



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

Farklı Tip Çapraz Bağlayıcıların Viskon Kumaş Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Investigation of the Effects of Different Type Crosslinkers on Viscose Fabric Properties

Mehmet ORHAN^{1,2}, Mehmet TİRİTOĞLU¹, Gizem ZİNİTBAŞ

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

²Borås Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Borås, İsveç

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Eylül 2019 (30 September 2019)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Mehmet ORHAN, Mehmet TİRİTOĞLU, Gizem ZİNİTBAŞ (2019): Farklı Tip Çapraz Bağlayıcıların Viskon Kumaş Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 26: 115, 252-262.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920192611505>

Sorumlu Yazara ait Orcid Numarası (Corresponding Author's Orcid Number) :

<https://orcid.org/0000-0001-8043-4148>

FARKLI TİP ÇAPRAZ BAĞLAYICILARIN VİSKON KUMAŞ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet ORHAN^{1, 2*}

<https://orcid.org/0000-0001-8043-4148>

Mehmet TİRİTOĞLU¹

<https://orcid.org/0000-0002-2316-0782>

Gizem ZİNİTBAŞ

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

²Borås Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Borås, İsveç

Gönderilme Tarihi / Received: 28.12.2018

Kabul Tarihi / Accepted: 05.07.2019

ÖZET: Viskon gibi selülozik esaslı kumaşlar, buruşma eğilimi gösterirler ve bu durum görünümünün bozulmasına neden olur. Bu konuda, birçok kimyasal ile çalışmalar yapılmış ve günümüzde en çok DMDHEU türevleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, viskon dokuma kumaşa iki farklı çapraz bağlayıcı ile buruşmazlık bitim işlemi uygulandıktan sonra kumaşların SEM ve FTIR analizleri yapılmış, renk, kopma ve yırtılma mukavemeti, yumuşaklık ve buruşmazlık açısı değerleri ölçülmüştür. SEM ve FTIR analizleri, her iki kimyasalın viskon yüzey üzerindeki varlığını desteklemektedir. İşlemleri sonrası formaldehit oluşumu limit değerlerin altında olup fiziksel özelliklerde kayıplar ve tutumda sertleşmeler kabul edilebilir seviyelerdedir. Kopma mukavemeti, modül ve yırtılma mukavemeti değerleri dikkate alındığında en iyi sonuç, modifiye edilmiş dihidroksietilenüre kimyasalı ile elde edilmiştir. Kimyasalların konsantrasyon artışı ile birlikte kumaşların eğilme rijitliği ve eğilme modülü artarken ve en yüksek konsantrasyon uygulamalarında en iyi buruşmazlık değerleri elde edilmiştir. Her iki kimyasal ile yapılan uygulamalarda kumaşlardaki renk farkının yüksek olduğu ve işlem sonrası ortaya çıkan diğer olumsuz etkiler ile karşılaştırıldığında, renk farkının büyük bir sorun olarak devam ettiği görülmektedir. Sonuçlar, her iki kimyasal ile yapılan uygulamanın viskon kumaşların buruşmazlık özellikleri üzerinde olumlu yönde etkili olduğunu, reçetelerde yumuşatıcı kullanımının ise özellikle tutum ve mekanik özelliklerde iyileşme sağladığını göstermiştir. Özet olarak dihidroksietilenüre türevlerinin buruşmazlık işlemlerinde etkili bir kimyasal grubu olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Viskon, buruşmazlık, çapraz bağlayıcı, yumuşaklık

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT TYPE CROSSLINKERS ON VISCOSE FABRIC PROPERTIES

ABSTRACT: Cellulosic-based fabrics, such as viscose, tend to wrinkle and this leads to deterioration of their appearance. In this topic, there are many studies with different chemicals and nowadays DMDHEU derivatives are the most commonly used chemicals for easy-care. In this study, the analysis of SEM and FTIR, color difference, breaking and tear strengths, softness and crease resistance angle values of the fabric were measured after two different cross-linkers were applied to viscose woven fabric by impregnation method in different concentrations. The analysis SEM and FTIR support the presence of both chemicals on the viscose surface. After treatments, the formation of formaldehyde is below the limit values, and the loses in physical properties and stiffness (handle) are in the acceptable levels. The best results were obtained with the modified dihydroxy ethylene urea chemical when tensile strength, modulus, and tear strength values are taken into consideration. Bending stiffness and bending modulus of fabrics increase with increasing concentration of chemicals and the best wrinkle values were obtained in the highest concentration. It is seen that the color difference in the fabrics is high and the color difference continues to be a big problem when compared with the other negative effects after the treatments. The results showed that both chemical applications were positive effective on the wrinkle properties of the viscose fabric, and also the use of softeners in recipes especially improved on the fabric handle and mechanical properties of the viscose fabric. In summary, dihydroxy ethylene urea derivatives have an effective chemical group for wrinkle-free finishing treatments.

Keywords: Viscose fabric, crease resistance, cross linker, softness

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: morhan@uludag.edu.tr

DOI: 10.7216/130075920192611505, www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Rejenere selüloz esaslı kesikli rayon liflerine, genel olarak viskon (viscose) lifleri denilmektedir ve bu lifler ipeğe benzediği için yapay ipek (suni ipek) ismiyle de anılmaktadır. 1890'lı yıllarda Charles Frederick Cross ve Edward John Bevan tarafından insan yapımı olarak üretilen ilk lif olması nedeniyle tekstil tarihi açısından önemli bir liftir. Viskon lifleri, pazar payı en yüksek rayon grubunu oluşturmaktadır [1-5]. Pamuk ile karşılaştırıldığında, polimerizasyon derecesi (2.000-10.000►200-250) ve kristalin bölge oranı (%70►%40) daha az olduğundan kimyasal yapısından gelen bu farklılıklar viskonu daha az mukavemetli, kimyasal maddelere ve yapılan işlemlere karşı daha az dirençli yapar. En dikkat çeken ve ayırt edici özelliği ise, ıslandığında pamuktan farklı olarak mukavemetinin düşmesi, çekmesi veya salmasıdır. Bu liflerden üretilen kumaşlara, genellikle kuru temizleme veya çok hassas elde yıkama tavsiye edilmektedir. Nem içeriğinin fazla olmasından dolayı boyutsal stabilitesi değişir, asarak kurutmalarda salma yapar, sık kullanım sırasında boncuklanma oluşur (aşınma dayanımı kötüdür), çabuk kırışır veya buruşur ve örme kumaşlarda may dönmesi gözlenir [1-12]. Tüm bu olumsuz özelliklerine karşın, amorf yapısından kaynaklı emici olması nedeniyle konforlu, tene uyumlu, nefes alabilen, yumuşak ve dökümlü bir yapıya sahiptir. Bütün selülozik lifler içerisinde en emici olanıdır, teri çok iyi emer ve dolayısıyla yazlık giysilerde tercih edilir, kolayca boyanabilir. Özellikle pamuk lifinin yerine emici hijyen ürünlerinden, bebek pedlerine ve yüksek mukavemetli kord bezlerine kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır [1-19].

