

PAMUĞUN AĞARTILMASINDA LAKKAZ, OZON VE HİDROJEN PEROKSİTİN KOMBİNE KULLANIMI

COMBINED USE OF LACCASE, OZONE AND HYDROGEN PEROXIDE FOR COTTON BLEACHING

Hüseyin Aksel EREN
Uludağ Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü
e-mail: aksel@uludag.edu.tr

Pervin ANIŞ
Uludağ Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Didem YILMAZ
Uludağ Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Şule KIRIŞÇI
Uludağ Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Tuğba İNKAYA
Uludağ Üniversitesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada, oksidatif bir madde olan ozonun lakkaz enzimleriyle ağartmaya etkisi, enzim aktivitesi ve beyazlık açılarından incelenmiştir. Beyazlık ölçüm sonuçları, tek başına lakkaz kullanımının beyazlıkta kayda değer bir artış sağlamadığını göstermiştir. 40°C'deki lakkaz ağartma banyosuna ozon gazı beslenmesi durumunda beyazlık değeri (Stensby) 61'den 69'a çıkmıştır. Ozon oksidatif özelliği nedeniyle enzim aktivitesini düşmüştür. Ozon tek başına kullanıldığında beyazlık değeri (Stensby) 71'e çıkmıştır. Enzim ve ozon ile işlem görmüş numunelerin beyazlıklarını artırmak için ilave peroksit ağartması yapılmış ve beyazlıklarda ciddi artışlar sağlanmıştır. Ozon ile işlem görmüş numunenin beyazlık değeri ilave peroksit ağartması sonrasında (Stensby) 83'e kadar çıkarak klasik peroksit ağartmasında ulaşılan değerleri yakalamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ozon, Enzim, Enzim aktivitesi, Lakkaz, Pamuk, Ağartma.

ABSTRACT

The effects of ozone on the enzyme activity and bleaching effect of laccase have been examined in this study. Laccase treatment at 40°C did not increase the whiteness of the fabric alone. However, ozone feed into the bleaching bath prepared with laccase increased the Stensby whiteness degree of the fabric from 61 to 69, ozonation alone resulted in a whiteness degree of 71. Ozone decreased the enzyme activity because of its oxidative effect. A post bleaching process with hydrogen peroxide was conducted to improve the whiteness degrees of the treated fabrics, and this resulted in increases in the whiteness degrees. The whiteness degree of the sample treated with ozone increased upto 83 (stensby) after post bleaching and reached the whiteness value of the conventionally bleached sample.

Key Words: Ozone, Enzyme, Enzyme activity, Laccase, Cotton, Bleaching.

Received: 23.09.2008

Accepted: 04.06.2009

1. GİRİŞ

Pamuk liflerinin ağartılmasında sodyumhipoklorit, sodyumklorit ve hidrojen peroksit kullanılabilirse de ekolojik nedenlerle hidrojen peroksit ağartması tercih edilmektedir. Günümüzde, pamuk ağartmasında enzimlerin kullanılmasıyla ağartma prosesinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (1-3).

Tekstilde enzimlerle ağartma araştırmalarında kullanılan başlıca 3 tip enzim sırasıyla lakkaz/mediatör bileşikler, peroksidadaz enzimleri ve glikoz oksidaz enzimleridir. Bu çalışmada lakkaz (EC 1.10.3.2) enzimi kullanılmıştır. Lakkazlar, bir ya da daha fazla bakır içeren oksidazlar olup geniş bir substrat alanına etki ederler. Lakkazların atık sularının renksizleştirilmesinde, odun hamurunun ağartılmasında, deterjan-

lardaki boyarmadde transferini bloke etme fonksiyonunda geniş uygulama alanları mevcuttur. Lakkazlar genellikle mediatörlerle birlikte uygulanırlar. Mediatörler, geniş substrat alanı olan lakkaz enzimlerini desteklerler ve elektron transferini gerçekleştiren katalizör benzeri bileşiklerdir (1-6).

Bu çalışmada, lakkaz enziminin yanı sıra ozon da kullanılmıştır. Ozon (O₃) kuvvetli bir oksidan olup endüstriyel olarak ozon üretimi 185 nm'de UV kullanımı ya da "Corona Discharge" dielektrik metot ile gerçekleştirilir. Son yıllarda ozonun tekstil terbiyesinde kullanımını konusundaki bir çok çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda ozon kullanımı rapor edilen başlıca konular; pamuk ağartmasında ozon kullanımı (7,8), poliesterin terbiyesinde ozon kullanımı (9,10), denim terbiyesinde ozon kullanımı (11), jüt liflerinin terbiyesinde ozon

kullanımı (12) ve yün terbiyesinde ozon kullanımı (13) şeklindedir.

