



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Atık Ofis Kâğıtları Üzerinde Yapılan Mürekkep Giderme İşleminin Hamur Verimi ve Atık Çamur Üzerine Etkileri

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

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

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

### ÖZET

Bu çalışmada, atık ofis kâğıtları üzerine öncelikle siyah lazer baskı yapılmış ve daha sonra bu kâğıtlardan mürekkep giderme işlemleri gerçekleştirilmiştir. İkinci basamak olarak, baskılı kâğıtlar farklı şartlar altında Hobart hamurlaştırıcısı ile hamurlaştırılmış ve süspansiyonlar hazırlanmıştır. Hamurlaştırma ve süspansiyon hazırlama aşamalarında farklı oranlarda kimyasal ve enzimler katılmış ve bunların etkileri analiz edilmiştir. Ultrases etkisi de ayrıca incelenmiştir. Son olarak işlem görmüş olan atık kâğıt hamuru, yüzdürme esaslı mürekkep giderme işlemine alınarak mürekkeplerinden tamamen arındırılmaya çalışılmıştır. İşlem sonunda ise hamur ve atık çamur analizleri yapılmıştır. Bu sayede, test kâğıtlarında mukavemet değer kaybı olup olmadığına bakılmıştır. Çalışma sonunda, genel olarak test kâğıtlarında bir mukavemet artışı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atık çamur, Hamur verimi, Enzimler, Lazer baskı, Mürekkep giderme, Ultrases.

## Effects on Pulp Yield and Waste Sludge of Deinking made on Waste Office Papers

### ABSTRACT

In this study, firstly standart laser printing were applied on waste office papers and then deinking treatments were carried out on these papers. In the second step, printed papers were repulped using Hobart mixer under different conditions and the suspension were prepared. In the stages of pulping and suspension preparation, different level of chemicals and enzymes were added and their effects were analysed. The effect of ultrasound was also studied. In the final stage, the waste paper pulp treated was tried completely to purify from the deinks taking flotation deinking method. In the last of process, pulp and waste sludge were analysed. At this point, it was checked whether the lost of value strength on the test papers. At the end of the study, a strength increase was generally observed on the test papers.

**Keywords:** Waste sludge, Pulp yield, Enzymes, Laser printing, Deinking, Ultrasound.

## I. GİRİŞ

**A**TIK kağıtların tür ve kalitelerine bağlı olarak içerdikleri kirlilikler ve kullanım alanları çok farklıdır. Atık kâğıt hamurunun hazırlanmasında, atık kâğıdın türü ve kalitesi ne olursa olsun temel amaç; Kirlilikleri mümkün olduğunca uzaklaştırıp, temiz ve kaliteli bir hamur elde etmektir [1]. Kâğıt hamuru ve kâğıt endüstrisi, dünyada enzim kullanabilecek en büyük pazarlardan birisi olarak kabul edilmektedir. Hayat standardının artmasına paralel olarak dünya kâğıt ihtiyacı giderek artmakta, çevre dostu ve etkili üretim prosesleri daha da önem kazanmaktadır. Artan hamur verimi, gelişmiş lif özellikleri, iyileştirilmiş geri kazanma, daha az işlem yeterliliği ve çevre problemleri, kâğıt endüstrisinde enzim kullanılmasını doğuran sebeplerin başında gelir. Enzimlerin kâğıt endüstrisinde uzun süredir çok çeşitli amaçlarla kullanılıyor olmalarına rağmen, mürekkep giderme amacıyla kullanılmaları oldukça yenidir. Mürekkep giderme sürecinde hangi tip enzimin kullanılacağı, mürekkebi giderilecek atık kâğıdın ve üzerinde bulunan baskı mürekkebinin türüne bağlı olarak değişmektedir [2]. Enzimlerin mürekkep giderme işlemleri sırasında kullanılması işlemlerinde, geleneksel mürekkep giderme yöntemlerinde kullanılan başta sodyum hidroksit olmak üzere, sodyum silikat ve hidrojen peroksit gibi kimyasal maddelerin kullanımlarını azaltıp dolayısıyla da bu kimyasallarının tüketimlerini önemli ölçüde düşüreceği için çevre kirliliği ile ilgili kaygıları giderme konusundaki beklentilerinin de karşılamaaktadır [2]. Kâğıt ve hamur endüstrileri gibi endüstrilerde yeni teknolojilere büyük paralar yatırıldığını hâlbuki bu yeni enzim teknoloji ile hemen hemen aynı teknolojiyi daha ucuza başarılabilirliğini ve yeni teknolojilere geçmesini düşünenler için yatırım yapılabilecek bir alan olduğu görülmektedir [3]. Şu ana kadar yapılan tüm enzim uygulamalarında olumlu gelişmeler gösterilmiş ve çevreye olumlu katkı sağlanmıştır. Enzim uygulamaları ile 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> gibi kimyasalların yerine enzimin daha iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir [4]. Enzim ile ilgili fabrika ölçekli çalışmaların ise umut verici sonuçlara dayandığını ve dünyanın çeşitli fabrikaları mürekkep gidermede enzim kullanımına başlamıştır. Mürekkep giderme uygulamalarda çoğunlukla selülaz enzimi kullanılmış ve bu enzimin ise hamurun dövülmesi sırasında gerekli olan enerji miktarını düşürdüğü aynı zamanda ise geri dönüştürülmüş lif kullanırken hem yapışmanın kontrolünü hem de makine koşullarının iyileşmesi sağlamıştır [5]. Ultrasonik muamele işleminde esas olanın geniş miktardaki materyalin cihaz tarafından yakalanmasıdır. Bu sayede hamur üzerindeki kirliliklerde kopup hamurdan ayrılacaktır [6]. Yapılan çalışmada atık kâğıt üzerinde ultrasonun etkisi araştırılmıştır. Ultrasonu geri dönüştürülmüş lif süspansiyonuna uygulanmış ardından ise klasik yüzdürme ile mürekkep giderme işlemine alınmıştır. Bu durum ise lifin hacim ve esnekliğinde bir artışa neden olmuştur.