Viskon liflerinin konfor ve estetik özellikleri iyi olmak ile birlikte yaş mukavemeti düşük ve buruşmazlık özelliği kötüdür. 20. yüzyılın başlarında buruşmazlık işlemleri ile ilgili yapılan ilk çalışmalar, viskon liflerinin ıslak durumda iken şişerek kopma dayanımındaki azalmasının önlenmesine yönelik olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda formaldehit ve melamin-formaldehit gibi reçine oluşturan maddelerle işlem gören liflerde şişme ve çekmenin azaldığı ve liflerin daha az buruştuğunu ortaya çıkmıştır. İlk olarak 1906'da, selüloz esaslı liflere ve bunların sentetik liflerle karışımlarından yapılmış tekstil ürünlerine uygulanmış olan buruşmazlık işlemleri, özellikle yüzyılın ortalarına doğru gerçek anlamda uygulanmaya başlanmıştır. 1944'de Croydon, pamuk ve rayondan yapılan kumaşlara uygulanan buruşmazlık işleminin yıkamadan sonra çok az ütüleme gerektirdiğini ortaya koymuştu. 1946'da, ABD'de poliamidin (nylon) piyasaya sunulması özellikle selüloz menşeli liflerden yapılan giyim ürünlerinde buruşmazlık işlemlerinin yoğunlaşmasına neden olmuştur. 1949'da, buruşmazlık işleminin ana maddelerinden biri sayılabilecek üre formaldehitten daha etkili olan ve 1886'dan beri bilinen dimetiloletilen üre sentezlenmeye başlanmıştır. 1951'de Gagliardi, 1942'den beri bilinen bazik

amine aldehitlerden, triazonu deneyerek, yıkama sırasında hipoklorite maruz kalan kumaşların ütülenmesinde hipoklorid asitin ortaya çıkmasını ve klorür tutma hasarını ortadan kaldırmıştır. 1977'de, DMDHEU (dimetilol di hidroksi etilen üre) kimyasalının cilde daha az rahatsızlık verdiği ve kumaşa da hafiflik sağladığı belirtilmiştir. 2000'de Lickfield, %100 pamuklu kumaşlara uygulanan buruşmazlık bitim işlemi sonrasında aşınma ve kopma mukavemetinde düşüşleri ve çapraz bağlayıcıların kimyasal yapılarıyla uygulandıkları materyalin fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. 2000'de Kim, buruşmazlık bitim işleminde çapraz bağlayıcı olarak malik asit kullanmış ve kumaşın buruşmazlık ve beyazlık üzerindeki etkilerini incelenmiştir. 2003'de Frydrych, bitim işlemlerinin kumaşın estetik ve kullanım özelliklerine etkilerini incelemiş, yapılan bitim işlemleri sonucunda kumaşın çekmezlik değeri iyileşmiş ve buruşmazlığa karşı direnç ise artmıştır. 2004'de Mortavazi DMDHEU, PVA, amino silikon, polisakarit ve akrilat binderi karışımı kullanılarak mikrodalga ve yüksek sıcaklıkta fikse işleminin pamuklu kumaşların buruşmazlık bitim işlemi sonrası kumaş performansındaki etkilerini incelemiştir. 2004'de Mortavazi, %100 pamuklu kumaşlara uygulanan buruşmazlık ve yumuşaklık bitim işlemlerinin kumaşın ıslanabilirlik, kalınlık, kuru ve yaş katlanma açısı değerleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bitim işlemlerinin kumaş kalınlığını artırdığı, yumuşaklık uygulamasında bu artışın daha fazla olduğu, su geçirmezliğin iyileştiği tespit edilmiştir. 2005'de Mortavazi amino silikon, akrilat binder, DMDHEU, polivinil asetat, yumuşatıcı, binder, buruşmazlık ve kalınlaştırıcı kullanılarak eğilme uzunluğu, kumaş gramajı ve renk değişimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. 2013'de Dehabadi, düşük moleküler ağırlığa sahip amino aldehit ön kondensatları ve diğer reçinelerin kombine kullanılmasının pamuklu kumaşlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buruşmanın neden olduğu amorf bölgelerdeki selüloz zincirlerinin kaymasını önlemek için reçine maddelerinin lifler ile çapraz bağlar oluşturduğunu gözlemlemiştir. 2014'de Chengxia Liu, AATCC 66-2008 test yöntemine göre atkı ve çözümlü yönünde ölçülen buruşmazlık açısı değerlerini incelemiştir [2,7-9,13].

Bu çalışma, iki farklı buruşmazlık bitim kimyasalının emdirme yöntemi yardımıyla viskon kumaşlara uygulanması ve işlemler sonrası SEM ve FTIR analizi, formaldehit miktarı, renk, kopma ve yırtılma mukavemeti, yumuşaklık ve buruşmazlık açısı değerlerinin ölçülmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi adımlarından oluşmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Deneyisel çalışmalarda, düşük gramajlı viskon kumaş seçilmiş ve bu kumaş Bursa Yılmazipek Tekstil'den temin edilmiştir. Kumaş özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi, Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneyisel çalışmalarda kullanılan kumaş ve özellikleri

Kumaş	Lif içeriği	Örgü tipi	Sıklık (çözgü-atkı/cm)	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m ²)	En (cm)
Viskon	%100	Dokuma Bezayağı	60x28	0,25	200	130

Buruşmazlık bitim kimyasalı olarak halkalı üre türevi ve modifiye edilmiş dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonu olmak üzere iki farklı buruşmazlık kimyasalı kullanılmış ve bu kimyasallar Basf ve Rudolf Duraner firmalarından temin edilmiştir. Yumuşatıcı olarak, noniyonik yağ asidi kondenzasyon içerikli yumuşatıcı kullanılmış ve bu kimyasal Rudolf Duraner firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Her bir buruşmazlık kimyasalı için 80, 115 ve 150 g/L konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Tüm çözeltilere, üretici firma önerileri doğrultusunda 30 g/L konsantrasyonda noniyonik yağ asidi kondenzasyon içerikli bir yumuşatıcı ve 10 g/L konsantrasyonda asetik asit eklenmiştir. Boyalı viskon kumaşlar, hazırlanan banyo içerisine daldırıldıktan sonra, 4 bara ayarlanmış iki sıkma silindiri arasından geçirilerek işlem uygulanmıştır. Bu sırada kumaşlara %80 flotte aldırılmıştır. 120°C'de 3 dakika kurutma işleminden sonra, 150°C'de 1 dakika kondenzasyon işlemi yapılmıştır. Kullanılan kimyasallar ve deneysel çalışma hakkında ayrıntılı bilgiler, Tablo 2. ve 3.'te verilmiştir. Örneğin Tablo 3.'teki A kodlu reçete, işlem uygulanmamış viskon kumaşı tanımlarken, B-150 kodlu reçete ise işlem uygulanmamış viskon kumaşa 150 g/L halkalı üre türevi buruşmazlık kimyasalı, 30 g/L noniyonik yağ asidi kondenzasyon içerikli yumuşatıcı ve 10 g/L asetik asit ile hazırlanan bir çözeltilinin uygulanmış olduğunu tanımlamaktadır.

Tablo 2. Kullanılan kumaş ve kimyasallar

Kod	Kimyasal Yapı
A	Viskon kumaş (işlem uygulanmamış)
B	Halkalı üre türevi buruşmazlık kimyasalı
C	Modifiye edilmiş dihidroksietilenüre/katalizör buruşmazlık kimyasalı
Y	Noniyonik yağ asidi kondenzasyon ürünü yumuşatıcı
AA	Asetik asit

Tablo 3. Viskon kumaşa uygulanan reçeteler ve tanımlamaları

Reçete Kodu	Kimyasal konsantrasyonlar (g/L)			
	B	C	Y	AA
A	---	---	---	---
B-80	80	---	30	10
B-115	115	---	30	10
B-150	150	---	30	10
C-80	---	80	30	10
C-115	---	115	30	10
C-150	---	150	30	10

^ A kodlu reçete, işlem uygulanmamış viskon kumaşı tanımlamaktadır.

Çapraz bağlayıcı kimyasallar ile viskon lifleri arasındaki etkileşimler, SEM görüntüleri ve FTIR spektrumları ile incelenmiştir. Lif yüzeylerinin incelenmesi amacıyla JEOL JSM 6060 tarama elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Yüzeylerden alınan FTIR spektrumları, Perkin-Elmer Spectrum 6700 Explorer FTIR cihazı ile elde edilmiştir.

Kumaşlardaki serbest formaldehit miktarı, AATCC 112 yöntemine göre belirlenmiştir. Meydana gelen renk farklılıklarını belirlemek için Konica Minolta CM-3600D reflektans spektrofotometresi kullanılarak AATCC 173 test yöntemi göre 400-700 nm dalga boyu aralığında renk ve renk farkı değerlendirilmiştir.

Fiziksel testlere hazırlık olarak tüm numuneler, TS EN ISO 139 standardına göre %65±4 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklıkta 24 saat kondisyonlanmıştır. Kopma mukavemeti ölçümleri, 4301 Model Instron cihazı kullanılarak TS EN ISO 13934-1 test yöntemine göre yapılmıştır. 100 mm çene mesafesi ve 100 mm/dakika çene hızında yapılan deney sonucunda MPa biriminden mukavemet ve % uzama miktarı ölçülmüştür. Yırtılma mukavemeti ölçümleri ise, SDL Atlas Elmendorf cihazı kullanılarak TS EN ISO 13937-1 balistik sarkaç test yöntemine göre yapılmıştır.