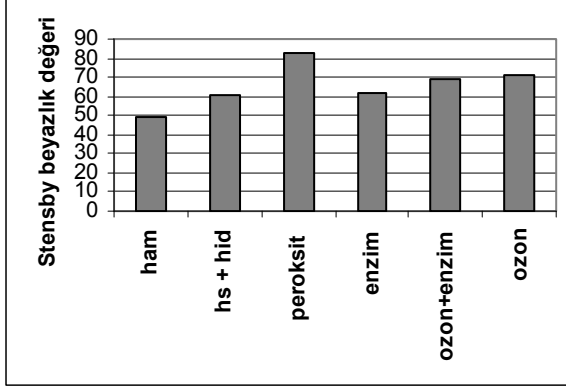
Daha önceki çalışmalarımızda lakkaz enzimi, VLA (violuric acid) mediatörü ve TEMPO (2,2',6,6'-tetramethylpiperidine-N-oxyl radikali) mediatörünün oksijen ve ozonla kombine kullanımı araştırılmıştır (14, 15).

Mevcut çalışmada daha önce yaptığımız çalışmalarımızda (14, 15) ulaşılan optimum işlem şartları baz alınmıştır ve bunun üzerine ozonun prosese etkisi ve ilave bir düşük dozlu peroksit ağartmasının etkisi araştırılmıştır. Ozon ile enzimin kombine kullanımının olası sinerjik etkisinin yanında, ozonun oksidatif etkisi nedeniyle enzim aktivitesinin düşmesi riski de vardır. Çalışmada lakkaz aktivitesi ozon beslemesi öncesi ve sonrasında ölçülerek olası aktivite kayıpları araştırılmıştır. Ayrıca enzim ve ozonla işlem görmüş numu-

Tablo 1. Numune tipine göre deneysel çalışma şartları

İŞLEM TİPİ	pH	H ₂ O ₂ (ml/l)	ENZİM (g/l)	O ₃ (ml/dk)	SICAKLIK (°C)	SÜRE (dk)
Peroksit Ağartması	10,5	2	-	-	90	60
Ozonlama	5	-	-	200	40	30
Enzimle İşlem	5	-	0,04	-	40	30
Ozonlama + Enzimle İşlem	5	-	0,04	200	40	30
İlave peroksit ağartması*	10,5	0,5	-	-	90	60

* yalnızca ozon, enzim ve ozon+enzim ile işlem görmüş kumaşlara, bu işlemlerden sonra uygulanmıştır



Şekil 1. Referans ve ağartılmış numunelerin beyazlık değerleri

(**ham**: ham kumaş, **hs+hid**: haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş kumaş, **peroksit**: peroksit ağartması yapılmış kumaş, **enzim**: lakkaz enzimi ile ağartma, **ozon+enzim**: enzim+ozon ile kombine işlem, **ozon**: ozonlama)

nelere düşük konsantrasyonda hidrojen peroksit kullanılan ilave bir hidrojen peroksit ağartması uygulanarak beyazlık dereceleri artırılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Deneylerde saf su kullanılmıştır. %100 pamuklu düz bezayağı dokusunda kumaş kullanılmıştır. Ham kumaş 112 g/m² ağırlığındadır. Atkı ve çözümlü iplikleri Ne 30/1. Atkı sıklığı 26 tel/cm, çözümlü sıklığı 29 tel/cm' dir. Saf lakkaz enzimi (53739) *trametes versicolor* esaslı biyokimyasaldır ve Fluka'dan temin edilmiştir. Toz formunda açık bej renkli enzimin depolama şartı -18°C'dir. ABTS (A1888) (C₁₈H₁₈N₄O₆S₄.(NH₃)₂) Sigma'dan temin edilmiştir. Toz formunda açık yeşil renklidir. Ozon analizlerinde ve tampon hazırlanmasında Merck kimyasalları kullanılmıştır. Bu kimyasallar; potasyum iyodür, sodyum-tiosülfat, sülfürik asit, asetik asit ve sodyum asetatır.

