

**NANOTEKNOLOJİ ÜRÜNÜ DENDRİMERLER
KULLANILARAK PAMUK LİFLERİNİN
REAKTİF BOYARMADDELERLE
BOYANABİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Osman NAMIRTI

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Rıza ATAV

2013

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NANOTEKNOLOJİ ÜRÜNÜ DENDRİMERLER KULLANILARAK PAMUK
LİFLERİNİN REAKTİF BOYARMADDELERLE BOYANABİLİRLİĞİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

OSMAN NAMIRTI

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. RIZA ATAV

TEKİRDAĞ-2013

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Rıza ATAV danışmanlığında, Osman NAMIRTI tarafından hazırlanan “Nanoteknoloji Ürünü Dendrimerler Kullanılarak Pamuk Liflerinin Reaktif Boyarmaddelerle Boyanabilirliğinin Geliştirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Doç. Dr. Rıza ATAV

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aylin YILDIZ

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NANOTEKNOLOJİ ÜRÜNÜ DENDRİMERLER KULLANILARAK PAMUK LİFLERİNİN REAKTİF BOYARMADDELERLE BOYANABİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Osman NAMIRTI

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Rıza ATAV

Pamuk liflerinin reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanmasında reaktif boyaların düşük olan substantiflikleri nedeniyle affiniteyi arttırmak için yüksek miktarlarda tuz kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı tekstil boyama atık sularındaki tuzun gelecekte önemli problemlere yol açabileceğine dikkat çekmiş olup, pamuğun reaktif boyarmaddelerle verim kaybına yol açmadan az tuzla veya tuzsuz olarak boyanabilmesini sağlayacak bir proses geliştirilmesi büyük öneme sahiptir. Reaktif boyarmaddeler anyonik olduğu için pamuğun bu boyalara karşı substantivitesini geliştirmenin yolu bu liflerin katyonikleştirilmesidir. Pamuğun katyonikleştirilmesi konusunda son yıllardaki yenilik nanoteknoloji ürünü olan dendrimerlerin kullanılmasıdır. Bu tez çalışmasında pamuk liflerine boyama öncesi dendrimerlerle işlem yapılarak pamuk liflerinin yapısına yeni fonksiyonel grupların eklenmesi suretiyle bu liflerin reaktif boyarmaddelerle verim kaybına yol açmadan tuz kullanılmadan boyanabilirliği araştırılmıştır. Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle tuz kullanılmadan boyanmasını sağlamak üzere amin uç grubuna sahip dendrimerlerin kullanılabilmesi, hidroksil uç grubuna sahip dendrimerlerin ise bu hususta işe yaramayacağı saptanmıştır. Amin uç grubuna sahip dendrimerler için optimum aplikasyon koşulları ise pH 5,5, 80°C, 10 dakika ve %0,8 olarak bulunmuştur. Ancak trikromi boyama sonuçlarına dayanarak, optimum konsantrasyonun boyarmadde türüne bağlı olarak farklılık göstereceği söylenebilir. Bu nedenle, dendrimerle işlem yapılarak pamuklu kumaşların tuz kullanılmadan boyanması isteniyorsa ya en düşük dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Blue RR) göre ön işlem yapıldıktan sonra reçetedeki sarı ve kırmızı oranları artırılarak ya da koşullar en yüksek dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Red RR) göre ayarlanıp sarı ve özellikle de mavi boyarmaddenin miktarları düşülerek boyama yapılması gerektiği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Dendrimer, Pamuk, Reaktif, Boyarmadde

2013, 40 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

IMPROVEMENT OF DYEABILITY OF COTTON FIBERS WITH REACTIVE DYES BY USING NANOTECHNOLOGY PRODUCT DENDRIMERS

Osman NAMIRTI

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Rıza ATAV

While dyeing cotton fiber with exhaustion method, due to low substantivity of reactive dyes, high amount of salt is used in order to increase the affinity. Many researchers point out that salts in dyeing effluent may expose many important problems in the future, so developing a process that enables low-salt or salt-free dyeing of cotton fibers with reactive dyes without causing any decrease in color yield has an immense importance. Because of the anionic character of reactive dyes, only choice to increase substantivity of cotton fiber versus reactive dyes is cationization of the fiber. In recent years innovation in cationizing of cotton fiber is the use of nanotechnology based dendrimers. In this thesis, by means of adding new functional groups to cotton by pretreatment of cotton fibers with dendrimers, the possibility of salt-free dyeing of cotton fibers with reactive dyes without causing any decrease in color yield was investigated. It was determined that while amine terminated dendrimers are effective in salt-free dyeing of cotton fibers with reactive dyes, hydroxyl terminated dendrimers cannot be used for that purpose. . Optimum pretreatment conditions for amine terminated dendrimers was found to be pH 5.5, 80°C, 10 minutes and 0,8%. However, with regard to trichromy dyeing results, it can be said that optimum concentrations can differ depending on dye type. For this reason if salt free dyeing of cotton fabrics is wanted to be achieved, it can be said that it is necessary to carry out the dyeing either by increasing red and yellow dye percentages in the recipe after pre-treatment carried out according to the dye requiring the lowest dendrimer concentration (Remazol Blue RR) or by decreasing yellow and especially blue dye percentages in the recipe after pre-treatment carried out according to the dye requiring the highest dendrimer concentration (Remazol Red RR).

Keywords: Dendrimer, Cotton, Reactive, Dye

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisinden faydalandığım, insani ve ahlâki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum, eğitim ve tez çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tüm bilgi birikimini sürekli aktarma çabasında olan ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken sonsuz hoşgörü ve sabır gösteren değerli hocam Doç. Dr. Rıza ATAV'a teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca desteğini her zaman yanımda hissettiğim Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi Kaya KARABULUT'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim devam ederken çalışmaya başladığım ve bu süreçte eğitimimi tamamlayabilmem için gerekli tüm desteği veren Yünsa Yünlü ve San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Son olarak da her konuda olduğu gibi yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım da manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim canım eşim Büşra NAMIRTI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1 Dendrimerlerin Yapısı	2
2.2 Dendrimerlerin Üretimi	4
2.3 Dendritik Moleküllerin Sınıflandırılması	6
2.4 Dendrimerlerin Özellikleri	7
2.5 Dendrimerlerin Türleri	7
2.6 Dendrimerlerin pamuk liflerinin reaktif boyalarla boyanabilirliğinin geliştirilmesinde kullanımına ilişkin önceki çalışmalar	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1 Oksidatif Ön İşlemin Optimizasyonu	12
3.2 Dendrimerle İşlemin Optimizasyonu	15
3.3 Dendrimerle modifiye edilmiş pamuklu kumaşların çeşitli reaktif boyarmaddelerle boyanabilirliğinin geliştirilmesi	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	19
4.1 Oksidatif Ön İşlemin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar	19
4.2 Dendrimer ile Ön İşlemin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar	23
4.3 Dendrimerle modifiye edilmiş pamuklu kumaşların çeşitli reaktif boyarmaddelerle boyanabilirliğinin geliştirilmesine ilişkin sonuçlar	31
5. SONUÇ	35
6.KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Ahtapot moleküllerin yapısı	2
Şekil 2.2: (a) Dendrimer ve (b) Hiperdallanmış polimerlerin genel yapısı	3
Şekil 2.3: Sıkıca paketlenmiş yapıya sahip dendrimerler (Klajnert ve Bryszewska, 2001)	3
Şekil 2.4: Dendrimerlerde jenerasyonların oluşumu	5
Şekil 2.5: Dendrimerlerin sentezi	6
Şekil 2.6: Dendritik moleküllerin sınıflandırılması (Vögtle v.d., 2009)	6
Şekil 2.7: Etilendiamin öze sahip PAMAM dendrimerin sentezi	8
Şekil 3.1: Hidroksilamin hidroklorür ve aldehitlerin reaksiyonu	13
Şekil 3.2: Denemelerde kullanılan dendrimerlerin kimyasal yapıları	13
Şekil 4.1: M-periyodat konsantrasyonunun aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 50°C - 30')	19
Şekil 4.2: M-periyodat ile ön işlem pH'nın aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: 3 g/L - 50°C - 30')	19
Şekil 4.3: M-periyodat ile ön işlem pH'nın aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 3g/L - 30')	20
Şekil 4.4: M-periyodat ile ön işlem süresinin aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 3 g/L - 50°C)	20
Şekil 4.5: İşlemsiz ve oksidatif işlem görmüş kumaşların Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2 koyulukta boyanmasına ilişkin renk verimi (K/S) sonuçları .	22
Şekil 4.6: Pamuk liflerinin yapısındaki sekonder alkol gruplarının m-periyodat ile yükseltgenme mekanizması	23
Şekil 4.7: M-periyodatın selüloz liflerine etki mekanizması	23
Şekil 4.8: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem pH'nın optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları (pH 7 - 60°C - 30')	24
Şekil 4.9: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem sıcaklığının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları	24
Şekil 4.10: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem süresinin optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları	24
Şekil 4.11: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem pH'nın optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları	25
Şekil 4.12: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem sıcaklığının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları	25
Şekil 4.13: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem süresinin optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları	25
Şekil 4.14: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem konsantrasyonunun optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları.....	27
Şekil 4.15: Dendrimer konsantrasyonu ve tuz azaltma oranının renk verimi üzerine etkisi	29
Şekil 4.16: İşlemsiz ve optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası optimum koşullarda amin uç grubu içeren dendrimerle işlem görmüş kumaş numunelerine ait ATR/FT-IR analizi sonuçları	30
Şekil 4.17: Remazol Yellow RR, Remazol Red RR ve Remazol Blue RR ile %0,5'lik boyanan kumaşların renk verimi değerleri	32
Şekil 4.18: Remazol Yellow RR, Remazol Red RR ve Remazol Blue RR ile %2'lik boyanan kumaşların renk verimi değerleri	32
Şekil 4.19: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile %0,66/0,66/0,66'lık boyanan kumaşların renk verimi değerleri	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1: Denemelerde kullanılan kumaşın fiziksel özellikleri	11
Çizelge 3.2: Tez çalışmasında kullanılan boyarmaddeler ve özellikleri	11
Çizelge 3.3: Denemelerde kullanılan dendrimerlerin özellikleri	14
Çizelge 3.4: Boyamalarda kullanılan tuz ve soda miktarları	17
Çizelge 4.1: İşlemsiz kumaşlar ile optimum koşullarda periyodat ile ön işlem görmüş kumaşların beyazlık dereceleri	21
Çizelge 4.2: Optimum koşullarda dendrimer ile işlem görmüş kumaş ile işlemsiz kumaşın haslık ölçümü sonuçları	28
Çizelge 4.3: Dendrimer konsantrasyonu ve tuz azaltma oranının CIELAB değerleri ve ışık haslığı üzerindeki etkisi	29
Çizelge 4.4: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile %0,66/0,66/0,66'lık boyanan kumaşların CIEL*a*b* değerleri	34
Çizelge 4.5: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile 0,66/0,66/0,66'lık boyanan kumaşların yıkama, sürtme ve ışık haslığı değerleri	34

1. GİRİŞ

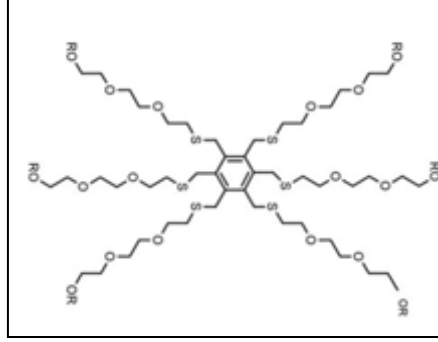
Son yıllarda tekstil üretiminde sentetik liflerin payı önemli derecede artmış olsa da, günümüzde hâlâ %50'nin üzerinde bir oranla selüloz lifleri kullanılmaktadır. Tüm tekstillerin yaklaşık %5'i beyaz, %5'i renkli dokunmuş, %15-20'si baskılı ve %70-75'i düz boyalı mamullerden oluşmaktadır. Pamuk liflerinin boyanmasında reaktif boyarmaddeler %62 gibi önemli bir kullanım payına sahiptir (Atav 2005). Reaktif boyarmaddeleri uygulama tekniği açısından incelediğimizde ise, boyarmaddenin yarısından çoğunun çektirme yöntemi ile uygulandığı ortaya çıkmaktadır (Dystar 2002).

Pamuk liflerinin reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanmasında reaktif boyaların düşük olan substantiflikleri nedeniyle affiniteyi arttırmak için yüksek miktarlarda tuz kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı tekstil boyama atık sularındaki tuzun gelecekte önemli problemlere yol açabileceğine dikkat çekerek, çektirme yöntemine göre yapılan pamuk boyamalarında atık sudaki tuz konsantrasyonunun genelde 2000-3000 ppm civarında olduğunu belirtmiştir (U.S. Environmental Protection Agency 1996). Birçok ülke emisyon sınır değerlerini 2000 ppm ve altı olarak belirlemiştir (European Commission Directorate 2002). Bu değerlerden de tuzun atık su yükü üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir. Bu nedenle, pamuğun reaktif boyarmaddelerle verim kaybına yol açmadan az tuzla veya tuzsuz olarak boyanabilmesini sağlayacak bir proses geliştirilmesi büyük öneme sahiptir.

Reaktif boyarmaddeler anyonik olduğu için pamuğun bu boyalara karşı substantivitesini geliştirmenin yolu bu liflerin katyonikleştirilmesidir. Pamuğun anyonik boyalara substantivitesini geliştirmek için yapılan çalışmaların çoğunda, pamuk ile reaksiyona girebilen çeşitli reaktif gruplara sahip (epoksi, aktif halojen, etoksilat veya amino) kuarterner katyonik maddeler veya aminler kullanılmaktadır. Pamuğun katyonikleştirilmesi konusunda son yıllardaki yenilik nanoteknoloji ürünü olan dendrimerlerin kullanılmasıdır. Tekstil terbiyesinde nanoteknolojik ürünler kullanılarak konvansiyonel yöntemlere kıyasla birçok avantajlar sağlanabilmektedir. Literatürde boyama öncesi pamuk liflerine dendrimerler ile ön işlem uygulanmasıyla liflerin reaktif boyalarla boyanabilirlik özelliklerinin geliştirilebileceği belirtilmektedir. Ancak bu konudaki çalışmalar çok sınırlıdır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında literatürdeki eksikliği gidermek ve böylece pamuk boyamacılığında önemli bir değişim yaratmak için dendrimer teknolojisi kullanılarak pamuklu kumaşların reaktif boyalarla tuz kullanılmadan boyanabilirliğinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

1974 yılında Vögtle ve arkadaşları çok kollu molekülleri, her ne kadar dallanmış yapıda olmasalar da, ahtapot moleküller (Şekil 2.1) olarak tanımlamışlardır. Aynı grup 1978 yılında sürekli dallanma sergileyen bileşiklerin ilk somut temsilcisi olarak sentetik “kademeli (cascade) molekül”lerden bahsetmiştir. Başlangıçta aşılması gereken çeşitli engeller nedeniyle yüksek derecede dallanmış polimerlerin gelişmeleri yıllar boyu yavaş bir şekilde ilerlemiştir (Vögtle ve ark. 2009).



