



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Mürekkep Giderme İşleminin Ofis Kâğıtları Üzerindeki Fiziksel Direnç Özellikleri Üzerine Etkisi

Selim KARAHAN<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Gümüşhane Üniversitesi Kürtün MYO, Ormanlık Bölümü, 29810 Kürtün- Gümüşhane, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: selimkarahan@gumushane.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, ilk olarak baskılı ofis kâğıtları üzerinde farklı aşamalarda hamurlaştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlemin ardından ise mürekkep giderme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde hamurlaştırma ve süspansiyon hazırlama aşamalarında farklı oranlarda kimyasal ve enzimler katılmış ve bunların etkileri analiz edilmiştir. Ultrases etkisi de ayrıca incelenmiştir. Bu işlemler süresince liflere ait mukavemet değerlerinin incelenmesi içinde, işlem sonunda elde edilen test kâğıtlarına ait fiziksel direnç analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ofis kâğıdı, Lazer baskı, Yüksek kesafet hamurlaştırma, Mürekkep giderme.

## Effects on Physical Resistance Properties of Office Papers of Deinking Treatment

### ABSTRACT

In this study, firstly pulping treatment were applied in different stages on printing offices papers .After of the this treatment the deinking treatments were carried. In this treatment, in stages of pulping and suspension spreparation, different level of chemicals and enzymes were added and their effects were analysed. The effect of ultrasound was also studied . In the last of process, physical resistance analyses belonging to test papers obtained were made.

**Keywords:** Office paper, Laser printing, High consistency pulping, Deinking.

## I. GİRİŞ

**A**TIK KAĞITLAR değişik metotlar ile üretilmiş farklı özellikteki kağıt hamuru harmanları, çeşitli dolgu maddeleri ve çok değişik kimyasal katkı maddeleri içerebilirler. Buna bağlı olarak lif kalitesi, işlenebilirliği ve işlem sonunda elde edilecek ürün verimi, kalite ve maliyetinde ciddi farklılıklar olur [1]. Enzim teknolojisinin giderek gelişmesi, ürünlerin kullanım alanlarının çeşitliliği ve ekonomik değerinin çok yüksek olması nedeniyle biyoteknolojinin endüstriyel enzimler ile ilgili alanında yapılan çeşitli araştırmalar daha da önem kazanmıştır [2]. Enzim muamelesi ile lifler üzerindeki mürekkep parçacıkları sökülüp dağılmaya başlar. Enzimler mürekkep - selüloz bağı kırabilir. Bu yüzden liflerden mürekkep parçacıklarının uzaklaşması kimyasallardan çok daha kolay olmaktadır. Enzimatik işlem ile kimyasal kullanımını azaltıp, doğal kaynakların daha iyi bir şekilde kullanımını sağlamaktadır [3]. Enzim uygulaması ile mürekkep uzaklaşmasının iyileştirildiği ve kullanılan farklı enzim tiplerinin geleneksel mürekkep gidermeye alternatif olacağı düşünülmektedir [4]. Hemen hemen yapılan tüm enzim uygulama işlemlerinde olumlu gelişmeler gösterildiği ve enzimatik uygulamalar ile çevreye olumlu katkı sağlanmış, ayrıca geleneksel mürekkep giderme işlemlerinde geniş miktarlarda kullanılan NaOH, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yerine enzimin daha iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir [5]. Ofis kâğıtlarına flotasyon esaslı mürekkep giderme işleminde pulper içerisindeki ağartma işlemlerinde ortalama hamur verimleri % 81,50 olarak bulunmuştur [6]. Ultrasonik muamele görmüş liflerin su tutma değeri geri dönüşümde oluşan kayıplardan dolayı iyileşmiştir. Bunun durumun nedeni olarak işlemin dövme etkisinden kaynaklanmaktadır [7].