2.2 Yöntem

Ham kumaşa enzimatik haşıl sökme ve ardından hidrofilleştirme işlemi

yapılmıştır, kullanılan reçeteler şu şekildedir: **haşıl sökme**: 1 g/l Forzyme 240L (amilaz enzimi), 1 g/l Gemsol NS 30 (noniyonik ıslatıcı), 60°C, 30 dk; **hidrofilleştirme**: %5 NaOH, 2 g/l Gemsol NS 30 (noniyonik ıslatıcı), 95°C 45 dk.

Haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş kumaştan hazırlanan numunelere karşılaştırılması yapılacak 4 tip işlem uygulanmıştır. Bu işlemler;

1. hidrojen peroksit ağartması,
2. lakkaz enzimi ile ağartma,
3. ozon ile ağartma,
4. ozon+lakkaz ile ağartma şeklindedir.

Tüm deneyler için üçer tekrar yapılmıştır ve tüm deneylerdeki flotte oranları 1:15 seçilmiştir. Deneylerden sonra numuneler musluk suyu altında 10 dakika süre ile durulanmış ve asarak kurutulmuştur.

Hidrojen peroksit ağartması karşılaştırmalarda referans alınmak üzere yapılmıştır. Ağartma reçetesi: 2 ml/l H₂O₂ (%50), 2 g/l Gemsol NS 30 (noniyonik ıslatıcı), 2 g/l NaOH (pH 10-10,5), 0,8 g/l Gemstap 624 (organik stabilizatör), 90°C, 1 saat.

İlave Hidrojen peroksit ağartması işlemi enzim ve ozon ile muameleler sonucu ulaşılan beyazlık derecelerini artırmak için daha düşük dozda hidrojen peroksit kullanılarak yapılmıştır. İlave hidrojen peroksit ağartmasının şartları normal hidrojen peroksit ağartması ile aynı olup tek fark hidrojen peroksit konsantrasyonunun 2 g/l değil 0,5 g/l olmasıdır.

Lakkaz enzimi ile yapılan ağartma denemelerinde reçete: 0,04 g/l Lakkaz, pH 5 (asetik asit/sodyum asetat tamponu ile), 40°C, 30 dk. Bu şartlar daha önce yapılan optimizasyon çalışmalarında ulaşılan en iyi sıcaklık, süre, pH ve konsantrasyonlardır (14, 15).

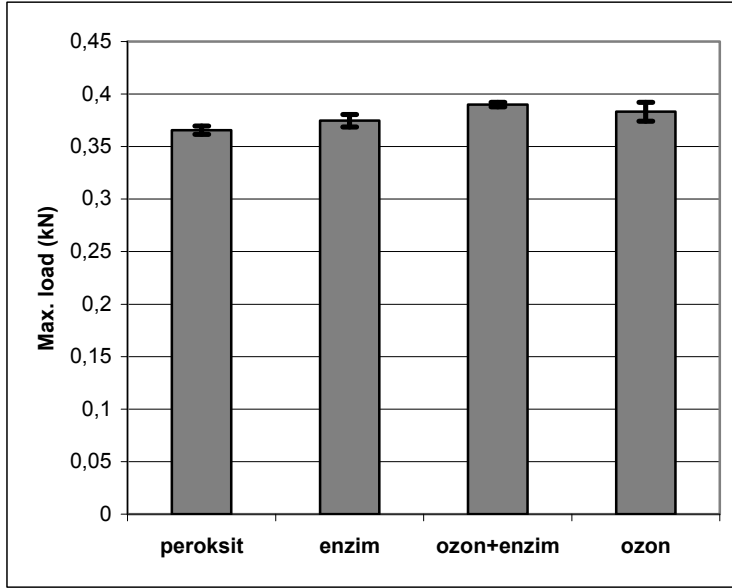
Ozon ile ağartma denemeleri tamponlu suda (pH 5 – asetik asit/sodyum asetat) enzimatik ağartma sıcaklığı olan 40°C'da yapılmıştır. Ozon gazı Opal OS1 model ozon jeneratöründe saf oksijen beslenerek üretilmiştir. Çalışmalarda ozon gaz akış oranı 200 ml/dk olarak seçilmiş ve bu akış oranında yapılan ölçümlerde ozon dozu 9,37±0,62 mg/dk olarak ölçülmüştür. Ozon jeneratörü çıkışındaki silikon hortumun ucunda bir difüzer bulunmaktadır. Difüzer kullanımındaki amaç ozon gazının küçük kabarcıklar halinde çıkmasını sağlayarak flotte ve kumaşla temasını artırılmasıdır. Ozonlama işlemi 37 mm çapında ve 195 mm yüksekliğinde bir cam mezur içerisinde yapılmıştır. Önce difüzer cam mezurun tabanına sarkıtılarak yerleştirilmiş ardından üzerine flotte oranı 1:15 olacak şekilde 120 ml flotte (tamponlu su) ilave edilmiştir. Daha sonra katlanan kumaş cam tüpteki flottenin içine difüzerin üstünde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Böylece ozon gazı beslenmeye başladığında difüzerden çıkan ozon gazının kumaşla etkileşimi sağlanmıştır.