Şekil 2.1: Ahtapot moleküllerin yapısı (Vögtle ve ark. 2009)

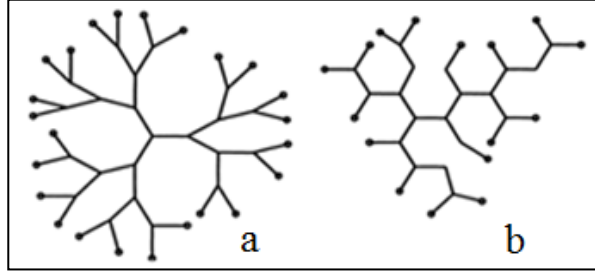
Dendrimer terimi ilk defa 1985 yılında Tomalia tarafından önerilmiştir (Toit ve ark. 2010). Aynı zamanda Newkome grubu da bağımsız olarak benzer yapıda makromoleküller sentezlemişlerdir. Onlar bu makromolekülleri Latince kaynaklı “arbol” kelimesinden yola çıkarak yine ağaç anlamına gelen “aborols” olarak tanımlamıştır. Bunların yanında kademeli (cascade) moleküller kullanıldıysa da “dendrimer” terimi en çok yerleşmiş olanıdır (Klajnert ve Bryszewska 2001).

İlk sentezlerinden sonra neredeyse 30 yıldır dendritik moleküller üzerine yapılan araştırmaların, sadece yayın formu değil (1998 itibariyle 10.000), bu alanda aktif olarak çalışan araştırmacı (8000) ve dendritik bileşiklere ilişkin patent başvurusunda bulunan firma (150) sayısı da dikkate alındığında, katlanarak artan ve güncel araştırmalar olduğu aşikârdır (Vögtle ve ark. 2009).

2.1 Dendrimerlerin Yapısı

Sentetik ve doğal olarak bulunan birçok makromolekül basit lineer bir yapıya sahiptir. Bunlar, tekrarlayan monomer yapıtaşlarının kovalent bağlar ile bağlanması ile meydana gelen, her iki başında uç gruplar bulunan zincirlerden meydana gelmektedir. Bu iki uç grup, lineer moleküllerden meydana gelen polimer materyalinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde

çok az etkili olmaktadır. Son 20 yıldır polimer kimyası tarafından çok sayıda lineer olmayan yapılar ortaya çıkartılmış ve polimer sentezi sırasında çok sayıda yan dalların eklenmesi, çok sayıda uç gruplara sahip makromoleküllerin elde edilmesine yol açmıştır. Çok dallı polimerlerin iki tipi olan düzgün yapıda dallanmış dendrimerler ile dallanmanın rastgele olduğu “hiperdallanmış (hyperbranched) polimerler” Şekil 2.2’de görülmektedir (Froehling 2001).



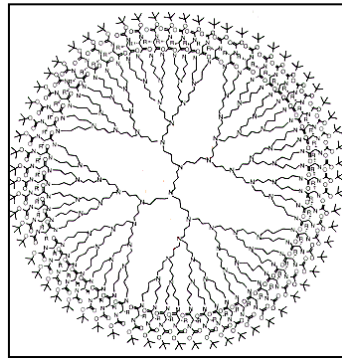
Şekil 2.2: (a) Dendrimer ve (b) hiperdallanmış (hyperbranched) polimerlerin genel yapısı

Dendrimerler kimyasal anlamda üç farklı bileşenin özel bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşmaktadır:

- 1) Çok fonksiyonlu bir merkez,
- 2) İç tabakalar
- 3) Çok değerlikli bir yüzey.

Çok fonksiyonlu merkez molekül örneğin amonyak ya da etilendiamin’den sentezlenebilmektedir.

Birçok iç tabakaya sahip yapı taşları birbirini tekrar eden ve boşluklarının arasında çeşitli küçük misafir molekülleri kapsülleyebilecek esnek alanlar oluşturan ünitelerin (poliamidoamin “PAMAM”, poliamino asitler, polifeniller, poliporfirinler ve polieterler vb.) birleşiminden oluşmaktadır (Toit ve ark. 2010).



Şekil 2.3: Sıkıca paketlenmiş yapıya sahip dendrimerler (Klajnert ve Bryszewska 2001)

Merkez molekülden büyüyen zincirler giderek uzamaktadır ve çok dallanmış dendrimerler küresel bir yapıya dönüşmektedir. Dendrimerler dış kenarlarından genişledikçe kapalı membran tipi yapılar oluşturacak şekilde sıkıca paketlenmiş hale gelmektedir (Şekil 2.3). Kritik dallanma noktasına ulaşıldıktan sonra boş alan yoksunluğundan dolayı dendrimerler daha fazla büyümemektedir. Buna “starburst effect” adı verilmektedir (Klajnert ve Bryszewska 2001).

Reaktif uç gruplar dendritik büyümenin devamı ya da dendrimer bileşiminin reaktifliğinin modifikasyonu için kullanılabilir (Namırtı ve Atav 2011). Dendrimer uç gruplarının sayısındaki artış geometrik dizi şeklindedir (Toit ve ark. 2010).

$$Z = n_c \times n_m^G \quad [1]$$

Z: uç grup sayısı

n_c : merkez molekülün bağ sayısı

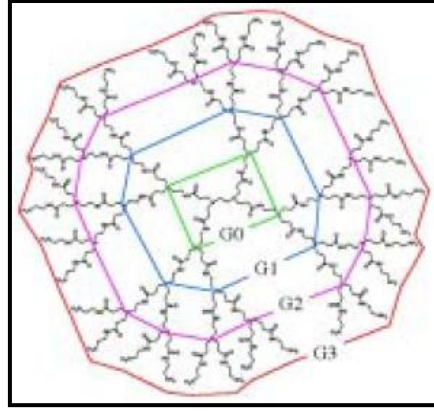
n_m : dallanmayı sağlayan bağ sayısı

G: jenerasyon sayısı

Çok fonksiyonlu uç gruplar dış çevre ile ilişki kurmayı sağlayacak çok sayıda fonksiyonellik barındırmaktadır. Böylece merkez molekülü, tekrarlayan üniteleri, tabakaların sayısını ve yüzey tabakasının bileşimini değiştirerek, önceden belirlenen üç boyutlu yapı ve önceden tahmin edilebilen fizikokimyasal özellikleri, dolayısıyla makroskobik özellikleri sağlayacak basit bir polimerik dendrimer sentezlemek mümkündür (Toit ve ark. 2010).

2.2 Dendrimerlerin Üretimi

Dendrimerler tekrarlanan reaksiyon adımlarıyla elde edilmektedir (<http://cientifica.eu> 2008). Öz molekül “Jenerasyon 0 (G0)” olarak adlandırılmaktadır. Tüm dallar boyunca tekrar eden her bir sonraki ünite yeni jenerasyonu oluşturmakta ve jenerasyonun sonlandırılmasına kadar “jenerasyon 1 (G1)”, “jenerasyon 2 (G2)” vb. olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.4) (<http://www.essortment.com> 2008).

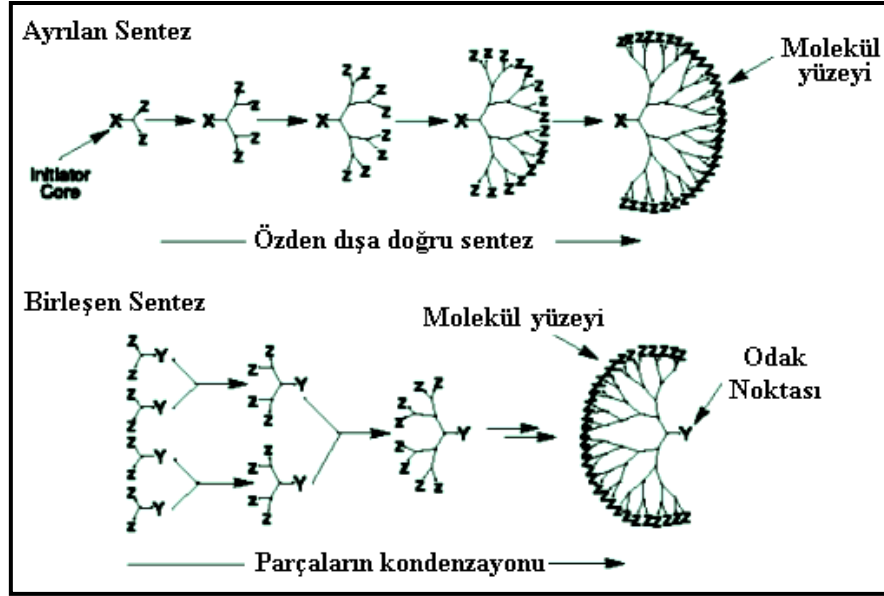


Şekil 2.4: Dendrimerlerde jenerasyonların oluşumu

Dendrimer sentezinde iki ana yöntem bulunmaktadır (Froehling 2001; <http://cientifica.eu> 2008; <http://www.essortment.com> 2008)

(a) Ayrılan sentez (Divergent synthesis): Bu yöntemde dendrimer merkezi bir polifonksiyonel özden yola çıkılarak sentezlenmektedir. Tekrarlanan reaksiyon zincirinde yapı blokları tabaka tabaka eklenmektedir (Şekil 2.5). Her bir tekrarlanan tur daha yüksek bir jenerasyonun oluşumuna neden olmaktadır (Froehling 2001). Ayrılan sentez yaklaşımı yüksek miktarlardaki dendrimerlerin üretimi için başarılı bir yöntemdir. Yan reaksiyonlardan kaynaklanan problemler ve uç grupların tamamlanmamış reaksiyonları yapı bozukluklarına neden olmaktadır (Klajnert ve Bryszewska 2001). Bu bozukluklardan, yüksek miktarlardaki reaktanların eklenmesi halinde bile her zaman kaçınılamaz. Dahası saflaştırma ve kusurlu dendrimerlerin ayrılması da problemlidir çünkü bu bileşikler çok benzer özelliklere sahiptirler (Vögtle ve ark. 2009).

(b) Birleşen sentez (Convergent synthesis): Birleşen sentez yöntemi, ayrılan sentezin eksikliklerine karşılık geliştirilmiştir. Birleşen sentez yaklaşımında dendrimerler uç gruplardan başlayarak içe doğru oluşturulmaktadır. Dendron olarak adlandırılan polimerik kollar yeteri kadar büyüdüktan sonra polifonksiyonel bir merkez molekülde birleştirilmektedirler (Şekil 2.5). Birleşen sentezin birçok avantajları vardır. Diğer yöntemlere nazaran istenen ürüne saflaştırmak daha kolaydır ve nihai yapıdaki hatalar minimumdur. Bu yöntem ile fonksiyonel grupları makromolekülün çevresine tam olarak yerleştirerek ince mühendisliği dendritik yapılara sunmak mümkündür. Birleşen sentez yaklaşımı yüksek jenerasyonların üretimine izin vermemektedir çünkü dendronlar ve öz molekülün arasındaki reaksiyonlarda sterik problemler ortaya çıkmaktadır (Klajnert ve Bryszewska 2001).

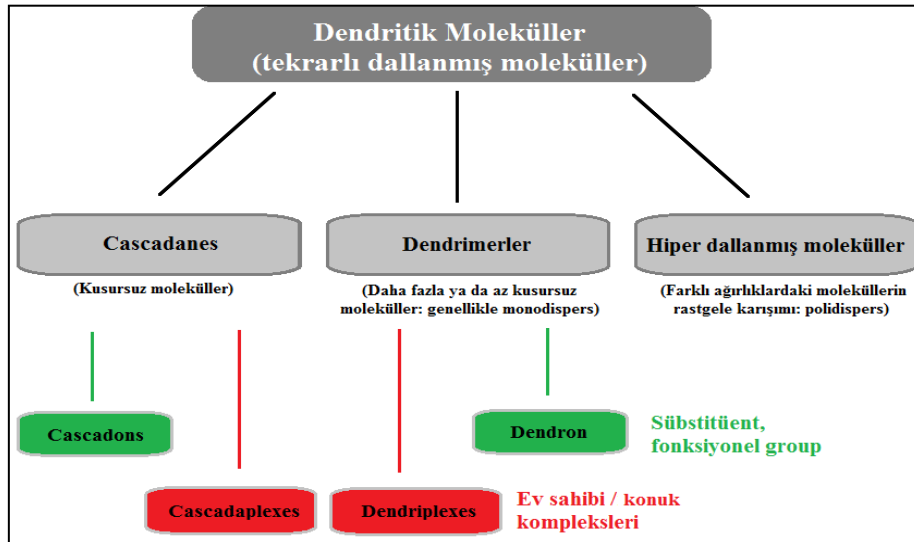


Şekil 2.5: Dendrimerlerin sentezi

Ayrılan sentez endüstriyel boyuttaki üretimler için, birleşen sentez ise laboratuvar ölçeğindeki üretimler için uygundur (Froehling 2001).

2.3 Dendritik Moleküllerin Sınıflandırılması

İlk düzgün dendritiksel olarak dallanmış moleküllere kademeli (cascade) moleküller denilmiştir (Şekil 2.6). Dendritik (cascade) moleküller tekrarlı olarak dallanmış moleküllerdir. Bu genel terim çeşitli dendrimerleri kapsamaktadır. İkincisi genellikle “neredeyse mükemmel” yapılar göstermekte ve monodispers bileşiklere özgü özellikler sergilemektedir.



Şekil 2.6: Dendritik moleküllerin sınıflandırılması (Vögtle ve ark. 2009)

Cascadane moleküller yalnızca aynı türde ve aynı molekül ağırlığına sahip moleküllerin hatasız ve muntazam bir şekilde dallanması ile meydana gelmektedirler ve bu

moleküller kusursuz yapılara sahiptirler. Bunun aksine sentez yöntemleri nedeni ile mükemmel yapılara sahip olmayan hiperdallanmış bileşikler, farklı ağırlıklarda moleküller içerdiklerinden polidispers özellikler sergilemektedir.

Eğer dendrimerlerin ya da cascadede moleküllerin parçaları sübstütient ya da fonksiyonel grup görevi görmekteyse, bunlara “dendronlar” denilmekte ya da bunlar kusursuz moleküller ise “cascadede moleküller” adı verilmektedir. Eğer cascadede moleküller ev sahibi/misafir kompleksleri oluşturuyor ise “cascadaplex”. bunlara benzer dendrimer bazlı komplekslere de “dendriplex” denilmektedir (Vögtle ve ark. 2009).