Objektif yumuşaklık testinde, eğilme rijitliğinin ve eğilme modülünün belirlenmesi için sabit açılı eğilme ölçer (Shirley Sertlik Ölçeri) kullanılmış ve TS 1409 standardında göre eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği ölçümleri yapılmıştır. Subjektif yumuşaklık testinde ise, en az 20 kişiden kumaş yumuşaklığının skalaya (1-Çok kötü, 2-Kötü, 3-Orta, 4-İyi, 5-Çok İyi) göre değerlendirilmesi istenmiş ve bu değerlendirmelerin sayısal karşılıklarının geometrik ortalaması yumuşaklık değeri olarak alınmıştır.

Buruşmazlık açısı ölçümleri, SDL Atlas cihazı kullanılarak AATCC 66 test yöntemine göre yapılmıştır. Atkı ve çözgü yönlerinde hazırlanan numunelerin 1 kg'lık yük altında 5 dakika bekletilerek buruşmazlık açıları ölçülmüş ve kumaşların toplam buruşmazlık açıları hesaplanmıştır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

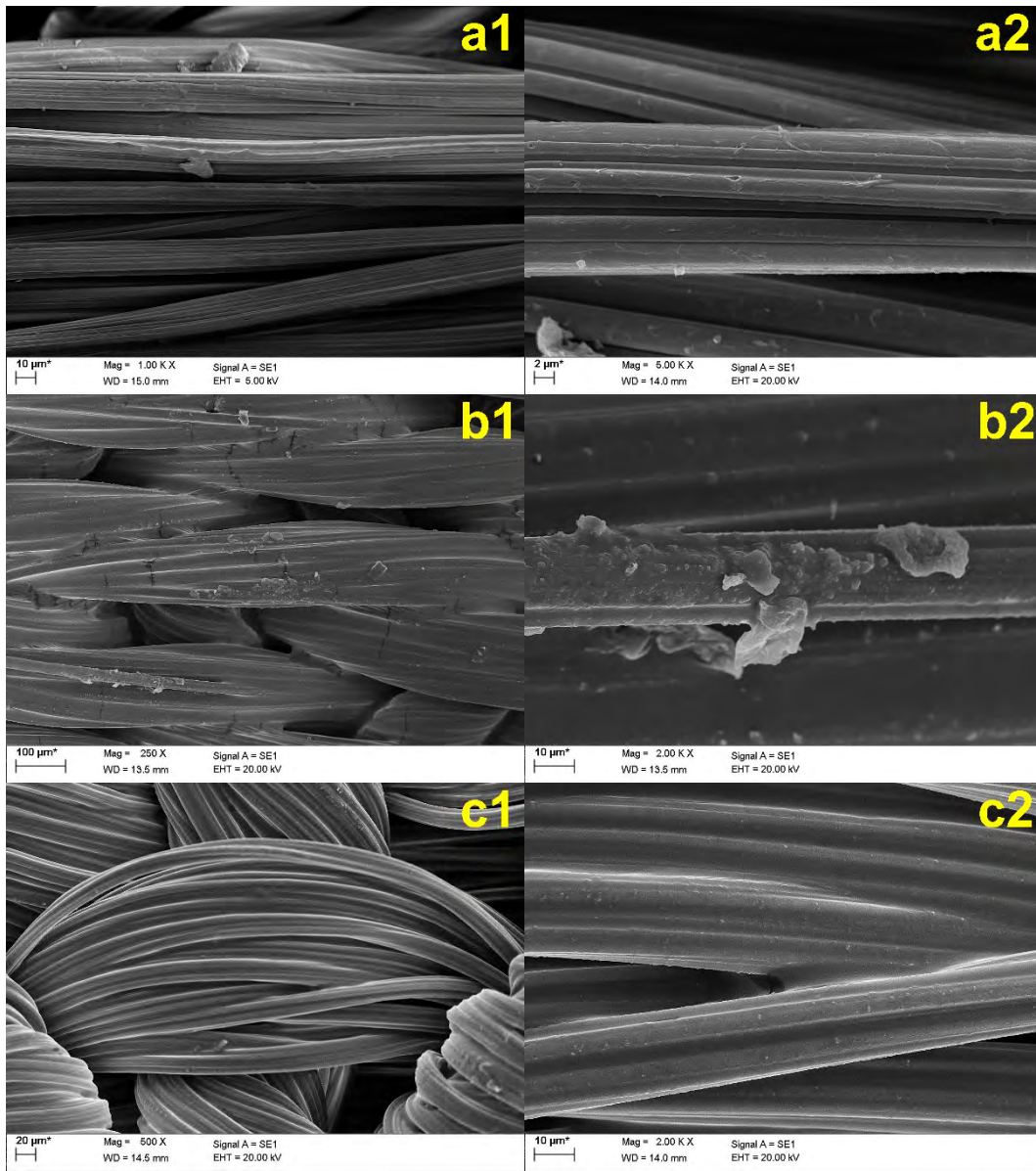
İki farklı buruşmazlık bitim kimyasalı için 80, 115 ve 150 g/L konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmış, boyalı viskon kumaş üzerine %80 flotte alınacak şekilde 4 bar basınç ile iki silindir arasından geçirilerek sıkma işlemi, 120°C'de 3 dakika kurutma işleminden sonra 150°C'de 1 dakika kondenzasyon işlemi yapılmıştır. İşlemler sonrası SEM ve FTIR analizi, formaldehit miktarı, renk, kopma ve yırtılma mukavemeti, yumuşaklık ve buruşmazlık açısı değerleri ölçülmüş ve ayrıntılı değerlendirme yapılmıştır.

3.1. SEM Analizi

Selüloz esaslı liflerden pamuk lifleri, düz ve gergin bir moleküler yapıya sahip iken, viskon lifleri üretim sırasında kullanılan düze başlığına bağlı olarak farklı inceliklerde (dairesel olmayan enine kesitlerde ortalama lif çapı 10 µm) üretilebilir ve enine kesiti genellikle kıvrımlıdır. Viskon liflerinin yüzeyleri genellikle düz ve pürüzsüz olup yumuşak bir tutum verirler. Bazı durumlarda hafif kıvrımlılığa rastlansa da pamuk liflerinde olduğu gibi bir bükümlü yapı görülmez. Enine kesitlerinde düzenli olmayan daireler gözlenirken, yüzeylerinde de uzun, ince çizgiler mevcuttur [2,5].

Viskon kumaşların Şekil 1.a'daki SEM görüntüleri incelendiğinde, literatürde belirtildiği gibi birçok kanal içeren pürüzlü yüzeye sahip fibriler yapı net bir biçimde görülmektedir [3,5,11,16]. N-metilol bileşikleri ister birbirleri ile eterleşme reaksiyonuna girerek, isterse selüloz liflerinin serbest -OH grupları üzerinden kovalent bağlar ile bağ yaparak reçine oluştursun her iki durumda da lif elementlerinin hareketliliği kısıtlanır ve buruşma kuvveti etkisinde yer değiştirmiş olan lif elementleri birbirlerine yaklaşamayıp veya reaktif grupları önceden bağ yaptıkları için yeni yan bağların oluşması engellenerek buruşmazlık etkisi sağlanmış olur [8,14,19-21]. Şekil 1. b.'de de görüldüğü gibi halkalı üre türevi ile işlem uygulanmış viskon kumaşta lifler, kimyasalın yapıştırıcı etkisi ile bir araya

toplanmış ve daha sıkı bir yüzey paketlenmesi meydana getirmiştir. Lifler ve kimyasal arasında çapraz bağlanma ile oluşan film tabakası açıkça görülmektedir. Şekil 1.c.'de ise modifiye edilmiş dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonu ile işlem uygulanmış viskon kumaşta lifler, yapıştırılmış gibi bir arada toplanmış ve yüzey üzerinde çapraz bağlanma ile bir film tabakası oluşmuştur. Bu uygulamada, daha homojen ve düzgün bir film oluşumu gözlemlenmektedir. Sonuç olarak viskon kumaş üzerinde iki farklı kimyasalın SEM görüntüleri incelendiğinde, her bir kimyasalın viskon lifleri ile çapraz bağ yaptığı ve lif yüzeylerinde film tabakası oluşturduğu açıkça görülmektedir [20-21].