Lakkaz ile ozonun kombine çalışıldığı denemelerde lakkaz enzimi ile ağartma banyosu yukarıda açıklandığı şekilde hazırlanmış ve bu banyoya ozon beslenmiştir. Ozon gazı beslenmesi tek başına ozon kullanımında anlatılanla aynı şekilde yapılmıştır.

Tüm denemelerin şartları Tablo 1'de toplu olarak gösterilmiştir.

Uygulanan testler

Ozon miktarının tespiti Standart Methods 2350E metodu ile titrasyon yoluyla yapılmıştır. Bu metotta, ozon potasyum iyodür çözeltisi konulmuş gaz yıkama şişelerinden geçirilmekte ve standart sodyum tiosülfat çözeltisi ile rengi kayboluncaya kadar titre edilmektedir. Metot ile ozon dozu mg/dakika olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 2. Ağartma işlemlerinin kumaş mukavemetine etkisi
(**peroksit:** peroksit ağartması yapılmış kumaş, **enzim:** lakkaz enzimi ile ağartma, **ozon+enzim:** enzim+ozon ile kombine işlem, **ozon:** ozonlama işlemi)

Kumaş numunelerinin mukavemet değerleri Instron model 4301 ile ISO13934: 1999 test metoduna göre yapılmıştır.

Kumaş beyazlık ölçümleri ve enzim aktivitesinin ölçümünde yapılan flotte transmittans ölçümleri ve Macbeth MS2020 spektrofotometre ile yapılmıştır.

Enzim aktivitesinin ölçümü için 0,5 mM ABTS pH 5'e ayarlı sodyum asetat tamponu içerisinde çözülmüş ve 40°C'da 420 nm'deki absorbans değişimi ölçülmüştür. Flottedeki lakkaz enzimi ABTS'yi okside ederek daha stabil olan katyon formuna dönüştürmekte ve bu nedenle flotte koyu yeşil bir renk almaktadır. Bu renk değişiminden faydalanarak 420 nm'deki flotte absorbansının zamana bağlı değişiminden lakkaz enziminin aktivitesi ölçülebilmektedir. ABTS'nin 420 nm'deki ekstinksiyon katsayısı $\epsilon = 36 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ 'dir (16, 17). Absorbans değişimi ölçümü şu şekilde yapılmıştır: 0,04 g/l olacak şekilde hazırlanan enzim flotte-sinden 1 ml alınarak 4,9 ml 0,4 mM ABTS substratına eklenmiş ve karışım spektrofotometrenin ölçüm küvetine yerleştirilmiştir. Spektrofotometre ölçüm küvetinin ışık yolu 10 mm'dir. 5 dakika sonunda flottenin 420 nm'deki absorbans değişiminin dakika bazında değişimi tayin edilmiştir. Absorbans değişimi tayin edildikten sonra formülden enzim aktivitesi hesaplanmıştır:

$U/ml = 2 (V/v \cdot \epsilon \cdot d \cdot \Delta A_{min}^{-1})$ (V: toplam reaksiyon hacmi (ml), v: enzim flottesini hacmi (ml), $\epsilon = 420 \text{ nm'deki ekstinksiyon}$

katsayısı = $36 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$, d: ölçüm küveti ışık yolu (cm), $\Delta A = 420 \text{ nm'deki dakikadaki absor-bans değişimi}$)

Bir lakkaz aktivite ünitesi dakikada 1 mikromol substratı (ABTS) okside eden enzim miktarıdır.

3. BULGULAR ve SONUÇ

Beyazlık değerleri

Ağartma deneyleri sonrasında ulaşılan beyazlık değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'de karşılaştırmalar için referans olması açısından ham kumaşın ve haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş kumaşın da beyazlık değerleri verilmiştir. Ulaşılmaya hedeflenen asıl referans değer ise peroksit ağartması için gösterilen değerdir.

