

# Lazer Baskılı Ofis Kâğıtları Üzerinde Yapılan Mürekkep Giderme İşleminin Süzüntü Suyu Üzerine Etkileri

*The Effects on Waste Water of Deinking Process Made on Laser Printed Office Papers*

Selim KARAHAN\*<sup>1,a</sup>, Arif KARADEMİR<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi Kürtün MYO, Ormancılık Bölümü, 29810 Kürtün-Gümüşhane

<sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Osmangazi-Bursa

• Geliş tarihi / Received: 18.08.2019

• Düzeltülerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.01.2020

• Kabul tarihi / Accepted: 02.02.2020

## Öz

Çalışmada, önce lazer baskı uygulanmış beyaz A4 ofis kâğıtları üzerinde hamurlaştırma işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra ise hamurlaştırılan ofis kâğıtları üzerinde belirlenmiş oranlarda karışımlar hazırlanmıştır. Bu hamurlaştırma ve karışım hazırlama sürecinde ise farklı yüzde oranlarda kimyasal ve enzimden faydalanılmıştır. Kimyasal madde olarak oleik asit, sodyum hidroksit, sodyum silikat, kalsiyum klorür ve hidrojen peroksit kullanılmış ve enzim olarak ise selülaz, ksilanaz, amilaz ve  $\beta$ -gluktonaz kullanılmıştır. Çalışmada daha sonra ultrases etkisine bakılmıştır. En sonunda ise hamur süspansiyonu yüzdürme yöntemi ile mürekkeplerinden uzaklaştırılması yapılmıştır. Tüm bu işlemler sonunda ise atık su analizleri yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Atık Su, Enzimler, Lazer Baskı, Mürekkep Giderme, Ultrasonik İşlem

## Abstract

In this study, first of all, pulping processes were applied on white A4 office paper which was applied laser printing. Then, mixtures were prepared in the proportions determined on the pulped office papers. In this pulping and mixture preparation process, different ratios of chemicals and enzymes were utilized. As chemical substances, oleic acid, sodium hydroxide, sodium silicate, calcium chloride and hydrogen peroxide were used and cellulase, xylanase, amylase and  $\beta$ -glucanase were used as enzyme. Then, ultrasound effect was examined. Finally, the pulp suspension was removed from the inks by flotation. At the end of all these processes, wastewater analysis was performed.

**Keywords:** Waste Water, Enzymes, Laser Printing, Deinking, Ultrasonic Treatment

\*a Selim KARAHAN; selimkarahan@msn.com; Tel: (0456) 2331018 (dahili: 3402); orcid.org/0000-0002-8499-2427

<sup>b</sup> orcid.org/0000-0003-0924-2156

## 1. Giriş

Ülkemizde kâğıt ve karton tüketimi günden güne çoğalmaktadır. Hammadde tedariki için geri dönüşümün önemi çoktur. Bunun için atık kâğıtların dönüştürülerek yeniden kâğıt sektöründe lifsel hammadde kaynağı olarak kullanılma imkânları incelenmelidir (Karahan vd., 2015a; Karahan, 2017a).

Kâğıt sektörü, diğer sektörler içerisinde enzim kullanabilen pazarların en büyüğü olarak kabul görmüştür. Kâğıt endüstrisinde enzim kullanımının gerekçeleri arasında hamur verimi ve lif özelliklerinin iyileştirilmesi ve enerji ile birlikte su tüketiminin düşürülmesi gibi konular yer almaktadır. Son dönemlerde kâğıt sektöründe enzimlerin kullanılabilmesi adına yapılan çalışmalar hızlanmıştır (Karademir vd., 2002a; Karahan vd., 2015a).

Enzim sektöründeki gelişmeler ile kâğıt mamullerin farklı farklı yerlerde kullanılması ve maliyetinin fazla olması dolayısıyla endüstriyel enzimler ile ilgili araştırmalarda hızlanmıştır (Kıran vd., 2006; Karahan vd., 2015a). Enzim uygulamaları dikkat gerektirdiği için her bir aşamanın kontrolüne önem verilmelidir (Karademir vd., 2002b; Karahan, 2017b). Enzim uygulamasıyla liflerdeki toner lekeleri uzaklaştırılır. Enzimler mürekkep-selüloz bağımlı kırabildikleri için toner lekelerinin liflerden çıkarılması kimyasallara göre daha basittir (Yıldırım vd., 2009; Karahan vd., 2015b). Mürekkep giderme işlemlerinde kimyasal kullanımının yerini enzim alması durumunda bu işlemde daha ekonomik olacaktır (Yıldırım, 2010; Karahan vd., 2015a).

Kâğıt sektörü gibi sektörlerde yeni teknolojilere yatırım yapmak oldukça maliyetli olmaktadır. Oysaki enzim teknoloji ile benzeri olan teknolojileri daha uyguna yapılabilir (Kenealy, vd., 2006; Karahan ve Karademir, 2019). Enzimatik uygulamaların çevre açısından yararlı olduğu ve mürekkep giderme işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelere de iyi bir seçenek olacaktır. Diğer yandan mürekkep giderme işlemlerinde selüloz uygulaması ile bu işlem için kullanılan kimyasal miktarında düşüş görülmüştür (Skals vd., 2008; Karahan, 2017b; Karahan, 2017c; Karahan vd., 2015b). Enzim konusunda yapılan fabrika çalışmalarının umut verici sonuçlara ulaşılmıştır (Karademir vd., 2002a). Kâğıt sektöründe mürekkep giderme işlemlerinde enzim uygulamasının hem maddi hem de doğaya faydası bakımından daha yararlı olacaktır.

düşünülmektedir (Yıldırım, 2010; Karahan vd., 2015a).

Ultrasonik işlem ile fazla sayıda malzeme cihaz vasıtasıyla tutulur (Brodeur ve Gerhardstein, 1998; Karahan, 2017c; Karahan vd., 2015a). Araştırmada ofis kâğıtları üzerinde ultrasonun etkisine de bakılmıştır. Çalışmada ultrason işlemi yüzdürme ile mürekkep gidermeden önce hamurlaştırılmış lif süspansiyonuna yapılmıştır. Yapılan bu işlem sonucunda lif de hem hacim olarak büyüme hem de esnekliğine sebep olmuştur. Lifler üzerine uygulanan dövme işlemi akabinde yapılan ultrasonik muamele ile liflerin su tutma değerleri de iyileşmiştir (Tatsumi vd., 2000; Karahan, 2017c; Karahan vd., 2015a).