2.4 Dendrimerlerin Özellikleri

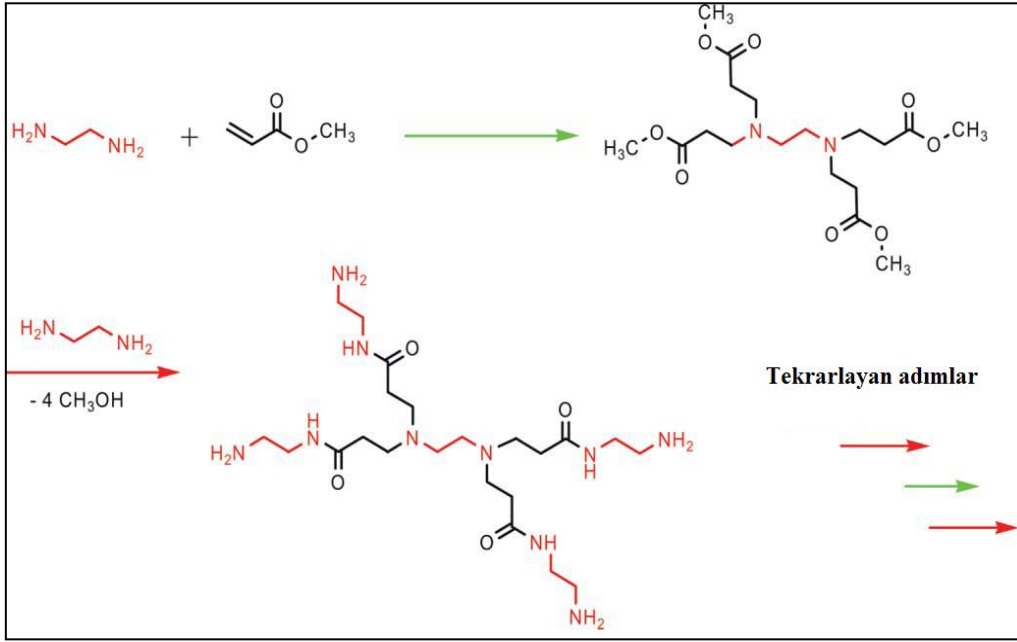
Özel yapıları nedeniyle dendrimerlerin ve hiperdallanmış (hyperbranched) polimerlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri lineer polimerlerden biraz farklıdır (Froehling, 2001). Bu farklı özellikler, bu tip moleküllere gösterilen ilginin nedenini açıklamaktadır. Bu özellikleri anlayabilmek için çok farklı teorik modeller ve simülasyonlar kullanılmaktadır. Nitekim Monte Carlo (MC), Brown dinamiği (BD) ve moleküler dinamik (MD) modelleri dendrimer moleküllerinin çeşitli ideal ve atomik davranışlarına uygulanmaktadır (Rodriguez ve ark. 2007). Dendrimerlerin karakteristik özellikleri; yoğun form, genellikle reaktif özellikteki çok sayıda uç gruplar ve dalların arasında misafir moleküllerini kapsülleyebilme yeteneği şeklinde sıralanabilir (Froehling 2001). Dendrimerler her molekülün dışında bulunan çok sayıda uç gruplar nedeniyle yüksek kimyasal reaktivite göstermektedir (Sarkar ve ark. 2005).

Dendrimerlerin agregasyon, reaktivlik, stabilite ve çözünürlük gibi pek çok fiziksel ve kimyasal özellikleri uç grupların yapısına bağlıdır. Bu nedenle, uç gruplarını kimyasal modifikasyona uğratarak dendrimerlerin özelliklerini değiştirmek mümkündür (Froehling 2001).

2.5 Dendrimerlerin Türleri

Dendrimerlerin 1980’li yıllarda ilk kez sentezlenmesinden bu yana birçok dendrimer türü geliştirilmiştir. Bu türler merkez molekül ya da atomun, dallanmayı sağlayan ara grupların ve uç grupların yapısına göre farklılıklar göstermektedir. Burada sadece bu tez projesinde kullanılmış olan dendrimer türleri hakkında kısaca bilgi verilecektir.

PAMAM: Poliamidoamin dendrimerleri için PAMAM kısaltması molekülde bulunan, amid bağlarını çağrıştırmaları için tasarlanmıştır (Vögtle ve ark. 2009). 1985 yılında Tomalia, Vögtle ve arkadaşlarının sentetik metodolojisini, Michael Reaksiyonunda metil akrilat tarafından kullanılan akrilonitril belirteçini yerdeğiştirerek, uzaklaşan senteze benzer bir şekilde PAMAM dendrimerlerin hazırlanması (Şekil 2.7) için modifiye etmiştir.



Şekil 2.7: Etildiamin öze sahip PAMAM dendrimerin sentezi

POPAM: Bu dendrimerler polipropilenimin esaslı dendrimerlerdir. İmin terimi imino gruplarının (>C=N-) varlığını akla getirdiğinden, aslında bu kısaltma ideal değildir. Ancak bu tip bileşikler için özel amin doğasını çağrıştırmaları için polipropilenamin ismi kullanılabilen bu sonucun olarak da POPAM kısaltması kullanılmaktadır. POPAM dendrimerlerin sentezi için akrilonitril Michael reaksiyonu ile bir önceki mono ya da oligo diamine eklenmektedir. Uygun indirgeme maddeleri CO(II)-borhidrit ya da diisobütil alüminyum hidrittir. Sonraki tekrarlayan reaksiyon adımları indirgemeyi takip eden akrilonitrilin eklenmesine limit jenerasyona ulaşınca kadar müsaade etmektedir.

2.6 Dendrimerlerin pamuk liflerinin reaktif boyalarla boyanabilirliğinin geliştirilmesinde kullanımına ilişkin önceki çalışmalar

Literatürde dendrimerlerin çeşitli liflerin boyanmasında kullanımına ilişkin çeşitli çalışmalar bulunsa da, pamuk liflerinin reaktif boyalarla boyanabilirliğinin geliştirilmesinde

kullanımı üzerine çalışmalar çok sınırlıdır. Aşağıda bu konudaki önceki çalışmalara ait literatür özeti verilmektedir.

Burkinshaw ve ark. (2000) pamuğu Astramol™ (DSM) sınıfından bir ürün olan Am16decanamide8 dendrimeriyle muamele etmişlerdir. Bu çalışmanın amacı dendrimerler ile ön işlem gören pamuk liflerinin reaktif boyalarla boyanabilirliğinin gelişip gelişmeyeceğini tespit etmektir. Bu durumu araştırmak üzere dendrimerle işlem görmüş ve görmemiş kumaşlar farklı pH koşullarında ve tuz ve alkali içeren ve içermeyen flottelerle boyama işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Dendrimer ile işlem gören pamuk tuz ve alkali olmaksızın yapılan boyamada bile önemli ölçüde gelişmiş boyanma özelliği sergilemiştir.

Hou-Cai ve ark. (2005) poliamidamine (PAMAM) dendrimer yaptıkları çalışmada sıcaklık ve dendrimer jenerasyonunun, pamuk liflerinin direk boyarmaddeler ile boyanmasında renk verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak PAMAM dendrimerler ile işlem görmüş ile ön işlem sonrası pamuk liflerinde direk boyarmadde alımının arttığını belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada dietilen triamin ve metil akrilatın polikondenzasyonu ile elde edilen, suda çözünebilir ve amin uç grubuna sahip çok dallı polimeri kullanmışlardır. İşlem görmüş kumaşların, hiç elektrolit kullanılmadığı durumlarda bile gözle görülür bir renk verimi artışı sergilediklerini belirtmişlerdir. Aynı zamanda işlemler kumaşların yıkama haslıkları, sürtme haslıkları ve düzgünlük değerlerinin de konvansiyonel boyama prosesi ile elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak amin uç grubuna sahip çok dallı polimerlerin, pamuk liflerinin reaktif boyarmaddeler ile boyanmasında, tuzsuz boyama yardımcı kimyasal olarak kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır.

Zhang ve ark. (2008) pamuk liflerinin reaktif boyarmaddeler ile tuzsuz olarak boyanmasını sağlamak üzere, sodyum metaperiyodat ile oksidasyon işlemi uyguladıkları pamuk liflerine amin uç grubuna sahip çok dallı polimerler aplat etmişlerdir. Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR) sonuçlarına göre, oksidasyon işlemi uyguladıkları pamuk liflerindeki aldehit gruplarının, çok dallı polimerin amin uç grupları ile reaksiyona girdiklerini belirtmişlerdir. Sonuç olarak bu şekilde modifikasyona uğrattıkları pamuk liflerinin hiç elektrolit kullanılmadığı durumlarda bile gözle görülür bir renk verimi

artışı sergilediklerini belirtmişlerdir. Aynı zamanda işlemleri kumaşların yıkama haslıkları, sürtme haslıkları ve düzgünlük değerlerinin de konvansiyonel boyama prosesi ile elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde, Çizelge 3.1’de özellikleri verilen şeker kasarlı %100 pamuklu örme süprem kumaş kullanılmıştır.

Çizelge 3.1: Denemelerde kullanılan kumaşın fiziksel özellikleri

İplik Numarası (Ne)	30/1
Ağırlığı (g/m²) (TS251)	150
Hidrofillik derecesi (saniye) (TS 866)	1,5
Beyazlık Derecesi (Berger Index)	72,9

Tüm denemeler saf su kullanılarak yapılmıştır. Boyamalarda Dystar firmasına ait reaktif boyarmaddeler kullanılmıştır. Bilindiği gibi reaktif boyarmaddeler soğukta boyayan (reaktifliği yüksek) ve sıcakta boyayan (reaktifliği düşük) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Günümüzde pamuk boyamada yaygın olarak kullanılan grup soğuk grup olduğundan bu tez çalışmasında soğuk gruba ait reaktif boyalar kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan reaktif boyarmaddelerin ticari isimleri ve özellikleri Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2: Tez çalışmasında kullanılan boyarmaddeler ve özellikleri

Boyarmadde	Remazol Brilliant Blue BB %133	Remazol Blue RR	Remazol Yellow RR	Remazol Red RR
Substantivite	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek
Yapısı	Monofonk.	Bifonk.	Monofonk.	Bifonk.
Reaktif grup	VS	VS/VS	VS	MCT/VS
Reaktivlik	Orta	Orta-yüksek	Orta	Orta

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar;

- oksidatif ön işlemin optimizasyonu
- dendrimerle işlemin optimizasyonu
- dendrimerle modifiye edilmiş pamuklu kumaşların çeşitli reaktif boyarmaddelerle boyanabilirliğinin geliştirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluştuğundan aşağıda her aşamaya ait kullanılan materyal ve uygulanan yöntem ayrı ayrı verilmektedir.

3.1 Oksidatif Ön İşlemin Optimizasyonu

Literatürde pamuk liflerinin amin uç grubu içeren dendrimerle kimyasal modifikasyonu öncesi oksidatif ön işlem görmesinin liflere aktarılan dendrimer miktarını arttırdığı belirtilmektedir (Zhang ve ark. 2008). Zira dendrimerlerin sahip olduğu amin uç grupları pamuk liflerindeki primer ve sekonder alkol grupları ile değil, bunların oksidasyonu sonucu oluşan aldehit grupları ile daha kolay reaksiyona girerek liflere bağlanmaktadır. Buradan hareketle, çalışmamızın ilk aşamasında pamuklu kumaşlara sodyum meta periyodat (m-periyodat) (Merck) ile oksidatif ön işlem uygulanmış ve bu işlemin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

M-periyodat ile ön işleminde m-periyodat konsantrasyonu (1-2-3-4-5 g/L), pH (4-5,5-7-8,5-10), sıcaklık (30°C-40°C-50°C-60°C-70°C) ve süre (10'-20'-30'-40'-50') parametreleri değiştirilerek optimizasyon gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra elde edilen tüm işlemlili ve işlemsiz numunelere şu testler uygulanmıştır;

Aldehit grubu tayini: 1 g ağırlığındaki kumaş numuneleri 0,01 M hidroksilamin hidroklorür çözeltisi içinde 24 saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra bu çözeltiler sodyum hidroksit (NaOH), 1/9 oranında saf su/metil alkol içerisindeki 0,03 molarlık çözeltisi ile metil oranj indikatörü varlığında titre edilmiştir.

Bilindiği gibi hidroksilamin hidroklorür aldehit varlığında hidroklorik asit açığa çıkarmaktadır (Şekil 3.1). Bu açığa çıkan hidroklorik asit, sodyum hidroksit ile titre edildiğinde bulunan sarfiyat değerinden hareketle kumaş üzerindeki aldehit miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Aldehit miktarı (mmol)} = 30 V/W \quad [2]$$

V= Titrasyonda harcanan sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (L)

W= Materyal ağırlığı (g)

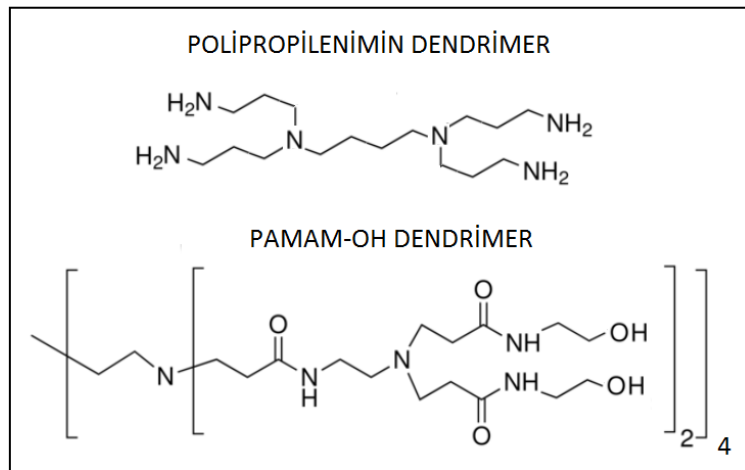


Şekil 3.1: Hidroksilamin hidroklorür ve aldehytlerin reaksiyonu

Patlama mukavemeti testi: Pamuk liflerinin oksidatif ön işleme sırasında liflerin zarar görüp görmediğinin saptanması için kumaşlara ASTM D3786 standardına göre James H. Heal marka Truburst² 810 model patlama mukavemeti test cihazında patlama mukavemeti testi uygulanmıştır.

Oksidatif ön işlem optimizasyonunda, kumaş mukavemetinde meydana gelen azalma kabul sınırları içerisinde kalacak şekilde pamuğun aldehit grubunda meydana gelen artışın maksimum olması kriter alınmıştır. Bu şekilde optimum oksidatif ön işlem koşulu bulunduktan sonra bu numunenin beyazlık derecesi spektral fotometre ile ölçülerek işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırılmıştır.

Daha sonra m-periyodat ile optimum koşullarda işlem görmüş ve işlemsiz (yani yalnızca hidrojen peroksit ağartması yapılmış) kumaşlar Şekil 3.2’de kimyasal yapıları verilen iki farklı dendrimer ile standart bir reçeteye göre (%0,5, pH 7, 60°C, 30’) muamele edilmiştir.



Şekil 3.2: Denemelerde kullanılan dendrimerlerin kimyasal yapıları

Aslında pamuk liflerinin reaktif boyarmaddelerle boyanmasında tuz kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak için, pamuk lifi ile anyonik reaktif boyarmadde arasında çekim sağlamak amacıyla pamuk liflerinin katyonikleştirilmesi gerektiği zaten bilinmektedir. Bu amaçla da kullanılması gereken dendrimerin uç grup olarak amin uç gruba sahip olması gerekmektedir ki, literatürde bu konuda yapılmış önceki tüm çalışmalarda kullanılan dendrimerler amin uç gruplarına sahip olanlardır. Ancak bu tez çalışmasında literatürden farklı olarak bir de hidroksil uç grubuna sahip dendrimerler denenmiştir. Zira pamuk liflerinin reaktif boyarmadde ile boyanmasında boyama hızı pamuk lifindeki $[OH]^-$ derişimi ile orantılıdır. Dolayısı ile pamuk liflerine dendrimerle işlem yapılarak çok sayıda hidroksil uç grubunun eklenmesi durumunda, reaktif boyamanın kinetiği artacağından, tuz kullanımını azaltmanın yol açtığı affinite düşüşü kaynaklı boya alımındaki azalmanın telafi edilip edilemeyeceğini gözlemlemek amacıyla hidroksil uç grubuna sahip dendrimer de deneme sistematiğine eklenmiştir.