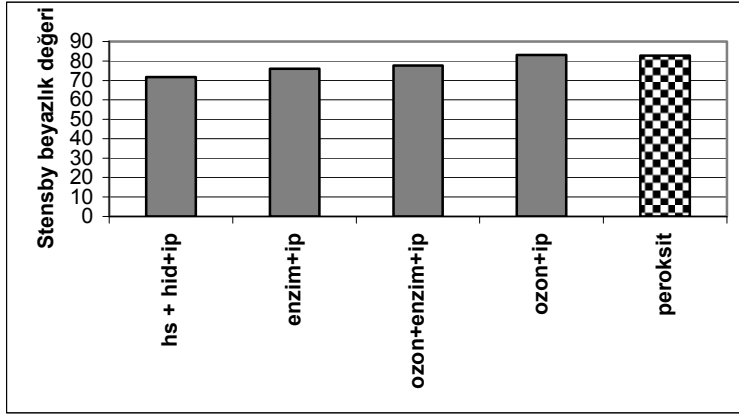
Şekil 1'de gösterilen beyazlık değerlerinden, bu çalışmada uygulanan şartlarda, üç tip ağartma işlemi ile de (lakkaz ile, ozon ile, ozon+lakkaz ile) peroksit ağartmasıyla ulaşılan beyazlık değerlerine ulaşamadığı görülmüştür.

Lakkaz enzimi ile yapılan ağartma denemelerinde ulaşılan beyazlık değerinin haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş kumaşın beyazlık değeriyle hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Buradan; çalışılan şartlarda lakkaz enzimlerinin tek başlarına pamukta herhangi bir ağartma etkisi oluşturmadıkları görülmüştür. Lakkazların çeşitli proseslerde oksidatif özelliklerinden olumlu sonuçlar elde edilmiş olsa da (6), pamuk ağartması üzerine yapılmış daha önceki iki çalışmada da (14, 18)

lakkazların tek başına pamuğun beyazlığı üzerine olumlu bir etkisine rastlanmamıştır. Literatürde pamuğun lakkaz enzimi ile ağartılması üzerine yapılmış çalışmaların ilkinde lakkazların hem tek başlarına hem de mediatörlerle denemelerinde başarılı sonuçlar elde edilemediği rapor edilmiştir (14). Diğer ağartma çalışmasında ise lakkaz enzimi ile muamelenin beyazlık üzerine olumlu etkisi olmadığı rapor edilmiş, çalışmanın devamında lakkaz enzimini takip eden bir peroksit ağartması yapıldığı ve lakkaz ile muamelenin peroksit ağartmasında ulaşılan beyazlık değerini artırdığı rapor edilmiştir (18).

Lakkaz enzimlerinin denendiği bu çalışmanın amaçlarından biri lakkazın ozon ile kombine kullanımında herhangi bir sinerjik etkinin sağlanıp sağlanamayacağını araştırmak, bunun yanında ozonun enzim aktivitesi üzerine etkisini araştırmaktır. Lakkaz ile ozonun kombine kullanımı sonucu beyazlık değerlerinde artış gözlenmiştir. Şekil 1'de de görüldüğü gibi kombine muamele sonucu haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş kumaşın 60 olan Stensby beyazlık değeri 69'a çıkmıştır. Burada kombine işlemde belirli bir beyazlık etkisi sağlandığı açıkça görülmekle birlikte, beyazlıktaki bu artışın kombine işlemdeki sinerjik etkiden mi yoksa ozondan mı kaynaklandığını anlamak için ozonun tek başına kullanıldığı denemeler de yapılmıştır. Ozonun tek başına kullanıldığı denemelerde ozon enzim kombinasyonundan daha yüksek beyazlıklara ulaşılmıştır, ancak beyazlıktaki artış sınırlıdır; kombine muamelede 69,36 olan Stensby beyazlık değeri tek başına ozon kullanımında 71,60 olarak gerçekleşmiştir. Enzim bulunan banyolardaki beyazlık değerinin daha düşük olmasının sebebinin banyoda lakkaz bulunması durumunda ozonun bir kısmının enzim tarafından tüketilmesi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum enzim aktivitesi testleriyle de onaylanmıştır, aşağıda verilen enzim aktivitesi sonuçlarına göre ozon enzimle reaksiyona girerek enzimin aktivitesini düşürmektedir.