## II. DENEY

Bu çalışmada, ofis kâğıtları üzerine siyah lazer baskılar yapılmış ve peşinden flotasyon (yüzdürme) metoduna göre mürekkep giderme işlemleri yapılmıştır. Mürekkep gidermede sırasıyla bazı kimyasallar, enzimler kullanılmış ve ayrıca ultrasonik enerjiden de faydalanılmıştır. Atık kâğıt süspansiyonuna belli şartlar altında ön hamurlaştırma yapıp sonrasında enzim ile belli şartlar altında muamele edilmiştir. Enzim muamelesi gören hamur daha sonra kimyasal ilavesi yapılacak olan ikinci amurlaştırma işlemine alınmış ve bu işlemin sonunda ise belli şartlar altında ultrasonik işlem yapılmıştır. Bu uygulamaların sonrasında ise işlem görmüş olan atık kâğıt hamuru, yüzdürme esaslı mürekkep giderme işlemine alınarak mürekkeplerinden tamamen arındırılmaya çalışılmıştır. İşlem sonunda ise elde edilen test kâğıtlarına ait fiziksel direnç analizleri yapılmıştır. Çalışmada, ticari olarak alınmış ksilanaz, β-gluktonaz, amilaz ve selülaz enzimleri kullanılmıştır. Araştırmada ayrıca kontrol amaçlı standart yüzdürme metoduna göre mürekkep giderme işlemi de yapılmıştır. Bu amaçla, sodyum hidrosit, hidrojen peroksit, sodyum silikat, oleik asit ve kalsiyum klorür Ingede metoduna göre uyarlanarak kullanılmıştır [8; 9; 10]. Yapılan proseslere ait kâğıt hamurlarının temel ve fiziksel direnç niteliklerini belirlemek için ISO standardına uygun olarak standart test kâğıtları yapılmıştır. Hiçbir dövme işlemi uygulanmadan yapılan test kâğıtlarının kopma ve patlama gibi fiziksel dirençleri indis olarak hesaplanmış ayrıca bu kâğıtların temel özelliklerinden olan dövülme derecesi (SR<sup>0</sup>), kalınlık, yoğunluk ve gramaj gibi değerleri tespit edilmiştir.

Çalışmada belirtilen ;

**Gramaj:** Kâğıdın 1 m<sup>2</sup>'nin kütlesini ifade eder. Kâğıt ağırlığı üzerinden satıldığı ve üretici firmanın üretim miktarını hesaplaması açısından önemlidir.

Kalınlık: Kâğıdın alt ve üst yüzeyi arasındaki mesafenin mm (mili metre) cinsinden değeridir.

Yoğunluk: Bir maddenin birim hacminin kütlesi olarak ifade edilir.

Patlama İndisi: Kâğıt 31,50 mm çapında bir kauçuk zara sıkıştırılır ve kauçuk zara hidrolik olarak basınç uygulanır. Daha sonrada bu değer üzerinden patlama indisi hesaplanır. Patlama kuvveti lifler arası bağ miktarına, bireysel lif sağlamlığına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Çekme İndisi: Çekme direnci statik bir denemedir. 15 mm genişliğinde ve 100 mm uzunluğundaki şerit halinde kesilmiş kâğıtlar cihazın hareketli kıskaçlarına yerleştirilir ve kâğıt koptuğu anda değer kg olarak kaydedilir. Daha sonrada bu değer üzerinden çekme indisi hesaplanır. Bir kâğıdın çekme direnci lifler arası bağların sayısı ve sağlamlığına bağlı olarak değişiklik gösterir.

