print istanbul
1. Uluslararası / 1st International
Basım Teknolojileri / Printing Technologies
Sempozyumu / Symposium
8-10 Ekim/October 2015

TONER VE İNKJET BAZLI DİJİTAL BASKI MÜREKKEBİ İLE BASILAN KAĞITLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜNDEN ELDE EDİLEN KAĞITLARIN OPTİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF THE OPTICAL PROPERTIES OF RECYCLED PAPER WHICH PRINTED BY TONER AND INKJET BASE DIGITAL PRINTING INK

Doğan Tutak*, Şükrü Cem Özakhun*, Hüseyin N. Beytut, Cem Aydemir***

**Marmara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksek Okulu, Basım Teknolojileri Bölümü, İstanbul, Türkiye*

*** İstanbul Aydın Üniversitesi Basım ve Yayın Teknolojileri Bölümü*

dtutak@marmara.edu.tr

ÖZET

Çalışmada, günümüzde yaygın olarak kullanılan inkjet ve toner bazlı dijital baskı makineleri ile I. hamur ofis kağıtlarına baskılar yapılmıştır. Basılan kağıtlar hızlandırılmış yaşlandırma ile kullanılmış kağıt haline dönüştürülmüştür. Daha sonra INGEDE method 11p. yöntemi kullanılarak iki ayrı geri dönüşüm kağıt hamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan her iki kağıt hamurunun yarısı flotasyon yöntemi ile mürekkep uzaklaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ayrıca baskısız birinci hamur kağıtlardan da aynı oranda kağıt hamuru hazırlanmıştır. Daha sonra bu kağıt hamurlarından TAPPI T 272 standardına göre mürekkepten arındırılmış ve mürekkepten arındırılmamış el yapımı tabaka ve filtre edilmiş kağıt hamuru hazırlanmıştır. Elde edilen el yapımı tabaka ve filtre edilmiş kağıt hamuru Technidyne BrightiMeter Micro S-5 (T458, C/2° light source, 457nm) test cihazı ile ölçümleri yapılarak elde edilen Brigtness, Luminosity Y, CIE a* ve CIE b* gibi optik değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan kağıt, yüzeyi kaplamasız ofis kağıdı olarak seçilmiştir. Bunun nedeni toner bazlı ve inkjet mürekkebin direkt olarak kağıt liflerine temas etmesi ve deinking işleminin mürekkep uzaklaştırmadaki etkisinin daha net görülmesidir.

Anahtar kelimeler: INGEDE, Deinking, Inkjet, Laserjet, Geri dönüşümlü kağıt

ABSTRACT

In this study, uncoated base paper was printed with Inkjet and toner based digital printers, which are widely used. This printed-paper was aged usıng an accelerated agıng process. Then two different recycled pulps were prepared using INGEDE method 11p. Half of each of these was used to prepare different pulps for deinking with flotation method. Unprinted paper pulp was also prepared. Later, according to TAPPI T 272 standard, deinked and undeinked hand sheets and filter pads were prepared from these pulps. Obtained hand sheets and filter pads were measured with Technidyne BrightiMeter Micro S-5 (T458, C/2° light source, 457nm) test device. Finally, the optical properties values of Brightness, Luminosity Y, CIE a* and CIE b* were compared each other. Uncoated office paper was chosen as the substrate for this testing. Due to the fact that toner and inkjet based inks contact the fibers directly, the effect of the deinking process on ink removal is seen more clearly.