Enzim ve ozonun kombine muamelesi ile tek başına ozonlamada elde edilen beyazlık değerlerinin karşılaştırması sonucu elde edilen beyazlık artışının ozondan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bu çalışmada ozonlama süresi lakkaz muamelesiyle uyumluluk açısından 30 dakika seçilmiştir, ancak literatürde ozonlama süresini arttıkça beyazlığın da arttığını rapor eden çalışmalar mevcuttur (19). Dolayısıyla buradaki sonucu ozonlamanın limiti olarak algılamak gerekmektedir, işlem paramet-



Şekil 3. Numunelerin ilave hidrojen peroksit ağartması sonrası beyazlık değerleri

(ip: ilave peroksit ağartması, **hs+hid+ip**: haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş ardından ilave peroksit ağartması yapılmış kumaş, **enzim+ip**: lakkaz enzimi ile ağartma ardından ilave peroksit ağartması yapılmış kumaş, **ozon+enzim+ip**: enzim+ozon ile kombine işlemi yapılmış ardından ilave peroksit ağartması yapılmış kumaş, **ozon+ip**: ozonlama yapılmış ardından ilave peroksit ağartması yapılmış kumaş.)

releri değiştirildiğinde ozonlama ile ulaşılan beyazlıkta değişecektir (19).

Ozonlamanın enzim aktivitesine etkisi

Metot kısmında detaylı şekilde anlatılan enzim aktivitesi ölçümü sonucunda U/ml cinsinden hesaplanan enzim aktivitesi kullanılan 1 ml enzim flottesindeki enzimin miktarından hareketle (0,04 g/l) U/mg birimine dönüştürülmüştür.

Ölçümler neticesinde başlangıçtaki lakkaz aktivitesi 27,22 U/mg, ozonlama sonrasında ise 0,34 U/mg olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlar ozonlama esnasında enzimin şiddetli şekilde aktivite kaybına uğradığını göstermiştir. Ozonun yüksek oksidasyon özelliğinin enzimin aktivite kaybına sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Kumaş mukavemetine etki

Ağartma işlemlerinin kumaş mukavemeti üzerine etkisi araştırılmış, ağartılmış kumaşların mukavemet değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. En düşük mukavemet değeri hidrojen peroksit ile ağartılmış kumaşa aittir. Hidrojen peroksit ağartması alkali ortamda 90°C'da 1 saat süre ile yapılmış, enzim ve ozon muamelesi ise 40°C'da 30 dakika süre ile uygulanmıştır. Hidrojen peroksit ağartmasındaki şartların daha ağır olması mukavemetin daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Bununla birlikte mukavemet değerlerinin birbirinden çok ta farklı olmadığı açıktır. Şekil 2'den lakkaz ve ozon ile ağartma işlemlerinin belirtilen şartlarda kumaş mukavemeti açısından sorun oluştur-

madığı açıkça görülmektedir. Ozon hidrojen peroksitten daha kuvvetli bir oksidatif madde olmasına rağmen ozonlama sonucu mukavemetin hidrojen peroksitten yüksek kalması ozon dozunun düşük olmasından kaynaklandığı kadar ozonlama işlem şartlarının daha ılımlı ve kısa olmasına da bağlıdır.

İlave Hidrojen Peroksit Ağartması sonrası beyazlık değerleri

Enzim ve ozon ile muameleler sonucu ulaşılan beyazlık dereceleri klasik hidrojen peroksit ağartmasındaki değerlerden düşük kaldığı için beyazlık derecelerini artırmaya yönelik olarak bir ilave hidrojen peroksit ağartması işlemi yapılmıştır. İlave hidrojen peroksit ağartmasının şartları normal hidrojen peroksit ağartması ile aynı olup tek fark hidrojen peroksit konsantrasyonunun 2 g/l değil 0,5 g/l olmasıdır. Bu yolla hidrojen peroksit ağartmasından önce enzimlerle ya da ozonla yapılacak bir ön muamelelerin ağartmaya etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. Kontrol olarak enzim ya da ozon ile işlem görmemiş kumaşa da ilave peroksit ağartması prosedürü uygulanarak karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 3'te verilen sonuçlar incelendiğinde enzimle, ozonla ve enzim + ozonla ön işlemin ilave hidrojen peroksit ağartması sonucu ulaşılan beyazlık derecelerinde artış sağladığı görülmektedir. Ozon ile işlem görmüş kumaşın beyazlık derecesinin ilave peroksit ağartması sonrası (83,12 Stensby derecesi) klasik hidrojen peroksit ağartmasında ulaşılan beyazlık derecesiyle (82,75 Stensby derecesi) eşdeğer hatta bir miktar daha yüksek