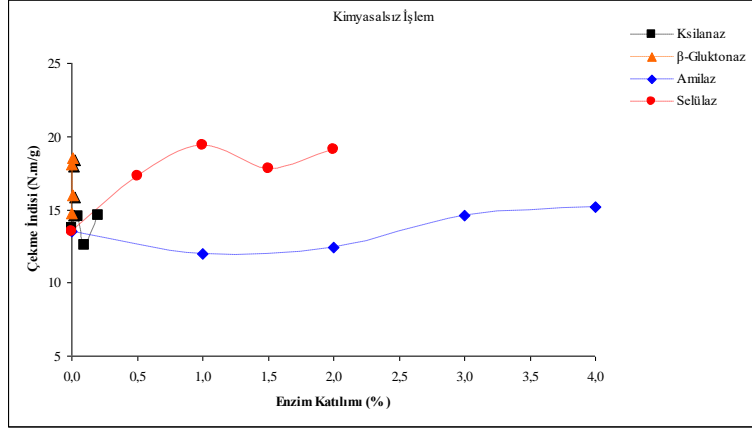
SR<sup>0</sup> : Lif süspansiyonunun belirli bir meshteki elekten süzülme derecesini belirtir. Yani hamurun serbestlik derecesi ölçüm biçimidir. Süzülme kolay iken serbestlik değeri artarken süzülme zor iken serbestlik değeri de azalmaktadır.

Çalışma sonunda el kâğıdı üretimi [11] ve analizinde belirlenen TAPPI standartları takip edilmiştir.

- Kondisyonlanma değeri [12]
- Patlama testi [13]
- Çekme testi [14]
- Kalınlık değeri [15]
- Rutubet tayini [16]

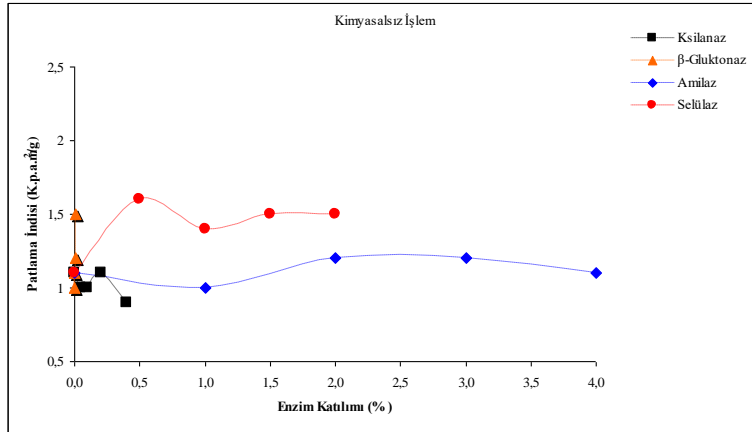
### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan proseslere ait kâğıt hamurlarının temel ve fiziksel direnç özelliklerini belirleyebilmek için ISO standardına uygun olarak standart test kâğıtları yapılmıştır. Daha sonrada bu test kâğıtları üzerinde gramaj, kalınlık, patlama indisi, çekme indisi ve SR<sup>0</sup> değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Test kâğıtlarının temel niteliklerinden biri olan gramaj için 1 m<sup>2</sup> lik bir kâğıt alanının kütlesi olarak ölçülmüştür. Çalışmada tam kuru kağıt ağırlığı baz olarak alınmıştır. 80 g/ m<sup>2</sup> olarak test kâğıdı formasyonu amaçlanmış ve buna göre alınacak seyreltik kâğıt hamurunun hacmi hesaplanmıştır. Fiziksel mukavemet ile ilgili analizler şekillerde verilmiştir (Bkz. Şekil 1; 2; 3; 4; 5; 6).