Denemelerde kullanılan dendrimerlerin özellikleri Çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3: Denemelerde kullanılan dendrimerlerin özellikleri

Adı	Çekirdek Türü	Jenerasyon	Uç grubu	Uç grubu adı	Uç grubu sayısı	Molekül Ağırlığı	Kısaltma
DAB-Am-4, Polipropilenimin tetramin	1,4- diaminobütan (4-karbon öz)	1	-CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ - NH ₂	aminopropil	4	316,53	PPI- 4NH ₂
PAMAM-OH	etilendiamin (2-karbon öz)	2	-NH- CH ₂ - CH ₂ - OH	amidoetanol- OH	16	3271,93	P-16OH

Bundan sonra,

- Sadece dendrimerle işlem görmüş kumaş ve
- Oksidatif ön işlem sonrası dendrimerle işlem görmüş kumaş

Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2’lik koyulukta tuz kullanılmadan 1:40 flote oranında boyanmış ve numunelerin renk verimleri karşılaştırılarak her bir dendrimer tipi için dendrimerle işlem öncesi bir oksidatif ön işlemin gerekli olup olmadığı, eğer gerekliyse

hangi kořullarda ön iřlem yapılması gerektięi saptanmıřtır. Gerek oksidatif ön iřlem, gerekse de dendrimerle iřlemin optimizasyonuna iliřkin denemelerde boyama iřlemlerinde Remazol Brilliant Blue BB %133 (C.I. Reactive Blue 220) boyarmaddesi kullanılmıř olup, bunun nedeni bu boyarmaddenin substantiflięinin dūřuk olmasıdır. Bilindięi gibi substantiflięi dūřuk olan boyaların tuz ihtiyaçı daha fazladır. Dolayısı ile substantiflięi dūřuk boyarmaddede optimizasyon yapıldıktan sonra elde edilen sonuęların dięer boyalara uygulanmasının daha kolay olacaęı dūřünölmüřtür.

3.2 Dendrimerle İşlemin Optimizasyonu

Birinci bölümdeki deneme sonuçları dikkate alınarak amin uç grubuna sahip dendrimer için oksidatif ön işlem uygulanmış, hidroksil uç grubuna sahip dendrimer için ise oksidatif ön işlem uygulanmamış pamuklu kumaşlara, sabit konsantrasyonda (%0,5) ve çeşitli koşullarda dendrimerle işlem yapılmış ve böylece dendrimerle işlemin de optimizasyonu geręekleřtirilmiřtir. Dendrimerlerle işlemin optimizasyonunda incelenen parametreler şunlardır;

- ✓ **pH:** pH 4-5,5-7-8,5-10
- ✓ **Süre:** 10'-20'-30'-40'-50' ve
- ✓ **Sıcaklık:** 20°C-40°C-60°C-80°C-100°C

Daha sonra,

- İşlemsiz kumaş ve

- Oksidatif ön işlem yapılarak (amin uç grubuna sahip dendrimer için) ya da yapılmadan (hidroksil uç grubuna sahip dendrimer için) dendrimerle işlem görmüş kumaşlar

Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2'lik koyulukta tuz kullanılmadan 1:40 flotte oranında boyanmıştır. Tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz kumaş referans alınarak, tuz kullanılmadan boyanmış dendrimerle çeşitli koşullarda işlem görmüş numunelerden hangisinin renk veriminin referansa en çok yaklaştığı saptanmıştır. Daha sonra Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2'lik koyulukta tuz kullanılmadan boyanmış optimum koşullarda işlem görmüş numune ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunelere renk ölçümü yapılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca dendrimerle işlem görmüş numunenin boyama düzgünlüğü saptanmıştır. Bunun için numunenin 30 farklı yerinden renk verimi ölçümleri alınmış ve aşağıdaki formöle göre hesap yapılmıştır;

$$L = 1 - \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{K/S_i}{K/S} - 1 \right)^2}{n - 1}}$$

[3]

L: Boyama düzgünlüğü (%) (L=1 için boyama %100 düzgün, L=0 için boyama tamamen düzgünsüz)

K/S: Renk verimi

Renk verimi ve düzgünlüğü karşılaştırıldıktan sonra dendrimerle işlem görmüş numunenin haslık değerleri işlemsiz numune ile karşılaştırılmıştır. Dendrimerle işlem görmüş numunelerin ışık haslığı değerlerinde önemli düşüş gözlemlendiği için, tuzu tamamen kaldırmak yerine acaba dendrimer konsantrasyonunu azaltarak ışık haslığındaki düşüşü azaltmanın mümkün olup olmayacağını incelemek amacıyla %0,2 ve %0,4 dendrimer kullanılarak, fakat tuzu tamamen kaldırmak yerine tuz miktarı %75, %50 ve %25 azaltılarak boyamalar yapılmış ve bunların renk verimi ve CIEL*a*b* değerleri ile ışık haslıkları ölçülmüştür.

Daha sonra oksidatif ön işlem sonrası dendrimerle yapılan kimyasal modifikasyonun liflerin fonksiyonel gruplarında meydana getirdiği değişimi saptayabilmek için işlemsiz numune ve optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası optimum koşullarda dendrimerle işlem görmüş numuneye FT-IR analizleri uygulanmıştır.

3.3 Dendrimerle modifiye edilmiş pamuklu kumaşların çeşitli reaktif boyarmaddelerle boyanabilirliğinin geliştirilmesi

Amin uç grubuna sahip dendrimerle optimum koşullarda işlem görmüş kumaşlar Çizelge 3.2'de özellikleri verilen reaktif boyarmaddelerin trikromiye uygun sarı, kırmızı ve mavi renkleriyle tuz içermeyen flottelerle %0.5 ve %2'lik konsantrasyonlarda boyama işlemlerine tabi tutulmuştur. Daha sonra bu kumaşların renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* ölçümleri ile yıkama, sürtme ve ışık haslığı testleri yapılmış ve tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırılmıştır.

Boyama işlemlerinin yapılışı: Boyama işlemleri, 30°C → 60°C sıcaklık yükseltme metodu kullanılarak Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemine boyarmadde, tuz (NaCl) (Tekkim)ve soda (Tekkim) içeren flotteyle 30°C'da başlanarak bu sıcaklıkta 10 dakika çalışılmış ve ardından sıcaklık 1°C/dak. ısıtma hızı ile

60°C'a yükseltilerek bu sıcaklıkta 60 dakika boyama yapılmıştır. Boyamada kullanılan tuz ve soda oranları Çizelge 3.4'de verilmektedir. Ardından kumaş numuneleri aşağıda işlem adımları sırayla verilen yıkama işlemine tabi tutulmuştur;

- Soğuk su ile 10' taşar durulama
- 60°C'da Asetik asit ile (1 mL/L) nötralizasyon
- 80°C'da 10' durulama
- 95°C'da 15' durulama (%2'ik boyamalar için X2)
- 80°C'da 10' durulama
- Soğuk su ile taşar durulama (akmayıncaya kadar)

Çizelge 3.4: Boyamalarda kullanılan tuz ve soda miktarları

Boyama Koyuluğu (%)	Tuz miktarı (g/L)	Soda miktarı (g/L)
0,5	35	7,5
2	50	13

Renk verimi ve CIELAB değerlerinin tespiti: Boyama ve baskı sonrası renk verimini tespit edebilmek amacıyla kumaş numunelerinin 400-700 nm'lik spektral bölgede ve maksimum absorpsiyon (minimum remisyon) dalga boyunda Datacolor marka spectraflash SF600 model spektral fotometre (D 65/10°) kullanılarak %R (remisyon) ve K/S değerleri ölçülmüştür.

Kubelka/Munk formülüne göre;

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad [4]$$

R: Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki reflektans değeri

K: Absorpsiyon katsayısı

S: Yayılma katsayısı

Spektral fotometre ile numunelerin ayrıca CIEL*a*b* değerleri ölçülmüştür.

L*: Açıklık/koyuluk değeri (+ daha açık, - daha koyu)

a*: Kırmızılık/yeşillik değeri (+ daha kırmızı, - daha yeşil)

b*: Sarılık/mavilik değeri (+ daha sarı, - daha mavi)

Yıkamaya karşı renk haslığı tayini: Boyanmış numunelerin yıkamaya haslığı tayini TS-7584'e (ISO-105 C06) göre gyrowash marka yıkama haslığı test cihazında yapılmıştır. Yıkama haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilmiş olan numune, 60°C'da 30 dakika süreyle 4 g/L'lik deterjan çözeltisiyle işleme tabi tutulmuştur.

Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini: Numunelerin sürtünmeye karşı renk haslığı tayini TS-717'ye (ISO 105-X12) göre sürtünme test cihazı (crockmeter) ile kuru ve yaş olarak yapılmış ve gri skala ile değerlendirilmiştir.

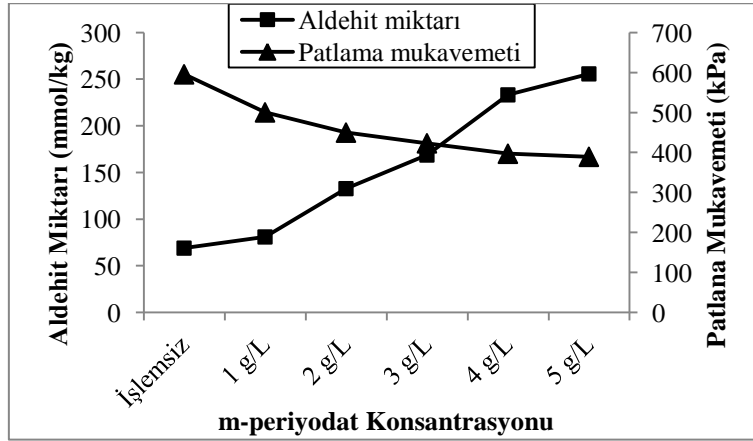
Işığa karşı renk haslığı tayini: Boyalı numunelerin ışığa karşı renk haslığı tayini TS-1008'e (ISO 105 BO2) göre yapılmıştır.

Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ölçümü: Dendrimer aplikasyonu sonucu liflerin fonksiyonel gruplarında meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla ATR/FT-IR ölçümleri yapılmıştır.

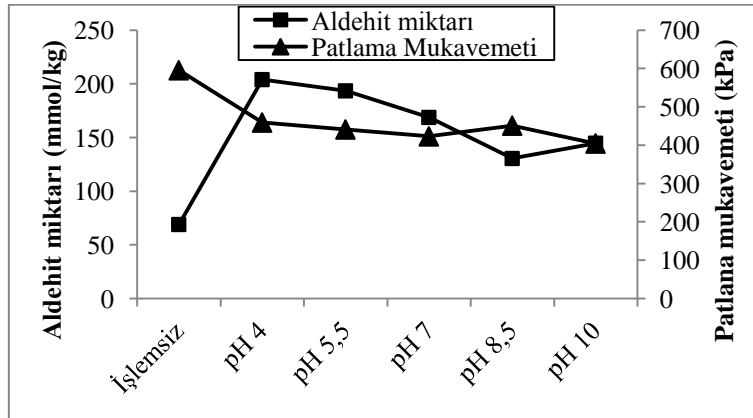
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Oksidatif Ön İşlemin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar

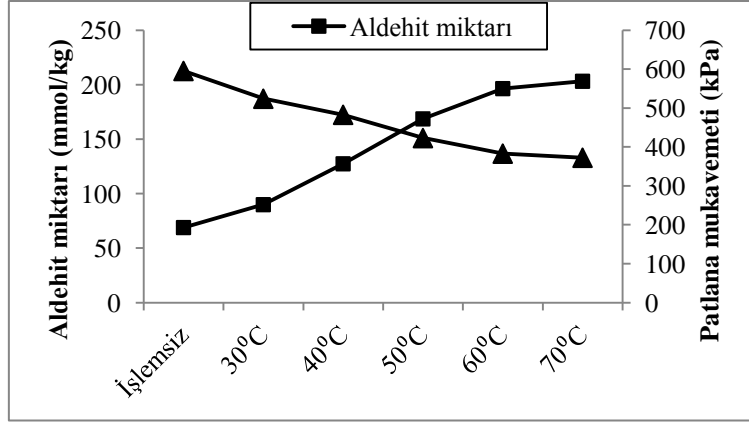
Literatürde pamuk liflerinin amin uç grubu içeren dendrimerle kimyasal modifikasyonu öncesi oksidatif ön işlem görmesinin liflerde aldehit grubu miktarını arttırdığı ve böylece liflere bağlanan dendrimer miktarının arttığı belirtilmektedir (Zhang ve ark. 2008). Bu nedenle, oksidatif ön işleminde pamuk liflerinde aldehit uç grup sayısındaki artışın maksimum olmasını sağlayacak işlem koşullarını (konsantrasyon, pH, sıcaklık ve süre) saptamak için optimizasyon çalışmaları yapılmış olup, elde edilen sonuçlar Şekil 4.1-4.4'de verilmektedir. Oksidatif ön işlem optimizasyonunda, kumaş mukavemetinde meydana gelen azalma kabul sınırları içerisinde kalacak şekilde pamuğun aldehit grubunda meydana gelen artışın maksimum olması kriter alınmış olduğundan, grafikler artan aldehit grubu miktarına karşılık azalan patlama mukavemeti değerleri olarak düzenlenmiştir



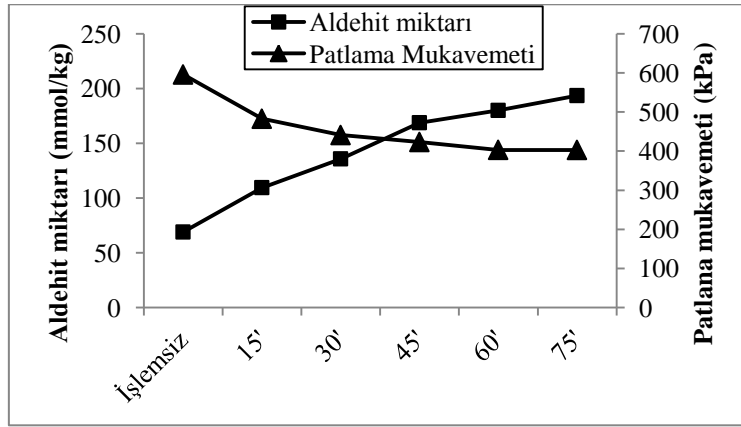
Şekil 4.1: M-periyodat konsantrasyonunun aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 50°C - 30')



Şekil 4.2: M-periyodat ile ön işlem pH'ının aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: 3 g/L - 50°C - 30')



Şekil 4.3: M-periyodat ile ön işlem pH'ının aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 3g/L - 30')



Şekil 4.4: M-periyodat ile ön işlem süresinin aldehit miktarı ve patlama mukavemeti üzerine etkisi (m-periyodat ile ön işlem koşulu: pH 7 - 3 g/L - 50°C).