## 2. Deneysel Çalışma

### 2.1 Materyal

Araştırmada öncelikle baskılı beyaz A4 ofis kâğıtları hamurlaştırılıp sonrasında ise mürekkep uzaklaştırma işlemleri uygulanmıştır. Mürekkep uzaklaştırmada standart yüzdürme yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada ayrıca ultrasonik işlemde denenmiştir. İşlemler sırasında birtakım kimyasallar ve enzimlerden de faydalanılmıştır. Öncelikle atık ofis kâğıtları belli şartlar altında hamurlaştırılıp sonrasında ise belirlen oranlarda enzim ile muamele görmüştür. İşlem sonrasında ise süspansiyona kimyasal katkısı yapılarak ikinci hamurlaştırma işlemine alınmıştır. Bu işlemin sonucunda hamur süspansiyonu belli şartlar altında ultrasonik işlem uygulaması denenmiştir. Ultrasonik işlem sonrasında işlem görmüş olan hamuru süspansiyonu, yüzdürme esaslı mürekkep uzaklaştırma işlemi uygulanmıştır. Tüm bu işlemlerin sonunda ise atık su analizleri yapılmıştır (Karahan, 2017b). Araştırmada selülaz, ksilanaz, amilaz ve  $\beta$ -gluktonaz enzimleri ile ayrıca oleik asit, sodyum hidroksit, sodyum silikat, kalsiyum klorür ve hidrojen peroksit gibi kimyasallarda ingede (2007) yöntemine göre alınmıştır (Karahan, 2017c). İşlem sonrası atıl sudan alınan numuneler de toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarları Hanna marka cihaz ile kaydedilmiştir (Şekil 1). Askıda katı madde miktarı tayininde ise buhner hunisinden faydalanılmıştır (Şekil 2).

### 2.2 Metot

Çalışmada bazik kâğıt olarak kullanılan A4 ebatlarındaki ofis kâğıtları ısı ve nem dengesinin sağlanması amacıyla  $20 \pm 1$  °C ve %  $50 \pm 2$  bağıl nemde bekletilmiştir.



Şekil 1. Süzüntü suyu ölçüm cihazı



Şekil 2. Buhner hunisi

Sonrasında ise baskı yapıp aynı ortam şartlarında yeniden bekletilmiştir. Baskılı ofis kâğıtlarına iki aşamada hamur süspansiyonu haline getirilmiştir. Her aşamada 103.11 g (Tam kuru) hamur süspansiyonundan yararlanılmıştır. Hamuru süspansiyon haline getirmek için Hobart tipi cihazdan faydalanılmıştır. Bu cihaz ile bulunan veriler tablo 1'de gösterilmiştir (Karahan ve Karademir, 2019). Birinci hamurlaştırma işleminden sonra sırasıyla enzim uygulaması, ultrasonik uygulaması ve mürekkep giderme işlemleri yapılmıştır. Ultrasonik işlemde, ultras 24000 Hz ve kesafet % 1 olarak ayarlanmıştır.

Araştırmada selüloz, ksilanaz, amilaz ve  $\beta$ -gluktonaz enzimlerinden faydalanılmıştır. Liflerden hemiselülozlu çözebilme için  $\beta$ -gluktonaz ve ksilanaz, yüzey yapıştırmada kullanılan nişastayı çözebilmesi için selüloz ve amilaz enzimleri, mürekkebi liften çözebilme

içinde selüloz enziminden faydalanılmıştır. Tablo 2'de selüloz, ksilanaz, amilaz ve  $\beta$ -gluktonaz enzimleri için çalışma koşulları verilmiştir. Süzüntü su ile ilgili analiz işlemlerin de sırasıyla, askıda katı madde miktarı (AKM), toplam çözünmüş katı madde (TDS), kimyasal oksijen isteği (KOİ) ve biyolojik oksijen isteği (BOİ) ile ilgili veriler ölçülmüştür.

Araştırmada belirtilen;

TDS: Toplam çözünmüş katı madde miktarı.  
AKM: Askıda kalan katı madde miktarı.

BOİ: Sudaki organik materyallerin mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmesi için gerekli miktardaki oksijen miktarıdır. BOİ değeri ne kadar çok ise suda o ölçüde su kirlidir.  
KOİ: Su ve atık su numunelerinde kirlilik ölçüm parametresidir.

Tablo 1. Hamurlaştırma ile ilgili değerler (Karahan, 2012).

İşlem	Devir Devir /dk	Kesafet %	Süre dk	Kâğıt & Hamur Miktarı g	Kimyasal Madde
Ön bekletme (Islatma)	---	15	5	103.11	-
1. Hamurlaştırma	55- 85-150	15	9 (3- 3- 3)	103.11	+
2. Hamurlaştırma	150	14	9	103.11	-

Tablo 2. Selüloz, Ksilanaz, Amilaz ve  $\beta$ -Gluktonaz enzimleri için çalışma koşulları (Karahan, 2012).

