



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



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

Alkali Ön-İşlemin Farklı Kumaş Örgüsündeki Lyocell Dokuma Kumaşların Görünüm ve Yapısal Özelliklerine Etkisi

Effects of Alkali Pre-Treatment on the Appearance and Structural Properties of Lyocell Woven Fabrics with Different Weave Types

Arzu ATICI, Gaye KAYA
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):26 Mart 2019 (26 March 2019)

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

Arzu ATICI, Gaye KAYA (2019): Alkali Ön-İşlemin Farklı Kumaş Örgüsündeki Lyocell Dokuma Kumaşların Görünüm ve Yapısal Özelliklerine Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 26: 113, 52-62.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920192611306>

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

<https://orcid.org/0000-0003-1866-4799>



Arastırma Makalesi / Research Article

ALKALİ ÖN-İŞLEMİN FARKLI KUMAŞ ÖRGÜSÜNDEKİ LYOCELL DOKUMA KUMAŞLARIN GÖRÜNÜM VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Arzu ATICI

<https://orcid.org/0000-0002-2226-8337>

Gaye KAYA*

<https://orcid.org/0000-0003-1866-4799>

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 07.01.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 11.03.2019

ÖZET: Selülozik liflerin alkali işlemi, tekstil prosesleri içerisinde boyama kabiliyetini arttırması ve yüzey özelliklerini iyileştirmesi bakımından önemli bir işlemdir. Alkali tipi ve konsantrasyonu, materyal formu, proses sıcaklığı ve kullanılan yardımcı kimyasallara bağlı olarak, Lyocell liflerinin mekanik ve yapısal özellikleri, yüzey görünümleri, renk özellikleri ve fibrilasyon eğilimleri değişmektedir. Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki alkali ön-işlemin, farklı kumaş örgüsündeki %100 Lyocell kumaşların fibrilasyon, aşınma ve boncuklanma gibi görünüm ve sıklık, kalınlık ve gramaj gibi yapısal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen alkali ön-işlem, Lyocell liflerinin fibrilasyon eğilimini azaltmış, buna bağlı olarak da aşınma dayanımı artmış ve boncuklanma eğilimi azalmıştır. Alkali ön-işlem, Lyocell lif çapındaki artışa bağlı olarak kumaşlardaki ipliklerin hacmini arttırmış ve bükümünü açarak kumaşa büzülmeye neden olmuştur. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş örgüsünde de çözgü ve atkı yönündeki sıklık değerleri, kumaş kalınlık ve gramajları artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lyocell dokuma kumaş, alkali ön-işlem, fibrilasyon, aşınma dayanımı, boncuklanma.

EFFECTS OF ALKALI PRE-TREATMENT ON THE APPEARANCE AND STRUCTURAL PROPERTIES OF LYOCELL WOVEN FABRICS WITH DIFFERENT WEAVE TYPES

ABSTRACT: Alkali process of cellulosic fibres is an important process in terms of improving dyeability and surface properties of fibres. Mechanical and structural properties, appearances, colours and fibrillation tendencies of Lyocell fibres change depending on types and concentration of alkali, material form, process temperature and auxiliary chemicals used. In this study, effects of alkali pre-treatment at different concentrations on appearance as fibrillation, abrasion and pilling resistance and on structural properties as density, thickness and weight of 100% Lyocell fabrics in different weave types (plain, twill, ribs) are investigated. Alkali pre-treatment decreased the tendency of fibrillation of Lyocell fibres, resulting in increased abrasion resistance and reduced pilling tendencies. Alkali pre-treatment increased the volume of yarns in the fabric due to increase in the Lyocell fibre diameter and caused to open twist spirals and shrinkage in the fabric. Warp and weft densities, fabric thickness and weight of Lyocell fabrics in all weave types increased by the increase in alkali concentrations.

