

Selüloz Esaslı Tekstil Maddelerinin Biyobozunurluğu Ve Toprağa Gömme Testi

İbrahim ÜÇGÜL¹, Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ², Ufuk ELİBÜYÜK³

^{1,2,3} Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

Özet: Geçmişten günümüze tekstil ürünlerinin birçoğunda selülozik lifler kullanılmıştır. Bu liflerin biyobozunur ve çevre dostu olduğu düşünülmektedir. Bu düşüncenin kanıtlanması amacıyla %100 pamuklu gazlı bez için toprağa gömme testi yapılmıştır. Bu testin yanında toprağa ekilen bitkilerin, selülozun toprakta bozunmasına verdiği katkı içinde numunelerin bazılarında çim ekimi yapılarak incelenmiştir. Yapılan kontrol gruplarının gömme testi ve çimlenme koşulları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada selülozun tanımına, kimyasal formülüne, selülozik elyaflar ve sınıflandırılmasına, tekstil maddelerinin biyobozunurluğuna, selülozik liflerinin yapısının biyobozunurluğa nasıl etki ettiği konularına da değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Selüloz, Selülozik Elyaflar, Biyobozunurluk, Biyobozunurluk Testleri, Toprağa Gömme Testi

Biodegradation of Cellulose Based Textile Materials and Soil Burial Test

Abstract: Many of the past to the present textile cellulosic fibers are used. These fibers are believed to be biodegradable and environmentally friendly. This was done in order to prove the idea burying test the soil for 100% cotton gauze. This test is planted in the soil next to the plants, some of the contributions given by the degradation of the soil samples were analyzed cellulose made of grass seed. Built-in test and control groups made conditions of germination are given in detail. In addition to the definition of cellulose in this study, the chemical formula, cellulosic fibers and classification, the biodegradation of textile materials, has been touched on issues that impact on the biodegradation of how the structure of cellulosic fibers.

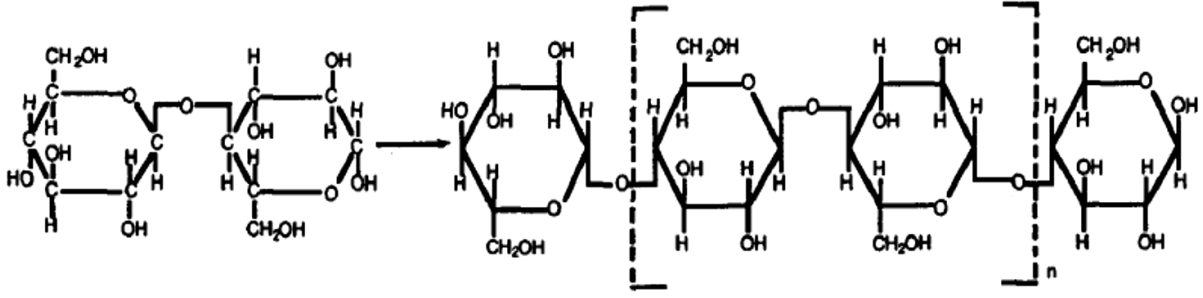
Key words: Cellulose, Cellulosic Fibers, Biodegradability, Biodegradability Tests, Soil Burial Test

1. GİRİŞ

Selüloz, bütün bitki, ot ve ağaçların ana yapıtaşıdır. Doğada saf halde bulunmaz. Odunun ağırlıkça %40'ını, ketenin % 60-85 ini, pamuk liflerinin % 85-90'ını selüloz oluşturur. Keten, kenevir, jüt gibi elyafta selüloz yanında linyin, pektin gibi diğer maddeler de bulunur (Başer, 2012; Tekstil Dershanesi, 2012).