Şekiller incelendiğinde genel olarak oksidatif ön işlemden önce m-periyodat konsantrasyonu, sıcaklık ve süre arttıkça, pH ise azaldıkça pamuk liflerindeki aldehit grubu sayısının arttığı, buna karşın pamuklu örme kumaşın patlama mukavemeti değerlerinin azaldığı söylenebilir. Bunun ötesinde dikkati çeken diğer bir husus her dört parametrenin değişiminin de liflerdeki aldehit grubu sayısı üzerine etkisinin, kumaşın patlama mukavemeti üzerine etkisine göre daha belirgin olduğudur. Bu durumun nedeninin oksidatif ön işlemin etkinliğinin artması durumunda pamuk lifindeki yükseltgenecek alkol gruplarının miktarının da orantılı olarak artacak olmasına karşın, oksidatif maddelerin etkisiyle meydana gelen reaksiyonların hiçbirisinin pamuk liflerinde asetal bağlarını koparıcı etkisinin bulunmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira bu durumda oksidatif işlem etkisiyle meydana gelen mukavemet düşüşü liflerin ortalama polimerizasyon derecesindeki düşüşten değil, sadece literatürde de (Zhao ve Xia, 2003) belirtildiği gibi kristalin yapısının belirli oranda

bozulmasından ileri gelecektir. Bu da oksidatif ön işlem etkisiyle aldehit grubu sayısındaki artışın, mukavemetteki düşüşe göre daha belirgin olmasına yol açmaktadır.

Şekil 4.1 incelendiğinde m-periyodat konsantrasyonu arttıkça liflerdeki aldehit grubu miktarının giderek arttığı görülmekle beraber, patlama mukavemetindeki düşüşün %20-30'dan fazla olmasının kabul edilemeyecek bir zarar olması nedeniyle optimum noktanın 2 g/L olduğu söylenebilir.

Şekil 4.2 incelendiğinde pH değeri düştükçe, yani asidik ortama doğru gidildikçe liflerdeki aldehit grubu miktarının giderek arttığı görülmekle beraber, optimum noktanın pH 5,5 olduğu söylenebilir. Zira pH 5,5'dan 4'e düştüğünde aldehit grubu miktarında bir miktar artış görülse de, bu artışın fazladan asit kullanımı gerekliliği dikkate alındığında kayda değer olmayacağı söylenebilir.

Şekil 4.3 ve 4.4 incelendiğinde süre ve sıcaklık arttıkça liflerdeki aldehit grubu miktarının giderek arttığı görülmekle beraber, patlama mukavemetindeki düşüş dikkate alındığında optimum noktanın süre için 30 dakika sıcaklık için ise 50°C olduğu söylenebilir.

Tüm bu sonuçlara dayanarak oksidatif ön işlem için optimum koşulların 2 g/L, pH 5,5, 50°C, 30 dak. olduğu söylenebilir.

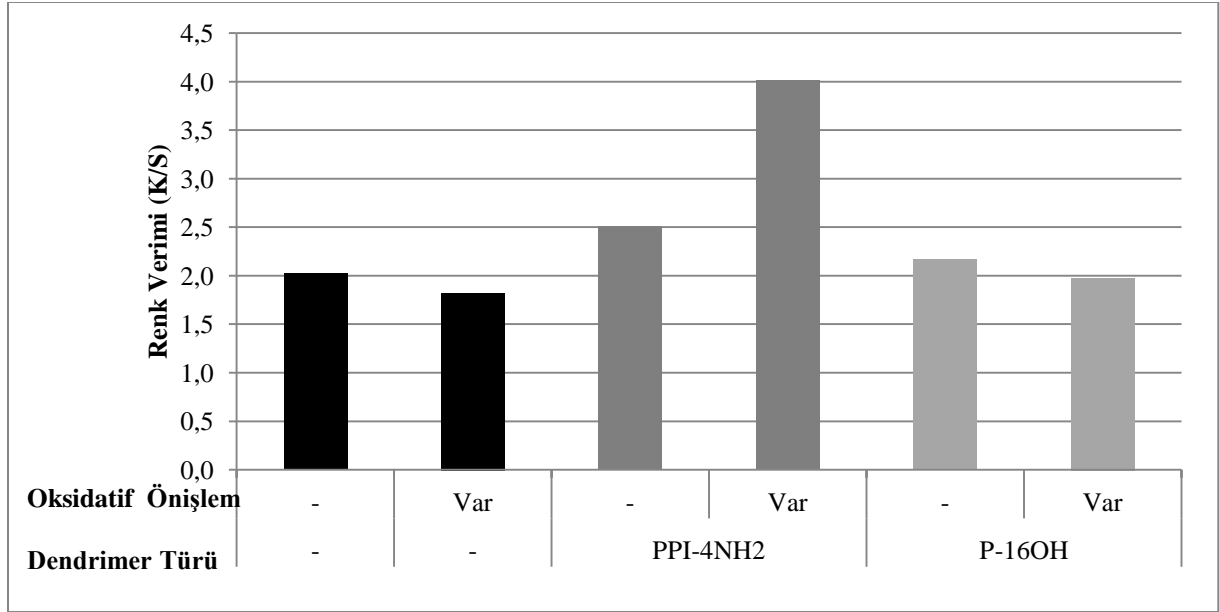
M-periyodat ile ön işlem oksidatif bir işlem olduğundan, bu işlemin liflerin beyazlık derecesini değiştirebileceği ve bu durumun da boyamadaki rengi etkileyebileceği düşüncesiyle işlemsiz (yalnız hidrojen peroksit ağartması görmüş) kumaşlar ile optimum koşullarda m-periyodat ile ön işlem görmüş kumaşların beyazlık dereceleri ölçülmüş olup, sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1: İşlemsiz kumaşlar ile optimum koşullarda periyodat ile ön işlem görmüş kumaşların beyazlık dereceleri

Numune	Beyazlık derecesi (Berger İndeksi)
İşlemsiz	72,9
Periyodat ile ön işlemlenmiş	72,5

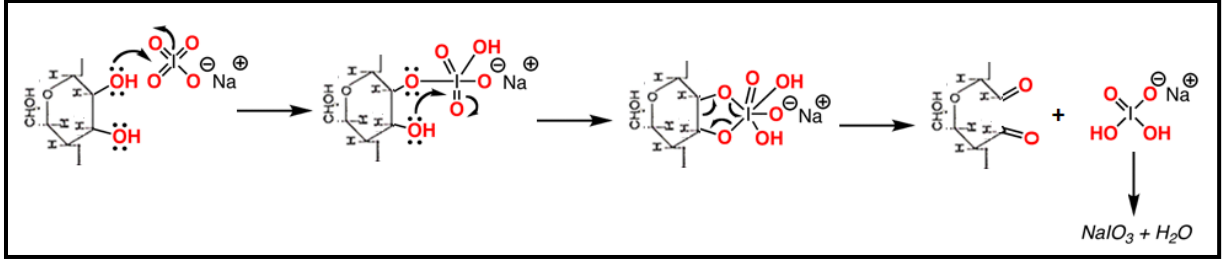
Çizelge 4.1'den de görüldüğü üzere her iki kumaşın da beyazlık dereceleri oldukça yakındır. Bu nedenle, m-periyodat ile ön işlem sonrası zemin rengindeki değişim kaynaklı boyamanın rengine etki edebilecek bir sapma olmadığı söylenebilir.

Oksidatif ön işlem görmemiş ve görmüş kumaşların 2 farklı tip dendrimer ile standart koşullarda işlem (%0,5, 30'-60°C-pH7) gördükten sonra Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2'lik koyulukta tuz kullanılmadan boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri Şekil 4.5'de verilmektedir.



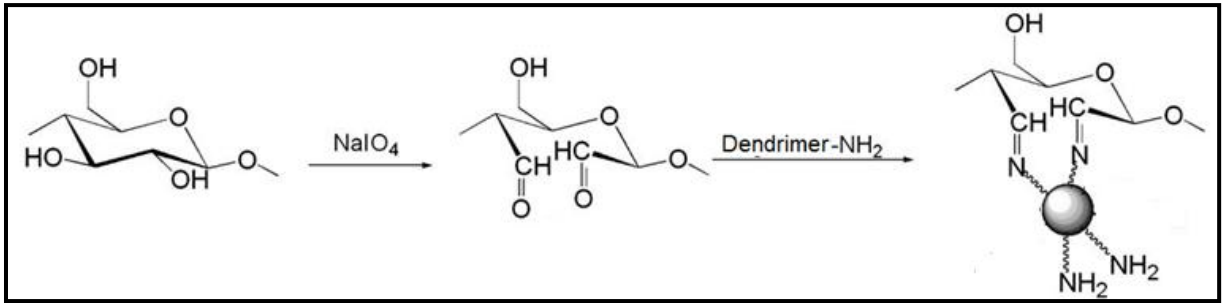
Şekil 4.5: İşlemsiz ve oksidatif işlem görmüş kumaşların Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2 koyulukta boyanmasına ilişkin renk verimi (K/S) sonuçları

Şekil 4.5 incelendiğinde dendrimer ile işlem öncesi oksidatif ön işlem yapılmasının amin uç grubuna sahip dendrimerde işe yaradığı, hidroksil uç grubuna sahip dendrimerde ise fayda sağlamadığı görülmektedir. Bu durumun nedeni söz konusu dendrimerlerin pamuk liflerine bağlanma mekanizması incelendiğinde daha iyi bir şekilde anlaşılabilir. Şekil 4.6 'da gösterildiği gibi pamuk liflerine m-periyodat ile işlem yapıldığında, m-periyodat seçimli olarak liflerdeki sekonder alkol grupları ile reaksiyona girmekte ve bunları ağır şartlar altında aldehite yükseltmektedir (<http://www.masterorganicchemistry.com> 2011).



Şekil 4.6: Pamuk liflerinin yapısındaki sekonder alkol gruplarının m-periyodat ile yükseltgenme mekanizması

Amin uç grubuna sahip dendrimerde bu gruplar pamuk liflerindeki alkol grupları ile değil, bunların yükseltgenmesi ile oluşan aldehit grupları ile daha kolay bir şekilde reaksiyona girmekte ve bağ yapmaktadır (Şekil 4.7).

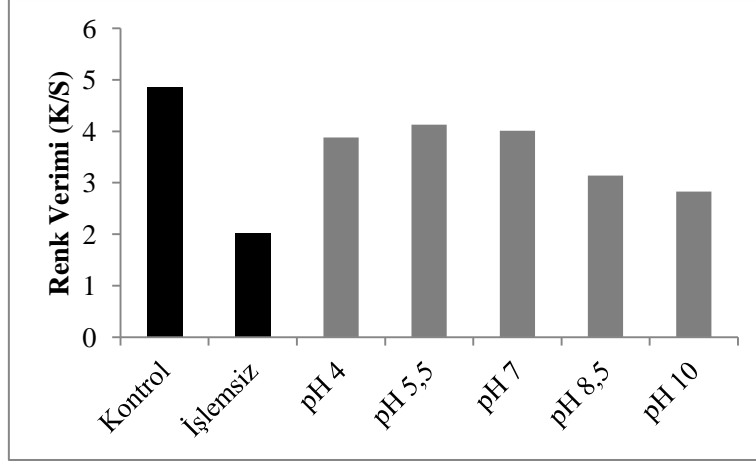


Şekil 4.7: M-periyodatın selüloz liflerine etki mekanizması (Zhang ve ark. 2008)

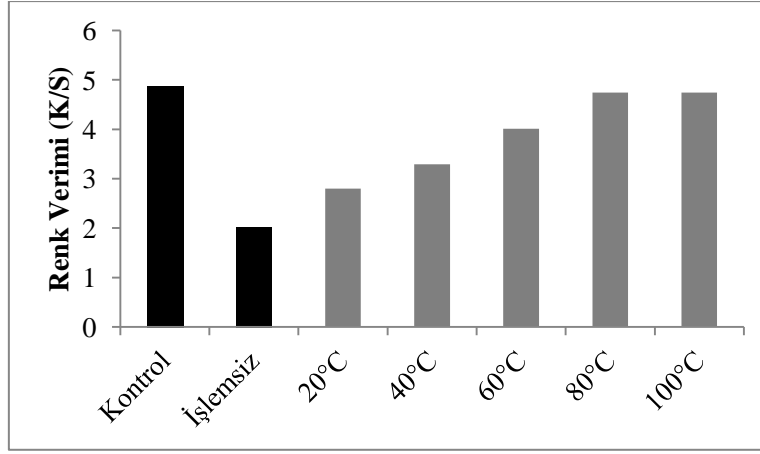
Buna karşın hidroksil uç grubuna sahip dendrimerle çalışırken pamuk liflerine oksidatif ön işlem uygulanması sonucu liflerin negatif zeta potansiyeli arttığından dendrimerin liflerin yüzeyine yaklaşması ve dolayısı ile liflere bağlanması zorlaşmaktadır. Bu nedenle de hidroksil uç grubuna sahip dendrimerle işlem öncesi liflere oksidatif ön işlem uygulamanın negatif etki yaptığı düşünülmektedir.

4.2 Dendrimer ile Ön İşlemin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar

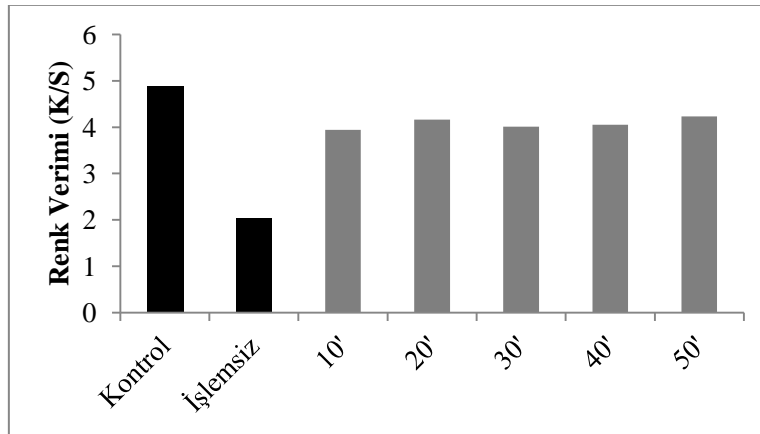
Birinci bölümdeki deneme sonuçları dikkate alınarak amin uç grubuna sahip dendrimer için oksidatif ön işlem uygulanmış, hidroksil uç grubuna sahip dendrimer için ise oksidatif ön işlem uygulanmamış pamuklu kumaşlara, sabit konsantrasyonda (%0,5) ve çeşitli koşullarda dendrimerle işlem yapılmış ve ardından işlemlili ve işlemsiz tüm numuneler Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2'lik koyulukta tuz kullanılmadan boyanmış ve sonuçlar tuz kullanılarak boyanmış olan işlemsiz kumaşla (kontrol numunesi) karşılaştırılmıştır. Boyamada elde edilen renk verimleri Şekil 4.8-4.13'de verilmektedir.