Şekil 1. a. İşlem uygulanmamış viskon kumaş, b. Halkalı üre türevi ile işlem uygulanmış viskon kumaş, c. Modifiye dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonu ile işlem uygulanmış viskon kumaş yüzey görüntüleri

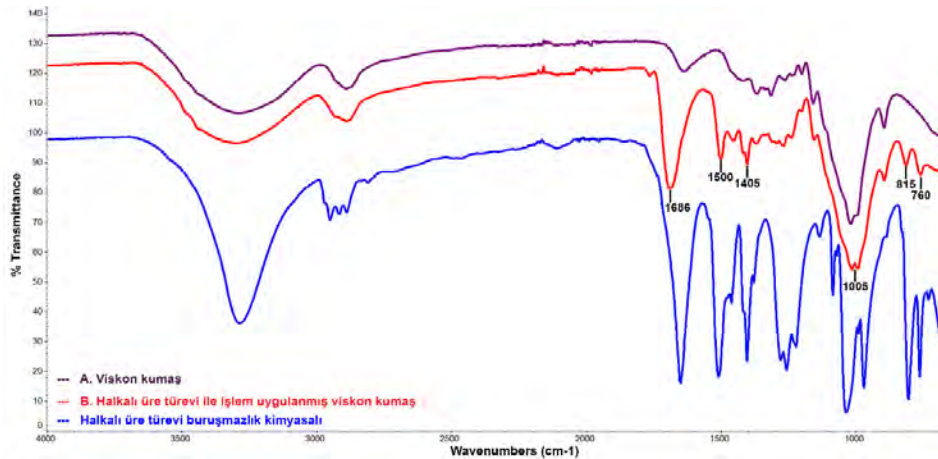
3.2. FTIR Analizi

Buruşmazlık kimyasalları ile selülozik esaslı lifler, birbirlerine eterleşme tepkimesi üzerinden kovalent bağlarla bağlanırlar. Eterleşmiş selülozlar, genel olarak çok stabildirler, hem asidik hem de bazik ortamlarda hidrolitik parçalanmaya karşı çok dirençlidirler. Bu nedenle selülozklere uygulanan buruşmazlık, su geçirmezlik, güç tutuşurluk gibi birçok bitim işlemi eterleştirme reaksiyonları üzerinden ilerler [14-15,18,21]. Şekil 2.'de görüldüğü gibi, işlem sonrası viskon kumaş üzerinde 1686, 1500, 1405, 1005, 815 ve 760 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan bantlar, halkalı üre türevi kimyasaldan kaynaklanmaktadır. Bu bölge, işlem sonrası kimyasalın viskon yapısında bulunan serbest hidroksil gruplarına bağlandığını göstermektedir. Şekil 3.'de işlem sonrası viskon kumaş üzerinde 1765, 1700, 1490, 1270, 1000 ve 755 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan keskin bantlar modifiye dihidroksietilenüre/katalizör kimyasaldan kaynaklanmaktadır. Bu bölge, işlem sonrası kimyasalın viskon yapısında bulunan serbest hidroksil gruplarına bağlandığını göstermektedir [8,22-23].

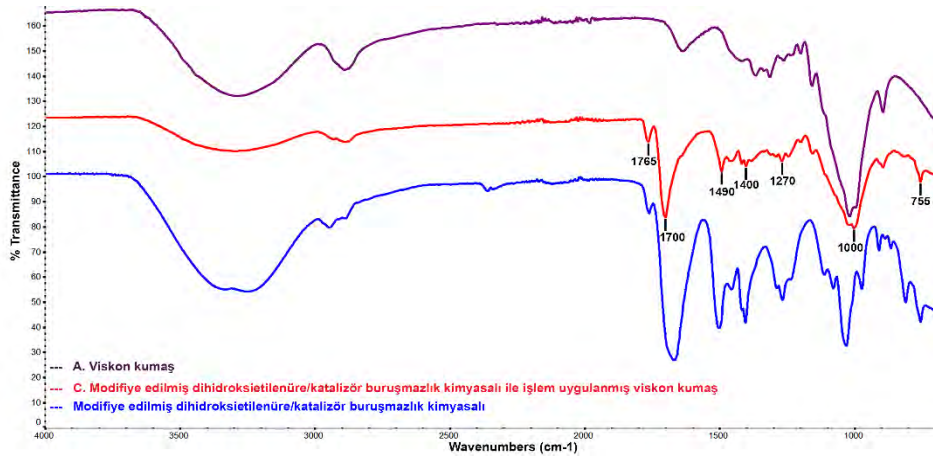
Sonuç olarak, boyalı viskon kumaş üzerinde iki farklı kimyasalın FTIR görüntüleri incelendiğinde, her bir kimyasalın viskon yapısında bulunan serbest hidroksil gruplarına bağlandığı açıkça görülmektedir.

3.3. Formaldehit Miktarı

Buruşmazlık işlemleri sonrası ortaya çıkan en büyük olumsuzluklardan bir tanesi, formaldehit oluşumudur. Formaldehitin oluşumu ile birlikte alerjik reaksiyonların görülebileceği belirtilmesine karşın, şimdiye kadar kansere yol açtığı veya insanlarda mutasyon ve teratojen etki yaptığını dair kanıt bulunamamıştır. Öko-Tex Standart 100'de ise formaldehit için verilen sınır değerleri, cilde uzak tekstil yüzeyleri için 300 ppm, cilt ile temas eden giysiler için 75 ppm ve çocuk giysileri ve bebek nevresimlerinde 20 ppm olarak bildirilmiştir. Bitim işlemlerinden sonra serbest formaldehit miktarı, AATCC 112 yöntemi ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.'de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde, her iki buruşmazlık kimyasalının en yüksek konsantrasyon uygulamalarında (150 g/L) ortaya çıkan serbest formaldehit miktarlarının cilt ile temas eden giysiler için belirlenen 75 ppm sınırının altında olduğu görülmektedir [24-25].



Şekil 2. Halkalı üre türevi ile işlem uygulanmış viskon kumaşın FTIR spektrumu



Şekil 3. Modifiye dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonu ile işlem uygulanmış viskon kumaşın FTIR spektrumu

Tablo 4. Viskon kumaşların serbest formaldehit miktarları

Reçete Kodu	Serbest formaldehit miktarları (ppm)
A	8,4
B-150	46,8
C-150	53,2

3.4. Renk Ölçümü

Buruşmazlık işlemleri sonrası ortaya çıkan diğer bir olumsuzluk ise, kumaşlardaki renk değişimleridir. Boyalı viskon kumaşlara, farklı konsantrasyonlarda uygulanan işlemler sonrasında kumaşların renk değerleri Tablo 5.'de görülmektedir. Tablo incelendiğinde, CIELAB renk uzayını oluşturan L*, a* ve b* değerlerinde yüksek sıcaklık, asidik ortam, katalizatör gibi işlem etkilerinden dolayı beklendiği gibi belirgin bir değişim (renk farkı) olduğu görülmektedir [5,8,17-18]. İşlem sonrasında modifiye edilmiş dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonlu kumaş renginin halkalı üre türevli kumaşa göre daha fazla sarıya kaydığı ve renk farkının da daha fazla olduğu görülmektedir. Kullanılan kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında, renk farkı değerlerinin de arttığı görülmektedir. Kumaş üzerinde iki farklı kimyasalın etkileri incelendiğinde, renk farkının en az halkalı üre türevi ile işlem uygulanmış kumaşa olduğu gözlemlenmiştir.