Key Words: Lyocell woven fabric, alkali pre-treatment, fibrillation, abrasion resistance, pilling.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: gakaya@ksu.edu.tr

DOI: 10.7216/1300759920192611306, www.tekstilvemuhendis.org.tr

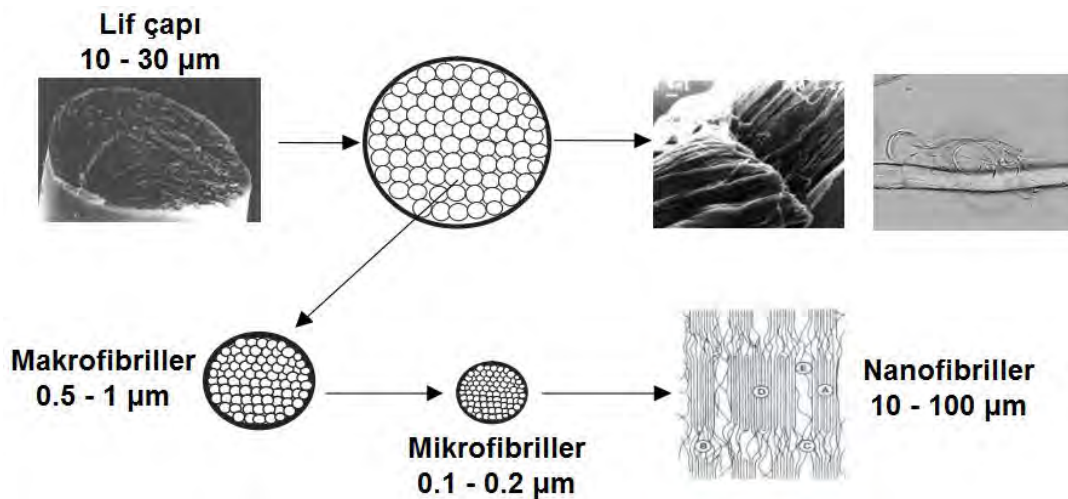
1. GİRİŞ

Pamuk lifine alternatif olarak geliştirilen rejenere selülozik lifler, son yıllarda oldukça önemli miktarlarda elde edilmekte ve sağlık, konfor, nem çekici özellikleri nedeni ile tercih edilmektedir. Yenilenebilir, sürdürülebilir ve gerek üretimi esnasında, gerekse kullanım ömrünü tamamlamasının ardından çevreye zarar vermemen biyopolimerlere olan talep, rejenere selülozik liflerin üretim proseslerinde bazı gelişmeleri de beraberinde getirmiştir [1, 2]. Viskoz çözeltisi, sulu sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde çözünen sodyum selüloz ksantattan oluşmaktadır. Selülozik esaslı lifler, sodyum sülfat ve sülfürik asit içeren koagülasyon banyosu içerisinde çekilmektedir [3, 4]. Courtaulds ve Lenzing firmaları tarafından üretilen Lyocell liflerinin üretiminde, çözücü olarak kullanılan zehirli olmayan N-metilmorfolin-N-oksit monohidrat çözeltisi, hem viskoz lifinin üretimindeki aşırı çevresel kirliliği önlemiş, hem de viskoz liflerinin düşük yaş dayanım özelliklerini iyileştirmiştir [5, 6]. Geliştirilmiş performans özellikleri ile yeni nesil rejenere selülozik lif olarak ifade edilen Lyocell lifindeki en büyük sorun, kullanım esnasında meydana gelen boncuklanma eğilimidir. Lyocell liflerindeki boncuklanma eğiliminin temel kaynağı da fibrilasyondur.

Selülozik liflerin özelliklerini etkileyen en önemli faktörler, moleküler ağırlık, makromoleküllerin sıralanması ve kristalinite derecesidir [7]. Lyocell lifleri, uzun molekül zincirlerinden dolayı modal ve viskoz lifleri ile karşılaştırıldıklarında yüksek polimerizasyon derecesine sahiptir. Lif oluşumu sırasında kullanılan çözeltiler ve çekim şartları, liflerin kristalinite derecesini doğrudan etkiler. Buna bağlı olarak Lyocell lifinin kristalinite derecesi (%80), modal lifinden (%49) ve viskoz (%41) lifinden daha yüksektir [7, 8]. Lyocell lifleri, modal ve viskoz liflerinden daha zayıf kristalitler arası yanal bağlara sahiptir. Çünkü lif oluşumunun bir aşaması olan çekim prosesi, yüksek oryante olmuş kristalin bölgelerde büyük kırılmaların oluşmasına neden olmaktadır [9]. Yaş çekim prosesine göre üretilen Lyocell lifleri,