## II. DENEY

Çalışmada, Atık ofis kâğıtları üzerinde mürekkep giderme işlemleri yapılmış ayrıca işlem sırasında ise bazı kimyasallar, enzimler kullanılmış ve ultrasonik enerjiden de faydalanılmıştır. Atık ofis kâğıtlarına sırası ile önce hamurlaştırılma (Şekil 1) sonrasında enzim ve kimyasal ilavesi daha sonra ultrasonik işlem uygulaması en sonunda ise de yüzdürme esaslı mürekkep giderme işlemine alınarak mürekkeplerinden tamamen arındırılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda ise hamur ve atık çamur analizleri yapılmıştır. Çalışmada, enzim olarak ticari olarak alınmış ksilanaz, β-gluktonaz, amilaz ve selülaz kullanılmıştır. Araştırmada ayrıca kontrol amaçlı standart yüzdürme metoduna göre mürekkep giderme işlemi de yapılmıştır. Bu amaçla, sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum silikat, oleik

asit ve kalsiyum klorür Ingede test metoduna göre önceden belirlenen oranlarda kullanılmıştır [7; 8; 9]. Ultrasonik işlemden sonra hamur süspansiyonu mürekkep giderme yüzdürme hücresine alınıp orada % 1 kesafete ayarlanarak belirlenen sıcaklıkta ve süre de çalıştırılmıştır. Yüzdürme hücresi çalışırken biryandan da sistem üzerinde bulunan aparatlar ile yüzeyde oluşan kirli köpüklü kısım belli aralıklarla sıyrılıp alınmıştır. Bu kirli köpük ile çamur analizleri yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Hamurlaştırma işlemi



Şekil 2. Kirli köpük oluşumu

Bünyesinde farklı türden dolgu maddeleri iç yapıştırma tutkalları, baskı mürekkebi, değişik türde ve boyutta lifsel maddeler içeren atık kâğıtlar oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Doğal olarak işlemler sırasındaki madde kayıpları veya nihai hamur verimi bu karmaşık yapıyı oluşturan maddelerin oranlarına ve kullanılan proses teknolojilerine bağlıdır. Çalışma kapsamında hamurlaştırma kademesinde ilave edilen sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum silikat ve oleik asit ile yüzdürme işleminden önce suya ilave edilen kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak yüzdürme işlemi sonrası, hamur verimi ve atık çamur miktarları ölçülerek kaydedilmiştir.

