmüştür.
- Yıkama haslığı *TS EN ISO 105-C06* standardına göre tayin edilmiştir (Teker ve diğ., 2021).
- Sürtme haslığı *TS EN ISO 105-X12* standardına göre tayin edilmiştir (Akyol ve diğ., 2022).
- Tere karşı renk haslığı testi *TS EN ISO 105-E04* standardına göre tayin edilmiştir (Akyol ve diğ., 2022).

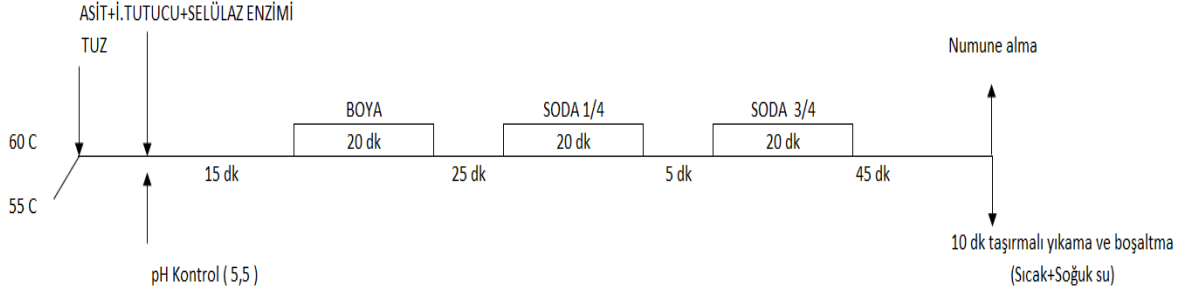


Şekil 2:

Konvansiyonel Ağartma Prosesi

Tablo 1. Kumaşlara uygulanan boyama reçetesi

Boyama Reçetesi	
Everzol Yellow LX	0,605 g
Everzol Blue LX	0,0273 g
Everzol Red LX	0,018 g
Tuz	4,5 ml
Soda	3,75 ml



Şekil 3:

## Konvansiyonel Boyama Prosesi

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

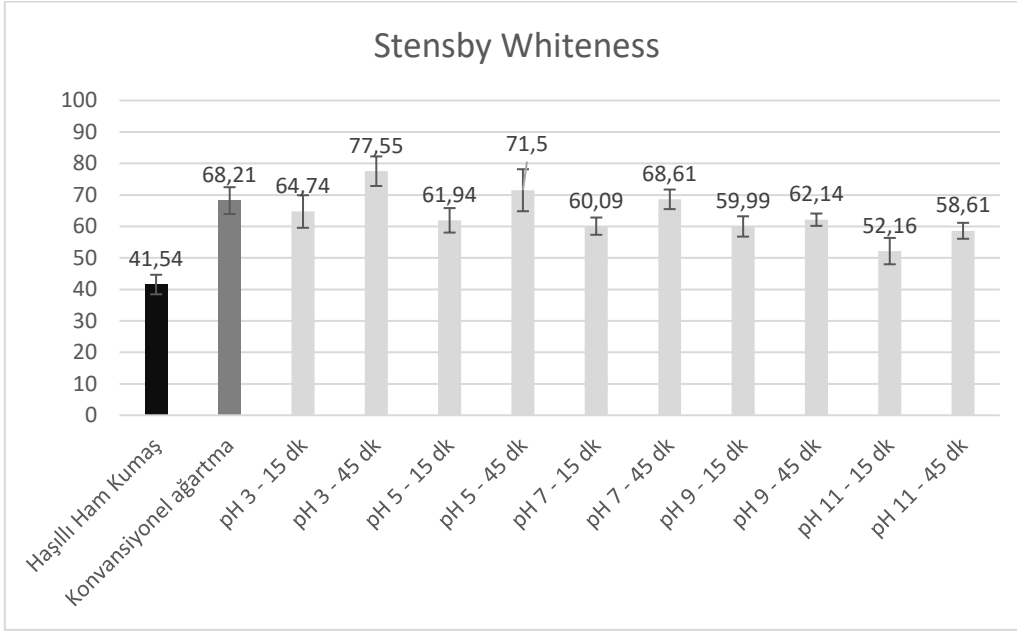
## 3.1. Haşıl Tayini Test Sonuçları

Oksidatif haşıl sökme işlemi literatürde yer alan ve genellikle persülfatlar ile uygulanan bir metottur (Tarakçıoğlu, 1979), bu çalışmada oksidatif haşıl sökmede oksidan olarak ozon kullanılmıştır. Numunelere ait haşıl tayini testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde konvansiyonel ağartma yapılmış kumaşın Tegawa skalasında 9 değerinde olduğu görülmüştür. Farklı pH değerlerinde ozonlanan kumaşlarda ise pH 3 ve pH 5'teki Tegawa skalası değerleri diğer pH değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca her pH değerinde ozonlama süresi arttıkça Tegawa skala değerlerinde artış görülmüştür. Literatüre göre Tegawa skalasında 5-6 değerlerine ulaşacak bir haşıl sökme yapılması boyamaya girecek kumaşlar için yeterlidir (Eren ve Öztürk, 2011), bu açıdan değerlendirildiğinde oda sıcaklığında yapılan ozonlama ile çalışılan tüm pH'larda yeterli haşıl sökme derecelerine ulaşılmıştır.

Tablo 2. Numunelere ait Tegawa Skalası Değerleri

Kumaş Gramajı	Numuneler	Tegawa Skala Değerleri
400 g/m <sup>2</sup>	Ham Kumaş	1
	Konvansiyonel Ağartma	9
	pH 3 – 15 dakika Ozon Ağartma	8
	pH 3 – 45 dakika Ozon Ağartma	9
	pH 5 – 15 dakika Ozon Ağartma	8
	pH 5 – 45 dakika Ozon Ağartma	9
	pH 7 – 15 dakika Ozon Ağartma	7
	pH 7- 45 dakika Ozon Ağartma	8
	pH 9 – 15 dakika Ozon Ağartma	7
	pH 9 – 45 dakika Ozon Ağartma	8
	pH 11 – 15 dakika Ozon Ağartma	7
	pH 11 – 45 dakika Ozon Ağartma	8

### 3.2. Beyazlık Testi Sonuçları



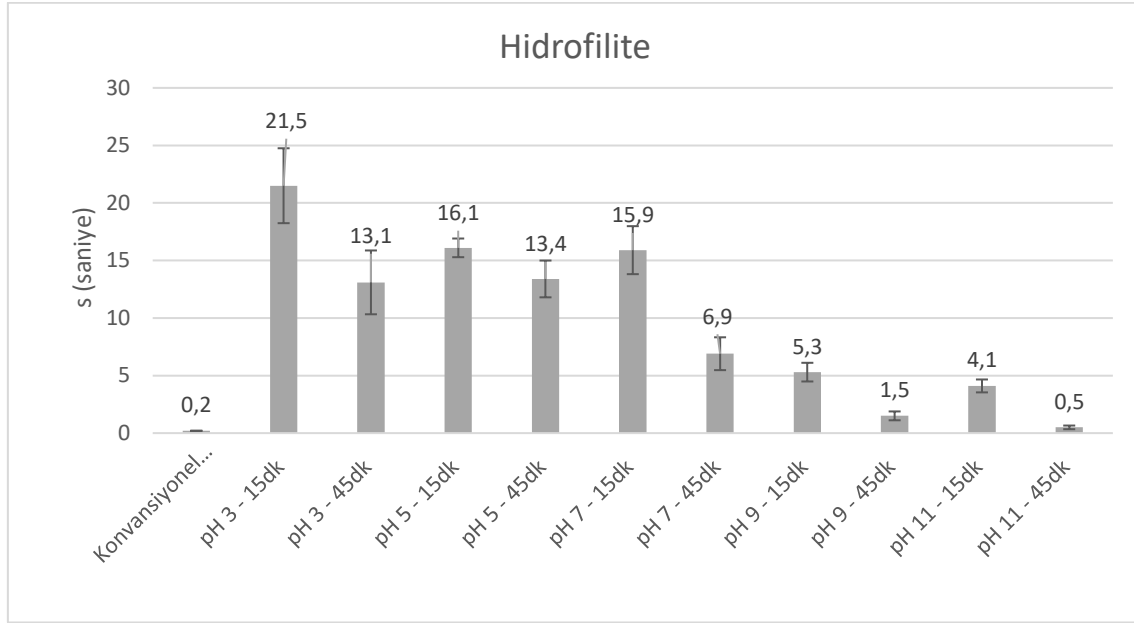
Şekil 4:

*Farklı pH değerlerinde ozonlanmış havlu kumaşların beyazlık (stensby) değerleri*

Ozonlamanın pamuk kumaşların beyazlık derecelerini artırarak ağartma sağladığı literatürde rapor edilmiştir, literatüre göre farklı yapısal parametrelere sahip (sıklık, iplik no, gramaj vb.) pamuk kumaşların beyazlık artışı için gerekli ozonlama süreleri farklılık göstermektedir. (Eren ve Öztürk, 2011; Perinçek ve diğ., 2007; Prabaharan ve diğ., 2000; Soydaş, 2016). Perinçek ve diğ. (2007) yaptıkları çalışma da pamuklu dokuma kumaşlar %100 nemlendirme oranında 5 dakikalık ozon işlem süresinde en yüksek beyazlık derecesi elde etmişlerdir. Çalışma da kumaşın havlı ve daha kalın yapıda olması ozonlama sürelerinin de artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte havlu kumaşların ozonla ağartılması üzerine daha az çalışma yapılmış olup, incelenen literatürde yalnızca bir adet çalışma (Soydaş, 2016) görülmüştür. Numunelere ait beyazlık ölçümleri Şekil 4'te verilmektedir. Asidik koşullardaki beyazlık derecesinin, alkali koşullara göre daha yüksek olduğu, en yüksek beyazlık derecesinin pH 3 ve pH 5'te elde edildiği görülmüştür. pH değeri arttıkça beyazlık derecelerinde düşme gözlemlenmiştir. Güçlü alkali çözeltilerde ozon molekülü OH radikali ve süperoksit anyonu tarafından katalitik ayrışmaya uğrar ve ozon molekülünün daha hızlı ayrışmasını sağlar (Prabaharon ve Rao, 2001; Prabaharon ve Rao, 2003; Perinçek ve diğ., 2007). Bu durumda beyazlık sonuçları da literatür ile benzerlik göstermektedir.

### 3.3. Hidrofilite Testi Sonuçları

Genel olarak AATCC-79 test standardına göre tercihen 3 saniyeden daha az olmak üzere 5 sn'den daha kısa sürede ıslanan kumaşlar hidrofil olarak kabul edilmekte ve ıslanma süresi 5 sn'den fazla olan kumaşların yeterince temizlenmediği belirtilmektedir (Cengiz ve diğ., 2019; İşmal, 2010). Lif üzerindeki kirliliklerin alkali ortamda çözünmesinden kaynaklı olarak pH değeri arttıkça hidrofilite değerlerinde iyileşme gözlemlenir (Öztürk 2010). Bu sebeple Şekil 5 incelendiğinde pH 11'de ki hidrofilite testi sonuçları daha iyi çıkmıştır. Ayrıca her pH değerinde ozonlama süresi arttığında da hidrofilite sonuçlarında iyileşme gözlemlenmiştir.