olduğu gözlenmiştir, burada ilave peroksit ağartmasında kullanılan peroksit miktarının klasik peroksit ağartmasında kullanılan miktarın dörtte biri kadar olduğu da unutulmamalıdır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tzanov ve arkadaşlarının (18) çalışmasında rapor ettikleri sonuçlarla uyumludur. Buna ilave olarak ozon ile ön muamelelerin de hidrojen peroksit ile yapılan ağartmanın etkinliğini artırdığı gösterilmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada oksidatif bir madde olan ozonun pamuğun lakkaz enzimleriyle ağartılmasında enzim aktivitesine ve beyazlığa etkisi incelenmiştir.

Ozon oksidatif özelliği nedeniyle enzim aktivitesini olumsuz etkilemiş ve başlangıçta 27,22 U/mg olan enzim aktivitesi ozonlama sonunda 0,34 U/mg'ye düşmüştür.

Beyazlık ölçümleri neticesinde tek başına lakkaz kullanımının beyazlıkta bir artış sağlamadığı görülmüştür. Lakkaz ağartma banyosuna ozon gazı beslenmesi durumunda Stensby beyazlık değeri 61'den 69'a çıkmıştır. Ozonun tek başına beslenmesi durumunda beyazlık değeri 72 Stensby derecesine yaklaşmıştır. Ozonun tek başına kullanılması durumunda sağlanan beyazlığın lakkaz ozon kombinasyonundakinden yüksek olması sağlanan beyazlık etkisinin ozon kaynaklı olduğunu göstermiştir. Banyoda lakkaz bulunması durumunda ozonun bir kısmının enzim tarafından tüketildiği ve neticesinde beyazlığın daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan mukavemet ölçümlerinde belirtilen şartlarda çalışılması durumunda ozonla ya da lakkaz enzimiyle muamelelerin kumaş dayanımı açısından risk oluşturmadığı, en düşük mukavemet değerinin hidrojen peroksit ağartmasında olduğu görülmüştür. Ozonlama işleminin soğukta ve kısa süreli yapılmasının yanında ozon dozunun çok yüksek olmaması, kuvvetli bir oksidan olmasına karşın ozonun fazla kumaş hasarına sebep olmamasını sağlamıştır.

Enzimatik ve ozon ile muameleler sonucu ulaşılan beyazlık derecelerini artırmaya yönelik olarak yapılan ilave hidrojen peroksit ağartması sonucu enzimle, ozonla ve enzim+ozonla ön işlemin beyazlık derecelerinde artış sağladığı görülmüştür. İlave peroksit ağartmasında kullanılan peroksit miktarı klasik peroksit ağartmasında kullanılan miktarın dörtte biri kadar olma-

sına rağmen, ozon ile işlem görmüş ve ardından ilave peroksit ağartması yapılmış kumaşın beyazlık derecesinin klasik hidrojen peroksit ağartmasında ulaşılan beyazlık derecesiyle eşdeğer hatta bir miktar daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Komisyonu'nca desteklenen **M2006-32** no'lu ve "**Tekstil Mamullerinin Ağartılmasında Lakkaz Enzimleri ile Oksijen ve Ozonun**