**Şekil 1.** Ksilanaz,  $\beta$ - gluktonaz, amilaz ve selülaz katılımının belli oranlarda artırılmasının çekme indisi üzerine etkisi [17]

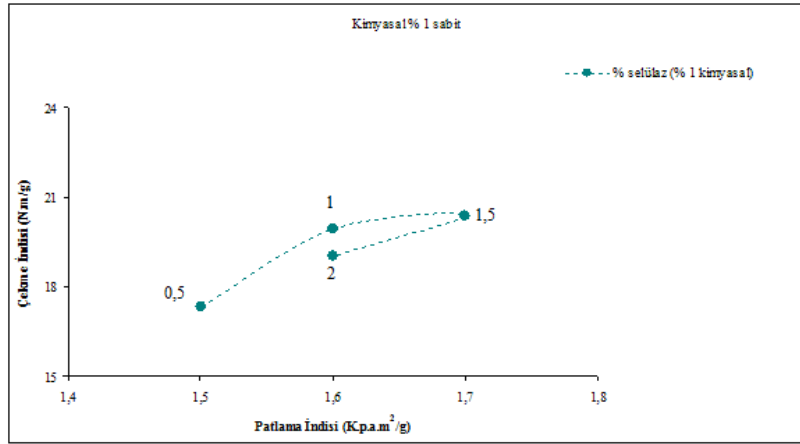
Kâğıt hamurlarının serbestlik derecesi elde edilecek kâğıdın formasyonuna ve fiziksel niteliklerine doğrudan etki etmektedir. Çalışmada kâğıt hamurları üzerinde hiçbir dövme işlemi uygulanmadığı için, kâğıt testlerine ait fiziksel direnç değerleri doğrudan proses şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Kimyasalsız işlemlere ait test kâğıtlarının ortalama  $SR^0$  değerleri 21,43 bulunurken, baz kâğıt olarak kullanılan fotokopi kâğıdının  $SR^0$  değer ise 30 olarak tespit edilmiştir. Fotokopi kâğıdında ki bu yüksek durum muhtemelen işlem görmediği bir çok materyeli içinde bulundurduğundan daha sıkı bir yapısı vardır. Kimyasallı işlemlere ait test kâğıtlarının ortalama  $SR^0$  değerleri 22,46 bulunmuştur. Ultrasonik işlemlerdeki  $SR^0$  değerleri ise 32 bulunmuştur [17].



**Şekil 2.** Ksilanaz,  $\beta$ - gluktonaz, amilaz ve selülaz katılımının belli oranlarda artırılmasının patlama indisi üzerine etkisi [17]

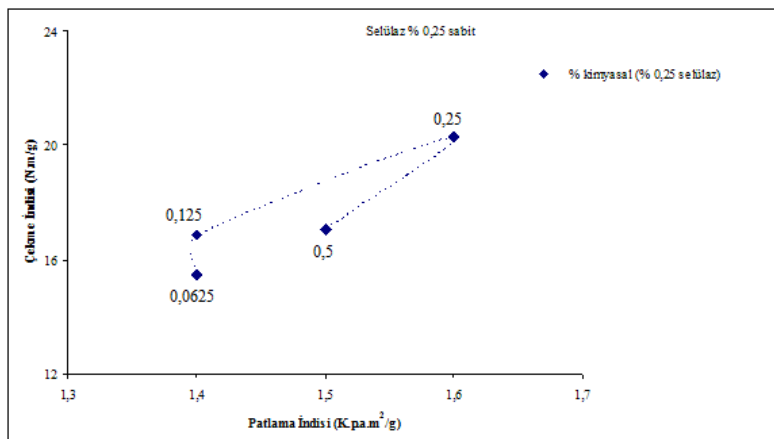
Enzimlerin kâğıdın çekme ve patlama indislerinde ufak dalgalanmalarda olsa genel olarak bir artış meydana getirmiştir (Şekil 1; 2). Enzimlerin çekme indis sonuçlarına baktığımızda en yüksek değer 19,37 N.m/g ile selülaz (% 0,5) enziminde olmuştur. Diğer enzimlerde ise ksilanazda (% 0,2) 14,60 N.m/g,  $\beta$ - gluktonazda (% 0,01) 18,51 N.m/g, amilazda (% 2) ise 15,19 N.m/g olmuştur. Patlama indislerinde ise en yüksek değer 1,6 K.p.a.m<sup>2</sup>/g ile selülaz (% 0,5) enziminde olmuştur. Diğer

enzimlerde ise ksilanazda (% 0,2), 1,1 K.p.a.m<sup>2</sup>/g, β- gluktonazda (% 0,01) 1,5 K.p.a.m<sup>2</sup>/g, amilazda (% 2) ise 1,2 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olmuştur.