Çalışmadaki hamur verim hesabı aşağıda verilen formül'e göre yapılmıştır (Formül 1).

$$Verim(\%) = \left[ \frac{B}{A} \right] \times 100 \quad (\text{Formül 1})$$

A : Tam kuru kâğıt miktarı (g)

B : İşlem sonundaki tam kuru kâğıt hamuru miktarı (g)

Çalışmada belirtilen;

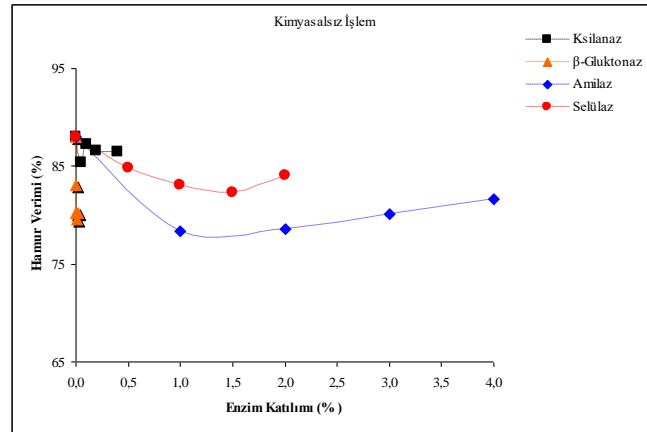
- Atık Çamur: Yüzdürme işlemi sırasında ortamdan uzaklaştırılan mürekkep, lif, dolgu maddesi ve benzerlerini içeren flotasyon çamur miktarını (FLÇ) belirtmektedir.
- Atık Kağıt Girdisi: Sisteme giren fırın kurusu ofis kağıdı miktarlarının toplamını belirtmektedir.
- İşlem Sonundaki Kağıt Hamuru: Yüzdürme işlemi sonrasında mürekkebi uzaklaştırılmış tam kuru hamur miktarını belirtmektedir.

Çalışma sonunda el kâğıdı üretimi [10] ve analizinde belirlenen tayin ve değer hesaplamalarında TAPPI standartları takip edilmiştir.

- Kül tayini [11]
- Kondisyonlanma değeri [12]
- Rutubet tayini [13]
- Ölçme ve örnekleme [14]

### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmaların sonunda yapılan tüm uygulamaların (ksilanaz,  $\beta$ -gluktonaz, amilaz ve selülaz enzimleri ile belirlenen yüzdeliklerde denemeler yapılmış sonrasında optimizasyona gidilmiş ve belirlenen selülaz enzimi ile değişik oranlarda ve farklı değerlerde kimyasal denemeler yapılmış daha sonrasında ise ultrasonik işlem uygulaması yapılmıştır) hamur verimi ve atık çamur miktarları üzerine etkisi incelenmiştir (Bkz. Şekil 3; 4; 5; 6; 7; 8).

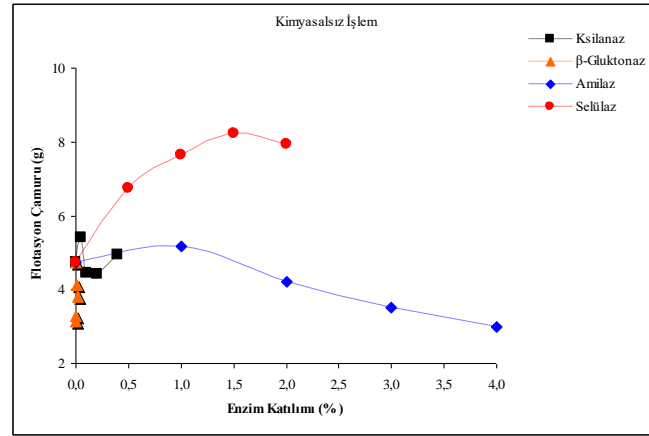


Şekil 3. Ksilanaz,  $\beta$ -gluktonaz, amilaz ve selülaz katılımının belli oranlarda artırılmasının hamur verimi üzerine etkisi