Keywords: INGEDE, Deinking, Inkjet, Laserjet, Recycled paper

GİRİŞ

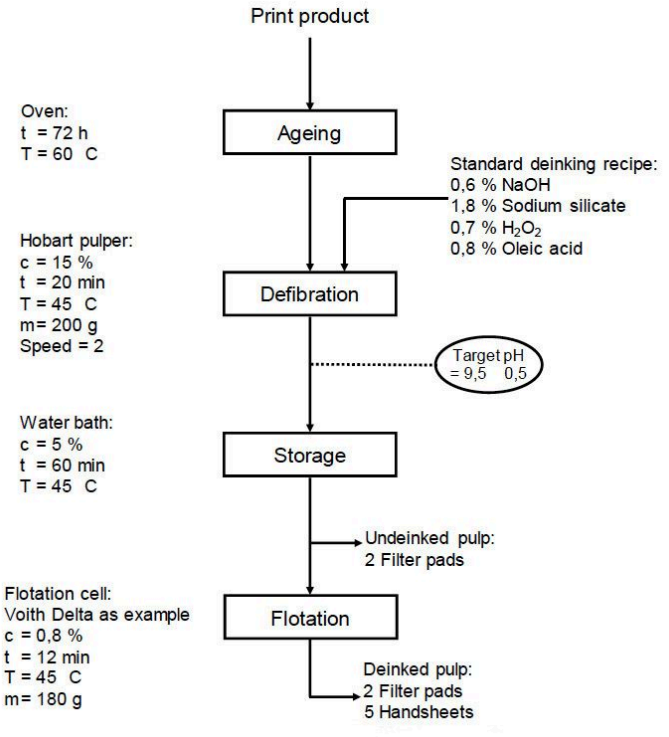
Dijital baskı sistemlerinin hızla geliştiği günümüzde, dijital baskı makinelerinden çıkan atık kağıt miktarının artması, geri dönüşümlü kağıt üreten kağıt fabrikaları için önemli bir ham madde kaynağı oluşturmuştur. Çıkan bu atık kağıtların yüksek oranda geri dönüştürülmesi hem ekonomik hem de çevresel faktörler açısından oldukça önemlidir.

Son 50 yıl içinde, ormanları ve çevreyi koruma adına her geçen gün daha fazla çaba harcanmaktadır. Atık kağıtların daha iyi kullanımı, yeni alternatif lif kaynakları bulmak ve ağaçlar üzerinde bazı genetik modifikasyonlar yaparak endüstriyel ekim alanları yaratmak için bu alanda sayısız çalışmalar devam etmektedir. Geri dönüştürülmüş liflerin kullanımı, özellikle orman kaynakları az olan ülkeler için çok önemlidir, böylece geri dönüşümlü kağıtlardan çevreye zarar vermeden yeterli ve sürdürülebilir lif desteği sağlanabilir. [1]

Kağıt geri dönüşümü kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde hammadde sıkıntısını aşmak için önemli bir yol olarak kabul edilmektedir.[2] Çevresel düzenlemeler sanayi üreticilerini katı atıkların etkin geri dönüşümü için zorunlu kılmaktadır. Bundan dolayı geri dönüşüm ve deinking tesisleri kağıt endüstrileri ve kağıt hamuru süreçleri için vazgeçilmez olmuştur. [3] Geri dönüşümlü liflerin kullanımı özellikle birçok başarılı deinking işlemi nedeniyle, son birkaç yılda önemli ölçüde artmıştır. [4]

Deinking (Mürekkepten arındırma) sistemleri gelişmeye devam etmektedir. Mürekkepten arındırma sistemi iki şekilde olur, birincisi yıkama yöntemidir, mürekkep liflerden arındırılır. İkincisi ise flotasyon (yüzdürme) yöntemidir, hidrofobik mürekkep partikülleri hava kabarcıkları yardımı ile su yüzüne çıkarılır ve liflerden bu şekilde ayrılır. Son 20 yıl içerisinde flotasyon mürekkep arındırma süreçleri ile arıtılan kağıt miktarı dünya genelinde yılda 5.9 milyon tondan 45 milyon tona ulaşmıştır. Ayrıca mürekkepten ayırma, verim, su kullanımı ve artık madde bertarafı gibi avantajlardan dolayı önemli bir süreç haline gelmiştir. .[5] Günümüzde Avrupa'da, Kuzey Amerika'da ve diğer ülkelerde flotasyon yöntemi kağıt üretiminde, atık kağıt geri dönüşüm işleminin en önemli safhasıdır.[6] Yaklaşık olarak dünya genelindeki 600 büyük kağıt üreticisinin %80'i flotasyon yöntemi ekipmanları ile donatılmıştır.[5] INGEDE (International Association of the Deinking Industry) yöntemleri, çevre dostu basılı ürünleri teşvik eden bir değerlendirme sistemi olan "deinkability skor'u" sağlayarak son yıllarda dikkat çekmiştir. Bu protokol 2008 yılında Avrupa Geri Dönüşümlü Kağıt Konseyi tarafından benimsenmiştir. Birçok matbaa ve baskı makine üreticileri için, bu