**Şekil 3.** Kimyasal katılımı sabit alınırken selülaz katılımının belli oranlarda artırılmasının (% 0,5; 1; 1,5; 2) çekme indisi ve patlama indisi üzerine etkisi

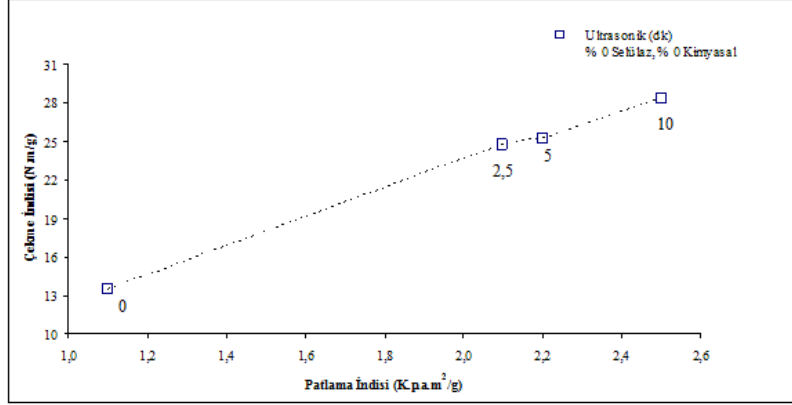
Kimyasal katılımı sabit iken selülaz katılımının belli oranlarda artırılmasının çekme indisi ve patlama indisi arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 3), bu ikisi arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Sonuçlar IE 700 değerleriyle de benzerlik göstermektedir. Şöyle ki IE 700 yüksek olduğu katılımlarda fiziksel mukavemetlerde yüksek, IE 700 düşük çıktığı katılımlarda ise fiziksel mukavemet değerlerinde düşük değerler gözlemlenmiştir. Denemelerde en yüksek çekme ve patlama indisi selülazın % 1,5' luk katılımında ve sırasıyla 20,37 N.m/g ve 1,7 K.p.a.m<sup>2</sup>/g bulunmuştur. Optimizasyona gidilerek belirlenmiş en iyi katılımdaki (kimyasal % 1 + selülaz % 0,5) çekme ve patlama indisi değerleri sırasıyla 17,34 N.m/g ve 1,5 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.



**Şekil 4.** Selülaz katılımı sabit alınırken kimyasal katılımının belli oranlarda azaltılmasının (% 0,5; 0,25; 0,125; 0,0625) çekme indisi ve patlama indisi üzerine etkisi

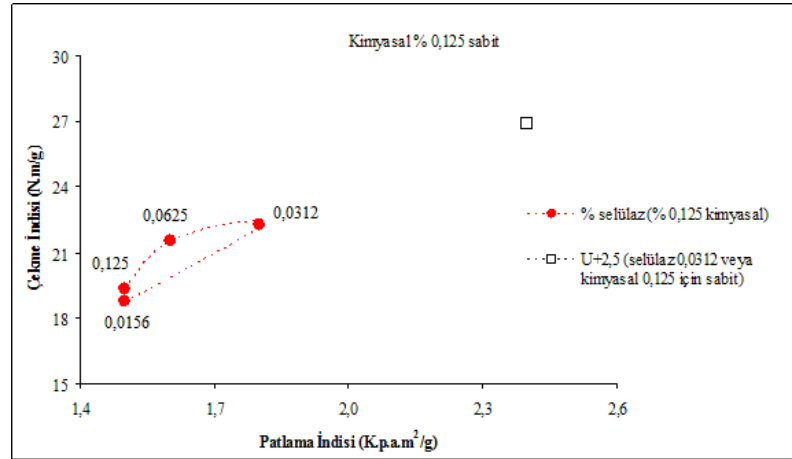
Selülaz katılımı sabit iken kimyasal katılımının belli oranlarda azaltılmasının çekme indisi ve patlama indisi arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 4), genel olarak çekme indisi ile patlama indisi