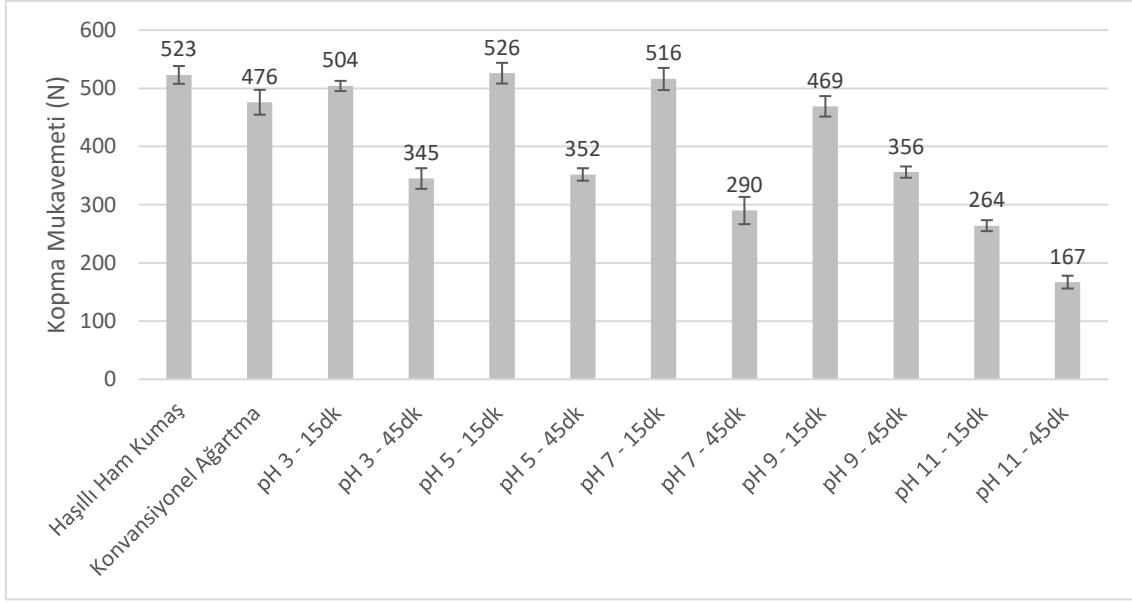


**Şekil 5:**

*Farklı pH değerlerinde ozonlanmış havlu kumaşların ıslanma süreleri (s)*

### 3.4. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Numunelere ait kopma mukavemeti değerleri Şekil 6'da verilmektedir. Verilen grafik incelendiğinde; konvansiyonel ağartılmış kumaşa göre pH 3,5 ve 7'deki 15 dakika boyunca yapılan ozon ile ağartma denemelerindeki kopma mukavemeti değerlerinin daha yüksek çıktığı, pH 9 ve 11'de ise ozonlanmış havlu kumaşların mukavemet değerlerinin konvansiyonel numuneye göre daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. pH 5'ten sonra 15 dakika ozonlama süresinde mukavemet değerlerinde düşüş gözlemlenmektedir. Her pH değerinde 45 dakika boyunca ozonlanan kumaşların mukavemet değerleri, konvansiyonel numuneye göre daha düşük çıkmıştır.



**Şekil 6:**  
*Kumaşlara ait kopma mukavemeti testi sonuçları*







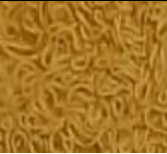


Öztürk ve Eren (2010), çalışmalarında ozonun yüksek pH değerlerinde (pH 7 ve üzeri) hızlı bir şekilde dekompoze olduğunu ve 2.80 oksidasyon potansiyeline sahip hidroksil radikali oluşturduğunu belirtmişlerdir. Oluşan fazla sayıdaki ·OH radikalleri çift bağları çabucak kırarak etkinliğe sahiptir ve selüloz üzerindeki zincirlerin hasar görmesi ile de kopma mukavemeti değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir (Wang ve diğ., 2020; Tang ve Sun, 2017). Prabakaran ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada da pH arttıkça işlem süresine bağlı olarak kopma mukavemet değerlerinin düştüğünü gözlemlenmiştir.

### 3.5. Renk Ölçüm Değerleri

Ozonlanmış kumaşların renk ölçümleri Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde pH 3’de 15 dakikada ve pH 9’da her iki ozonlama süresinde kumaşların renk değeri konvansiyonele yakın çıkmasına rağmen daha koyu boyanmıştır. Buna ek olarak pH 3,5,7 ve 9’da 15 dakika ozonlanmış kumaşların konvansiyonel numunenin renk değerine yakın çıkmıştır. 15 dakikalık ozon işlem süresinde renk değerlerinin konvansiyonele yakın çıkması firma bünyesinde ağartma işlemlerinin süresinin kısılmasına, kimyasal kullanımının azalmasına, enerjiden tasarruf sağlanmasına ve maliyet azalışlarına katkı sağlayacaktır.



**Tablo 3. Konvansiyonel boyanmış kumaşa göre kıyaslanan numunelere ait renk ölçüm değerleri**

Numune Adı	DE	Kumaş Görüntüsü
pH 3 – 15 dk	0,67	
pH 3 – 45 dk	1,24	
pH 5 – 15 dk	0,57	
pH 5 – 45 dk	3,04	
pH 7 – 15 dk	1,18	
pH 7 – 45 dk	1,59	
pH 9 – 15 dk	0,29	
pH 9 – 45 dk	0,53	
pH 11 – 15 dk	2,86	

pH 11 – 45 dk	5,61	
---------------	------	---

### 3.6. Haslık Sonuçları

Numunelere yıkama, ter ve sürtme haslığı testleri yapılmıştır. Tüm haslık testleri SDC multifiber kumaş kullanılarak ISO standartlarında yapılmıştır. Kumaş üzerindeki lekelenmeler 1-çok zayıf, 2-zayıf, 3-orta, 4-iyi, 5-mkemel Őeklinde değerlendirilmiştir (Teker ve diğ., 2021). Haslık sonuçları Tablo 4,5ve 6'da verilmiştir. Verilen tablolar incelendiğinde farklı pH değerlerinde ozonlama haslık sonuçları üzerinde anlamlı bir değerşim göstermemiştir.