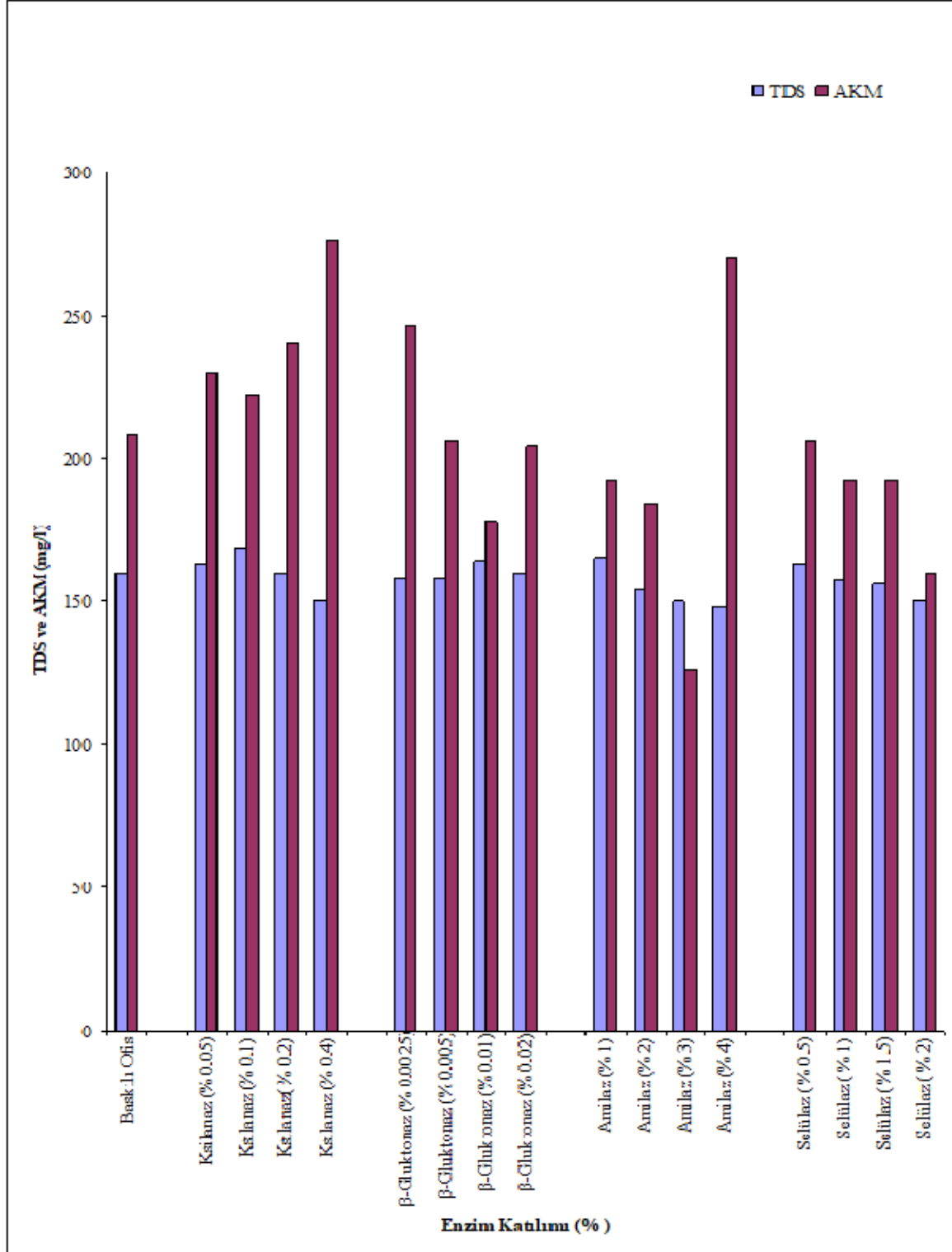
Enzimler	Dozaj kg/ton	pH	Süre dk	Sıcaklık °C
Ksilanaz	0.5-1	5-7	60	45
B-Gluktonaz	0.04-0.06	4-5	60	70
Amilaz	10-20	7-8	60	50
Selüloz	5-20	7-8	60	50

### 3. Bulgular ve Tartışma

Atık suya ait değerler şekillerde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 3-12).

Enzimlerin en yüksek TDS değerlerine bakıldığında (Şekil 3), ksilanaz (% 0.1),  $\beta$ -

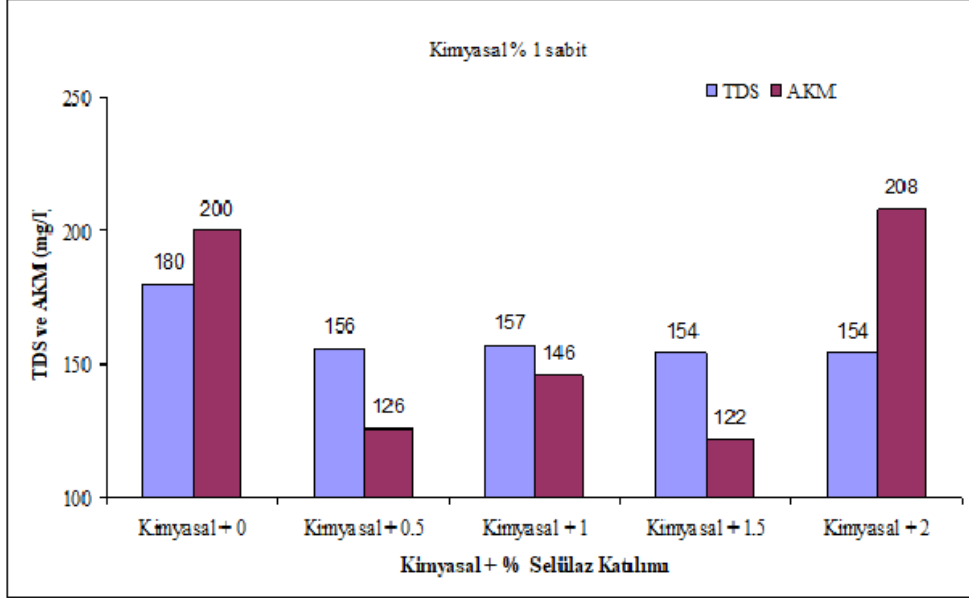
gluktonaz (% 0.01), amilaz (% 1) ve selülaz (% 0.5) için sırasıyla 168 mg/l; 164 mg/l; 165 mg/l ve 163mg/l olarak bulunmuştur. Bu enzimlere ait en düşük TDS değerlerine bakıldığında ise ksilanaz (% 0.4),  $\beta$ - gluktonaz (% 0.0025), amilaz (% 4) ve selülaz (% 2) için sırasıyla 150 mg/l; 158 mg/l; 148 mg/l ve 150 mg/l olarak bulunmuştur.