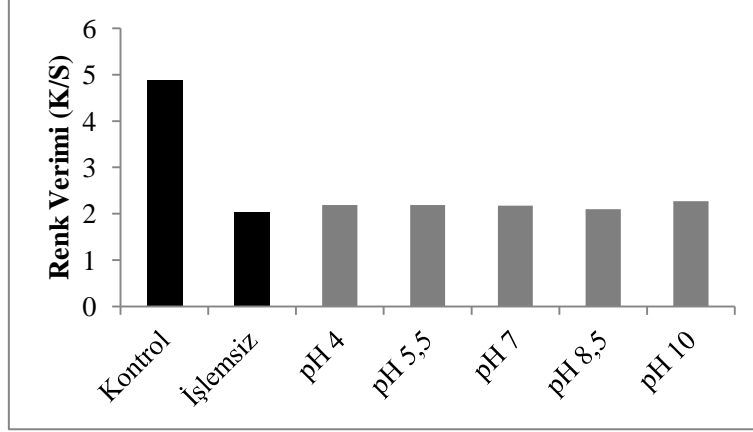
Şekil 4.8: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem pH'ının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları (pH 7 - 60°C - 30')



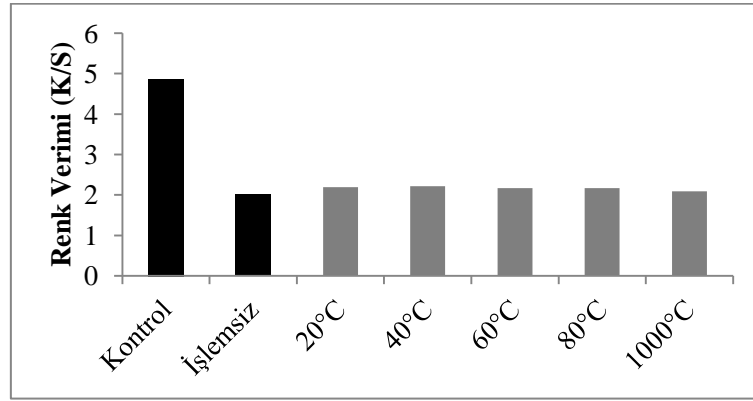
Şekil 4.9: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem sıcaklığının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları



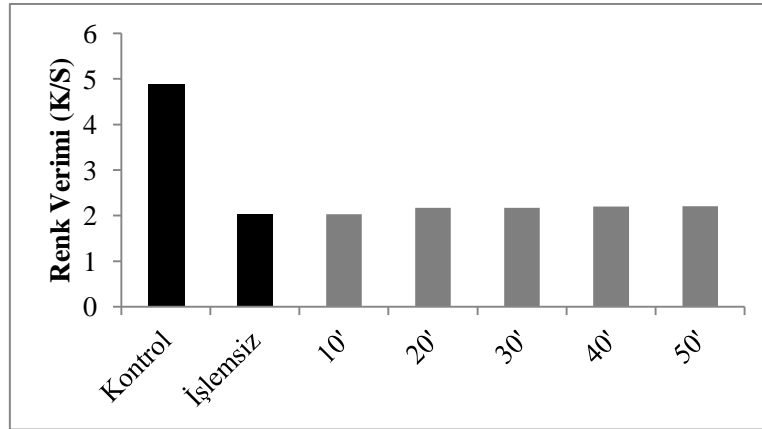
Şekil 4.10: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem süresinin optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları



Şekil 4.11: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem pH'ının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları



Şekil 4.12: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem sıcaklığının optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları



Şekil 4.13: Hidroksil uç grubuna sahip dendrimer ile işlem süresinin optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları

Şekil 4.8'den amin uç grubuna sahip dendrimerle çalışırken asidik ortama doğru gidildikçe boyama işleminde elde edilen renk veriminin arttığı, ancak pH 4'e düşüldüğünde tekrar renk veriminin azaldığı görülmektedir. Bu durumun nedeni; asidik ortama gidildikçe

dendrimerlerin amin uç gruplarının bir kısmı protonlanarak (+) yüklü amonyum grubuna dönüşmesi ve böylece yüzeyi (-) yüklü olan pamuk liflerine dendrimerlerin yaklaşması ve bağ yapmasının kolaylaşmasıdır. Eğer ortamda asit fazlası bulunursa bu sefer dendrimer molekülündeki serbest amin gruplarının (dendrimer molekülü başına 8 adet) daha büyük bir kısmı ve hatta belki de tamamı protonize olmaktadır. Eğer tamamı protonize olursa, bu durumda dendrimer molekülü liflere daha kolay yaklaşabilse bile, liflerin aldehit grupları ile kovalent bağ yapabilecek serbest amin grubu bulunmadığından liflere bağlanamamaktadır. Eğer protonize olan uç grup sayısı artarsa, bu durumda dendrimer molekülü başına serbest amin grubu sayısı azalmış olduğundan, liflere yaklaşırsa bile, kovalent bağ yapabilme ihtimali azalmaktadır. Tüm bunlar boyamada kendini daha düşük renk verimi olarak göstermektedir. Tüm bu sonuçlara göre optimum pH'ın 5,5 olduğu söylenebilir.

Şekil 4.9 incelendiğinde dendrimerle işlemde, sıcaklık arttıkça boyamada elde edilen renk veriminin arttığı, ancak 80°C'dan sonra daha fazla sıcaklığı arttırmanın ek bir fayda sağlamadığı görülmektedir. Dendrimerin sahip olduğu amin uç gruplarının pamuk liflerinde oksidatif ön işlemle oluşturulmuş olan aldehit grupları ile reaksiyona girmesinde sıcaklığın arttırılması ortamdaki kinetik enerjiyi arttıracığından, daha fazla dendrimerin bağlanmasını sağladığı düşünülmektedir. Belli bir kritik noktadan (80°C) sonra ise sıcaklığın arttırılması sonucu değiştirmeyecektir. Bu nedenle, dendrimerle işlemde optimum sıcaklığın 80°C olduğu söylenebilir.

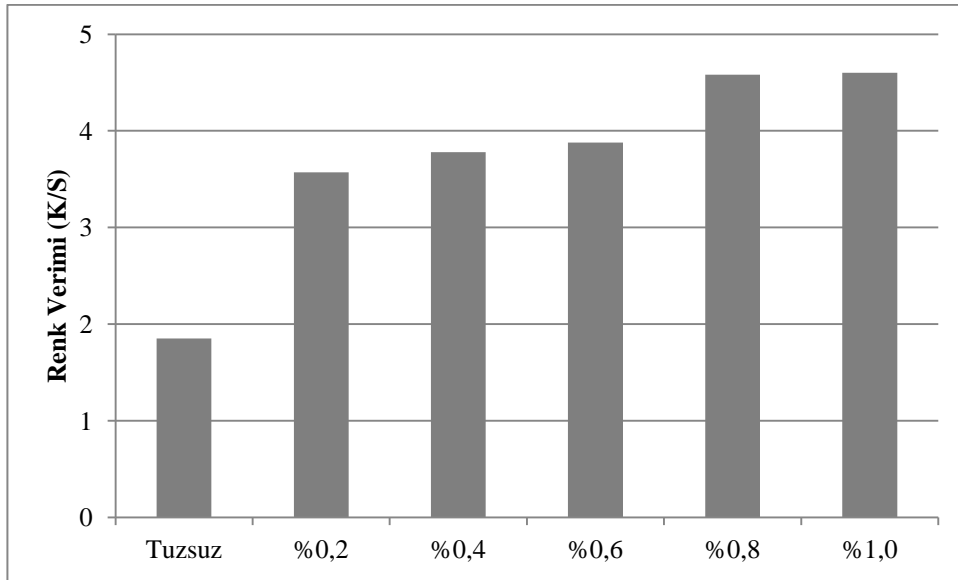
Şekil 4.10 incelendiğinde ise işlem süresinin önemli bir etkiye sahip olmadığı, dolayısı ile dendrimer ile işlemde optimum sürenin 10 dakika gibi oldukça kısa bir süre olduğu söylenebilir. Her ne kadar buradan akla daha kısa bir sürede de aynı sonucun elde edilebileceği gelecek olsa da, dendrimer uygulaması sırasında kumaşın yeterince ıslanması ve dendrimer moleküllerinin liflerin yüzeyinde düzgün dağılımı için belirli bir sürenin tanınmasında fayda vardır. Bu nedenle verim olarak aynı sonuçlar elde edilebilecek olsa da, düzgün aplikasyon için risk yaratabileceğinden 10 dakikanın altında çalışılması uygun olmayacaktır.

Şekil 4.11-4.13 incelendiğinde tüm koşullarda hidroksil uç grubuna sahip dendrimerlerle yapılan işlem sonrası pamuk liflerinin boyanabilirliğinde meydana gelen artışların oldukça sınırlı olduğu dikkati çekmektedir. Bu nedenle, hidroksil uç grubuna sahip

dendrimerlerin pamuk liflerinin reaktif boyalarla tuzsuz olarak boyanmasını sağlamada kullanılmayacağı söylenebilir.

Buraya kadar olan sonuçlara göre, pamuk liflerinin reaktif boyarmaddelerle tuz kullanılmadan boyanmasını sağlamak üzere amin uç grubuna sahip dendrimerlerin kullanılabileceği, hidroksil uç grubuna sahip dendrimerlerin ise bu hususta işe yaramayacağı söylenebilir. Amin uç grubuna sahip dendrimerler için optimum aplikasyon koşulları ise pH 5,5, 80°C ve 10 dakikadır.

Daha sonra amin uç grubuna sahip dendrimerler ile optimum aplikasyon koşullarında (pH 5,5, 80°C ve 10') işlem görmüş kumaşlar ile dendrimer konsantrasyonu optimizasyonu çalışmalarını yürütülmüştür. Boyamalara ait renk verimi sonuçları Şekil 14'de verilmektedir.



Şekil 4.14: Amin uç grubuna sahip dendrimer ile işlem konsantrasyonunun optimizasyonuna ilişkin renk verimi sonuçları

Şekil 4.14 incelendiğinde dendrimerle işlemde, konsantrasyon arttıkça boyamada elde edilen renk veriminin arttığı, ancak %0,8'den sonra konsantrasyonu daha fazla arttırmanın ek bir fayda sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle, dendrimerle işlemde optimum konsantrasyonun % 0,8 olduğu söylenebilir.

Dendrimer aplikasyonu sonrası tuzsuz boyanmış olan numunenin tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunenin renk verimini sağlaması tek başına yeterli olmayıp, boyacılık açısından boyamanın düzgünlüğü de büyük önem taşımaktadır. Zira dendrimerle işlem

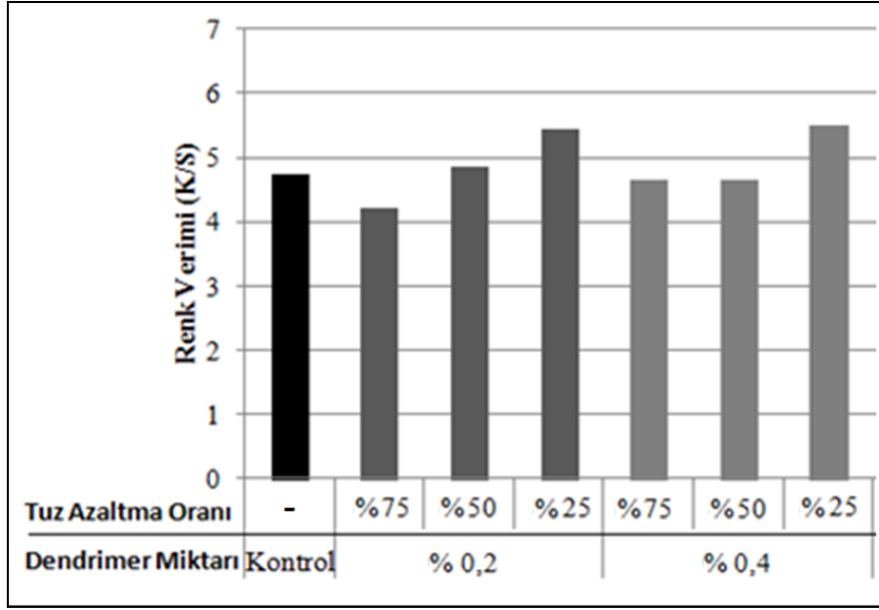
sırasında düzgün aplikasyon yapılamazsa boyamada kendini düzgünsüz bir görünüm olarak belli edecektir. Yapılan düzgünsüzlük testleri sonucu, işlemsiz numunenin düzgünlük değeri %98,04 çıkarken, dendrimerle işlem görmüş numuneninki %97,42 çıkmıştır. Bu durum dendrimer ile işlem görmüş kumaş numunesinin de oldukça düzgün boyanabildiğini ortaya koymaktadır.

Remazol Brilliant Blue BB %133 boyarmaddesi ile %2'lik koyulukta tuz kullanılmadan boyanmış optimum koşullarda işlem görmüş numune ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneye ait haslık testi sonuçları ise Çizelge 4.2'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Çizelge 4.2: Optimum koşullarda dendrimer ile işlem görmüş kumaş ile işlemsiz kumaşın haslık ölçümü sonuçları

Tuz Azaltma Oranı	Ön İşlem	Işık Haslığı	Yıkama Haslığı							Sürtme Haslığı	
			Renk							Kuru	Yaş
			CA	CO	PA	PES	PAN	WO	Değişimi		
-	-	4/5	4/5	5	4/5	5	5	5	4	4/5	4/5
%100	Var	3	4/5	5	4/5	5	5	5	4	4	3/4

Çizelge 4.2 incelendiğinde genel olarak yıkama haslığı değerlerinde önemli bir değişim olmadığı buna karşın amin uç gruplara sahip dendrimer ile işlem görmüş numunenin sürtme ve özellikle de ışık haslığı değerlerinin düştüğü görülmektedir. Dendrimerle işlem gören pamuk liflerinin yüzeyinin negatif zeta potansiyeli düşmekte, bu durum lif yüzeyine adsorblanan boyarmaddenin burada kalma isteğini arttırmakta ve sonuçta penetrasyonun daha zayıf olmasına yol açmaktadır. Bu da doğal olarak sürtme haslıklarında düşme yaratmaktadır. Işık haslıklarında düşmenin nedeni ise liflerin yapısına eklenen amin gruplarıdır. Zaten genel olarak katyonikleştirme işlemlerinin ışık haslığını düşürdüğü bilinmektedir. Ancak tuzu tamamen kaldırmak yerine acaba dendrimer konsantrasyonunu azaltarak ışık haslığındaki düşüşü azaltmanın mümkün olup olmayacağını incelemek amacıyla %0,2 ve %0,4 dendrimer kullanılarak, fakat tuzu tamamen kaldırmak yerine tuz miktarı %75, %50 ve %25 azaltılarak boyamalar yapılmıştır. Şekil 4.15'de renk verimi değerleri verilmektedir.



Şekil 4.15: Dendrimer konsantrasyonu ve tuz azaltma oranının renk verimi üzerine etkisi

Şekil 4.15 incelendiğinde %0,2 dendrimer kullanılması durumunda tuzu %50, %0,4 dendrimer kullanılması durumunda tuzu %75 azaltarak yapılan boyamaların renk verimi değerlerinin tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneninkine oldukça yaklaştığı görülmektedir.