lif eksenine paralel uzanan ince-uzun boşluklar sayesinde kısmen ayrılmış elementer fibrillerin birleşiminden oluşur [10]. Lyocell lifleri, yüksek polimer zinciri oryantasyonu ve yüksek kristalinitesine bağlı olarak, viskoz liflerine göre daha yüksek mekanik özellikleri ile bilinmektedir [6]. Ancak, tek bir lif içindeki mikroliflerin uzunlamasına ayrılması olarak tanımlanan fibrilasyonun kolaylıkla meydana geldiği bir liftir. Fibriller arası yanal bağları oluşturan hidrojen bağlarının ayrılması, fibrilasyonun meydana gelmesine neden olur [11, 12]. Şekil 1'de, Lyocell lifinin fibrilasyonu şematik olarak gösterilmiştir. Buna göre tek bir lif, makro, mikro ve nanofibrillere ayrılabilir [13].

Viskoz ve modal gibi düşük seviyede fibriller yapıları lifler ile helisel düzenli yapıda olan pamuk liflerinin fibrilasyona olan eğilimleri, fibriller yapısı lif eksenine boyunca uzunlamasına yerleşmiş olan Lyocell liflerinden daha azdır [14]. Fibrilasyon eğilimleri ile liflerin ayrılma sayıları arasında doğrusal bir ilişkiden bahsetmek mümkündür. Örneğin, ayrılma sayısı en yüksek olan Lyocell lifinde fibrilasyon daha çabuk gerçekleşmekte, onu sırasıyla viskoz ve modal lifleri takip etmektedir [15]. Lenzing firması, Tencel® A100 ve Tencel® LF ticari adıyla satılan ve fibrilasyon eğilimi bazı fonksiyonel çapraz bağlayıcılar ile giderilmiş olan iki farklı türde lif geliştirmiştir. Kullanılan çapraz bağlayıcı, THAT (tri akrilamido tri hidro triazin)'dir. Bu madde, alkali koşullarda yüksek sıcaklıkta hidroksil gruplarıyla kolayca reaksiyona giren üç işlevli bir moleküldür. Molekül, reaktif boyarmaddelere benzer bir kimyasal yapıya sahiptir. Suda şişen selülozun amorf bölgelerine nüfuz edebilir, burada bir veya daha fazla selüloz grubu ile reaksiyona girer. İki selüloz zincirindeki hidroksil gruplarıyla reaksiyona girdiğinde, onları birbirine bağlar ve parçalanmalarını önler. Standart Tencel®, üretimi esnasında kristalleşir. Kristalin bölgeler, amorf bölgelerle ayrılır. Bütün yapı, hidrojen bağları ile bir arada tutulur. Lifin fibrilasyonu, amorf bölgelerdeki hidrojen bağlarının parçalanması nedeniyle ortaya çıkar. THAT, bu amorf bölgelerde çapraz bağ yaparak fibrilasyonu önlemektedir [16].



Şekil 1. Lyocell lifinin fibrilasyonunun şematik gösterimi [13].