Şekil 3. Ksilanaz,  $\beta$ - Gluktonaz, Amilaz ve Selülaz eklenmesinin belirli miktarlarda çoğaltılmasının TDS ve AKM üzerindeki etkileri

Şekil 3' te verilen enzimlerin en yüksek AKM değerlerine bakıldığında ksilanaz (% 0.4),  $\beta$ -gluktonaz (% 0.0025), amilaz (% 4) ve selülaz (% 0.5) için sırasıyla 276 mg/l; 246 mg/l; 270 mg/l ve 206 mg/l olarak bulunmuştur. Bu enzimlere ait en

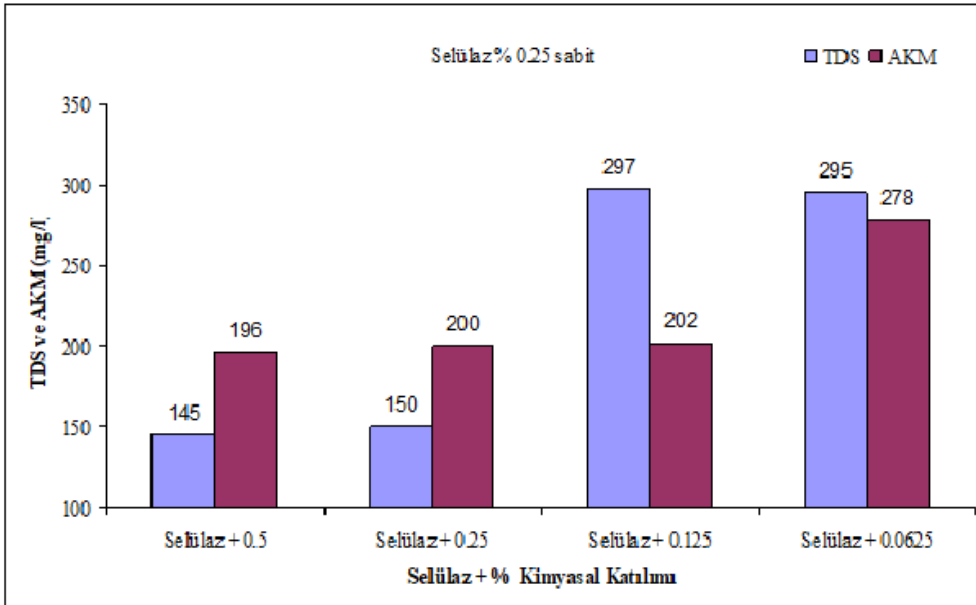
düşük AKM değerleri ise ksilanaz (% 0.1),  $\beta$ -gluktonaz (% 0.01), amilaz (% 3) ve selülaz (% 2) için sırasıyla 222 mg/l; 178 mg/l; 126 mg/l ve 160 mg/l olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Kimyasal eklenmesi sabit tutulurken Selülaz eklenmesinin belirli miktarlarda çoğaltılmasının (% 0.5; 1; 1.5; 2) TDS ve AKM üzerindeki etkileri

Şekil 4'e bakıldığında, TDS miktarında fazla bir değişiklik olmazken AKM miktarında ise selülazın kimyasalsız işlemine göre biraz düşüş yaşanmıştır. TDS için en iyi değer kimyasal % 1 +

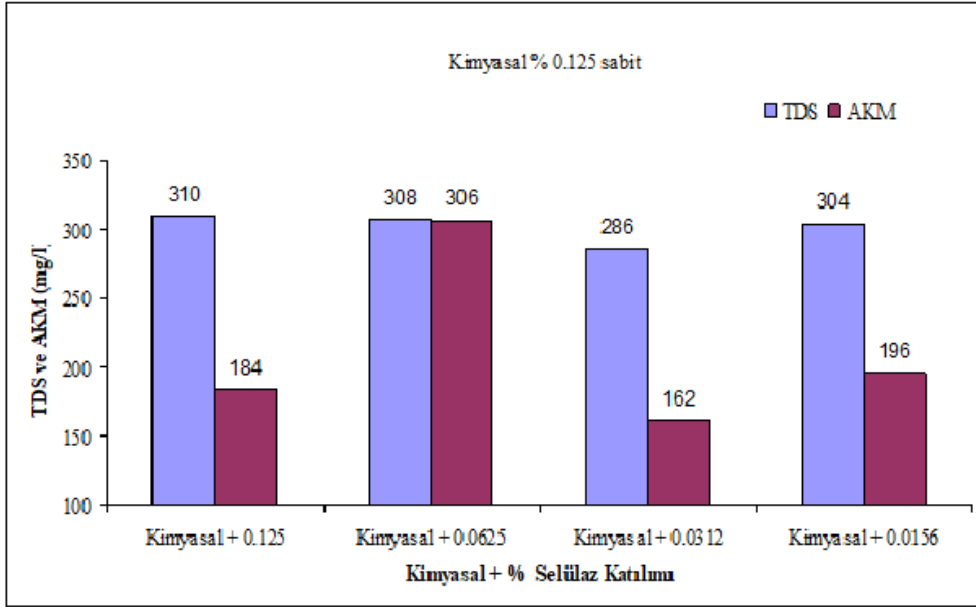
selülaz % 0.5 olurken, AKM için en iyi değerler ise 156 mg/l ve 106 mg/l elde edilmiştir (Karahan, 2012).



Şekil 5. Selülaz eklenmesi sabit tutulurken kimyasal eklenmesinin belirli miktarlarda düşürülmesinin (% 0.5; 0.25; 0.125; 0.0625) TDS ve AKM üzerindeki etkileri

Şekil 5'e bakıldığında, TDS ve AKM miktarlarında genel bir artış gözlemlenmiştir. Muhtemelen bu birlikte kullanım hamurdaki çözünme miktarını artırmıştır. TDS için en iyi