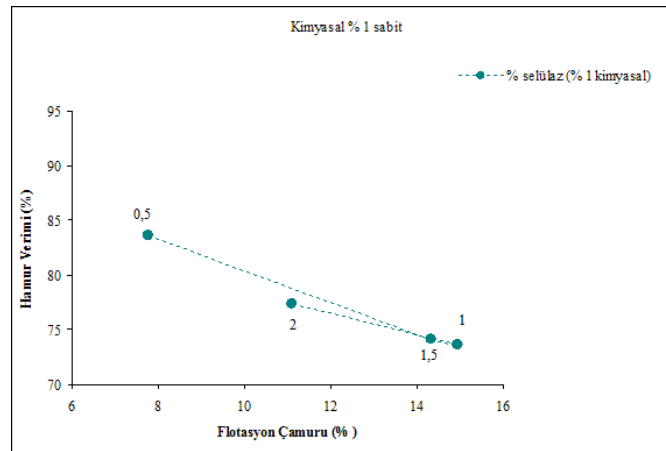
Enzimlerin hamur verimi üzerindeki etkisine baktığımızda (Şekil 3), tüm enzimlerin katılım oranları dikkate alındığında hamur verimlerinde öncesinde bir azalma sonrasında ise farklı oranlarda artışlar yaşanmıştır. Hamur verimindeki azalış olan bu durum ofis kâğıdının belli bir miktarını temsil eden (yaklaşık % 10) dolgu maddesinin su ile temasından ortamdan çoğunun ayrılması ile hamurlarda böyle bir azalışa sebep olmuştur. Bir enzimin değerlendirilmesinde (optimizasyona gidilmesinde) hamur verimi, atık çamur, atık su ile ilgili analizler, optik özellikler ile ilgili analizler ve fiziksel mukavemet ile ilgili analizler hepsi bir bütün olarak düşünülüp öyle değerlendirilme yapılmıştır. Enzimlerin süspansiyona katılım oranları ile bulunan en yüksek hamur verimlerinde ksilanaz (% 0,1) % 87,25;  $\beta$ -gluktonaz (% 0,0025) % 83,11; amilaz (% 4) % 81,63 ve selülaz (% 0,5) % 84,85 olarak bulunmuştur. Enzimlerin süspansiyona katılım oranları ile bulunan en düşük hamur verimlerinde ksilanaz (% 0,05) % 85,33;  $\beta$ -gluktonaz (% 0,01) % 79,56; amilaz (% 1) % 78,35 ve selülaz (% 1,5) % 82,33 olarak bulunmuştur.

Enzimlerin atık çamur üzerindeki etkisine baktığımızda (Şekil 4), elde edilen atık çamurun hamur veriminin aksi istikamette bir yol izlediği görülmektedir. Bu durum bize hamur verimi ne kadar çok ise flotasyon çamuru o kadar az, flotasyon çamuru ne kadar çok ise hamur veriminin de o kadar azalacağını göstermektedir. Enzimlerin katılım değerleri ile elde edilen en yüksek atık çamurlara baktığımızda ksilanaz (% 0,05) için 5,39 g;  $\beta$ -gluktonaz (% 0,01) için 4,12 g ; amilaz (% 1) için 5,18 g ve selüloz (% 1,5) için 8,22 g olarak bulunmuştur. En düşük flotasyon çamurlarına baktığımızda ise ksilanaz (% 0,2) için 4,4 g;  $\beta$ -gluktonaz (% 0,0025) için 3,13 g; amilaz (% 4) için 3 g ve selüloz (% 0,5) için 6,75 g olarak bulunmuştur.

Kimyasal katılımı sabit iken selüloz enziminin belli oranlarda katılımının (% 0,5; % 1; % 1,5; % 2) hamur verimi ve flotasyon çamuru arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 5) , genel olarak hamur veriminde bir azalış gözlenirken bu durum flotasyon çamurunda ise bir artışa neden olmuştur. Fakat bu durumu kimyasalsız işlemde katılan selüloz ile kıyasladığımızda hamur veriminde daha fazla bir azalma olduğu gözlenmiş ve flotasyon çamurunda ise daha fazla bir artışa neden olmuştur. Bu durum selüloz ile kimyasalın etkileşiminin lifler üzerinde daha fazla bir bağlanma oluşturduğunu dolayısıyla da bu durumun flotasyon çamurunda da bir artışa neden olduğu söylenebilir.