arasında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir. Denemelerde en yüksek çekme ve patlama indis değeri ‘selülaz % 0,25 + kimyasal % 0,25’ katılımda sırasıyla 20,3 N.m/g ve 1,6 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur. Optimizasyona gidilerek belirlenmiş en iyi katılımdaki (selülaz % 0,25 + kimyasal % 0,125) çekme ve patlama indis değeri sırasıyla ise 16,85 N.m/g ve 1,4 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.



**Şekil 5.** Ultrasonik işlem süresinin (dk 0; 2,5; 5; 10) çekme indisi ve patlama indisi üzerine etkisi

Ultrasonik işlem süresine bağlı olarak çekme ve patlama indis değeri de büyük bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 5).



**Şekil 6.** Kimyasal katılımı sabit alınırken selülaz katılımının belli oranlarda azaltılmasının (% 0,125; 0,0625; 0,0312; 0,0156) çekme indisi ve patlama indisi üzerine etkisi

Kimyasal katılımı sabit alınırken selülaz katılımının belli oranlarda azaltılmasının çekme indisi ve patlama indisi arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 6), bu ikisi arasında doğrusal bir ilişki gözükmemektedir. Denemelerde en yüksek çekme ve patlama indis değeri ‘selülaz % 0,0312 + kimyasal % 0,125’ katılımda sırasıyla 22,28 N.m/g ve 1,8 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur. Bu katılıma 2,5 dk.’lık ultrasonik işlem uyguladığımızda ise çekme ve patlama indis değeri ise sırasıyla 26,89

N.m/g ve 2,4 K.p.a.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur. Muhtemelen bu durum ultrasonik işlem hamur süspansiyonunun parça boyutunu küçülttüğünden, elde edilen test kâğıtları daha sıkı bir yapı oluşturmuştur.

#### IV. SONUÇ

Çalışmada enzimlerin kâğıdın çekme ve patlama indislerinde ufak dalgalanmalarda olsa genel olarak bir artış meydana getirmiştir. Selülaz katılımı sabit iken kimyasal katılımının belli oranlarda azaltılmasının çekme indisi ve patlama indisi arasındaki korelasyona baktığımızda, genel olarak çekme indisi ile patlama indisi arasında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir. Ultrasonik işlem süresine bağlı olarak çekme ve patlama indisi değerlerinde de büyük bir artış olduğu görülmektedir.

Genel olarak ultrases takviyesi ve enzim kullanımı ile oldukça başarılı, ekonomik ve çevresel açıdan daha az zararlı bir mürekkep giderme işlemi başarılmıştır. Konu hakkında daha detaylı çalışmalar yapılmasında fayda vardır. Genel olarak ulaşılan noktalar aşağıda sıralanmıştır;

- İNGEDE standardında önerilen kimyasal reçeteden daha aşağı inilmiştir (1/8)
- Enzimlerden Selülaz en iyi çalışmıştır
- Kimyasal ve enzim kombinesi iyi sonuçlar vermiştir
- Ultrasonik enerji son derece etkilidir
- Enzim ve ultrasonik enerji, kâğıt mukavemetlerini geliştirmiştir
- Enzim uygulamasında süre düşürmelidir
- Ultrasonik enerji son derece hızlı ve pratiktir
- Liflerde ciddi deformasyon olmamıştır
- Ultrasonik enerji daha fazla çalışılmalıdır
- Enzim aktivasyon süresi düşürülmelidir
- Enzim saflaştırılması yapılmalıdır