değerlendirme sistemi kağıt hamuru hazırlama, işlem süreçleri, hand sheet yapma ve kurutma yöntemlerini barındıran bugünkü kullanılan ekipmanlardan oldukça farklıdır.[7] Ayrıca INGEDE Method 11p. evrensel deinking sürecini tanımlamaktadır. (Şekil 1)



Şekil 1: INGEDE Method 11 akış şeması [8]

Ancak dijital baskı sistemlerinde kullanılan mürekkeplerin özeliklerinden dolayı flotasyon yöntemi ile mürekkebi kağıt liflerinden uzaklaştırmak oldukça zor bir işlemdir. Özellikle inkjet mürekkeplerinde pigmentlerin suyun içerisinde çözülmesi ve liflere nüfus etmesi bu işlemi daha da zorlaştırmaktadır. Flotasyon yöntemi ile daha iyi sonuç alınan ofset baskı mürekkep pigment büyüklükleri ile karşılaştırdığımızda ofset mürekkeplerinin pigment boyutu 10-250µm iken inkjet mürekkeplerinde 0.2µm'dir. [9] Bu durum toner bazlı dijital baskı mürekkeplerinde daha farklıdır, ortalama pigment büyüklükleri 5-7 µm'dir.

DENEYSEL BÖLÜM

Çalışmada; inkjet ve toner bazlı dijital baskı makineleri kullanılarak basılan kağıtlar INGEDE method 11p. yöntemi kullanılarak geri dönüştürülmüştür. Basılı örnekler ilk olarak el ile yırtılarak 2x2 cm^2 boyutunda parçalara ayrılmıştır. Küçük parçalara ayrılan kağıtlar, hızlandırılmış yaşlanmayı simüle etmek için üç gün süreyle 60ºC sıcaklıkta fırında bekletilmiştir. Yaşlandırılmış kağıtlar Micro-Maelstrom Pulper (Resim 1) içine konulduktan sonra Deinking kimyasallarını içeren solüsyon (Tablo 1) ilave edilerek, 45ºC sabit sıcaklıkta, 250 RPM hız da, 20 dk. karıştırılarak %15 lif içeren kağıt hamuru haline getirilmiştir. Daha sonra hazırlanan kağıt hamuru içeriği %5 e düşürülerek 1 saat süreyle dinlendirilmeye bırakılmıştır.

Tablo 1: Kağıt Hamuru Hazırlama Solüsyonu Standart Formülü [8]

Kimyasal	Oran (Kuru lif tabanlı)
NaOH	0.6% (100%)
Sodium Silicate	1.8% (1.3-1.4 g/cm^3)
H_2O_2	0.7% (100%)
Oleic acid	0.8% (extra saf)



Resim 1: Micro-Maelstrom pulper

Dinlendirme aşamasının ardından, disintegrator (Resim 2) cihazı ile içerik %4 e düşürülerek 1 dk. süreyle 3000 RPM de kağıt lifleri birbirinden iyice ayrılmıştır. Son olarak içerik % 0.8 e düşürülene kadar su eklenerek kağıt hamuru gerekli olan flotasyon ve hand sheet yapımı için uygun hale getirilmiştir. Mürekkep parçalarını liflerden ayırma işlemi olan flotasyon 12 dk uygulanmıştır. Flotasyon işlemi 2 lt laboratuvar tipi (resim 3) flotasyon cell'de yapılmıştır.



Resim 2: Disintegrator



Resim 3: Flotasyon Cell

Elde edilen kağıt hamurlarından TAPPI T-272 standardına göre her bir kağıt hamuru için hand sheet kalıbı (Resim 4) kullanılarak 5 er adet 1.2g (Kuru lif) hand sheet ve 2 şer adet 4g (Kuru lif) filter pad hazırlanmıştır.