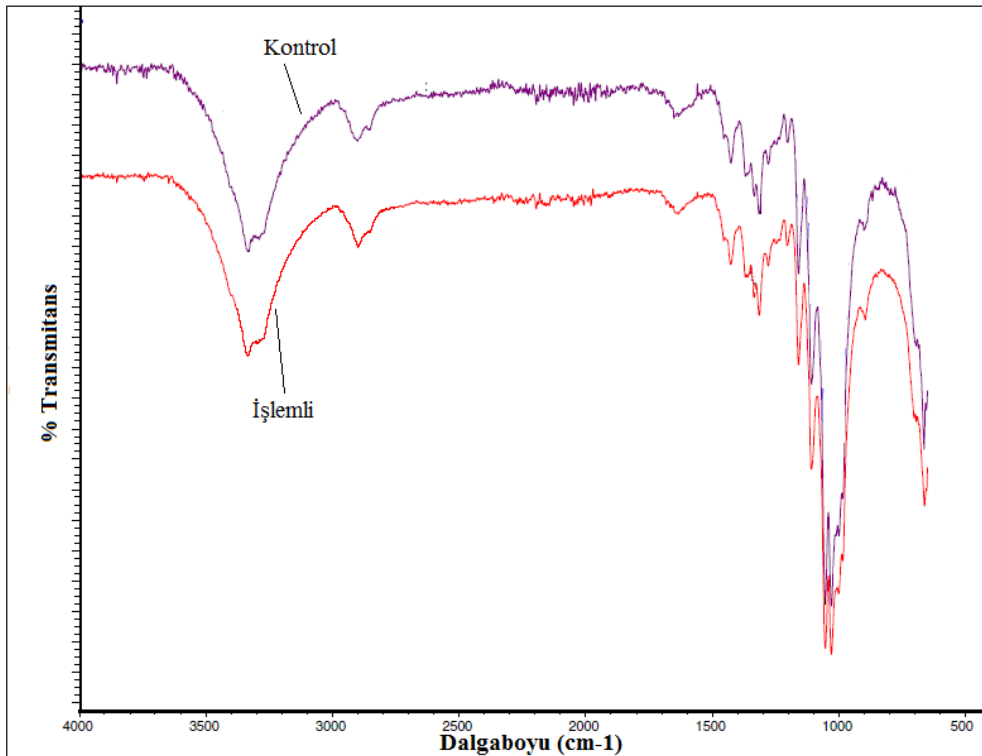
Yapılan boyamalara ilişkin CIEL*a*b* değerleri Çizelge 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.3: Dendrimer konsantrasyonu ve tuz azaltma oranının CIEL*a*b* değerleri ve ışık hashığı üzerindeki etkisi

Dendrimer Miktarı	Tuz	L*	a*	b*	C	h	Işık hashığı
	Azaltma Oranı (%)						
	Kontrol	49,81	-9,51	-28,47	30,01	251,52	4/5
%0,2	%75	50,04	-10,26	-25,06	27,08	250,01	3/4
	%50	47,93	-9,76	-25,91	27,69	249,36	3/4
	%25	46,34	-9,55	-26,24	27,92	250,01	3
%0,4	%75	48,17	-10,28	-24,26	26,35	247,05	3
	%50	47,95	-9,98	-24,46	26,42	247,80	3
	%25	45,74	-9,79	-24,99	26,84	248,61	3

Çizelge 4.3 incelendiğinde asıl dikkati çeken husus dendrimer ile işlem görmüş numunenin rengine ait sarılık-mavilik değerinde (b^* değeri) azalma olduğu ve kontrol numunesine yaklaştığıdır. Zira daha az dendrimer ile işlemin zemin rengini daha az sarartacak olması, boyamadaki nüans kaymasını da azaltacaktır. Ancak yine de değerler dikkatli incelendiğinde dendrimer konsantrasyonu azaltılsa bile rengin nüansındaki sarılık çok fazla azalmamaktadır. Yani sararmada asıl etken dendrimerin varlığı ya da yokluğu olup, konsantrasyonunun etkisi daha az belirgindir. Bu iki numunenin ışık haslıklarına da bakıldığında her ne kadar bir miktar iyileşme görülse de, dendrimer konsantrasyonu azaltılsa bile ışık haslığındaki düşüş çok fazla azalmamaktadır. Yani ışık haslığında da asıl etken dendrimerin varlığı ya da yokluğu olup, konsantrasyonunun etkisi daha az belirgindir.

Oksidatif ön işlem sonrası dendrimerle yapılan kimyasal modifikasyonun liflerin fonksiyonel gruplarında meydana getirdiği değişimi saptayabilmek için işlemsiz numune ve optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası optimum koşullarda dendrimerle işlem görmüş numuneye FT-IR analizleri uygulanmış olup sonuçlar Şekil 4.16’de verilmektedir.



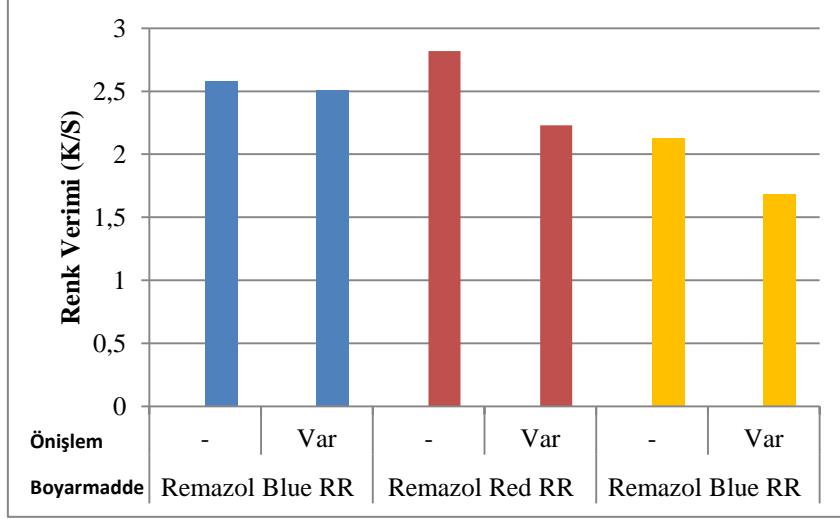
Şekil 4.16: İşlemsiz ve optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası optimum koşullarda amin uç grubu içeren dendrimerle işlem görmüş kumaş numunelerine ait ATR/FT-IR analizi sonuçları

Şekil 4.16 incelendiğinde işlemlili ve işlemsiz kumaşların ATR/FTIR spektrumlarının 3300, 1050 ve 1035 cm^{-1} dolaylarında çok belirgin pikler verdiği görülürken, 2900 ve 2850 cm^{-1} dolaylarında ise diğerlerine nazaran az olmakla birlikte yine de belirgin pikler verdiği görülmektedir. Tüm bu pikler pamuk liflerindeki selüloz yapısı ile ilişkilidir. 3300 cm^{-1} civarındaki pik “O-H” bağlarını gösterirken, 1050 ve 1035 cm^{-1} civarındaki pikler sırasıyla hidroksil grubunun bağlı olduğu “C-O” ve eter grubuna ait “-O-” bağlarını göstermektedir (Lawson ve Hsieh 2000). Şekil 4.15 incelendiğinde 3300 cm^{-1} ’deki band frekansının yoğunluğunda az miktarda, 1050 cm^{-1} ’deki band frekansının yoğunluğunda ise oldukça fark edilir oranda bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Buradan oksidatif ön işlem sonrası dendrimerle işlem görmüş liflerdeki -OH gruplarının azaldığı sonucuna varılmaktadır ki, zaten daha önce de açıklandığı üzere oksidatif ön işlem sonrası liflerin alkol grupları aldehitlere yükseltgenmektedir.

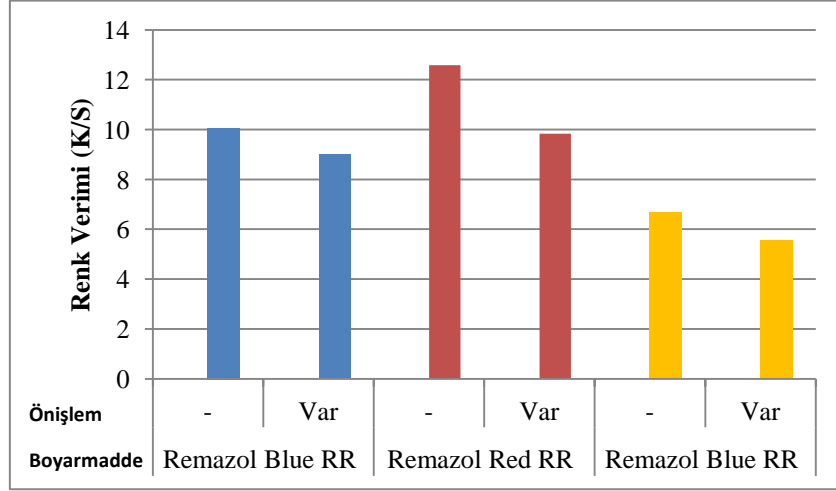
2900 ve 2850 cm^{-1} civarındaki pikler ise birçok organik moleküldeki karakteristik “C-H” bağlarıdır. 1420 ve 1300 cm^{-1} civarındaki pikler selülozun yapısındaki hidroksil gruplarından kaynaklanmaktadır (Lawson ve Hsieh 2000). Bunun dışında 980 cm^{-1} civarındaki pik ise selüloz makromolekülündeki β -glikozit bağı (C-O-C bağı) göstermektedir (Khajavi ve ark. 2013).

4.3 Dendrimerle Modifiye Edilmiş Pamuklu Kumaşların Çeşitli Reaktif Boyarmaddelerle Boyanabilirliğinin Geliştirilmesine İlişkin Sonuçlar

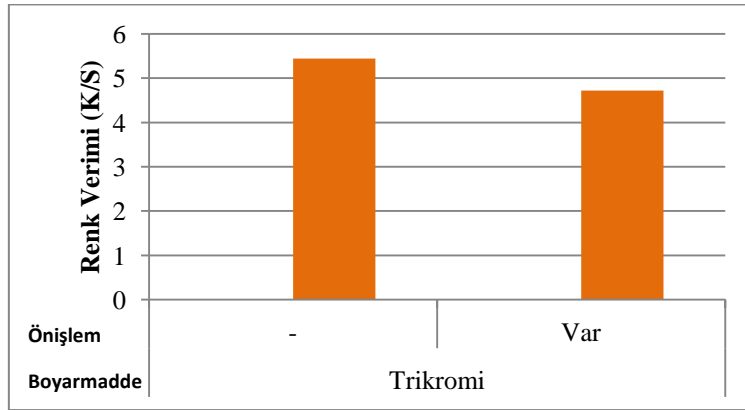
Optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası amin uç grubuna sahip dendrimerle optimum koşullarda işlem görmüş kumaşların trikromiye uygun sarı, kırmızı ve mavi reaktif boyarmaddelerle tuz içermeyen flottelerle %0,5 ve %2’lik konsantrasyonlarda boyanmasına ilişkin renk verimi (K/S) sonuçları tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırmalı olarak Şekil 4.17-4.19’de verilmektedir.



Şekil 4.17: Remazol Yellow RR, Remazol Red RR ve Remazol Blue RR ile %0,5'lik boyanan kumaşların renk verimi değerleri



Şekil 4.18: Remazol Yellow RR, Remazol Red RR ve Remazol Blue RR ile %2'lik boyanan kumaşların renk verimi değerleri



Şekil 4.19: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile %0,66/0,66/0,66'lık boyanan kumaşların renk verimi değerleri

Şekil 4.17-4.19 incelendiğinde dendrimerle Remazol Blue RR boyarmaddesi ile yapılan boyamalarda dendrimerle işlem sonrası tuz kullanılmadan boyanmış numunenin renk verimi ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunenin renk verimi değerlerinin neredeyse aynı olduğu söylenebilir. Fakat Remazol Yellow RR ve Remazol Red RR boyarmaddeleri için aynı durum söz konusu değildir. Bu boyarmaddeler ile boyamada dendrimerle işlem sonrası tuz kullanılmadan boyanmış numunelerin renk verimi değerleri tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneninkinden daha düşük çıkmıştır. Bu sonuçlara dayanarak reaktif boyamada dendrimerle ön işlem yapılarak tuz kullanımını ortadan kaldırmak üzere her boyarmadde için dendrimerle ön işlemin optimum koşullarının aynı olmayacağı söylenebilir. Dolayısı ile bu çalışmada da Remazol Blue BB %133 boyarmaddesi için saptanmış olan optimum koşullarda çalışıldığında, Remazol Blue RR için iyi sonuç alınırken, Remazol Yellow RR ve Remazol Red RR boyarmaddesinde iyi sonuç alınamamıştır. Buna bağlı olarak da bu üç boyarmaddenin karışımı kullanılarak yapılan trikromi boyamada da renk verimi değeri referansinkini sağlamamıştır. Bu durumda akla her ne kadar her boyarmadde için ayrı ayrı optimum koşulların saptanması gerektiği hususu gelse de, karışım boyama yapılırken her üç boyarmaddenin de aynı banyoda olduğu ve pamuklu kumaşın da tek olduğu dikkate alınacak olursa, ön işlem koşulları en düşük dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Blue RR) göre ayarlanırsa sarı ve kırmızının çekiminde düşüklük dolayısı ile rengin mavi nüansının ağır basması, koşullar en yüksek dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Red RR) göre ayarlanırsa mavinin gereğinden fazla çekimi nedeniyle rengin yine mavi nüansının ağır basması durumu ortaya çıkacaktır. Dolayısı ile dendrimerle işlem yapılarak pamuklu kumaşların tuz kullanılmadan boyanması isteniyorsa ya en düşük dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Blue RR) göre ön işlem yapıldıktan sonra reçetede sarı ve kırmızı oranları arttırılarak boyama gerçekleştirilmeli ya da koşullar en yüksek dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Red RR) göre ayarlanıp sarı ve özellikle de mavi boyarmaddenin miktarları düşülmelidir. Burada boyarmadde maliyetini arttırmamak için koşulların en yüksek dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Red RR) göre ayarlanmasının daha yerinde olacağı düşünülse de, bu durumda dendrimerin daha fazla kullanılmasının yol açacağı maliyet artışının yanı sıra dendrimere bağlı zemin renginde meydana gelen sararmadaki artış kaynaklı rengin nüansındaki sapmanın artması ve boyamanın ışık haslıklarının daha da düşmesi ihtimali dikkate alındığında, ikinci alternatifin daha doğru bir seçim olabileceği söylenebilir.

Yapılan trikomi boyamaya ait CIEL*a*b* değerleri de ölçülmüş olup, sonuçlar Çizelge 4.4’de verilmektedir.