Selülozun elementler analizinde elde edilen %44,4 C, %6,2 H ve %49,4 O değerleri ile kaba formülü $(C_6H_{10}O_5)_x$ olarak bulunur. Bu formül onun bir karbonhidrat olduğunu

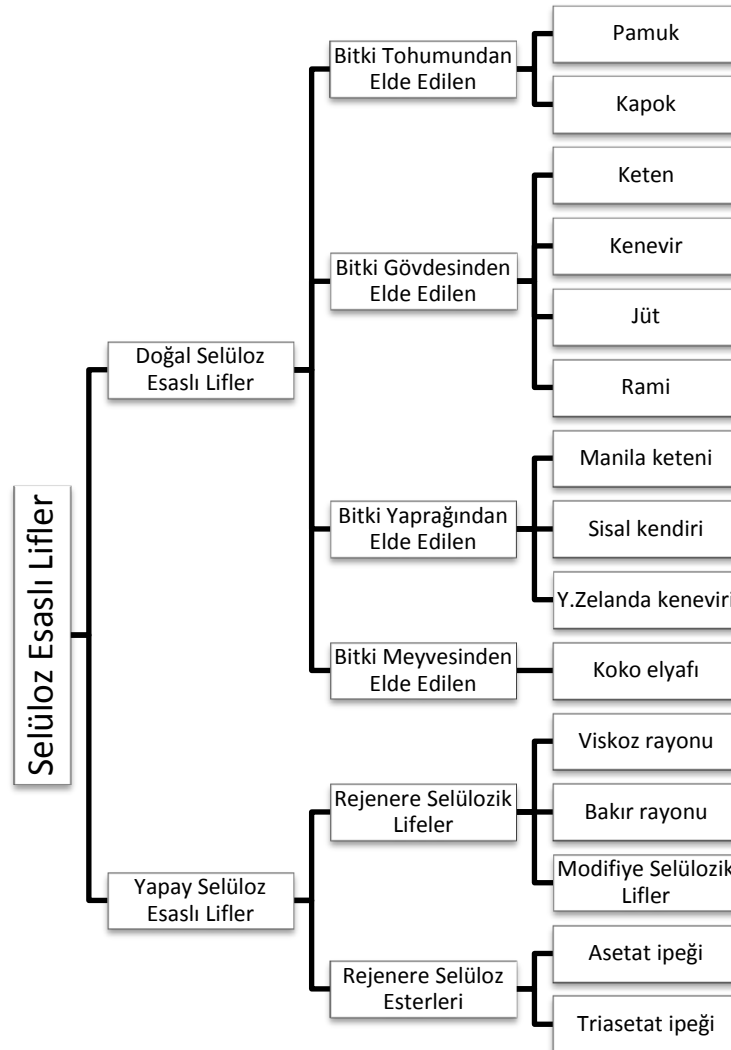
gösterir. Karbonhidratlar, moleküllerinde, aldehit veya keton şeklinde bir karbonil gurubu ile çeşitli sayılarda alkol gurupları içeren bileşiklerdir. Kaba formülleri $(CH_2O)_x$ şeklindedir. Moleküllerinde altı veya daha az C atomu içerenlere monosakkarit, iki monosakkarit molekülünün birleşmesi ile meydana gelen bileşiklere disakkarit, çok sayıda monosakkaritin birbiri ile birleşmesinden oluşanlara da polisakkarit adı verilir. Selüloz, bir monosakkarit olan β -glikozun çok sayıda birbiri ile birleşmesi sonucu meydana gelmiş bir polisakkarittir (Başer, 2012; Tekstil Dershanesi, 2012).



Şekil 1. Selülozun Yapısı(Başer, 2012)

Selüloz esaslı lifler doğal ve yapay lifler olarak ikiye ayrılır. Selüloz esaslı doğal lifler yapılarında %60-90 oranında selüloz içerdiklerinden bunlara “selülozik elyaf” da denir. Bitkilerden elde edilen bu lifler, bitki üzerinde buldukları yerlere göre ayrıca sınıflandırılırlar (Saçak, 1994; Günaydın, 2009; Başer, 2012). Selüloz esaslı yapay lifler rejenere selülozik lifler ve selüloz

esterleridir. Rejenere selülozik lifler, lif üretiminde saf selülozun kullanıldığı liflerdir. Bu tür liflerin elde edilmesi için doğadan selülozun saf halde izole edilmesi gerekmektedir. Saf selüloz bu amaçla kullanıldığı gibi, ikinci rejenere lif grubu olan selüloz esterlerinin de hammaddesidir (Saçak, 1994; Günaydın, 2009; Başer, 2012).