Lyocell liflerinin fibrilasyon eğilimini kontrol etmek için alkali işlem, enzimler, reaktif boyarmaddeler, çapraz bağlayıcılar, reçine esaslı apre maddeleri ve metal iyonları kullanılmaktadır. Ancak en basit ve etkili yöntem alkali işlem olarak ifade edilmiştir [17, 18]. Lyocell liflerindeki fibrilasyon eğiliminin, iplik eğirme parametrelerinin değiştirilmesiyle azaltılabileceği de belirtilmiştir. Eğirme prosesindeki yüksek çekim oranları, Lyocell liflerin fibrilasyon eğilimini arttırmaktadır [19, 20]. Goswami vd., alkali işlemin Lyocell liflerinin optik ve yapısal özelliklerine etkisini incelemiştir. Bunun için, Lyocell lifleri sulu NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi ile muamele edilmiştir. NaOH konsantrasyonu arttıkça, Lyocell liflerinin yoğunluğu, oryantasyonu, kristalizasyonu ve kopma dayanımı azalmıştır. Lif özelliklerindeki en belirgin değişiklikler, 3.0 ve 5.0 mol dm⁻³ NaOH konsantrasyonu arasında gerçekleşmiştir [21]. Perisyasamy, örne kumaş formundaki Lyocell liflerini, oda sıcaklığında farklı alkali tipleri (NaOH, lityum hidroksit (LiOH), potasyum hidroksit (KOH) ve tetra metil-amonyum hidroksit (TMAH)) ile muamele ederek, fibrilasyon eğilimi, aşınma ve boncuklanma davranışı ve boyanma özelliklerini incelemiştir. Çok fonksiyonlu reaktif boyarmaddelerin, Lyocell lifinin fibrilasyon davranışı üzerinde olumlu etkisi olduğu ifade edilmiştir. Bu boyarmaddelerin reaktif gruplarının selüloz zincirleri ile çapraz bağlanması, yaş işlem sırasında fibrilasyonun azaltılmasını sağlamaktadır [22]. Zhang vd., NaOH ve KOH konsantrasyonunun artmasıyla birlikte, liflerdeki fibril sayısında azalma olduğunu belirtmiştir. Özellikle, TMAH alkali ön-işlemin daha az ağırlık kaybı ve lifteki selüloz komponentinin yeniden yerleşmesini sağlamasından dolayı homojen olmayan bir mikro-fibril yapısına sebebiyet verdiği ifade edilmiştir [11]. Okubayashi ve Bechtold, alkali çözeltisi içerisinde Lyocell lifinin şişme davranışı ve alkali alımını incelemiştir. Alkali ön-işlemden NaOH ve KOH çözeltileri kullanılmıştır. Alkali konsantrasyonu 0.4 mol/L'den 8.0 mol/L'ye kadar yükseltildiğinde, lif şişmesi 1.01 cm³/g'den 2.34 cm³/g'a artmış ve NaOH alımı 0.69 mmol/g'dan 4.63 mmol/g'ye kadar yükselmiştir. Alkali alımındaki bu artış, çapraz bağlanma reaksiyonunu arttırmıştır. NaOH alımının, KOH alımından 5-7 kat daha az olmasına rağmen Lyocell lifi, NaOH çözeltisinde KOH çözeltisine kıyasla daha fazla şişme göstermiştir. Çapraz bağlayıcının NaOH çözeltisindeki reaksiyon verimi, KOH çözeltisindeki reaksiyon veriminden 9.9 kat daha fazla gerçekleşmiştir. NaOH ve KOH alkali ön-işlem görmüş Lyocell liflerinin aşınma dayanımlarının arttığını ve boncuklanma eğilimlerinin azaldığı ifade edilmiştir [23]. Öztürk vd., NaOH alkali ön-işlem görmüş Lyocell liflerin boya alımlarının arttığı, lif şişmesinin arttığı ancak daha düşük karboksil grubu ihtiva ettiği ve lif neminin azaldığını belirtmiştir Yapılan analizler sonucunda, liflerin ortalama gözenek çapı ve gözenek alanının NaOH muamelesi ile değişmediği belirlenmiştir. Ancak, özellikle 2.5 mol/L ve üzerindeki konsantrasyonlarda, gözenek hacminde önemli bir artış meydana gelmiştir [10]. Selülozik liflerin alkali içerisinde şişmesi, çok moleküllü yapılarını, kristalinitelerini ve gözenekliliklerini değiştirdiğinden, sorpsiyon ve reaktiflik özellikleri de değişmektedir [24, 25]. Fang vd., çapraz bağlayıcı olarak polikarboksilik asit (PC) ve bütan tetra-karboksilik asit (BTCA) kullanarak, Lyocell liflerinin fibrilasyon eğilimlerini azaltmayı amaçlamıştır. Yapılan çalışmada, %5-6'luk BTCA ve %13'lük PC ile muamele edilen Lyocell liflerinin fibrilasyon direnci önemli ölçüde artmış ve aynı zamanda kopma dayanımında da çok büyük bir düşüşe sebebiyet vermemiştir.