**Tablo 4. Farklı pH değerlerinde ozonlanmış havlu kumaşların yıkama haslığı test sonuçları**

	Yn	Akrilik	Poliester	Poliamid	Pamuk	Asetat
Konvansiyonel Ağartma	4/5	5	5	5	4	4/5
pH 3 - 15dk Ozon Ağartma	5	5	5	5	4/5	5
pH 3 - 45dk Ozon Ağartma	5	5	5	5	4/5	5
pH 5 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5	5	5	4/5	5
pH 5 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	5	5	4/5	5
pH 7 - 15dk Ozon Ağartma	5	5	5	5	5	5
pH 7 - 45dk Ozon Ağartma	5	5	5	5	4/5	5
pH 9 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5	5	5	4/5	5
pH 9 - 45dk Ozon Ağartma	5	5	5	5	4/5	5
pH 11 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5	5	5	4/5	5
pH 11 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	5	4/5	5	4/5	5

**Tablo 5. Farklı pH değerlerinde ozonlanmış havlu kumaşların sürtme haslığı test sonuçları**

	Yaş	Kuru
Konvansiyonel Ağartma	4	4
pH 3 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 3 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 5 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5
pH 5 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5
pH 7 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 7 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 9 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 9 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	5
pH 11 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5
pH 11 - 45dk Ozon Ağartma	4	4/5

**Tablo 6. Farklı pH değerlerinde ozonlanmış havlu kumaşların ter haslığı test sonuçları**

	Yün		Akrilik		Poliester		Poliamid		Pamuk		Asetat	
	Asidik	Bazik	Asidik	Bazik	Asidik	Bazik	Asidik	Bazik	Asidik	Bazik	Asidik	Bazik
Konvansiyonel Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 3 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 3 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 5 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
pH 5 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
pH 7 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 7 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
pH 9 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 9 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 11 - 15dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5
pH 11 - 45dk Ozon Ağartma	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5

#### 4. SONUÇ

Yapılan bütün testler incelendiğinde;

- Ozonlanan kumaşların üzerindeki hasılın uzaklaştığı,
- Ozonlama yöntemi ile daha kısa sürede konvansiyonel yöntem ile ağartılmış kumaşın beyazlık derecesine ulaşıldığı, pH değeri arttığında beyazlık derecelerinin azaldığı,
- pH değeri yükseldikçe ve her pH değerinde ozonlama süresi arttığında hidrofilitenin yükseldiği,
- pH 5 ve 7'de 15 dakika boyunca ozonlanan numunelerin kopma mukavemeti değerlerinin en yüksek olduğu, pH 9'dan sonra hızlı bir şekilde düştüğü,
- Renk ölçüm değerlerinde pH 5,7,9 da konvansiyonel rengin yakalandığı,
- Yapılan haslık testlerinde anlamlı bir değişim olmadığı görülmüştür.

Bütün değerler incelendiğinde pH 5 ve pH 7'de ki denemeler beyazlık, mukavemet, renk ve haslık testlerin kabul edilebilir olduğu görülmüştür. Bu pH değerlerinde çalışma daha az kimyasal