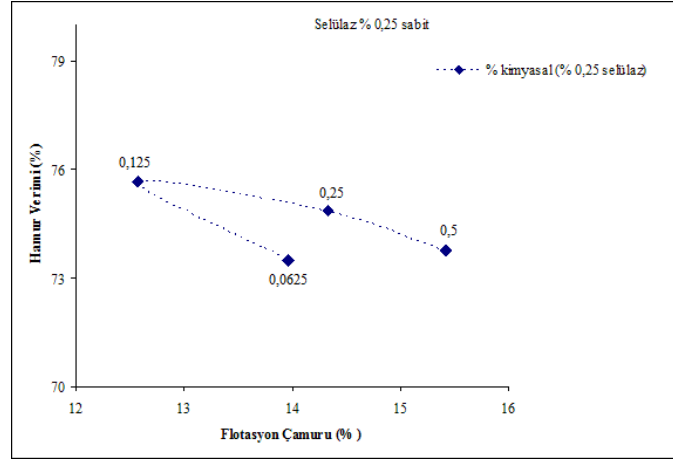


Şekil 4. Ksilanaz,  $\beta$ -gluktonaz, amilaz ve selüloz katılımının belli oranlarda artırılmasının flotasyon çamuru üzerine etkisi



Şekil 5. Kimyasal katılımı sabit alınırken selüloz katılımının belli oranlarda artırılmasının (% 0,5; % 1; % 1,5; % 2) hamur verimi ve flotasyon çamuru üzerine etkisi

Çalışmada en yüksek hamur verimi ve ona ait flotasyon çamuru (kimyasal % 1 + selüloz % 1,5) için % 83,65 ve 7,78 g olarak bulunurken, en düşük hamur verimi ve ona ait flotasyon çamurunda (kimyasal % 1 + selüloz % 1,5) ise sırasıyla % 73,65 ve 14,94 g olarak bulunmuştur. Kimyasal % 1 sabit tutulurken, selülozun belli oranlarda katılımı (% 0,5; % 1; % 1,5; % 2) sağlanmış sonunda ise bu selüloz katılımlarda optimizasyona gidilmiştir. Hamur verimi ve buna ait flotasyon çamuru % 0,5' lik katılım için % 83,65 ve flotasyon çamuru için ise 7,78 g olarak bulunmuştur.



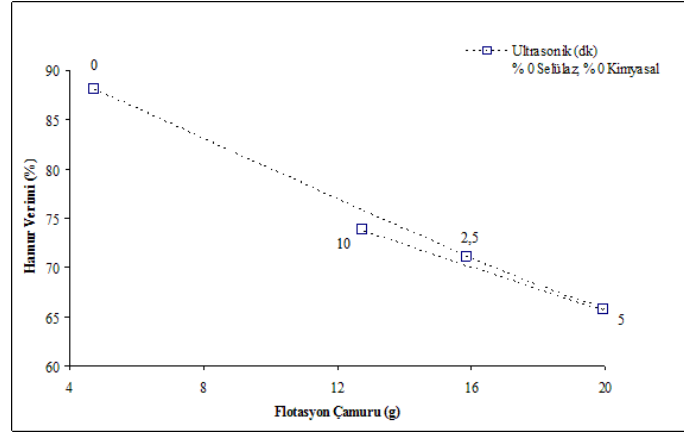
**Şekil 6.** Selüloz katılımı sabit alınırken kimyasal katılımının belli oranlarda azaltılmasının (% 0,5; % 0,25; % 0,125; % 0,0625) hamur verimi ve flotasyon çamuru üzerine etkisi

Kimyasalın % 1 sabit iken selülozun belli oranlarda katılımına (% 0,5; % 1; % 1,5; % 2) göre (Şekil 5), kimyasalın % 1 ve selülozun % 0,5 olan katılım referans alınmıştır. Bu doğrultuda önce selüloz ve kimyasal katılım miktarını yarıya indirilmiştir (selüloz % 0,25, kimyasal % 0,5), daha sonra ise selüloz katılımını % 0,25'te sabit alınıp bu seferde kimyasal katılımını ise yarıya inen değer üzerinden belli oranlarda azaltmaya (% 0,5; % 0,25; % 0,125; % 0,0625) başlanmıştır. Selüloz katılımı sabit alınırken hamur verimi ve flotasyon çamuru arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 6), genel olarak hamur veriminde artış flotasyon çamurunda bir azalışa neden olmuştur.