Yapılan FTIR (fourier transform infrared) analizine göre, PC'nin Lyocell liflerinde ester bağları oluşturarak fibrilasyon eğilimini azalttığı ifade edilmiştir [26]. Yolacan, alkali ön-işlemin Lyocell ipliklerin boya alımı, renk değerleri, renk haslıkları, kopma dayanımı ve yüzey özelliklerine etkisini incelemiştir. Lyocell ipliklerin ağırlık kaybının alkali konsantrasyonu arttıkça artma eğiliminde olduğu ifade edilmiştir. Alkali işlem esnasında, liflerdeki karboksil gruplarının azalmasından dolayı Lyocell ipliklerde ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Kopma dayanımlarının ise, yine alkali konsantrasyonu arttıkça azaldığı ifade edilmiştir. C.I. Direct Red 243 boyarmaddesi ile yapılan boyamalarda, boya alımı alkali ön-işlem görmemiş Lyocell liflerinde %84 iken; kademeli bir artışla 3 mol/L konsantrasyondaki NaOH ile ön-işlem görmüş Lyocell liflerin boya alımları %94'e yükselmiştir. Boya alımı ve renk verimindeki artış kıyaslandığında, NaOH'in KOH'a göre daha etkili olduğu ifade edilmiştir [27]. Manian vd., Lyocell liflerini farklı konsantrasyonlardaki NaOH, KOH ve LiOH ile ön-işleme tabi tuttuktan sonra, üre-formaldehit esaslı çapraz bağlayıcılarla muamele etmiştir. 2-8 mol/L NaOH ve 4 mol/L LiOH alkali ön-işlem uygulanan Lyocell liflerinde, çapraz bağlayıcıların daha etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, çapraz bağlayıcı maddelerin, alkali ön-işlemden dolayı Lyocell liflerde meydana gelen mekanik performans düşüşünü azalttığı sonucuna varılmıştır [28].

Selülozik liflerin alkali işlemi, tekstil prosesleri içerisinde boyama kabiliyetini arttırması ve yüzey özelliklerini iyileştirmesi bakımından önemli bir işlemdir. Alkali tipi ve konsantrasyonu, materyal formu, proses sıcaklığı ve kullanılan yardımcı kimyasallara bağlı olarak, Lyocell liflerinin mekanik ve yapısal özellikleri, yüzey görünümüleri, renk özellikleri ve fibrilasyon eğilimleri değişmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar genel olarak, alkali ön-işlemin lif formundaki Lyocell materyalin özellikleri üzerinedir. Ancak Lyocell liflerinin, kumaş formunda iken üretim (terbiye işlemlerinde yaş formda mekanik yüke maruz kalması) ve kullanım (yıkama ve sürtünme) esnasında maruz kaldığı etkilere bağlı olarak deformasyona uğradığı göz önüne alındığında, alkali ön-işlemin Lyocell liflerinin kumaş formundaki özelliklerine etkisinin incelenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı; farklı konsantrasyonlardaki (2, 5 ve 7 mol/L) alkali ön-işlemin, farklı kumaş örgüsündeki (bezayağı, dimi ve ribs) %100 Lyocell kumaşların fibrilasyon, aşınma ve boncuklanma gibi görünüm ve sıklık, kalınlık ve gramaj gibi yapısal özelliklerine etkisinin incelenmesidir.

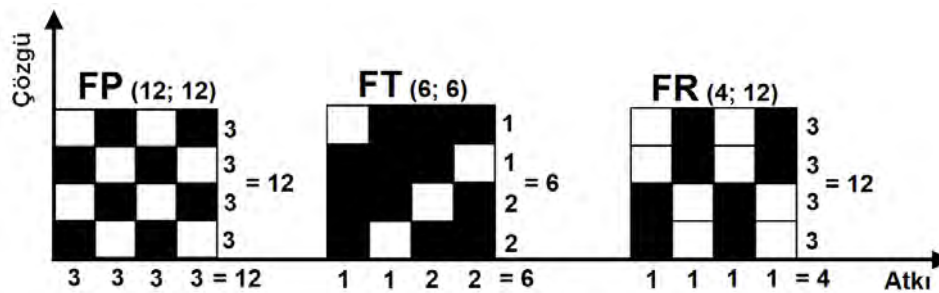
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Lyocell Kumaş Özellikleri

Tablo 1'de, üç farklı kumaş örgüsündeki (bezayağı, dimi ve ribs) Lyocell dokuma kumaşın özellikleri verilmiştir. Şekil 2'de, Lyocell dokuma kumaşların kumaş örgüleri ve çözgü-atkı iplikleri arasındaki bağlantı sayıları gösterilmiştir. Birbirine eşit birim hücrelerdeki bağlantı noktaları belirlenmiştir. Buna göre, bezayağı (FP) kumaş örgüsü 12 atkı ve 12 çözgü olmak üzere toplam 24 bağlantı noktasına, dimi (FT) kumaş örgüsü 6 atkı ve 6 çözgü olmak üzere toplam 12 bağlantı noktasına, ribs (FR) kumaş örgüsü ise 4 çözgü ve 12 atkı olmak üzere toplam 16 bağlantı noktasına sahiptir. Kumaş örgülerinin bağlantı noktaları, Lyocell kumaşların birçok yapısal özelliğini etkileyecek olması bakımından önemlidir.