kullanımını da beraberinde getirecektir. Sadece ozon gazı ile daha kısa sürede beyazlık derecelerinin elde edilmesiyle enerjide büyük ölçüde tasarruf sağlanılacaktır.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bursalı Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi tarafından desteklenmiş olup, 119C123 No'lu 'Reaktif Boyamacılığın Ön İşlem Prosesinde Ozonlama Yöntemi İle Susuz Kasar Yapılması ve Boyama Adımındaki Suyun Arıtılarak Tekrar Kullanılması'' adlı Tübitak 2244 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar(lar), bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Çalışmanın yazarlarından Semiha EREN çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri analizi ve yorumlama ayrıca eleştirel inceleme ve makale yazımı aşamalarında, Merve ÖZTÜRK veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması konularında, Sevil TÜRKÇEN GÜNÇ literatür taraması, veri toplama ve makale taslağının oluşturulmasında katkı sağlamışlardır. Çalışmanın son onay ve sorumluluğunu tüm yazarlar üstlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Akyol, G., Yener, E., ve Karakelle, S. B. (2022) Pamuklu Kumaşların Ön İşlem Prosesinde Enzim Kullanımı İle Yeni Ürün Geliştirilmesi Ve Ürünün Renklendirilmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 29(125), 17-27. doi: 10.7216/1300759920222912503
2. Aslan, S. R. (2022). Likralı Havlu Kumaş Tasarımı ve Uygulama Alanlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
3. Bahtiyari, M. İ., & Benli, H. (2016) Ozone bleaching of cotton fabrics with the aid of ultrasonic humidifier. *Cellulose*, 23, 2715-2725. doi: 10.1007/s10570-016-0978-y
4. Cengiz, Ö. F., Erkale, İ., Özkayalar, S., Aksoy, S. A., Boyacı, B., & Kaplan, S. (2019). Mikrokapsül uygulanmış kumaşların transfer ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 26(115), 243-251. doi: 10.7216/1300759920192611504
5. Eren, H. A., & Ozturk, D. (2011) The evaluation of ozonation as an environmentally friendly alternative for cotton preparation. *Textile Research Journal*, 81(5), 512-519. doi: 10.1177/0040517510380782
6. Eren, H. A., Avinc, O., Erişmiş, B., & Eren, S. (2014) Ultrasound-assisted ozone bleaching of cotton. *Cellulose*, 21, 4643-4658. doi: 10.1007/s10570-014-0420-2
7. Eren, S. (2018). Photocatalytic hydrogen peroxide bleaching of cotton. *Cellulose*, 25, 3679-3689. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1814-3>
8. Fang, L., Sun, F., Liu, Q., Chen, W., Zhou, H., Su, C., & Fang, K. (2021) A cleaner production process for high performance cotton fabrics. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128500. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128500
9. Fei, X., Yao, J., Du, J., Sun, C., Xiang, Z., & Xu, C. (2015) Analysis of factors affecting the performance of activated peroxide systems on bleaching of cotton fabric. *Cellulose*, 22, 1379-1388. doi: 10.1007/s10570-015-0550-1

10. İŞMAL, Ö. E. (2010) Role Of Auxiliaries In Cotton Absorbency Variations. *Textile and Apparel*, 20(1), 48-56.
11. İTHİB, (2020). Pamuk lifi ihracat verileri. Erişim Adresi: <https://www.ithib.org.tr/tr/bilgi-bankasi-raporlar-arastirma-raporlari.html> (Erişim Tarihi: 31.03.2023)
12. Kandzhikova, G. D., & Germanova-Krasteva, D. S. (2016) Subjective evaluation of terry fabrics handle. *The Journal of the Textile Institute*, 107(3), 355-363. doi: 10.1080/00405000.2015.1034927
13. Karahan, M., & Eren, R. (2006) Experimental investigation of the effect of fabric parameters on static water absorption in terry fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14(2), 59.
14. Liu, K., Zhang, X., & Yan, K. (2018) Bleaching of cotton fabric with tetraacetylhydrazine as bleach activator for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Carbohydrate polymers*, 188, 221-227. doi:10.1016/j.carbpol.2018.01.111
15. Mahbulul Bashar, M., & Khan, M. A. (2013) An overview on surface modification of cotton fiber for apparel use. *Journal of Polymers and the Environment*, 21, 181-190. doi:10.1007/s10924-012-0476-8
16. Mojsov, K. (2018) Enzymatic scouring and bleaching of cotton terry fabrics—opportunity of the improvement on some physicochemical and mechanical properties of the fabrics. *Journal of natural fibers*, 15(5), 740-751. doi:10.1080/15440478.2017.1361884
17. Narayan Hegde, V. (2022) Structural and elastic properties of varieties of cotton fibers. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 8(4), 3990-4006. doi:10.1080/2374068X.2022.2036502
18. Öztürk, D. (2010). Pamuk ve Poliester Terbiyesinde Ozon Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
19. Öztürk, D., & Eren, H. A. (2010) Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 15(2).
20. Pereira, L., Bastos, C., Tzanov, T., Cavaco-Paulo, A., & Gübitz, G. M. (2005) Environmentally friendly bleaching of cotton using laccases. *Environmental Chemistry Letters*, 3, 66-69. doi:10.1007/s10311-005-0004-3
21. Perincek, S. D., Duran, K., Korlu, A. E., & Bahtiyari, İ. M. (2007) An investigation in the use of ozone gas in the bleaching of cotton fabrics. *Ozone: Science and Engineering*, 29(5), 325-333. doi:10.1080/01919510701509578
22. Prabakaran, M., Nayar, R. C., Kumar, N. S., & Rao, J. V. (2000) A study on the advanced oxidation of a cotton fabric by ozone. *Coloration Technology*, 116(3), 83-86. doi: 10.1111/j.1478-4408.2000.tb00024.x
23. Prabakaran\*, M., & Rao, J. V. (2001) Study on ozone bleaching of cotton fabric—process optimisation, dyeing and finishing properties. *Coloration Technology*, 117(2), 98-103. doi: 10.1111/j.1478-4408.2001.tb00342.x
24. Prabakaran, M., & Rao, J. V. (2003). Combined desizing, scouring and bleaching of cotton using ozone. *Indian Journal of Fiber &Textile Research*,
25. Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., & Persson, A. (2015) A review of natural fibers used in biocomposites: Plant, animal and regenerated cellulose fibers. *Polymer reviews*, 55(1), 107-162. doi: 10.1080/15583724.2014.971124
26. Sathianarayanan, M. P., Bhat, N. V., Kokate, S. S., & Walunj, V. E. (2010). Antibacterial finish for cotton fabric from herbal products. *Indian Journal of Fiber &Textile Research*,