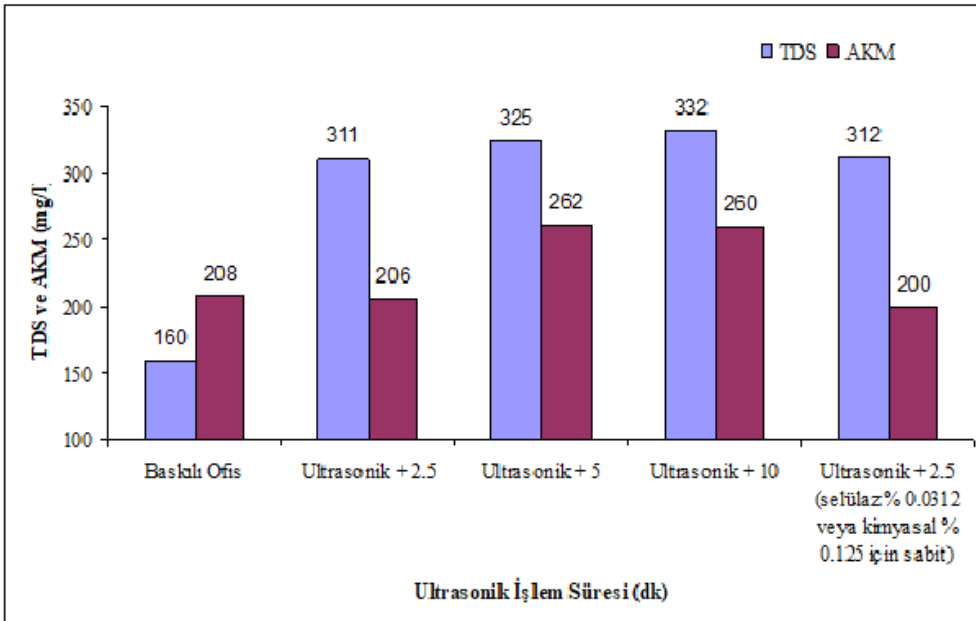
değer selülaz % 0.25 + kimyasal % 0.125 olurken, AKM için en iyi değerler ise 311 mg/l ve 202 mg/l elde edilmiştir.



Şekil 6. Kimyasal eklenmesi % 0.125 sabit tutulurken Selülaz eklenmesinin belirli miktarlarda düşürülmesinin (% 0.125; 0.0625; 0.0312; 0.0156) TDS ve AKM üzerindeki etkileri

Şekil 6'ya bakıldığında, TDS miktarlarında genel bir artış yaşanmıştır. AKM ise selülazın % 0.0625 katılımı hariç genel bir azalış yaşanmıştır. Bu durum muhtemelen kırıntı olan selülazın flotasyon

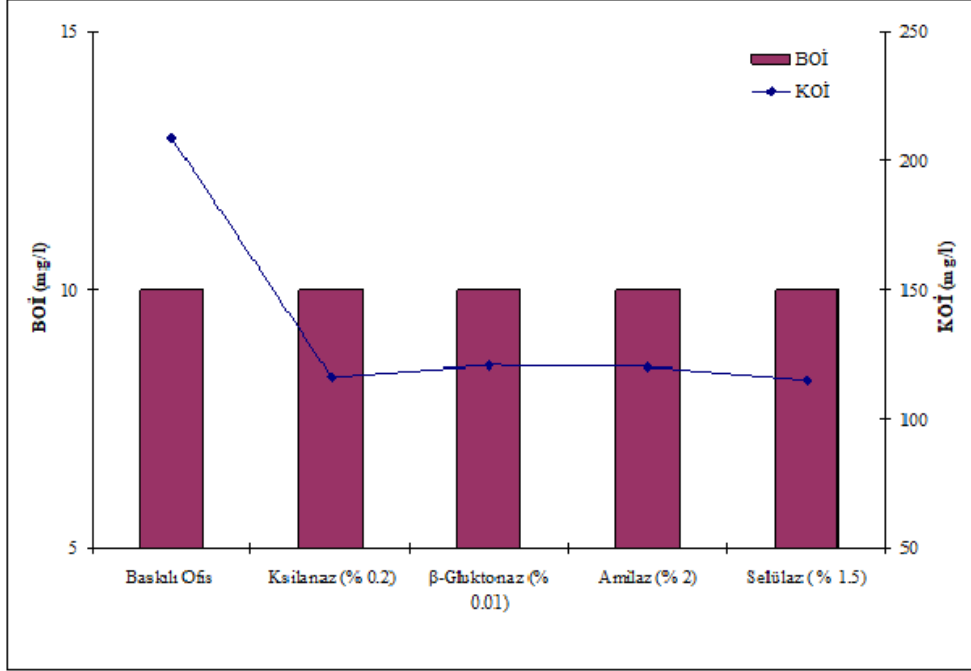
çamuruna tutunduğu düşünülebilir. TDS için en iyi değer kimyasal % 0.125 + selülaz % 0.0312 olurken, AKM için en iyi değerler ise 311 mg/l ve 202 mg/l elde edilmiştir.



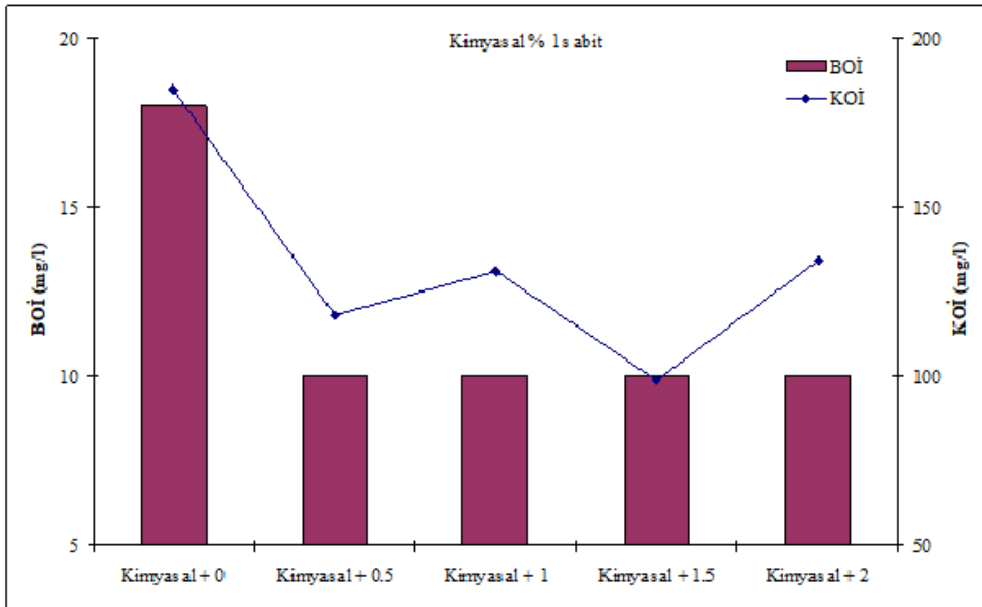
Şekil 7. Ultrasonik uygulama zamanının (dk 0; 2.5; 5; 10) TDS ve AKM üzerindeki etkileri

Şekil 7'ye bakıldığında, TDS ve AKM en fazla artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Muhtemelen bu durum ultrasonik işlemin kırıntı miktarını artırması olarak söylenebilir. TDS için en iyi değer kimyasal % 0.125 + selülaz % 0.0312 ve AKM için en iyi değerler 286 mg/l ve 162 mg/l

olurken, 2.5 dk. Ultrasonik uygulaması ardından bu değerler 312 mg/l ve 200 mg/l olarak bulunmuştur. Şekil 8'e bakıldığında, BOİ ve KOİ değerlerinin tüm enzimler için paralel çıktığı söylenebilir.