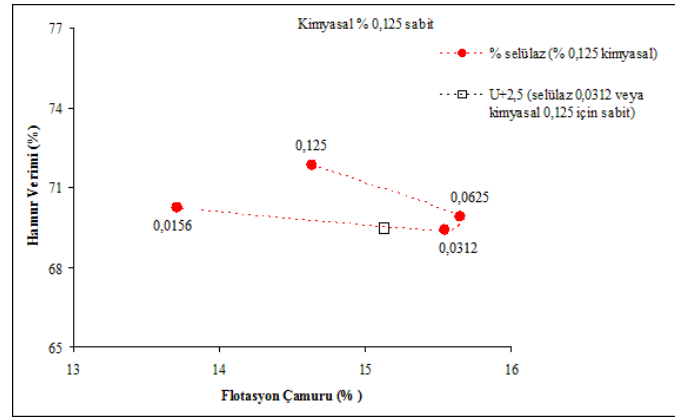
Çalışmada en yüksek hamur verimi ve ona ait flotasyon çamuru (selüloz % 0,25 + kimyasal % 0,125) için % 75,66 ve 12,58 g olarak bulunmuştur. En düşük hamur verimi ve ona ait flotasyon çamurunda (selüloz % 0,25 + kimyasal % 0,0625) ise sırasıyla % 73,49 ve 13,96 g olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda yeniden optimizasyona gidilmiş ve selülozun % 0,25 iken kimyasalın belli oranlarda azaltılmasında (% 0,5; % 0,25; % 0,125; % 0,0625), selüloz % 0,25' iken kimyasalın % 0,125'lik katılımı uygun bulunmuştur. Bu katılım için hamur verim ve çamur analizleri ise sırasıyla % 75,66 ve 12,58 g olarak bulunmuştur.

Ultrasonik işlem süresinin ( 0 dk; 2,5 dk; 5 dk; 10 dk) hamur verimi ve flotasyon çamuru arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 7), ultrasonik işlemin 2,5 dk uygulanmasında flotasyon çamuru 16 g iken, 5 dk uygulanmasında en düşük hamur verimi ve en yüksek flotasyon çamuru olmaktadır. Bu süreden sonra kırıntı miktarı arttığından hamurun veriminde de bir artış ve dolayısıyla da kırıntı tutulamadığından flotasyon çamurunda da bir azalış gözlenmiştir.

Çalışmada en yüksek hamur verimi (%) ve ona ait flotasyon çamuru (g) (10 dk'lık ultrasonik işlem) % 73,83 ve 12,73 g olarak bulunurken, en düşük hamur verimi (%) ve ona ait flotasyon çamurunda (g) (5 dk'lık ultrasonik işlem) ise sırasıyla % 65,72 ve 19,95 g olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Ultrasonik işlem süresinin (0 dk; 2,5dk; 5dk; 10dk) hamur verimi ve flotasyon çamuru üzerine etkisi



Şekil 8. Kimyasal katılımı sabit alınırken selülaz katılımının belli oranlarda azaltılmasının (% 0,125; % 0,0625; % 0,0312; % 0,0156) hamur verimi ve flotasyon çamuru üzerine etkisi

Hamur verimi ve flotasyon çamuru arasındaki korelasyona baktığımızda (Şekil 8), genel olarak hamur veriminde ilk katılımdan sonra bir düşüş yaşanırken, flotasyon çamurunda ise bir artış meydana gelmiştir. Daha sonraki katılımlarda ise hamur verimi ve flotasyon çamuru miktarlarında az bir değişim gözlemlenmektedir. Çalışma sonunda yeniden optimizasyona gidilmiş ve kimyasalın % 0,125 iken selülazın belli oranlarda azaltılmasında (% 0,125; % 0,0625; % 0,0312; % 0,0156), kimyasal % 0,125' iken selülazın % 0,0312'lik katılımı uygun bulunmuştur. Bu katılım için hamur verim % 69,41 ve çamur analizi ise 15,65 g olarak bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada optimizasyona gidilen değer üzerinde (selülaz % 0,0312, kimyasal % 0,125) ultrasonik işlem uygulaması yapılmıştır. Çalışmada (kimyasal % 0,125 + selülaz % 0,125) en yüksek hamur verimi % 71,85 ve ona ait flotasyon çamuru için 14,63 g olarak bulunmuştur. Çalışmada ayrıca (kimyasal % 0,125 + selülaz % 0,0312) en düşük hamur verimi % 69,41 ve ona ait flotasyon çamuru ise 15,65 g olarak bulunmuştur.