Şekil 2. Selüloz Esaslı Liflerin Sınıflandırılması

Tekstil malzemeleri toprağa gömüldüklerinde, toprakta bulunan mikroorganizmalar tekstil malzemelerinin bozulmasına katkı sağlamaktadır. Buna doğada çözünürlük ya da biyobozunurluk (biyolojik bozunma) adı verilmektedir. Biyobozunurluk genellikle tekstil ürünlerinin çevre dostu olabilmesi için standart bir ölçü olarak kullanılmaktadır (Park vd., 2004).

Tekstil malzemelerinin biyolojik bozunması kristalin oranına, oryantasyon derecesine, polimerizasyon derecesine, hidrofilitik/hidrofobiklik gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca tekstil malzemeleri gömüldüğü toprağın durumu ve topraktaki mikroorganizmaların türü de etkilemektedir. Polimerlerin biyolojik bozunabilirliği ile ilgili çalışmalar incelendiğinde daha düşük molekül ağırlığı, düşük miktarda kristalin ve oryantasyon oranı özelliği, daha yüksek hidrofilitik özelliği gösteren polimerler daha fazla biyolojik bozunma göstermişlerdir (Park vd., 2004).

Pamuk ve keten lifleri molekül gruplarında tekrar eden 3 hidroksil (-OH) grubuna sahip olduğu ve aynı zamanda nispeten daha yüksek kristalin ve oryantasyon özelliğine sahip oldukları bilinmektedir. Öte yandan rayon ve asetat gibi yapay selüloz elyaflar daha düşük kristalin ve amorf bölgeye sahiptir. Rayon selüloz liflerinin çoğu son derece hidrofilitiktir. Ancak asetat moleküllerinin hidroksil gruplarının bazılarının yerine asetil (COCH₃) grupları yerleşir ve böylece asetat ipeği daha az hidrofilitiktir (Park vd., 2004).

Yaygın olarak çeşitli tekstil ürünlerinde kullanılan selüloz lifleri toprağa gömüldüklerinde kolaylıkla toprak mikroorganizmaları tarafından parçalandığı bilinmektedir, bu anlamda çevre dostu lifler oldukları düşünülmektedir. Ancak tüm selüloz liflerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklılık gösterdiği için aynı biyolojik davranışları karakterize etmezler. Pamuk, keten, rayon ve asetat gibi selüloz

içeren liflerin kimyasal bileşimleri, kristalin oranları, polimerizasyon dereceleri ve imalat süreçleri farklıdır. Buna ek olarak her bir selülozik elyafların selüloz olmayan içerik oranları da farklıdır ve bu farklılık yapısal farklılıklara neden olur. Tüm bu farklılıklar selüloz liflerinin farklı biyolojik bozunmasına neden olur (Park vd., 2004).

Selüloz liflerinin biyobozunabilirliği diğer tekstil maddelerinin biyobozunabilirliği gibi toprağa gömme testi (AATCC 30 – 1993), aktif çamur testi (ASTM D 5209-92) ve enzimatik hidroliz yöntemi ile ölçülür (Arshad vd., 2014).

Bu çalışmada toprağa gömme test metoduyla %100 pamuklu gazlı bezlerin biyobozunurluğu incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyaller ve Özellikleri

Projede kullanılan materyaller toprak, çim tohumu ve gazlı bezdir.

Toprak: Kullanılan toprak tüm bitkiler için hazırlanmış kullanıma hazır genel kullanım torfdur. Torf, organik bir toprak düzenleyicidir. Köklerin etrafındaki toprağın hava ve nemliliğini düzenleyerek ideal bir büyüme ortamı sağlar. Besin maddesi içermez. Saksılı süs bitkileri ve fidan yetiştiriciliğinde çok değerli bir materyaldir. Lifli yapıda olup, pH 5,5 - 6,5 aralığındadır. Torf ya da diğer adıyla turba toprağı nemli ve çok yağış alan yaz sıcaklarının düşük olduğu yörelerde bataklık ve benzeri su altındaki arazilerde yetişen bitkilerin, (genellikle Sphagnum denilen yosunlar ve bataklık sazlarının) su dibinde çökerek kısmen çürümesi, su altında hava ile ilişkisi kesilmiş bir ortamda yıllarca çürüyüp birikerek kalın yataklar meydana getirmesi sonucu oluşur. Van Torf turba yatakları 350 cm kalınlığında binlerce yılda oluşmuş kaliteli Torf Turba oluşumdur. Türlelere göre değişkenlik gösterebilir torf pH'ı asit karakterlidir.