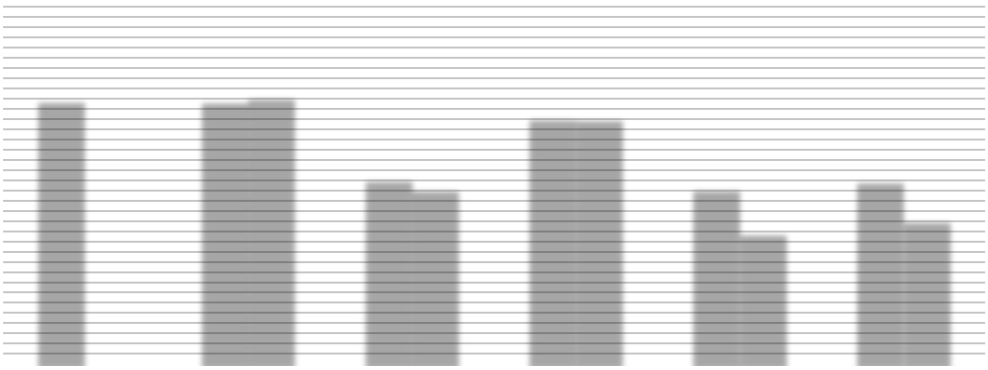


Resim 4: Hand sheet kalıbı

Hazırlanan bu örneklerin Brightness değeri ölçümleri Technidyne BrightiMeter Micro S-5 (T458, C/2° ışık kaynağı, 457nm) ile ölçülmüştür. Luminosity (Y, 557nm), CIE a* ve b* değerleri de TAPPI standart T524 (45/0) a göre aynı cihazda ölçülmüştür. Ayrıca CIE a*, b* ve Y değerlerinin doğrulanması X-Rite Eye-one spectrophotometer D65/2° ile yapılmıştır. Daha sonra sonuçlar grafikler haline getirilerek yorumlanmıştır.

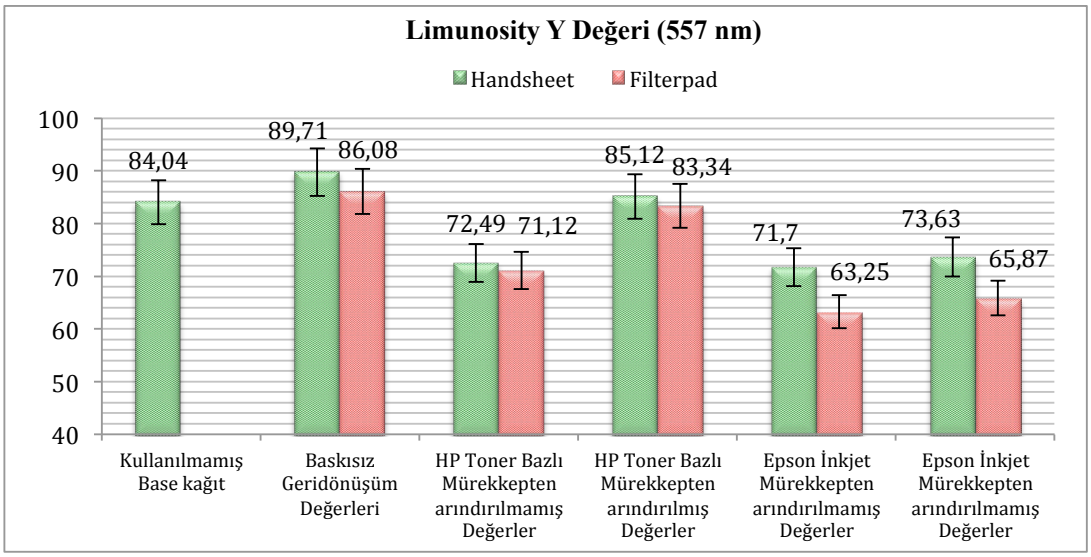
BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada inkjet ve toner bazlı dijital baskı makineleri ile basılan kağıtlar flotasyon yöntemi ile geri dönüştürülerek, elde edilen kağıtların, Brightness, luminosity Y, CIE a* ve CIE b* değerleri ölçülerek karşılaştırmaları yapılmıştır. Grafiklerde, INGEDE method 11p prosedürüne göre elde edilen deinked ve undeinked hand sheet ve filter pad değerleri karşılaştırılmıştır.