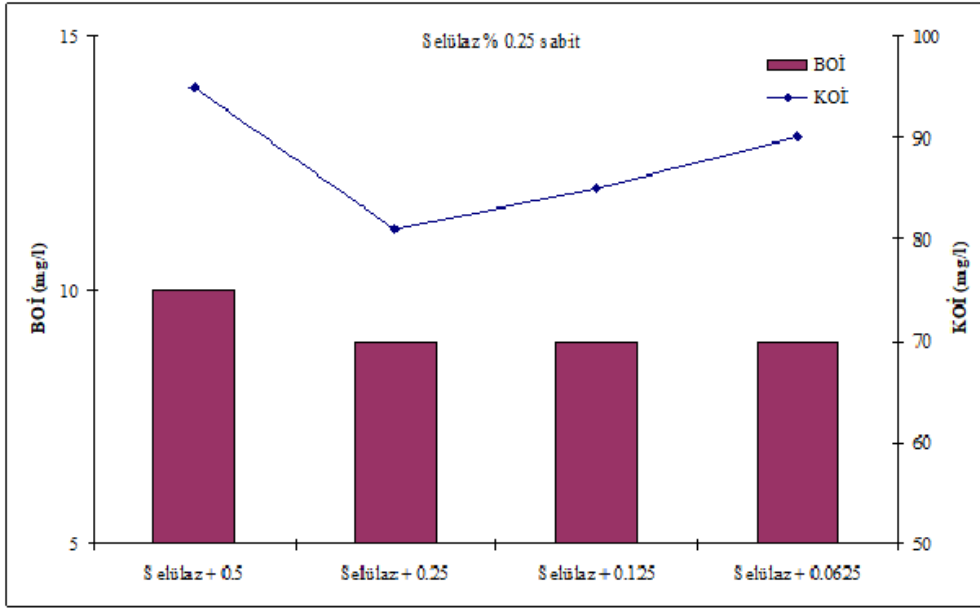
Şekil 8. Belli miktarlarda Ksilanaz, β- Gluktonaz, Amilaz ve Selülaz eklenmesinin BOİ ve KOİ üzerindeki etkileri



Şekil 9. Kimyasal eklenmesi sabit tutulurken Selülaz eklenmesinin belirli miktarlarda çoğaltılmasının (% 0.5; 1; 1.5; 2) BOİ ve KOİ üzerindeki etkileri

Şekil 9' a bakıldığında, BOİ değerleri sabit kalırken KOİ değerlerinde selülazın % 1.5 katılımı hariç yüksek bir değer çıktığı görülmüştür. Muhtemelen Flotasyon çamurundaki kirlilik oranının yüksek oluşu bu duruma sebep

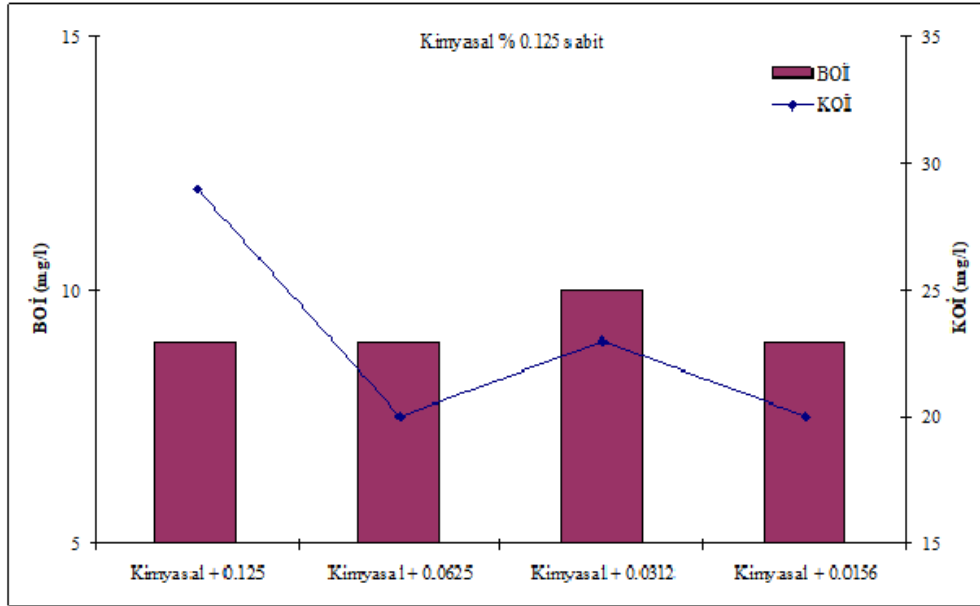
olarak gösterilebilir. BOİ için en iyi değer kimyasal % 1 + selülaz % 0.5 olurken KOİ için en iyi değerler ise 10 mg/l ve 118 mg/l elde edilmiştir.



**Şekil 10.** Selülaz eklenmesi % 0.25 sabit tutulurken kimyasal eklenmesinin belirli miktarlarda düşürülmesinin (% 0.5; 0.25; 0.125; 0.0625) BOİ ve KOİ üzerindeki etkileri

Şekil 10'a bakıldığında, BOİ ve KOİ değerlerinin selülazın tüm katılımları için paralel çıktığı söylenebilir. BOİ için en iyi değer selülaz % 0.25

+ kimyasal % 0.125 olurken, KOİ için en iyi değerler ise 9 mg/l ve 85 mg/l elde edilmiştir.