Kombine Kullanımının Araştırılması" adlı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Anış, P., Davulcu, A. and Eren, H.A., 2009, "Enzymatic One-Bath Desizing - Bleaching - Dyeing Process For Cotton Fabrics", *Textile Research Journal*, Accepted for publication.
2. Anış, P., Davulcu, A. and Eren, H.A., 2008, "Enzymatic Pre-treatment of cotton. Part 2: Peroxide Generation in Desizing Liquorand Bleaching", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol: 17 (2), pp: 87-90.
3. Anış, P., Davulcu, A. and Eren, H.A., 2008, "Enzymatic Pre-treatment of cotton. Part 1: Desizing and Glucose Generation in Desizing Liquor", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol: 16 (4), pp: 100-103.
4. Gübitz, G. M., 2001, "Biotechnology in the textile industry - perspectives for the new millennium", *Journal of Biotechnology*, Vol: 89 (2), pp: 89-90.
5. Tzanov, T., Costa S. A., Gübitz, G. M. and Cavaco-Paulo, A., 2001, "Bio-preparation of cotton fabrics", *Enzyme and Microbial Technology*, Vol: 29 (6-7), pp: 357-362.
6. Bar, M., 2001, "Kinetics and Physico-chemical Properties of White-rot Fungal Laccases", *MSc Thesis*, University of Free State, Bloemfontein.
7. Perincek, S., Bahtiyari, I., Korlu, A. and Duran, K., 2009, "New Techniques in Cotton Finishing", *Textile Research Journal*, Vol: 79(2), pp: 121-128.
8. Perincek, S., Duran, K., Korlu, A.E., and Bahtiyari, M.İ., 2007, "An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics", *Ozone: Science and Engineering*, Vol: 29(5), pp: 325 - 333.
9. Eren, H.A. and Anış, P., 2009, "Surface Trimer Removal Of Polyester Fibres By Ozone Treatment", *Textile Research Journal*, Vol: 79(7), pp: 652-656.
10. Eren, H.A., 2007, "Simultaneous Afterclearing and Decolorisation by Ozonation After Disperse Dyeing of polyester", *Coloration Technology*, Vol: 123(4), pp: 224-229.
11. Özdemir, D., Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Perincek, S., and Körlü, A.E., 2008, "Ozone Bleaching of Denim Fabrics", *AATCC*, Vol: 8(9), pp:40-44.
12. Perincek, S., Bahtiyari, M.İ., Körlü, A.E., and Duran, K., 2007, "Ozone Bleaching of Jute Fabrics", *AATCC*, Vol: 7(3), pp: 34-39.
13. Gülümser, T., Akça, C., Bahtiyari, M.İ. ve Perincek, S., 2009, "Yün Terbiyesinde Ozonla İşlemin Beyazlık Derecesine Etkisinin Araştırılması", *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol: 19(1), pp: 52-55.
14. İnkaya, T., Eren, H.A. ve Anış, P., 2007, "Pamuk Ağartılmasında Lakkaz/Mediatör Sistemlerinin Oksijen Ve Ozon İle Kombine Edilmesi", *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol: 14(1), pp: 77-82.
15. İnkaya, T., 2006, "Pamuklu Mamullerin Ağartılmasında Enzim Kullanımı", *Yüksek Lisans Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği ABD.
16. Madzak, C., Mimmi, M.C., Caminade, E., ve diğ., 2006, "Shifting the optimal pH of activity for a laccase from the fungus *Trametes versicolor* by structure-based mutagenesis", *Protein Engineering, Design & Selection*, Vol: 19(2), pp: 77-84.
17. Johannes, C., and Majcherczyk, A., 2000, "Laccase activity tests and laccase inhibitors", *Journal of Biotechnology*, Vol: 78, pp: 193-199.
18. Tzanov, T., Basto, C., Gubitz, G.M. and Cavaco-Paulo, A., 2003, "Laccases to Improve the Whiteness in a Conventional Bleaching of Cotton", *Macromol. Mater. Eng.*, Vol: 288(10), pp: 807-810.
19. Eren, H.A. , Anış,P., Günay, A.B. ve Demirhan, Ö., 2008, "Pamuklu Dokuma Kumaşın Ozon İle Oda Sıcaklığında Ağartılması Olanasının Araştırılması", *IV Ulusal Tekstil Boya ve Kimyasalları Kongresi, 30-31 Ekim 2008 Denizli*, Pamukkale Üniversitesi-BUTAL.

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "**Hakem Onaylı Araştırma**" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.

KURU TEMİZLEME

Kuru temizleme çok eskilere dayanan bir iştir. Rivayete göre "Jolly Belin" in hizmetçisi gaz lambasını kaza ile lekeli bir ürünün üzerine düşürür. Ürünün üzerine dökülen gaz yağı uçunca dökülen yerdeki lekenin de sihirli bir şekilde yok olduğunu fark eden Jolly Belin etrafındaki insanların elbisesindeki lekeleri de bu yol ile çıkarmaya başlar ve vermiş olduğu bu hizmetin adına da kuru temizleme demiştir. Her ne kadar adı kuru temizleme ise de işlem yaşı ortamda yapılır.

Kuru temizlemede suyun yerine bir petrol ürünü (leke çözücü solvent -perkloroetilen) kullanılır. İnsanlarda ıslaklık, suyla temas anlamında algılandığından bu işleme kuru temizleme denilmektedir. Bu çözücü ile yıkanan giysilerin kuruması üzerindeki solvent'in uçarak havaya karışması ile sağlanır. Bu şekilde temizlenen giysiler, ütülenince yeni gibi dururlar.