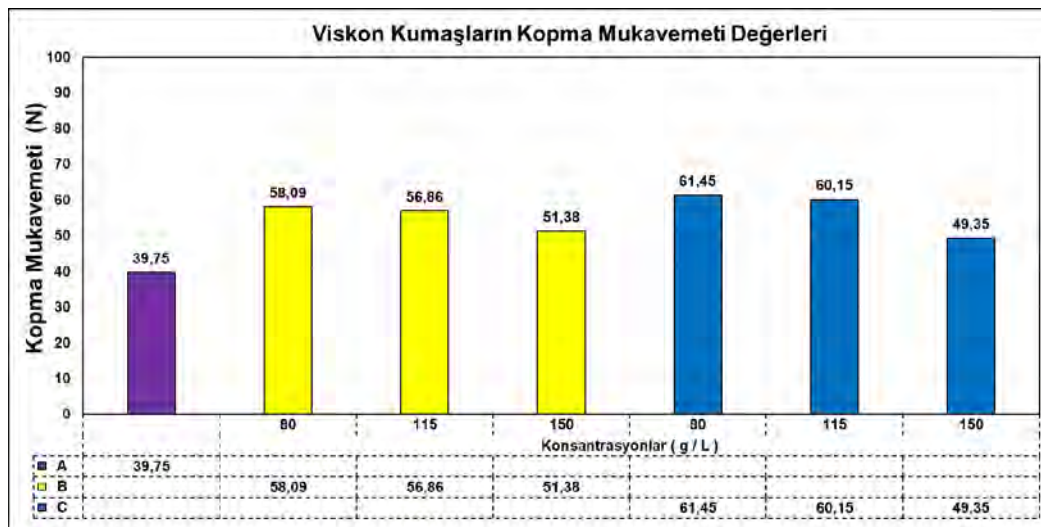
Tablo 5. Viskon kumaşların renk değerleri

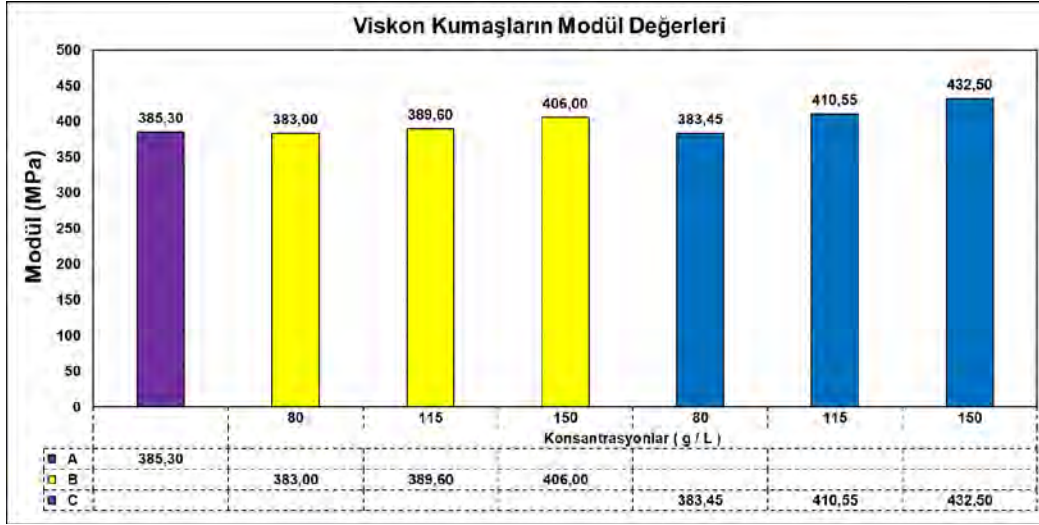
Reçete Kodu	D65 / 10 ⁰			
	L	a	b	dE
A	43,93	-42,11	10,15	---
B-80	42,46	-41,58	10,32	1,61
B-115	42,14	-41,46	10,40	1,95
B-150	42,06	-41,77	10,60	1,96
C-80	41,74	-41,10	11,97	3,02
C-115	41,73	-40,34	12,14	3,46
C-150	41,73	-40,35	12,33	3,57

3.5. Kopma Mukavemeti

İşlem sonrası kumaş yüzeyinde oluşan reçine, lifi daha sert ve kırılğan yaptığından bütün buruşmazlık bitim işlemlerinden sonra selülozik kumaşların özellikle de viskon kumaşların mukavemetleri ve özellikle de yırtılma mukavemetleri azaltmaktadır. Bu nedenle, en az mukavemet kaybı olacak şekilde buruşmazlık özelliklerini geliştirmek amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Şekil 4.'de görüldüğü gibi kopma mukavemetleri dikkate alındığında literatürdeki [8,14,21] çalışmalardan farklı olarak iki farklı kimyasalla yapılan işlemlerde işlem uygulanmamış kumaşa göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında ise kopma mukavemeti değerlerinin azaldığı görülmektedir. İki farklı kimyasalın etkileri incelendiğinde, birbirine yakın sonuçlar elde edildiği görülmekle birlikte en iyi sonucu modifiye edilmiş dihidroksietilenüre kimyasalı vermiştir. Sonuç olarak, her iki kimyasalla yapılan işlemlerde kopma mukavemeti değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu etkinin, işlemler sonrası sertleşen kumaşa yumuşaklık ve esneklik kazandıran ve tüm buruşmazlık reçetelerinde kullanılan noniyonik yağ asidi kondenzasyon ürünü yumuşatıcıdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Modül değeri, bir malzemenin (kumaşın) gücünü gösterir. Bu nedenle kalın kumaşlar, ince kumaşlara göre daha yüksek modül değerine, kolayca uzayabilen (elastomerik) malzemeler daha düşük modül değerine sahiptir. Şekil 5.'de görüldüğü gibi işlem sonrası kumaş yüzeyde çapraz bağlarla bağlanma sonucu oluşan reçine, lifi daha sert (rijit) yaptığından her iki kimyasal ile yapılan işlemlerde işlem uygulanmamış kumaşa göre daha yüksek modül değerleri elde edilmiştir. Kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında, modül değerlerinin de arttığı görülmektedir. Kumaşın modül değerleri üzerinde iki farklı kimyasalın etkileri incelendiğinde, birbirine yakın sonuçlar elde edildiği görülmekle birlikte en iyi sonucu modifiye dihidroksietilenüre/katalizör kombinasyonu kimyasalı vermiştir.

**Şekil 4.** Viskon kumaşların kopma mukavemeti değerleri

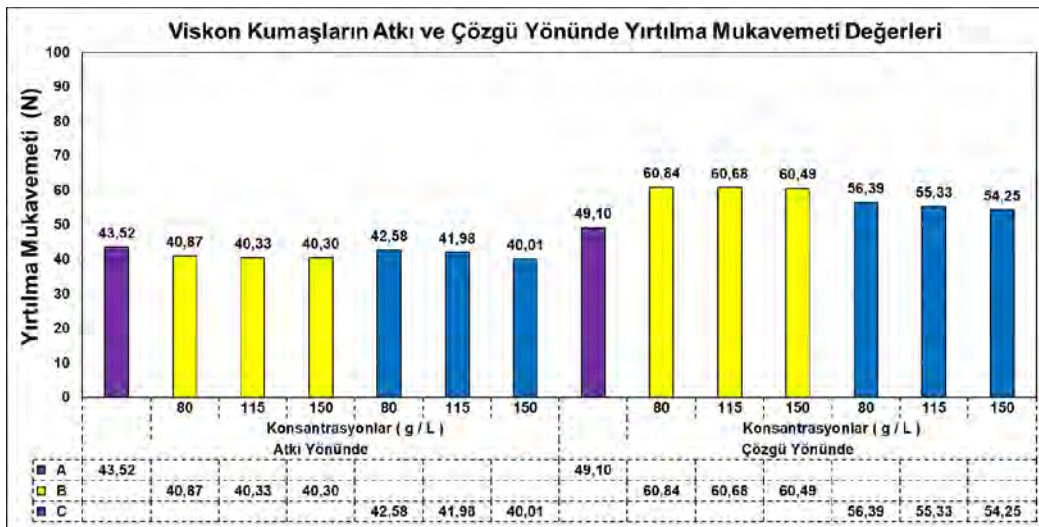


Şekil 5. Viskon kumaşların modül değerleri

3.6. Yırtılma Mukavemeti

Yırtılma mukavemeti, kumaştaki herhangi bir delik veya yırtığa uygulanmış yanıl çekme kuvvetine karşı kumaşın gösterdiği dirençtir ve dokuma kumaşlarda atkı veya çözgü ipliklerinin bir çizgi boyunca ilerleyen kopması şeklinde gerçekleşir. Kumaş yapısı içerisinde kümelenmiş iplikler, gerilimi bölüşerek daha yüksek yırtılma mukavemeti gösterirler. İplikler, kumaş içerisinde kolayca yer değiştiriyorsa yırtılma kuvveti birbirini izleyen iplikleri koparamayacaktır. Buruşmazlık gibi kumaşları kaplayan ve ipliklerin hareketini kısıtlayan işlemler, yırtılma mukavemetini düşürürler. Sonuç olarak işlem sonrası kumaş yüzeyinde oluşan reçine, lifi daha sert ve kırılğan yaptığından viskon kumaşların yırtılma mukavemetlerinde azalma beklenir. Şekil