Türkiye'deki torflar 4 ile 7 pH derecesinde olabilirler (Wikipedia, 2015).

Çim Tohumu: Çalışmada kullanılan çim tohumu, farklı cinsteki çim tohumlarının karışımından oluşmuş bir hazır karışımdır. İçeriğinde; %25 lolium pereneleon, %20 festuca asper, %20 festuca rufilla, %25 orfeo ve %10 highland cinsi tohumlar bulunmaktadır.

Gazlı Bez: Çalışmada %100 pamuk, atkı-çözgü 20 tel/cm sıklıkta, sterilize hidrofily gaz bezi (gazlı bez) kullanılmıştır. Kullanılan gazlı bezin atkı ve çözgü iplik numaraları eşit ve Ne 40 numaradır.

2.2. Toprağa Gömme Testi

Toprağa gömme yöntemi AATCC 30-1993 göre, doğal toprak 11 cm derinliğe kadar saksıyı doldurmak için kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler önce tartılmış, tabandan 3 cm olacak şekilde toprağa gömülmüş ve 28 gün boyunca indirgenmeye bırakılmıştır. Bozunma döneminde toprağın nemini korumak için düzenli aralıkla su verilmiştir. Bozulma sonrası, numuneler damıtılmış su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonucunda bozulmaya uğrayan numuneler tekrar

tartılmıştır (AATCC Technical Method 30-1993).

$$\text{Ağırlık Kaybı} = \frac{A_1 - A_s}{A_1} \times 100 \quad (1)$$

A_1 = Numunenin ilk ağırlığı

A_s = Numunenin son ağırlığı

2.3. Uygulanan İşlemler

Oda koşullarında yapılan araştırmada, aynı büyüklükteki 4 adet saksıya eşit miktarda toprak konularak eşit derecede güneş ışığına maruz kalacak şekilde düzenek hazırlanmıştır.

1 Numaralı Saksı: Belirli büyüklükteki saksı için 1200 gr toprak kullanılmıştır. Saksının tabanından 3 cm yüksekliğe denk gelecek şekilde toprak konulmuştur. 0,161gr ve 0,158 gr ağırlığında toplam 0,319 gr olan 2 parça gazlı bez eklenerek üzerine geri kalan toprak ilave edilmiştir. Daha sonra hazırlanma aşamalarını göreceğimiz diğer saksılardan farklı olarak bu saksıya çim tohumu ekilmemiş ve sadece gazlı bez gömüldüğü durumda elde edilebilecek sonuçların görülmesi amacıyla kontrol grubu oluşturulmuştur.



Şekil 3. 1 Numaralı Saksı Hazırlama Aşamaları

2 Numaralı Saksı: Belirli büyüklükteki saksı için 1200 gr toprak kullanılmıştır. Saksının tabanından 3 cm yüksekliğe denk gelecek şekilde toprak konulmuştur. 0,145 gr ve 0,140 gr ağırlığında toplam 0,285 gr olan 2

parça gazlı bez konularak üzerine bir miktar toprak ilave edilerek 15 gr çim tohumu ekilmiştir. Çim tohumları toprak seviyesinin üstten 1,5 cm altında bulunmaktadır.



Şekil 4. 2 Numaralı Saksı Hazırlama Aşamaları

3 Numaralı Saksı: Belirli büyüklükteki saksı için 1200 gr toprak kullanılmıştır. Diğer düzeneklerden farklı olarak 3 numaralı

saksıya gazlı bez konulmamış sadece toprak seviyesinin üstten 1,5 cm altında kalacak şekilde çim tohumu ekilmiştir.



Şekil 5. 3 Numaralı Saksı Hazırlama Aşamaları

4 Numaralı Saksı: Belirli büyüklükteki saksı için 1200 gr toprak kullanılmıştır. Saksının tabanından 3 cm yüksekliğe denk gelecek şekilde toprak konulmuştur. 0,151 gr ve 0,136 gr ağırlığında toplam 0,287 gr olan 2 parça gazlı bez konularak 2 ve 3 numaralı

saksılardaki tohum seviyesine kadar toprak eklenmiştir. Bu saksıda çim tohumu ekilmeden 15 gün beklenerek sonrasında diğer saksılarda olduğu gibi toprak seviyesinin üstten 1,5 cm altında kalacak şekilde 15 gr tohum ekimi yapılmıştır.