Çizelge 4.4: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile %0,66/0,66/0,66’lık boyanan kumaşların CIEL*a*b* değerleri

Renk	Dendrimer	L*	a*	b*	C	h
Trikromi	-	36,91	12,12	-1,55	12,22	352,70
	Var	37,91	9,35	-0,75	9,38	355,39

Çizelge 4.4 incelendiğinde, numunelerin L* (açıklık-koyuluk) değerlerinin renk verimi değerlerine paralel olarak birbirine oldukça yakın olduğu, buna karşın dendrimerle işlem görmüş numunenin nüansının daha yeşil (a* değeri daha düşük) ve daha sarı (b* değeri daha büyük) olduğu görülmektedir. b* değeri rengin sarılık-mavilik değeri olup, işlem görmüş numunede bu değerlerin daha büyük olması rengin nüansının sarıya kaydığını göstermektedir. Bu durumun nedeni amin uç gruplara sahip dendrimer ile işlem sonrası pamuklu kumaşın renginde sararma meydana geliyor olmasıdır. Katyonik ürünlerle yapılan işlemlerde sararma bilinen temel sorunlardan biridir. İşlemsiz numunenin beyazlık derecesi 72,9 berger indeksi iken, optimum koşullarda dendrimer ile işlem görmüş numunenin beyazlık derecesi 21,2 Berger indeksi çıkmıştır. Bu aradaki fark boyamadaki nüans farkının nedenini açıklamaktadır. Rengin nüansının daha yeşil çıkması ise kırmızı boyanın alımındaki düşüşten kaynaklanmaktadır.

Dendrimerle işlem görmüş kumaşlarla yapılan trikomi boyamaya ait yıkama, sürtme ve ışık haslığı testlerine ilişkin sonuçlar tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırılmalı olarak Çizelge 4.5’de verilmektedir.

Çizelge 4.5: Remazol Yellow RR/Remazol Red RR/Remazol Blue RR ile %0,66/0,66/0,66’lık boyanan kumaşların yıkama, sürtme ve ışık haslığı değerleri

Renk	Önişlem	Işık Haslığı	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı		
			Renk						Değişimi	Kuru	Yaş
			CA	CO	PA	PES	PAN	WO			
Trikromi	-	4/5	4/5	5	4/5	5	5	5	4	4/5	4/5
	Var	3	4	5	4/5	5	5	5	4	4	3/4

Çizelge 4.5 incelendiğinde nedenleri daha önce de açıklandığı üzere genel olarak yıkama haslığı değerlerinde önemli bir değişim olmadığı buna karşın amin uç gruplara sahip dendrimer ile işlem görmüş numunenin sürtme ve özellikle de ışık haslığı değerlerinin düştüğü görülmektedir.

5. SONUÇ

Laboratuvar koşullarında yapılan bu tez çalışmasında farklı kimyasal yapıdaki 2 dendrimer ile modifiye edilen pamuklu kumaşlar vinilsülfon esaslı soğukta boyayan 4 değişik reaktif boyarmadde ile tuz kullanılmadan boyanmış ve boyamaların renk verimleri, toplam renk farklılıkları ve haslıkları tuz kullanılarak boyanan numunelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

- ✓ Literatürde pamuk liflerinin amin uç grubu içeren dendrimerle kimyasal modifikasyonu öncesi oksidatif ön işlem görmesinin liflere aktarılan dendrimer miktarını arttırdığı belirtilmektedir. Bu çalışma kapsamında pamuklu kumaşlara dendrimer ile işlem öncesi oksidatif ön işlem yapılmasının amin uç grubuna sahip dendrimerde işe yaradığı, hidroksil uç grubuna sahip dendrimerde ise fayda sağlamadığı görülmüştür. Oksidatif ön işlem için optimum koşulların ise 2 g/L, pH 5,5, 50°C, 30 dak. olduğu sonucuna varılmıştır.
- ✓ Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle tuz kullanılmadan boyanmasını sağlamak üzere amin uç grubuna sahip dendrimerlerin kullanılabileceği, hidroksil uç grubuna sahip dendrimerlerin ise bu hususta işe yaramayacağı saptanmıştır.
- ✓ Amin uç grubuna sahip dendrimerler için optimum aplikasyon koşulları pH 5,5, 80°C ve 10 dakika olarak bulunmuştur. Bunun yanında optimum dendrimer konsantrasyonu da % 0,8 olarak bulunmuştur.
- ✓ Optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası amin uç grubuna sahip dendrimerlerle optimum koşullarda işlem görmüş ve tuz kullanılmadan boyanmış kumaş numunesi ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunenin renk verimi ve açıklık-koyuluk değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, buna karşın asıl büyük farklılığın b* değerlerinden (sarılık-mavilik değeri) ileri geldiği görülmüştür. Bu durumun nedeni amin uç gruplarına sahip dendrimer ile işlem sonrası pamuklu kumaşın renginde sararma meydana geliyor olmasıdır. Dolayısı ile endüstriyel uygulamalarda trikromi boyamalarda bu husus göz önünde bulundurulmalı ve zemin renginde meydana gelecek sararma dikkate alınarak reçetede sarı ile ilgili düzeltme (uygun oranda azaltma) yapılmalıdır.

- ✓ Optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası amin uç grubuna sahip dendrimerlerle optimum koşullarda işlem görmüş ve tuz kullanılmadan boyanmış kumaş numunesi ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunesinin düzgünlük değerleri sırasıyla %97,42 ve %98,04 çıkmıştır. Bu hususun endüstriyel üretim açısından büyük önem taşıdığını belirtmekte fayda vardır. Zira yapılan ön işlem sonrası yüzeye eklenen yeni grupların dağılımı homojen olmasaydı, boyama düzgünlük değerleri de düşük çıkardı ki, bu durumda dendrimerlerin büyük ölçekli üretim koşullarında kullanılması mümkün olmazdı.
- ✓ Optimum koşullarda oksidatif ön işlem sonrası amin uç grubuna sahip dendrimerlerle optimum koşullarda işlem görmüş ve tuz kullanılmadan boyanmış kumaş numunelerinin tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunelere göre genel olarak yıkama haslığı değerlerinde önemli bir değişim olmadığı, buna karşın sürtme ve özellikle de ışık haslığı değerlerinin düştüğü ortaya konulmuştur.
- ✓ Tuzu tamamen kaldırmak yerine acaba dendrimer konsantrasyonunu azaltarak ışık haslığındaki düşüşü azaltmanın mümkün olup olmayacağını incelemek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda dendrimer konsantrasyonu azaltılsa bile ışık haslığındaki düşüş çok fazla azalmadığı saptanmıştır. Buna göre, ışık haslığında asıl etken amin uç grubuna sahip dendrimerin varlığı ya da yokluğu olup, konsantrasyonunun etkisi daha azdır.
- ✓ Trikromiye ait Remazol Yellow RR, Remazol Red RR ve Remazol Blue RR boyarmaddeleri ile yapılan boyamalarda, mavi boyarmadde için dendrimerle işlem sonrası tuz kullanılmadan boyanmış numunenin renk verimi ile tuz kullanılarak boyanmış işlemsiz numunenin renk verimi değerlerinin neredeyse aynı olduğu, sarı ve özellikle kırmızı boyalarda ise rengin referansa göre açık kaldığı saptanmıştır. Bu nedenle reaktif boyamada dendrimerle ön işlem yapılarak tuz kullanımını ortadan kaldırmak üzere her boyarmadde için dendrimerle ön işlemin optimum koşullarının aynı olmayacağı söylenebilir.
- ✓ Trikromiye ait boyalarla yapılan denemelerin sonuçlarına dayanarak, dendrimerle işlem yapılarak pamuklu kumaşların tuz kullanılmadan boyanması isteniyorsa ya en düşük dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Blue RR) göre ön işlem yapıldıktan sonra reçetedeki sarı ve kırmızı oranları arttırılarak ya da koşullar en

yüksek dendrimer konsantrasyonu gerektirene (Remazol Red RR) göre ayarlanıp sarı ve özellikle de mavi boyarmaddenin miktarları düşülerek boyama yapılması gerektiği söylenebilir. Bu olasılıklardan hangisinin seçileceğine karar verilirken; dendrimerle işlemin maliyeti, boyarmaddenin maliyeti, dendrimerle işlemin rengin nüansına (kumaşı sarartması nedeniyle) ve ışık haslığına etkisi dikkate alınmalıdır.

- ✓ Trikromiye ait boyalarla yapılan denemelerde genel olarak yıkama haslığı değerlerinde önemli bir değişim olmadığı buna karşın amin uç gruplara sahip dendrimer ile işlem görmüş numunenin sürtme ve özellikle de ışık haslığı değerlerinin düştüğü görülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen tüm bu sonuçlara dayanarak pamuk liflerine boyama öncesi amin uç grubuna sahip dendrimerlerle işlem yapılarak pamuk liflerinin yapısına yeni fonksiyonel grupların eklenmesi suretiyle bu liflerin reaktif boyarmaddelerle verim kaybına yol açmadan tuz kullanılmadan boyanabileceği söylenebilir. Ancak trikromide kullanılan sarı, kırmızı ve mavi boyarmaddelerin davranışlarının farklı olması nedeniyle boyamada oluşacak nüans farkını kompanse edecek şekilde trikromi boyama reçetelerinin revize edilmesi gerektiği hususunu vurgulamakta fayda vardır. Bunun ötesinde dendrimerle işlem sonrası tuzsuz boyamada verim olarak tuzlu boyama sağlanıyor olsa bile, dendrimerle işlemin pamuklu mallarda önemli bir kalite standardı olan ışık haslığında yol açtığı düşme dikkate alındığında, bu hususun, yüksek maliyetinin yanı sıra, dendrimer teknolojisinin kullanılmasının önündeki en büyük engel gibi görüldüğünü söylemekte fayda vardır.

6. KAYNAKLAR

- Atav R (2005). Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanmasında iyon tutucuların renk verimi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye.
- Atav R, Yavaş A (2010). Dendrimers and their applications in textile finishing. 6. Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, Çeşme, İzmir.
- Burkinshaw SM, Mignanelli M, Froehling PE, Bide MJ (2000). The use of dendrimers to modify the dyeing behaviour of reactive dyes on cotton. *Dyes and Pigments*, 47: 259-267.
- Dastjerdi R, Montazer M (2010). A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79:5-18
- Dystar (2002). Çeşme Semineri Notları.
- Esfand R, Tomalia DA (2001). Poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers: from biomimicry to drug delivery and biomedical applications. *DDT*, 6(8):427-436
- European Commission Directorate (2002). Reference document on best available techniques for the textile industry. General Jrc Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies (Seville), Technologies for Sustainable Development European IPPC Bureau
- Freire JJ, Rodríguez E, Rubio AM (2005). Monte Carlo calculations for the intrinsic viscosity of several dendrimer molecules. *The Journal Of Chemical Physics*, 123:1-14.
- Froehling PE (2001). Dendrimers and dyes. *Dyes and Pigments*, 48(3):187-195.
- Hou-cai X, Yun-jun L, Guo-ping L, Hui-min T (2005). Use of low generation polyamidamine dendrimers in cotton dyeing. *Textile Auxiliaries*, 07:20-25.
- Klajnert B, Bryszewska M (2001). Dendrimers: properties and applications. *ActaBiochimica Polonica*, 48(1):199-208
- Lawson HMM, Hsieh Y (2000). Characterizing the noncellulosics in developing cotton fibers. *Textile Research Journal*, 70:810-819
- Namırtı O, Atav R (2011). Tekstilde yeni bir konsept olan dendrimerlerin tarihçesi, sınıflandırılması, molekül yapısı ve özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2):109-115
- Neerman M0 (2007). The efficiency of a PAMAM dendrimer toward the encapsulation of the antileukemic drug 6-mercaptopurine. *Anti-Cancer Drugs*, 18(7):839-842
- Pavlov GM, Korneeva EV, Meijer EW (2002). Molecular characteristics of poly (propylene imine) dendrimers as studied with translational diffusion and viscometry. *Colloid Polymer Science*, 28:416-423

- Reinhoudt DN (2007). Dendrimers as building blocks for nanofabrication. Second International Symposium on “Trends in Nanoscience”, Irsee
- Rodriguez E, Freire JJ, Echenique GR, Hernandez CJG, Torre JG (2007). Improved simulation method for the calculation of the intrinsic viscosity of some dendrimer molecules. *Polymer*, 48:1155-1163
- Rosace G, Sancaktaroğlu E, Massafra MR (2007). Dendrimer finishing effect measurement on textile surfaces. Workshop Nanometrology, National Institute of Metrological Research (INRIM), Torino, Italy
- Sarkar A, Kaganove SN, Dvornic PR, Satoh PS (2005). Colorimetric biosensors based on polydiacetylene (PDA) and polyamidoamine (PAMAM) dendrimers. *Polymer News*, 30:370-377
- Toit LCD, Pillay V, Choonara YE (2010). Nano-microbicides: Challenges in drug delivery, patient ethics and intellectual property in the war against HIV/AIDS. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 62:532-546
- U.S. Environmental Protection Agency, 1996, Manual Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, Office of Research and Development National Risk Management Research Laboratory Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio, <http://infohouse.p2ric.org/ref/02/01099/0109901.pdf> 05.04.2013
- Vögtle F, Richardt G, Werner N (2009). *Dendrimer Chemistry*, Strauss GmbH, Mörlenbach, ISBN 978-3-527-32066-0
- Zhang F, Che Y, Lin H, Lu Y (2007). **Synthesis of an amino-terminated hyperbranched polymer and its application in reactive dyeing on cotton as a salt-free dyeing auxiliary.** *Coloration Technology*, 123(6):51-357
- Zhang F, Chen Y, Lin H, Wang H, Zhao B (2008). HBP-NH₂ grafted cotton fiber: Preparation and salt-free dyeing properties, *Carbohydrate Polymers*, 74:250–256
<http://www.masterorganicchemistry.com/2011/10/21/reagent-friday-sodium-periodate/> (erişim tarihi, 05.04.2013)
- www.dsm.com/search/public/result.do?strongendorsed=true&branding=home&locale=en_US&entitlement=10&querytext=dendrimer (erişim tarihi, 07.04.2013)
- <http://www.p2pays.org/ref/02/01099/0109901.pdf> /2005 (erişim tarihi, 01.04.2013)
- http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=reference%20document%20on%20best%20available%20techniques%20for%20the%20textile%20industry%2C%20november%202002&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CDgQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.innochem-online.de%2Fen%2Fdownloads%2Fbat-documents%2Findex.html%3Ftx_reddownloads%255Bfile%255D%3D33&ei=mfGwUcKnCcXmOoD9gOAB&usg=AFQjCNEKf6L1zsD0MIT0U15v56Ys0hiLeg&bv m=bv.47534661,d.ZWU (erişim tarihi, 08.04.2013)

ÖZGEÇMİŞ

13.12.1984 tarihinde Denizli’de dünyaya gelen Osman NAMIRTI ilk öğrenimini 19 Mayıs İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra, orta ve lise öğrenimine Türk Eğitim Vakfı Anadolu lisesinde devam ederek 2003 yılında liseden mezun olmuştur.

2003 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nü kazanarak yüksek öğrenim hayatına başlamış ve 2009 yılında Tekstil Kimyası ve Terbiyesi opsiyonundan Tekstil Mühendisi ünvanıyla mezun olmuştur. Daha sonra çeşitli özel firmalarda çalışmış olup, halen Yünsa Yünlü San. ve Tic. A.Ş.’de Ar-Ge Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.