6.'da görüldüğü gibi kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında, atkı yönündeki yırtılma mukavemeti değerlerinin azaldığı ve bu azalmaların kabul edilebilir bir seviyede olduğu görülmektedir. En iyi sonucu ise modifiye dihidroksietilenüre/ katalizör kombinasyonu kimyasalı vermiştir. Çözgü yönünde yırtılma mukavemetleri incelendiğinde ise, kopma mukavemetleri sonuçlarına benzer biçimde işlem uygulanmamış kumaşa göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu etkinin, işlemler sonrası sertleşen kumaşa yumuşaklık ve esneklik kazandırmak için kullanılan yumuşatıcıdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında ise yırtılma mukavemeti değerlerinin azaldığı ve en iyi sonucu halkalı üre türevi kimyasalının verdiği görülmektedir.



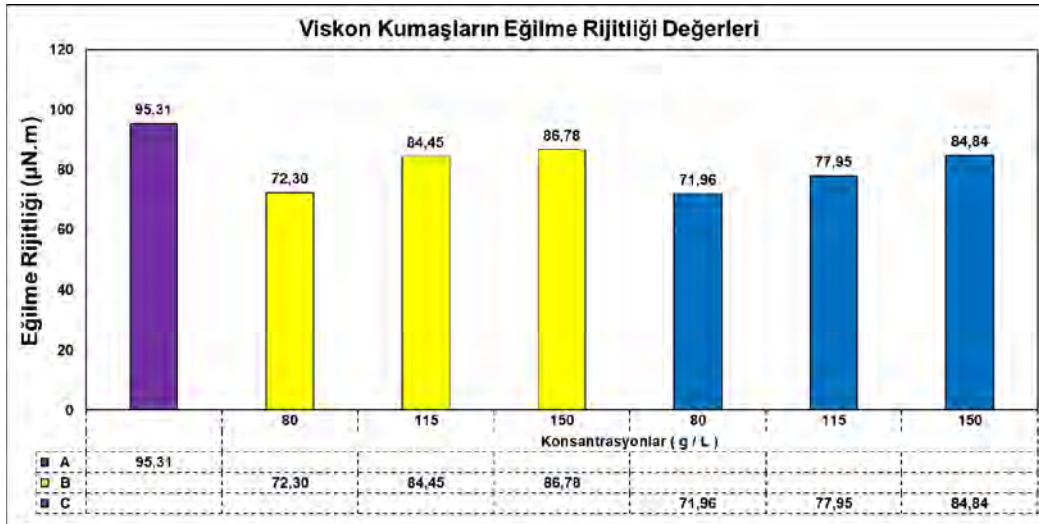
Şekil 6. Viskon kumaşların atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değerleri

3.7. Yumuşaklık

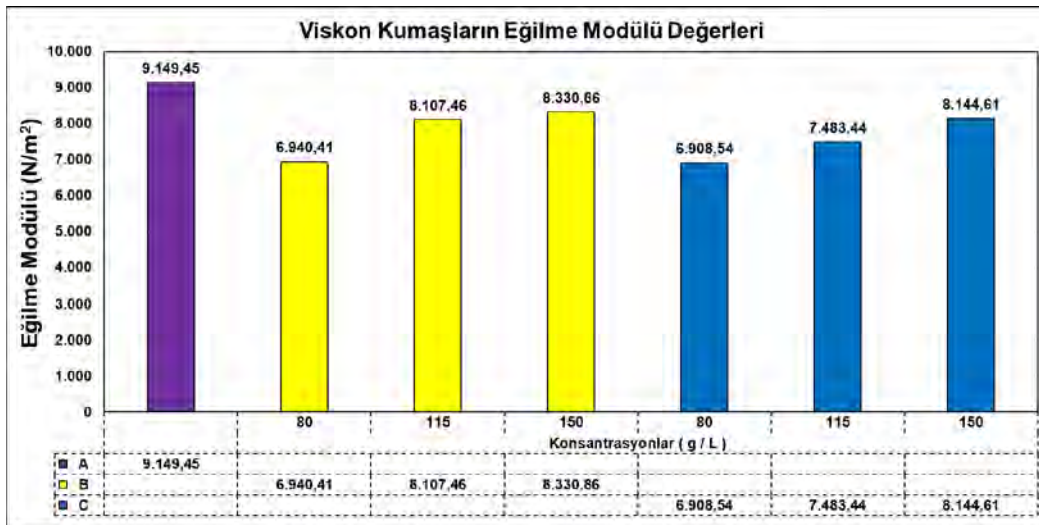
Eğilme uzunluğu, kumaşın kendi ağırlığı ile eğildiği uzunluğu temsil eder ve kumaş dökümlülüğünü belirler. Yumuşak ve dökümlü kumaşlar düşük, sert ve diri kumaşlar yüksek eğilme uzunluğu (eğilme rijitliği) değerleri verir. Buruşmazlık bitim işlemi sonucu moleküller arası köprüler arasında ve yüzeyde oluşan reçine, lifi daha sert ve kırılğan yapmakta, kumaş tutumunu olumsuz etkilemektedir. Şekil 7. ve 8.'de kullanılan her iki kimyasalın konsantrasyonu artırıldığında, eğilme rijitliği ve eğilme modülü değerlerinin arttığı ve kumaşın sertleştiği görülmektedir. Bununla birlikte, işlem uygulanmamış kumaşa göre daha düşük değerler elde edilmiş ve birbirine yakın sonuçlar olmakla birlikte her iki değer için en iyi etkiyi modifiye edilmiş dihidroksietilenüre kimyasalı vermiştir. Bu etkinin, işlemler sonrası sertleşen kumaşa yumuşaklık ve esneklik kazandıran

yumuşatıcıdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer biçimde 2009'da Hashem, selüloz yüzeye buruşmazlık reçetesinde yumuşatıcı eklenmesinin kumaş mukavemet özelliklerini düşürmediği gibi esnekliğini ve yumuşaklık derecesini arttırdığını gözlemlemiştir [8,24].

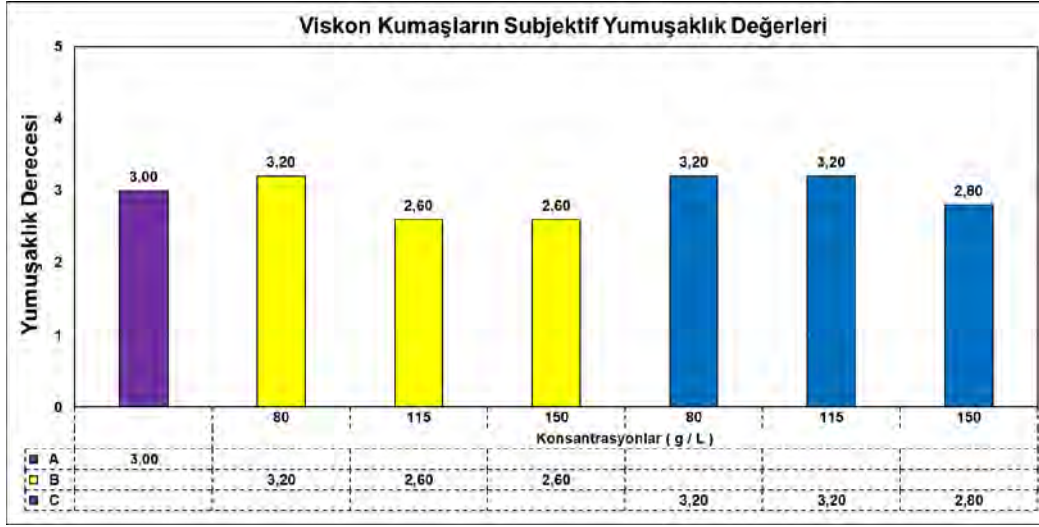
Kumaşların yumuşaklığını belirlemek için yapılan subjektif değerlendirme işlemi, 20 katılımcıyla gerçekleştirilmiş olup yumuşaklık değeri 1 çok kötüyü, yumuşaklık değeri 5 ise çok iyiyi temsil etmektedir. Kullanılan her iki kimyasalın konsantrasyonu artırıldığında, değerlendirmeyi yapan kişilerde yumuşaklık algısı azalmış, işlem uygulanmamış kumaşa göre daha düşük değerler elde edilmiş ve birbirine yakın sonuçlar olmakla birlikte her iki değer için en iyi yumuşaklık etkisini modifiye edilmiş dihidroksietilenüre kimyasalı vermiştir.