Ultrasonik işlemin avantajları;

- Ultrasonik işlem çevre dostu ve işlem süresi kısadır.
- Ultrasonik işlemde toneri parçaladığı için, liflerden ayırma kolaydır.
- Liflerde dövme etkisi yaptığı için fiziksel mukavemet değerlerinde artış sağlamaktadır.
- Ultrasonik işlemde süreyi aşınca kırıntı miktarını artırır
- Su sıcaklığının belli bir değerde olmasında daha etkindir. Lifler yumuşak ve şişkin ise ultrasonik işlem daha etkin olur.
- Toner daha küçük parçalara ayrıldığı için kırıntı tonerin azda olsa bir kısmının yüzdürme işleminden sonra temiz hamura geçme riski de yüksektir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] A. Karademir, S. İmamoğlu, Kağıtların Doğal Yaşlanmasına Bağlı Önemli Değredasyon Reaksiyonları, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, **4(2)** (2001) 98-108.
- [2] Ö.E. Kıran, U. Çömlekçioğlu, N. Dostbil, Bazı Mikrobiyal Enzimler ve Endüstrideki Kullanım Alanları: *KSU Fen ve Mühendislik Dergisi* 9 (2006) 12-19.
- [3] N. Yılgör, J. Cameron, A. Velpumadugu, K. Kumar, *Enzymatic Deinking of Inkjet Printed Papers*, **TAPPI Engineering, Pulping & Environmental Conference**, Memphis-Tennessee, (2009) 1-14.
- [4] M.A. Pelach, F.J. Pastor, J. Puig, F. Vilaseca, P. Mutje, Enzymatic Deinking of Old Newspapers with Cellulase, *Process Biochemistry* (2003) 1063-1067.
- [5] P. Skals, A. Krabek, P. Nielsen, H. Wenzel, Environmental Assesment of Enzyme Assisted Processig in Pulp and Paper Industry, *Int LCA Case Studies*, **13 (2)** (2008) 124-132.
- [6] S. İmamoğlu, Atık Kâğıt Hamurlarının Formamaidin Sülfirik Asit (FAS) ile Ağartılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, (2002)
- [7] D. Tatsumi, T. Higashihara, S. Kawamura, T. Matsumoto, Ultrasonic Treatment to Improve the Quality of Recycled Pulp Fiber: *Journal of Wood Science*, **46 (5)** (2000) 405-409.
- [8] Ingede Test Method 1. 2007. Test Sheet Preparation from Deinked Pulp for Measurement of Optical Characteristics, *International Association of the Deinking Industry*.
- [9] Ingede Test Method 2. 2007. Measurement of Optical Characteristics of Pulp and Filtrates From Deinking Process, *International Association of the Deinking Industry*.
- [10] Ingede Test Method 11. 2007. Assessment of Print Product Recyclability -Deinkability Test, *International Association of the Deinking Industry*.
- [11] Tappi T 205 sp-06, 1992. Forming Handsheets for physical Test of Pulp, Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [12] Tappi T 402-om-88, 1992. Standart Conditioning and Testing Athmospheres for Paper, Board, Pulp Hand Sheets and Related Products, Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- [13] Tappi T 403 om-91, 1992. Bursting Strength of paper. Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [14] Tappi T 404 om-87, 1992. Tensile Breaking Strength and Elongation of Paper and Paperboard (using pendulum-type tester) Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [15] Tappi T 411 om-89, 1992. Thickness (Calipler) of Paper, Paperboard and Combined Board Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [16] Tappi T 412-om-90, 1992. Moisture in Paper and Paperboard. Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [17] S. Karahan, Ultrasonik Enerji ve Enzim Kullanımının Lazer Baskılı Ofis Kâğıtlarından Yüzdürme Esaslı Mürekkep Giderme İşlemi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş-Türkiye, (2012)