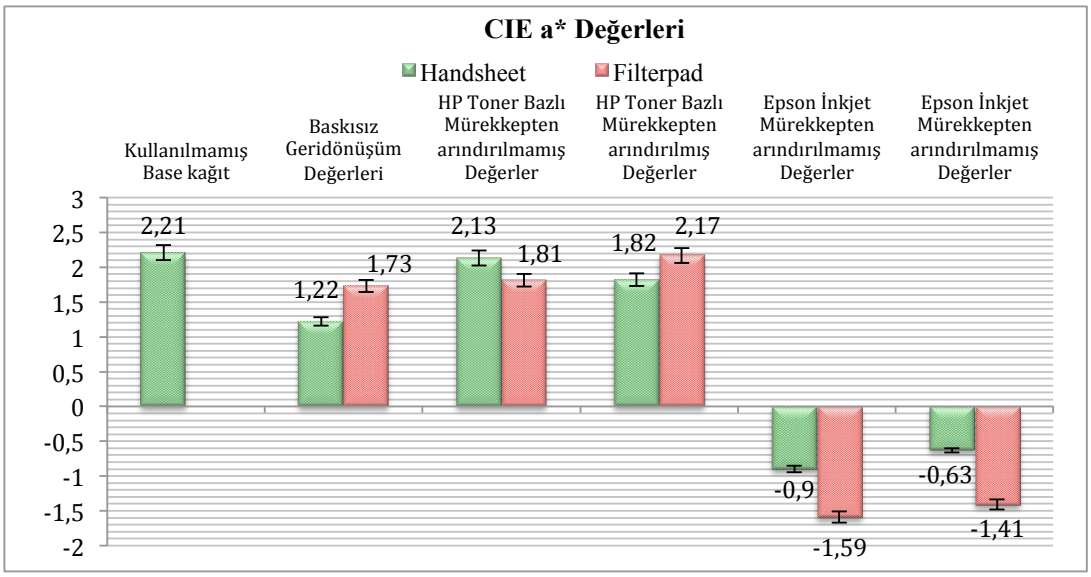
Şekil 2: Deinked and undeinked hand sheet ve filter pad brightness değerleri

Brightness değerleri karşılaştırıldığında, HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen mürekkepten arındırılmış (deinked) hand sheet ortalama değeri 88.51 dir. Bu değer Epson inkjet bazlı mürekkeple basılan kağıtlarda ortalama 76.22 olarak elde edilmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında brightness değerinin HP toner bazlı mürekkeplerden elde edilen hand sheet değerinde daha yüksek çıktığı ve ortalama 91.81 brightness değerine sahip olan baskısız kağıt geri dönüşün değerine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Filter pad değerlerini karşılaştırdığımızda da yine hand sheet'ler de olduğu gibi benzer değerler elde edilmiştir.