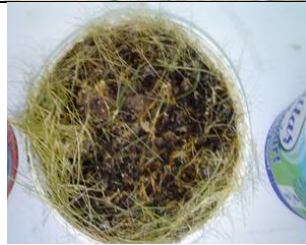
Şekil 6. 4 Numaralı Saksı Hazırlama Aşamaları



Numuneler hazırlandıktan sonra gömme testi süresince saksılara başlangıçtan itibaren günde bir olmak üzere 100 ml su verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Saksılar hazırlandıktan sonra çalışma süresince ortak koşullara maruz bırakılmıştır. Ortak koşullarda oluşturulan kontrol gruplarında belirli süre sonunda çimlenme tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Numunelerin çimlenme durumları

Numunenin Adı	Çimlenme Durumları	Çimlenme Şekilleri
1 Numaralı Saksı	1 numaralı saksıya çim tohumu ekilmediği için çimlenme gözlenmemiştir	
2 Numaralı Saksı	2 numaralı saksıda 7. günde çimlenme başlamıştır.	
	2 numaralı saksıda 15. günde çimlenme yeterli olgunluğa ulaşmıştır. Çimlenme, saksının orta kısımlarında yani gazlı bezlerin yerleştirildiği alanın üzerine denk gelen bölgede daha seyrek; kenarlarında daha sık olacak şekilde gerçekleşmiştir.	
	2 Numaralı saksının çimlenmesinin 28. günün sonunda tablodaki hale geldiği gözlenmiştir.	
3 Numaralı Saksı	3 numaralı saksıda çimlenme 7.günden itibaren başlamıştır.	
	15.günde bu saksıdaki çimlenme yeterli olgunluğa ulaşmıştır. Bu saksıda gazlı bez bulunmamaktadır. Çimlenmenin nispeten daha homojen olduğu görülmüştür.	
	3 Numaralı saksının çimlenmesinin 28. günün sonunda tablodaki hale geldiği gözlenmiştir.	

4 Numaralı Saksı	4 Numaralı saksıya çim tohumu 15.günde ekilmiştir. Diğer saksılarda çimlenmenin olgunlaşıp sararma evresine dönmesine denk gelen zaman diliminde 4 numaralı saksıda henüz çimlenme başlamıştır.	
	3 Numaralı saksının çimlenmesinin 28. günün sonunda tablodaki hale geldiği gözlenmiştir.	

28. günün sonunda 1,2 ve 4 numaralı saksılarda bulunan çimler sökülmüş ve gazlı bez numuneleri çıkarılmıştır. Bu bölümde gazlı bezlerin topraktan çıkarıldıktan sonra yıkanıp kurutulmuştur.



(a) (b) (c)
Şekil 7. Saksılardan Çıkarılmış Gazlı Bezlerin Yıkanmadan Önceki Görüntüleri (a) 1 numaralı saksı, (b) 2 numaralı saksı, (c) 4 numaralı saksı



(a) (b) (c)
Şekil 8. Saksılardan Çıkarılmış Gazlı Bezlerin Yıkanıldıktan Sonraki Görüntüleri (a) 1 numaralı saksı, (b) 2 numaralı saksı, (c) 4 numaralı saksı

Numunelerden çıkartılan ve yıkanan gazlı bezlerin tekrar tartımı yapılmıştır, ilk tartımla karşılaştırılarak bozunma yüzdeleri bulunmuştur ve tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bütün saksılardaki gazlı bezlere ait ilk, son gramaj değerleri ve bozunma yüzdeleri

Saksı Numarası	İlk Gramaj Değeri	Son Gramaj Değeri	Bozunma Yüzdeleri
1	0,319	0,225	% 29.46
2	0,285	0,066	%76.84
3	0	0	0
4	0,287	0,024	%91.63