Şekil 7. Viskon kumaşların eğilme rijitliği değerleri



Şekil 8. Viskon kumaşların eğilme modülü değerleri



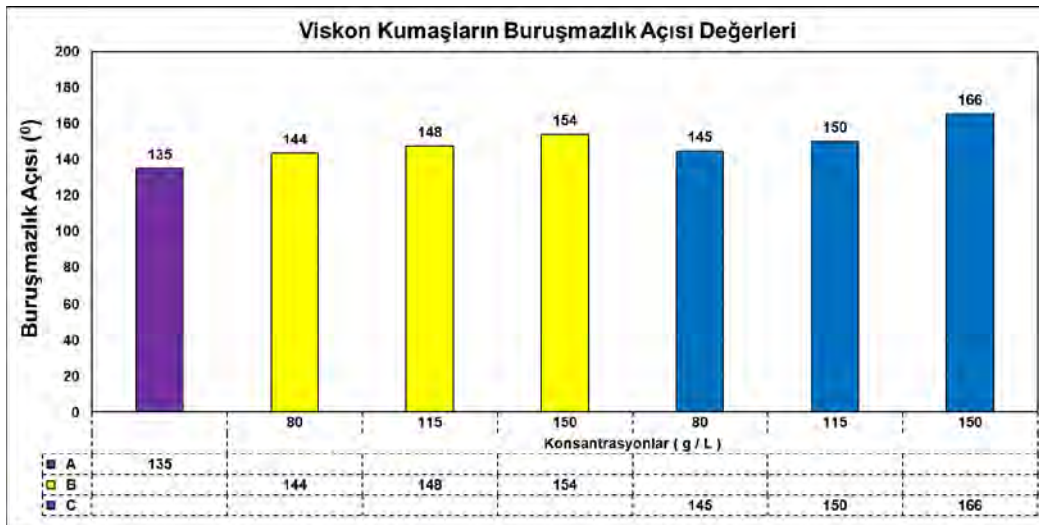
Şekil 9. Viskon kumaşların subjektif yumuşaklık değerleri

3.8. Buruşmazlık Açısı

Buruşmazlık, liflerin kıvrılma ve katlanma etkilerine karşı direnme yeteneğini gösterir. Uygulanan dış kuvvet, denge halindeki iç dengeyi bozar ve lif elementleri birbirine göre kayarak yeni bir denge meydana getirir. Poliester ve poliamid gibi hidrofobik lifler, hidrofilik liflere göre buruşmaya karşı daha dayanıklıdır. Pamuk ve keten gibi yüksek oryantasyon derecesine sahip hidrofilik lifler, düşük elastikiyete sahiptirler ve kolayca buruşurken viskon düşük oryantasyon derecesine sahip olup daha az buruşması beklenir. Ancak lifin gerek amorf bölgelerinin gerekse nem alabilme ve nemden kolay etkilenme özelliğinin fazla olması buruşmasını kolaylaştırır. Dolayısıyla, buruşmayı etkileyen faktörler göz önüne alındığında selüloz esaslı liflerin buruşmaya yatkın olduğu ortaya çıkar. Kumaşların buruşmasını önlemek için su moleküllerinin kristalitlerin arasına girmesi

(liflerin şişmesi ve çekmesi) zorlaştırılmalı ve lif elementlerinin kayması engellenmelidir.

Buruşmazlık işlemleri sonrasında kumaşların toplam (atki ve çözgü yönleri toplamı) buruşmazlık açısı değerleri Şekil 10.'da görülmektedir. Viskon kumaş üzerinde iki farklı kimyasalın buruşmazlık etkileri incelendiğinde, beklendiği gibi [5-6,8-9,14,17,21] işlem uygulanmamış kumaşa göre daha yüksek değerler elde edilmiş ve en iyi etkiyi modifiye edilmiş dihidroksietilenüre kimyasalı vermiştir. Her iki kimyasalın, lif hareketliliğini kısıtlayarak ve buruşma kuvveti etkisinde yer değiştirmiş olan liflerin birbirlerine yanaşamamaları veya reaktif grupları önceden bağ yaptıkları için yeni yan bağların oluşmasını engelleyerek buruşmazlık etkisi sağladığı görülmektedir. SEM ve FTIR sonuçları da bu durumu desteklemektedir.



Şekil 10. Viskon kumaşların buruşmazlık açısı değerleri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kumaşlarda istenmeyen görünüme ve kat izlerinin oluşturduğu biçimsel bozulmaya neden olan buruşma olayı, selülozik esaslı kumaşlarda karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir ve bu konu üzerine birçok araştırma mevcuttur. Buruşmazlık ile ilgili yapılan ilk denemeler, 1906'da başlamış ve 1928'de fenol/formaldehit, melamin/formaldehit ve üre/formaldehit reçine esaslı maddeler ile çalışılmıştır. Daha sonraki uygulamalarda serbest-NH grubu içermeyen tetrametilolasetilen diüre ve dimetilolietenüre, triazon reçineleri, dimetiloldihidroksietenüre, α -hidroksialkilamidler, diamido dihidroksietanlar, 1,3-dimetilüre ve glioksal karışımları, 1,3-dimetil-4,5-dihidroksietenüre (DHDMI), N,N-dimetil, 4,5, dihidroksietenüre (DMDHEU), inorganik fosfatlar, dialdehitler ve bazı polikarboksilli asitler (sitrik asit, malik asit, maleik asit, itakonik asit, süksinik asit, 1, 2, 3-propantrikarboksilik asit, 1, 2, 3, 4-bütantetrakarboksilik asit), poliüretan, poli (N-vinil-2-pirrolidon) (PVP) ve polivinilaminin (PVAm) gibi farklı birçok kimyasal madde kullanılmıştır.

Buruşmazlık ile ilgili literatür incelendiğinde, DMDHEU ve türevleri veya bunların karışımı ile yapılan çalışmaların önemli bir yer tuttuğu görüldüğünden bu çalışmada, dihidroksietenüre türevi ticari iki kimyasal madde (halkalı üre türevi ve modifiye edilmiş dihidroksietenüre) seçilmiş, farklı konsantrasyonlarda (80, 115 ve 150 g/L), 30 g/L noniyonik yağ asidi kondenzasyon içerikli yumuşatıcı ve 10 g/L asetik asit ile birlikte hazırlanan çözelti ile işlem uygulanmış ve bu reçetelerin viskon kumaş üzerindeki etkileri incelenmiştir.