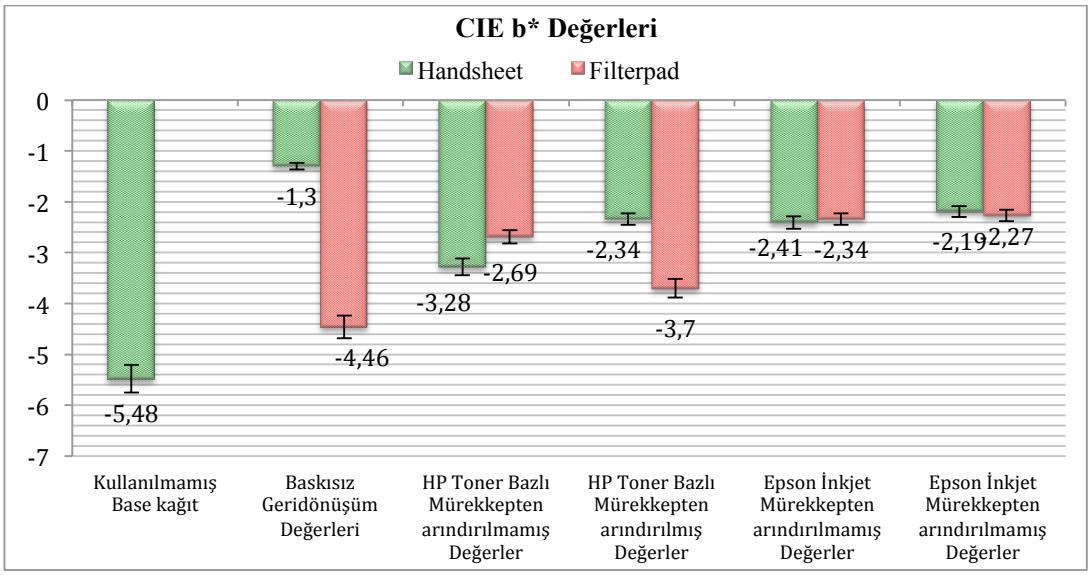
Şekil 3: Deinked and undeinked hand sheet ve filter pad Luminosity Y değerleri

Luminosity Y değerleri karşılaştırıldığında, HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen deinked (mürekkepten arındırılmış) hand sheet değerinde ortalama 85.12'e ulaşılmıştır. Bu değer Epson inkjet bazlı mürekkeple basılan kağıtlarda ortalama 73.63 olarak elde edilmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında Luminosity Y değerinin toner bazlı mürekkeplerden elde edilen hand sheetlerde daha yüksek çıktığı ve baskısız kağıt geri dönüşün değerlerine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Baskısız kağıtların geri dönüşümünden elde edilen ortalama luminosity Y değeri 89.71 dir. Luminosity Y filter pad değerleri karşılaştırıldığında da hand sheet değerlerine benzer değerlerde çıkmıştır.



Şekil 4: Deinked and undeinked hand sheet ve filter pad CIE a* değerleri

CIE a* değerleri karşılaştırıldığında, HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen deinked (mürekkepten arındırılmış) hand sheet değerlerinde ortalama 1.82'ye ulaşılmıştır. Bu değer Epson inkjet bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünde ortalama -0.63 olarak elde edilmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında CIE a* değerinin toner bazlı mürekkeplerden elde edilen hand sheet'lerde daha yüksek çıktığı ve baskısız kağıt geri dönüşün değerlerine çok daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen undeinked (mürekkepten arındırılmamış) hand sheet değerlerinde ortalama 2.13'e ulaşılmıştır, bu değer geri dönüşümlü baskılı kağılar içindeki en yüksek CIE a* değeridir. CIE a* filter pad değerleri de hand sheet değerlerine benzer değerlerde çıkmıştır.



Şekil 5: Deinked and undeinked hand sheet ve filter pad CIE b* değerleri

CIE b* değerleri karşılaştırıldığında, HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen deinked (mürekkepten arındırılmış) hand sheet değerlerinde ortalama -2.34'e ulaşılmıştır. Bu değer Epson inkjet bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünde ortalama -2.19 olarak elde edilmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında her iki değer de birbirine çok yakındır ve baskısız kağıt geri dönüşün değerlerinden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca HP toner bazlı mürekkep ile basılan kağıtların geri dönüşümünden elde edilen undeinked (mürekkepten arındırılmamış) hand sheet değerlerinde ortalama -3.28'e ulaşılmıştır, bu değer geri dönüşümlü baskılı kağılar içindeki en yüksek hand sheet CIE b* değeridir. CIE b* filter pad değerleri içinde ise en iyi değer HP toner bazlı deinked değerlerinde elde edilmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