27. Sevimli, M. F., & Sarikaya, H. Z. (2002) Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 77(7), 842-850. doi: 10.1002/jctb.644
28. Soydas, S. (2016). An Investigation of Ozone Technology Impact On Woven Towel Fabrics in The Hydrophilite and Bleaching Feature, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
29. Tang, P., & Sun, G. (2017) Generation of hydroxyl radicals and effective whitening of cotton fabrics by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> under UVB irradiation. *Carbohydrate polymers*, 160, 153-162. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.12.062
30. Tarakçıoğlu, I. (1979). *Tekstil Terbiyesi ve Makinaları Cilt 1, Tekstil Terbiyesinde Temel İşlemker ve Selüloz Liflerinin Terbiyesi*. Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Yayınları, (2).
31. Teker, M. S., Zaimoğlu, Ö., & Turgut, K. (2021). A Research of Color and Fastness Values on Silk, Wool and Cotton Fabrics Dyed with Pulp of Oregano (*Origanum onites*) and Sage (*Salvia tomentosa*). 5(2), 61-71. doi:10.29329/ijiasr.2021.357.3
32. TETSİAD, (2017). Ev tekstili ihracat verileri. Erişim Adresi: [http://www.tetsiad.org/files/raporlar/2017\\_ilk\\_6\\_ay.pdf](http://www.tetsiad.org/files/raporlar/2017_ilk_6_ay.pdf) (Erişim Tarihi: 28.03.2023)
33. Topalovic, T., Nierstrasz, V. A., Bautista, L., Jovic, D., Navarro, A., & Warmoeskerken, M. M. (2007) Analysis of the effects of catalytic bleaching on cotton. *Cellulose*, 14, 385-400. doi:10.1007/s10570-007-9120-5
34. Turhan, Y., & Soydas, S. (2018) The Effects of the Ozone Desizing and Combined Conventional Desizing and Scouring On Tear Strength and Abrasion Resistance of 100% Cotton Terry Fabrics. *J. Textile Sci. Eng*, 8(2), 1-7. doi:10.4172/2165-8064.1000353
35. Wang, H., Farooq, A., & Memon, H. (2020) Influence of cotton fiber properties on the microstructural characteristics of mercerized fibers by regression analysis. *Wood Fiber Sci*, 52(1), 13-27. doi:10.22382/wfs-2020-003
36. Wang, N., Tang, P., Zhao, C., Zhang, Z., & Sun, G. (2020) An environmentally friendly bleaching process for cotton fabrics: mechanism and application of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> system. *Cellulose*, 27, 1071-1083. doi:10.1007/s10570-019-02812-3
37. YİĞİT, İ., & Semiha, E. R. E. N. (2017) Haşıl Sökme İşlemine Alternatif Bir Metot; Ozon Uygulamasi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(1), 139-148. doi:10.17482/uumfd.309460