4. SONUÇ

Tekstil mamüllerinin geri dönüşümlerinin ve mikrobiyal bozunmalarının konu alındığı bu çalışmada, toprağa gömme metoduna göre kontrol grupları hazırlanmıştır. Saksılarda gerçekleşen çimlenme durumlarına bakıldığında; tüm saksılarda çimlenmenin ortalama 7. günde başladığı gözlenmiştir. 3. saksı çimlenmenin gözlenmesi amacıyla kontrol grubu olarak hazırlanmıştır. En düzgün çimlenme bu saksıda görülmüştür. 2 ve 4 numaralı saksılarda gerçekleşen çimlenme karşılaştırıldığında; 4 numaralı saksıda oluşan çimlenmenin daha homojen olduğu tespit edilmiştir.

Numune kumaşların gramaj değerlerindeki değişim incelendiğinde; 1.saksıda % 29.46, 2.saksıda %76.84, 4.saksıda ise % 91.63 oranında bozunma gerçekleştiği saptanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır:

- 1.saksıya sadece kumaş gömülmesinden dolayı toprakta mineralizasyon meydana gelerek kumaşın çürümesi gerçekleşmiştir.
- 2.saksıda kumaş numunesi gömülüp üzerine çim tohumu ekilmesinden dolayı bu saksıda mineralizasyonun yanı sıra oluşan bitki köklerinin toprakta iyi bir yapıda gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Bitki köklerinin sağladığı bu durumun etkileri şu şekildedir:

- Kökler büyümeleri sırasında etraflarındaki toprak zerrelere basınç yaparak onları birleştirirler.
- Kök salgıları kolloidleri çökeltir, stabil hale sokar ve agregatları birbirine yapıştırır.
- Kök etrafında suyun daha fazla kullanılması ile orada bulunan kolloidler dehidrate olarak birbirine yapışırlar.
- Köklerin ayrışmasından ortaya çıkan organik bileşikler yapıştırıcı bir madde olarak iş görürler.

Ortaya çıkan bu etkilerin kumaş numunesinin biyobozunurluğunun artmasına önemli ölçüde katkı sağladığı görülmüştür.

- 4.saksıya ise önce kumaş numunesi gömülmüş ve 15. gün sonunda çim tohumu ekilmiştir. İlk 15 günde toprakta gerçekleşen mineralizasyonun etkisiyle kumaşa kısmen parçalanma gerçekleşmiştir. Üzerine çim tohumu ekilmesinden dolayı mineralizasyonun yanı sıra bitki kökleri toprakta yapı oluşturmuştur. Bu durumun kumaşa gerçekleşen bozunmanın artarak, kumaşın büyük oranda parçalanmasına neden olduğu neticesine varılmıştır.

Sonuç olarak yapılan çalışmada selüloz esaslı tekstil malzemelerinin biyobozunur olduğu ve selülozik tekstil malzemelerinin bozunmasının toprağın besin yapısına faydaları olduğu gösterilmiştir.

Teşekkürler: Deneysel çalışmalarda katkıları bulunan Fulden AYDIN, Nazlı

TİMURBOĞA ve Leyla Gül ENGİN'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

AATCC Technical Method 30-1993. American Association of Textile Chemists and Colorists: Research Triangle Park, NC.

Arshad, K., Skrifvars, M., Vivod, V., Valh, V.J., Vončina, B., 2014. Biodegradation of Natural Textile Materials in Soil. *Tekstilec*, letn. 57(2), str. 118–132.

Başer, İ., 2012. Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 687, 180s, İstanbul.

Günaydın, M.N., 2009. Rejenere Selülozik Lifler, Karakteristik Özellikleri ve Tekstilde Kullanım Alanları. <http://www.tmo.org.tr/archive/bce906aa60c.pdf> (Erişim Tarihi: 06.05.2015).

Park, H.C., Kang, K.Y., Im, S.S., 2004. Biodegradability of Cellulose Fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 94, 248–253.

Saçak, M., 1994. Lif Kimyası. Ankara Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 18, 149s, Ankara.

Tekstil Dershanesi, 2012. Lifler. <http://www.tekstildershanesi.com.tr/?sec=haber&id=170&title=lifler> (Erişim Tarihi: 01.05.2015).

Wikipedia, 2015. Torf. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Torf> (Erişim Tarihi: 07.05.2015).