## IV. SONUÇ

Genel olarak enzim artışına paralel olarak hamurdaki çözünme ve kırıntı miktarı arttığı için bu durum hamur veriminde bir artışa neden olmuştur. Diğer bir ifadeyle flotasyon işlemi sırasında bu kırıntılar, hava kabarcıklarına tutunup yüzeye çıkamamış ve tekrar hamura karışmıştır. Çalışmada hamur verimi ile flotasyon çamuru arasında ters orantı olduğu gözlemlenmiştir. Flotasyon çamurunun artışı ile süspansiyondaki lif kaybı da artacağından işlem sonucunda ise hamur verimi ne kadar çok ise flotasyon çamuru o kadar az, flotasyon çamuru ne kadar çok ise hamur veriminin de o kadar azalacağını göstermektedir. Enzimler içerisinde optimizasyona hamur süspansiyonu içerisinde gerek hamur verimi gerekse atık çamur olarak değerlendirildiğinde en iyisinin selülaz enzimi olduğu kanısına varılmıştır. Bu ise selülaz enziminin süspansiyon içerisindeki etki alanının daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada ultrasonik işlemin hamur verimi ve flotasyon çamuru üzerinde fazla bir etkisinin olmadığı da gözlemlenmiştir. Genel olarak enzim kullanımı ise oldukça başarılıdır. Kimyasallar ile kıyaslandığında enzim doğal bir ürün olduğundan hem ekonomik hem de 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
- Enzim uygulamasında süre düşürmelidir
- İşlemler sonucu çamur alımı kolaylaşmıştır
- Enzim aktivasyon süresi düşürülmelidir
- Enzim saflaştırılması yapılmalıdır
- Farklı mürekkepler çalışılmalıdır

## V. KAYNAKLAR

- [1] H. Kırıcı, Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, *KTÜ Yayın, No 86, Trabzon*, (2006)
- [2] N. Yılıgör, Mürekkep Giderme Sürecinde Enzimlerin Kullanılması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 60 (1) (2010) 73-75.
- [3] W. Kenealy, G. Buschle-Diller, and X. Ren, Enzymatic Modification of Fibers for Textile and Forest Products Industries: Modified Fibers with Medical and Specialty Applications (2006) 191-208.
- [4] P. Skals, A. Krabek, P. Nielsen, H. Wenzel, Environmental Assessment of Enzyme Assisted Processig in Pulp and Paper Industry: *Int LCA Case Studies*, 13 (2) (2008) 124-132.
- [5] P.K. Bajpai, Solving The Problems of Recycled Fiber Processing With Enzymes, *Bioresources*, 5 (2) (2010) 1311-1325.



- [6] P.H. Brodeur, J.P. Gerhardstein, *Overview of Applications of Ultrasonics in the Pulp and Paper Industry: Institute of Paper Science and Technology: Proceedings of IEEE International Ultrasonics Symposium-Proceedings*, Sendai- Japan, (1998) 809-815.
- [7] Ingede Test Method 1. 2007. Test Sheet Preparation from Deinked Pulp for Measurement of Optical Characteristics, *International Association of the Deinking Industry*.
- [8] Ingede Test Method 2. 2007. Measurement of Optical Characteristics of Pulp and Filtrates From Deinking Process, *International Association of the Deinking Industry*.
- [9] Ingede Test Method 11. 2007. Assessment of Print Product Recyclability -Deinkability Test, *International Association of the Deinking Industry*.
- [10] Tappi T 205 sp-06, 1992. Forming Handsheets for physical Test of Pulp, Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [11] Tappi T 211 om-85, 1992. Ash in Wood and Pulp, Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 1.
- [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 412-om-90, 1992. Moisture in Paper and Paperboard. Tappi Test Methods, *Tappi Pres*, Atlanta, 2.
- [14] Tappi T 656 om-83, 1992. Measuring, Sampling and Anaysing White Waters, Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 3.