1. Brigtness değerleri karşılaştırıldığında, HP toner bazlı mürekkep ile basıldıktan sonra geri dönüşümü yapılan kağıtların brigtness değerinin geri dönüştürülen baskılı kağıtlar içerisinde yüksek bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir, bu sonuç kullanılmamış base kağıt ile karşılaştırıldığında son derece başarılıdır. Epson inkjet bazlı mürekkep ile basıldıktan sonra geri dönüşümü yapılan geri dönüştürülmüş kağıtlarda brightness değeri, toner bazlıya göre daha düşük değerlerde çıkmıştır.
2. Luminosity Y değerleri karşılaştırıldığında HP toner bazlı mürekkep ile basıldıktan sonra geri dönüşümü yapılan kağıtlarda, Epson inkjet bazlı mürekkep ile geri dönüşümü yapılan kağıtlara oranla oldukça yüksek çıkmıştır.
3. CIE a* ve CIE b* değerleri karşılaştırıldığında da HP toner bazlı mürekkep ile basıldıktan sonra geri dönüşümü yapılan kağıtların CIE a* ve CIE b* değerlerinin geri dönüştürülen baskılı kağıtlar içerisinde en iyi değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler kullanılmamış base kağıt değerine oldukça yakındır.

Genel olarak tüm sonuçlara bakıldığında, inkjet bazlı mürekkebin çok küçük olan pigment taneciklerinin flotasyon yöntemi ile ayrıştırmanın oldukça güç olduğu, inkjet mürekkebinin ayrıca kağıt hamuru hazırlanması sırasında kağıt liflerini boyadığı ve bunun geri dönüşümlü kağıtlara yansıdığı görülmüştür. Toner bazlı mürekkeplerin ise inkjet mürekkeplere göre kağıt liflerinden daha kolay ayrıldığı ve özellikle flotasyon işleminden sonra elde edilen kağıtların son derece başarılı olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜRLER

Bu araştırma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmaları Kurumu (TUBITAK) tarafından verilen (BİDEB) Bilim insanı destekleme programı altında yürütülmüştür. Yazarlar desteklerinden dolayı TUBITAK, Western Michigan Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

[1] İmamoğlu S., Karademir A., Pesman E., Aydemir C., Atik C., (2013) "Effects of Flotation Deinking on the Removal of Main Colors of Oil-Based Inks from Uncoated and Coated Office Papers" BioResources, Vol. 8 No.1, S; 45-58.

[2] İmamoğlu S.; Karademir A.; Pesman E.; Aydemir C.; (2010) "Effects Of Fas Deinking On The Removal Of Main Colours Of Oilbased Inks From Uncoated And Coated Office Papers" XXI TECNICELPA Conference and Exhibition / VI CIADICYP, - Lisbon, Portugal.

[3] Peşman E.; Kirci H.; İmamoğlu S.; (2010) "Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mürekkebin giderilerek Yeniden Değerlendirilmesinde kullanılan Sodyum Hidroksit Miktarının Hamurun Kalıntı Mürekkep Miktarı, Renk ve Verim Değerleri Üzeine Etkisi" III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: V S: 1925-1933.

[4] Verma N.; Bansal M.C.; Kumar V.; (2011) "Enzymatic Deinking With Cellusases ; A Reviev" The Journal of Solid Waste Technology and Management, Volume 37, Number 4, S:297.

[5] Buitrago A.; (2010.) "INGEDE Protocol for Deinking", Msc. Thesis, Western Michigan University, USA.

[6] Amandr F. J. S., (1999) "Hydrodynamics of deinking flotation" International Journal of Mineral Processing. 56277–316.

[7] Wei Z., Husovska V., Fleming III P. D., Pekarovic J., Cameron J., (2013) "Toward Deinking of LEP Inks Printed on Different Substrates" PaperCon, USA.

[8] INGEDE, "INGEDE Method 11P, Assessment of Print Product Recyclability – Deinkability Test", Downloadable from http://www.ingede.com/ingindxe/methods/meth-e.html, accessed 10/11/13.

[9] Lee D.T., Hsieh j., (2014), "Liquit Phese plasma treatment for improved detachment of pigmented inkjet printing Paper", TAPPI jornal Vol. 13 NO. 4 S:9.