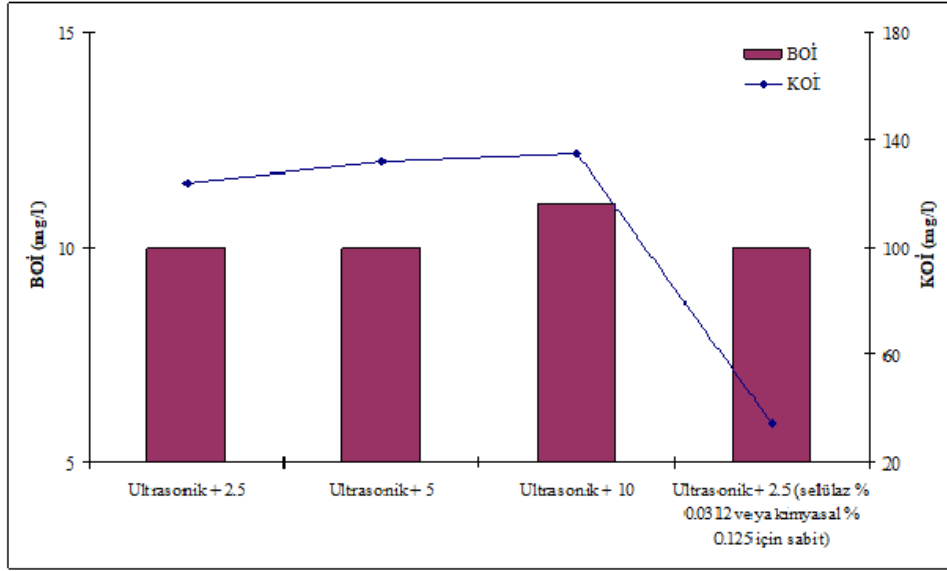


**Şekil 11.** Kimyasal eklenmesi sabit tutulurken Selülaz eklenmesinin belirli miktarlarda düşürülmesinin (% 0.125; 0.0625; 0.0312; 0.0156) BOİ ve KOİ üzerindeki etkileri

Şekil 11'e bakıldığında, BOİ ve KOİ verileri selülazın tüm eklenmelerinde paralel olduğu ve diğer eklenmelere kıyasla daha az olduğu ifade edilebilir. BOİ için en iyi değer kimyasal % 0.125 +selülaz % 0.0312 olurken, KOİ için en iyi değerler ise 10 mg/l ve 23 mg/l elde edilmiştir.

Şekil 12'ye bakıldığında, BOİ ve KOİ değerleri birbirine paralel seyretmektedir. Fakat ultrasonik uygulama zamanının artması ile artış olmuştur. Bu olay tonerin daha küçük parçalara ayrılıp atık suya geçmesi şeklinde ifade edilebilir.





Şekil 12. Ultrasonik uygulama zamanının (dk 2.5; 5; 10) BOİ ve KOİ üzerindeki etkileri

Kimyasal % 0.125 +selüloz % 0.0312 değere 2.5 dk Ultrasonik işlem ile BOİ ve KOİ verileri ise 10 mg/l ve 34 mg/l gözlemlenmiştir.

Enzimlerin mürekkep gidermede kullanılması ile bu amaçla kullanılan kimyasal kullanımını önemli ölçüde azalttığı için bu işlemlerin çevrede oluşturacağı kirlilik endişelerini de ortadan kaldırmaktadır (Yılgör, 2010; Karahan vd., 2015b). Mürekkep gidermeye enzim kullanımının olumlu katkısından dolayı kullanılan enzim çeşitlerinin geleneksel mürekkep uzaklaştırma işlemine alternatif olacağı tahmin edilmektedir (İmamoğlu, 2002; Karahan, 2017b). Ofis kâğıtlarının yüzdürme esaslı mürekkep giderme işlemlerinde ortalama hamur verimleri % 81.50 sonucuna varılmıştır (İmamoğlu, 2002; Karahan ve Karademir, 2019). Magazin dergileri ve atık kâğıtları üzerinde yüzdürme esaslı mürekkep uzaklaştırma işleminde ortalama hamur verimleri % 80 elde edilmiştir (Peşman, 2010; Karahan vd., 2015a). Hamurlaştırma işleminin tekrarında hem hamurun daha koyulaştığı hemde hamurdaki kırıntının arttığı görülmüştür (Brodeur ve Gerhardstein, 1998). Enzim uygulaması ile hem kimyasal miktarında azalma görülmüş hemde süzüntü suyu kontrol altına alınmıştır (Bajpai ve Bajpai, 1998). Ultrasonik işlem suyun akışkanlığını artırmaktadır (Brodeur ve Gerhardstein, 1998). Baz kâğıtlara ait KOİ verileri ortalama 160 mg/L olarak bulunmuştur (İmamoğlu, 2002).

#### 4. Sonuçlar

Çalışmada TDS miktarları bütün enzimlerde kayda değer bir farklılık oluşturmazken, AKM

miktarları ise hamur verimlerine göre bir paralellik seyretilmektedir. Ultrasonik uygulamanın TDS ve AKM bir artış farkedilmiştir. Bu sonuçla birlikte ultrasonik uygulama ile kırıntı miktarında da doğru orantılı olarak arttığı ifade edilebilir. Belirli miktarlarda enzim eklenmesinin BOİ ve KOİ üzerindeki etkisi ise, BOİ ve KOİ verilerinin bütün enzimler de paralel olduğu ifade edilebilir. Yine benzer şekilde, ultrasonik uygulamanın zamanının BOİ ve KOİ üzerindeki etkisi ise, BOİ ve KOİ verilerinin bütün enzimler de paralel olduğu ifade edilebilir. BOİ ve KOİ değerleri birbirine paralel seyretilmektedir. Bunun yanı sıra ultrasonik uygulama zamanının artması ile hamur miktarında azda olsa bir artışa neden olmaktadır. Bu durum ise ultrasonik uygulamanın zamanının artması ile birlikte toner daha fazla fiziksel mukavemet etkisinde kalıp daha da küçük parçalara ayrılmasına sebep olacaktır. Bu ise kırıntı tonerin hamura geçmesine sebebiyet verecektir.