- Hem halkalı üre türevi hem de modifiye edilmiş dihidroksietenüre/katalizör kombinasyonu ile işlem uygulanmış viskon yüzeylerde oluşan kimyasal film tabakası SEM fotoğraflarında açıkça görülmektedir. Her iki kimyasalın da lif elementlerinin hareketliliği kısıtladığı, buruşmazlık etkisi sağladığı ve özellikle dihidroksietenüre/katalizör kombinasyonu ile yapılan işlemin daha homojen olduğu belirlenmiştir.
- Selülozik esaslı lifler ile buruşmazlık kimyasalları birbirlerine, eterleşme ve/veya esterleşme tepkimesi üzerinden bağlanırlar. FTIR spektrumunda, işlemler sonrasında viskon kumaş üzerinde 1800-1400 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan yeni bantlar, her iki kimyasalın viskon yüzey üzerindeki varlığını desteklemektedir.
- Buruşmazlık işlemleri sonrası gözlemlenen en büyük olumsuzluklardan bir tanesi, formaldehit oluşumudur. Bitim işlemlerinden sonra AATCC 112 yöntemi ile belirlenen serbest formaldehit miktarı incelendiğinde, her iki kimyasalın en yüksek konsantrasyon uygulamalarında (B-150 ve C-150) bile serbest formaldehit miktarlarının cilt ile temas eden giysiler için belirlenen 75 ppm sınırının altında kaldığı görülmektedir.
- Yüksek sıcaklıkta ve asidik ortamda çalışmak gibi işlem zorunluluklarından dolayı buruşmazlık sonrası gözlemlenen diğer büyük sorun ise kumaşın sararmasıdır. Her iki kimyasal ile yapılan uygulamalarda kumaşlardaki renk farkının yüksek olduğu ve kimyasalların konsantrasyonu artırıldığında bu

farkın daha da büyüdüğü görülmektedir. Modifiye edilmiş dihidroksietenüre/katalizör ile işlem uygulanmış kumaşın renginin, halkalı üre türevi ile işlem uygulanmış kumaşa göre daha fazla sarıya kaydığı ve renk farkının da daha çok olduğu görülmektedir. İşlem sonrası ortaya çıkan diğer olumsuz etkiler ile karşılaştırıldığında, renk farkının büyük bir sorun olarak devam ettiği görülmektedir.

- Buruşmazlık işlemleri kumaşlarda aşınma, yırtılma ve kopma mukavemetlerinde azalma, tutumda sertleşme gibi birçok olumsuzluğa neden olmaktadır. İşlemler sonrası kopma mukavemeti, modül ve yırtılma mukavemeti değerleri gibi fiziksel özellikler ile eğilme rijitliği ve eğilme modülü gibi tutum özellikleri dikkate alındığında kayıpların kabul edilebilir seviyelerde olduğu görülmektedir. Kopma mukavemeti, modül ve yırtılma mukavemeti değerleri ele alındığında en iyi sonuç, modifiye edilmiş dihidroksietenüre kimyasalı ile elde edilmiştir. Kimyasalların konsantrasyon artışı ile birlikte kumaşların eğilme rijitliği ve eğilme modülü artarken ve en yüksek konsantrasyon uygulamalarında (B-150 ve C-150) en iyi buruşmazlık değerleri elde edilmiştir.
- Daha önce yapılan çalışmalarda, fiziksel özellikleri korumak ve tutumu iyileştirmek için bitim işlemi banyosuna silikon esaslı yumuşatıcı ilave edilerek kumaşta sürtünmenin ve eğilme rijitliğinin azaldığı, buruşmazlık özelliğinin geliştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan noniyonik yağ asidi esaslı yumuşatıcının da literatürdeki sonuçlara benzer biçimde kumaşların kopma ve yırtılma mukavemeti gibi mekanik özelliklerinde iyileştirici etki yaptığı gözlenmiştir. Yumuşatıcı eklenmesinin fiziksel özelliklerde olduğu gibi esneklik ve yumuşaklık özelliklerinde de iyileştirici etki yaptığı gözlenmiştir.
- Dihidroksietenüre türevlerinin hala buruşmazlık işlemlerinde etkili grup olduğu görülmektedir. Viskon kumaşların buruşmazlık özelliğini geliştirmek amacıyla her iki ticari kimyasal da kullanılabilir.
- Mukavemet kaybı, formaldehit açığa çıkması, sararma gibi sorunları ortadan kaldırmak için bilinçli madde seçimi ve üretici firma önerileri doğrultusunda uygulamalara dikkat edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında 08.09.2015 tarihinde kabul edilen Yüksek Lisans Tezinin bir bölümüdür.

KAYNAKLAR

1. Collier, B.J., Bide, M.J., Tortora, P.G., (2001), Understanding Textiles, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
2. Cook, J.G., (2009), Handbook of Textile Fibres Vol. 2: Man-Made Fibres, Woodhead Publishing, Cambridge.
3. French, A.D., et al., (2006), Cotton Fiber Chemistry and Technology, CRC Press, Boca Raton.

4. Gurudatt, K., Tripathi, V.S., (1998), Studies on Changes in Morphology During Carbonization and Activation of Pretreated Viscose Rayon Fabrics, *Carbon*, 36(9), 1371-1377.
5. Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., Wagenknecht, W., (1998), *Comprehensive Cellulose Chemistry. Volume 1 Fundamentals and Analytical Methods*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.
6. Arık, B., (2015), Selülozik Kumaşların Buruşmazlık İşlemlerinde Son Gelişmeler, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(7), 296-305.
7. Dirican, M., (2010), Viskon Örme Kumaşlarda Biyoparlatma Uygulamaları ile Boncuklanma Probleminin Önlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
8. Orhan, M., (2013), Crease Resistant Effect of Modified N-Methyloldihydroxyethyleneurea and Softeners on Cotton Woven Fabric, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(2), 152-158.
9. Özgüney, A.T., Ekmekçi K, A., Bahtiyari, M.İ., (2006), Viskon Liflerinin Fiziksel Özellikleri ve Makromolekülerüstü Yapısı, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(2), 100-104.
10. Smole, M.S., et al., (2003), X-ray Study of Pre-Treated Regenerated Cellulose Fibres, *Materials Research Innovations*, 7(5), 275-282.
11. Swicofil, A.G., Viscose CV, <https://www.swicofil.com/commerce/products/viscose/278/introduction>, 02.01.2019.
12. Yahşi, Y., Üstün, G., (1996), Dokuma Kumaşlarda Buruşmazlık İşlemleri Yeri ve Önemi, *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Haziran(4), 167-186.
13. Choi, H.-M., (1992), Nonformaldehyde Polymerization-Crosslinking Treatment of Cotton Fabrics for Improved Strength Retention, *Textile Research Journal*, 62(10), 614-618.
14. Dalbaşı, E.S., (2016), Effects of Causticizing on Crease Resistance of Cellulosic Woven Fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(1),
15. Petersen, H., (1971), *Crosslinking Chemicals and The Chemical Principles of The Resin Finishing of Cotton*, Chemical Aftertreatment of Textiles, Wiley Interscience, New York, 135-233.
16. Smith, J.A., (2002), Rayon: The Multi-faceted Fiber, *Ohio State University Fact Sheet HY G*, 5538(1), 1-4.
17. Wei, W., Yang, C.Q., (2000), Polymeric Carboxylic Acid and Citric Acid as a Nonformaldehyde DP Finish, *Textile Chemist & Colorist & American Dyestuff Reporter*, 32(2), 53-57.
18. Welch, C.M., Andrews, B.A.K., (1989), Ester Crosslinks: A Route to High Performance Non-Formaldehyde Finishing of Cotton, *Textile Chemist and Colorist*, 21(2), 13-17.
19. Xu, W., Shyr, T., (2001), Applying A Nonformaldehyde Crosslinking Agent to Improve The Washing Durability of Fabric Water Repellency, *Textile Research Journal*, 71(9), 751-754.
20. Kut, D., Güneşoğlu, C., Orhan, M., (2010), Crease-resistant Finish of Linen/Viscose Blend Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(6), 83.
21. Liu, J., et al., (2019), Preparation, Structure and Performances of Cross-Linked Regenerated Cellulose Fibers, *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 24(1), 1-7.
22. Ameri Dehabadi, V., Buschmann, H.-J., Gutmann, J.S., (2013), Study of Easy Care and Biostatic Properties of Finished Cotton Fabric with Polyamino Carboxylic Acids, *Journal of The Textile Institute*, 104(4), 414-418.
23. Kato, K., et al., (1999), Surface Oxidation of Cellulose Fibers by Vacuum Ultraviolet Irradiation, *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 37(3), 357-361.
24. Hashem, M., Ibrahim, N.A., El-Shafei, A., Refaie, R., Hauser, P., (2009), An Eco-Friendly–Novel Approach for Attaining Wrinkle–Free/Soft-Hand Cotton Fabric, *Carbohydrate polymers*, 78(4), 690-703.
25. Sewekow, U., (1996), How to Meet the Requirements for Eco-Textiles, *Textile Chemist & Colorist*, 28(1), 21-27.