Sonuçlara bakıldığında ultrasonik ve enzim uygulaması ile iyi sonuçlar alınmıştır, çalışmanın ayrıca hem maddi hem de doğaya faydası bakımından olumlu sonuçları olduğu söylenebilir. Genelde varılan hususlar maddeler halinde verilmiştir (Karahan, 2012; Karahan, 2017b).

- İNGEDE standardında belirtilen kimyasal miktarı düşürülmüştür (1/8)
- Selüloz enzimi diğer enzimlere göre daha iyi değerler elde edilmiştir.
- Kimyasal ve enzimin birlikte kullanılmasında olumlu olmuştur.
- Ultrasonik işlem başarılı sonuçlar vermiştir.

- Enzim, kimyasal ve ultrasonik işlem atık su değerlerini iyileştirmektedir.
- Enzimler kimyasallarla uyumludur.
- Enzimler için, sıcaklık, dozaj katılımı ve pH değişken olan unsurlardandır.
- Enzimler için uygulama zamanı fazladır. Bu yüzden daha az uygulama yapılmaktadır.
- Ultrasonik işlem ile toner parçalandığı için, liflerden ayırma kolaydır.
- Ultrasonik işlemin başarısı için suyun derecesi önemlidir.
- Ultrasonik işlem ile mürekkep parçacıkları daha da ufalandığı için işlem görmüş olan hamura geçme olasılığı vardır.

### Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2011/3-44D). Ayrıca bu çalışma Selim Karahan tarafından 2012 yılında yapılan doktora tezinin’de bir bölümünü içermektedir.

### Kaynaklar

- Bajpai, P. and Bajpai, P.K., 1998. Deinking with Enzymes. A Review: TAPPI Journal, 81 (12), 111-117.
- Brodeur, P.H. and Gerhardstein, J.P., 1998. Overview of Applications of Ultrasonics in the Pulp and Paper Industry, Proceedings of IEEE International Ultrasonics Symposium- Proceedings, 809-815.
- İngede Test Metodu 1, 2007. Optik Özelliklerin Ölçümü için Mürekkebi Giderilmiş Hamurdan Test Kâğıdı Hazırlama, Uluslararası Mürekkep Giderme Sanayi Kurumu verileri.
- İngede Test Metodu 2, 2007. Hamurun Optik Özelliklerinin Ölçümü ve Mürekkep Gidermedeki Süzüntü İşlemleri, Uluslararası Mürekkep Giderme Sanayi Kurumu verileri.
- İngede Test Metodu 11, 2007. Baskılı Ürünün Geri Dönüşülebilirliği, Uluslararası Mürekkep Giderme Sanayi Kurumu verileri.
- İmamoğlu, S., 2002. Atık Kâğıt Hamurlarının Formamaidin Sülfonik Asit (FAS) ile Ağartılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karahan, S., 2012. Ultrasonik Enerji ve Enzim Kullanımının Lazer Baskılı Ofis Kâğıtlarından Yüzdürme Esaslı Mürekkep Giderme İşlemi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Karahan, S., 2017a. Kâğıdın Optik Özellikler Üzerine Mürekkep Giderme İşlemi ile Farklı Uygulamaların Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (1), 146-160.
- Karahan, S., 2017b. Mürekkep Giderme İşleminin Ofis Kâğıtları Üzerindeki Fiziksel Direnç Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (1), 76-83.
- Karahan, S., 2017c. Atık Ofis Kâğıtları Üzerinde Yapılan Mürekkep Giderme İşleminin Hamur Verimi ve Atık Çamur Üzerine Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (1), 67-75.
- Karahan, S. ve Karademir, A., 2019. Mürekkep Giderme İşleminin Farklı Atık Kâğıtlar Üzerindeki Etkisi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7 (1), 15-24.
- Karahan, S., Karademir, A. ve Güvendi, E., 2015a. Ofis Kâğıtları Üzerindeki Mürekkep Giderme İşleminin Taramalı Elektron Mikroskobu ile Analizi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (1), 299-314.
- Karahan, S., Karademir, A. ve Güvendi, E., 2015b. Mürekkep Giderme İşleminin Lazer Baskılı Ofis Kâğıtlarındaki Organik ve Anorganik Madde Miktarları Üzerine Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (1), 241-250.
- Karademir, A., Akgül, M. ve Tutuş, A., 2002a. Kâğıt Endüstrisinde Enzim Kullanımına Genel Bir Bakış, Enzimlerin Kabuk Soyma, Liflerin Modifikasyonu, Çözünebilir Kâğıt Hamuru ve Selüloz Üretiminde Kullanımı. KSU Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 61-71.
- Karademir, A., İmamoğlu, S. ve Tutuş, A., 2002b. Situation of paper based waste in Turkey. ISWA International Congress, 419-426.
- Kenealy, W., Buschle-Diller, G., and Ren, X., 2006. Enzymatic Modification of Fibers for Textile and Forest Products Industries. Modified Fibers with Medical and Specialty Applications, 191-208.
- Kıran, Ö.E., Çömlekçioğlu, U. ve Dostbil N., 2006. Bazı Mikrobiyal Enzimler ve Endüstrideki Kullanım Alanları. KSU Fen ve Mühendislik Dergisi, 9, 12-19.
- Peşman, E., 2010. Atık Gazete ve Magazin Kâğıtlarının Mürekkep Uzaklaştırma ve Ağartma Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Skals, P., Krabek, A., Nielsen, P. ve Wenzel, H., 2008. Environmental Assesment of Enzyme Assisted

Processig in Pulp and Paper Industry. *Int LCA Case Studies*, 13 (2), 124-132.

Tatsumi, D., Higashihara, T., Kawamura, S. ve Matsumoto, T., 2000. Ultrasonic Treatment to Improve the Quality of Recycled Pulp Fiber. *Journal of Wood Science*, 46 (5), 405-409.

Yılgör, N., 2010. Mürekkep Giderme Sürecinde Enzimlerin Kullanılması. *Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul Üniversitesi, 60 (1), 73-75.

Yılgör, N., Cameron, J., Velpumadugu, A. ve Kumar, K., 2009. Enzymatic Deinking of Inkjet Printed Papers, *Pulping & Environmental Conference*, 1-14.