Tablo 1. Lyocell dokuma kumaş özellikleri.

| Kod | Kumaş örgüsü | İplik numarası | | İplik bükümü (tur/m) | |
|-----|------------------|----------------|---------------|----------------------------|------|
| | | Çözüğü | Atkı | Çözüğü | Atkı |
| FP | Bezayağı (B 1/1) | Ne 30/1 | Ne 30/1 | 700 | 700 |
| FT | Dimi (D 3/1 Z) | Ne 30/1 | Ne 30/1 | 700 | 700 |
| FR | Ribs (Rç 2/2) | Ne 30/1 | Ne 30/1 | 700 | 700 |
| Kod | Krimp (%) | | Kalınlık (mm) | Gramaj (g/m ²) | |
| | Çözüğü | Atkı | | | |
| FP | 12.06 ± 0.55 | 10.02 ± 0.81 | 0.44 ± 0.02 | 184.74 ± 4.37 | |
| FT | 9.54 ± 0.78 | 3.10 ± 0.08 | 0.61 ± 0.01 | 182.53 ± 3.23 | |
| FR | 7.89 ± 0.62 | 4.44 ± 0.00 | 0.58 ± 0.01 | 176.40 ± 6.21 | |

**Şekil 2.** Lyocell dokuma kumaşların kumaş örgüsü ve bağlantı sayıları.

2.2. Alkali Ön-İşlem

Kumaş numuneleri, alkali ön işlemin uygulanmasından önce, non-iyonik yıkama maddesi ile (1 g/l Setalan BNH-Setas, Türkiye), 60°C'de 1:100 banyo oranına 20 dakika yıkanmıştır. Ardından durularak, laboratuvar ortamında kurutulmuştur. Tablo 1'de verilen Lyocell dokuma kumaş özellikleri, non-iyonik yıkama işlemine tabi tutulan numunelere aittir. Alkali ön-işlem için sodyum hidroksit (NaOH, %99, Merck, Almanya) kullanılmıştır. Yıkanmış ve kurutulmuş kumaş numuneleri 2, 5 ve 7 mol/L'lik alkali çözeltisi içerisinde, oda sıcaklığında (21 ± 2°C) 2 saat bekletilmiştir. Bekleme süresi boyunca, her 30 dakikada bir karıştırılmıştır. Banyo oranı 1:20 olarak kullanılmıştır. İşlemin tamamlanmasının ardından, kumaş numuneleri akar musluk suyu altında durulanmıştır. Ardından saf su ile durularak, asetik asit ile pH: 5.0 olarak ayarlanmıştır. Daha sonra, çözelti nötralize olana dek saf su ile durulanmaya devam edilmiştir. Alkali ön-işlemin tamamlanmasının ardından, kumaş numuneleri laboratuvar ortamında kurutulmuştur. Çalışma kapsamında '0 mol/L', alkali ön-işlem görmemiş ancak yıkama işlemine tabi tutulmuş Lyocell kumaşı ifade etmektedir.

2.3. Lyocell Kumaşlara Uygulanan Testler

2.3.1. Fibrilasyon

Alkali ön-işlemin Lyocell liflerindeki fibrilasyon eğilimine etkisi SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri (ZEISS EVO® LS10) ile değerlendirilmiştir.

2.3.2. Lif Çapı Ölçümü

Lyocell dokuma kumaşların alkali ön-işlem görmemiş (0 mol/L) ve farklı alkali konsantrasyonlarında (2, 5 ve 7 mol/L) işlem

görmüş liflerinin çap ölçümleri, SEM görüntüleri üzerinden görüntü analiz yazılımı (BAB Bs200Doc, Türkiye) ile yapılmıştır.

2.3.3. Sıklık, Kalınlık ve Gramaj Tayini

Lyocell dokuma kumaşların atkı ve çözgü yönündeki sıklık değerleri, TS 250 EN 1049-2 [29] test standardına göre belirlenmiştir. Kalınlık ve gramaj ölçümleri ise sırasıyla, ISO 5084 [30] ve ISO 6348 [31] test standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Aşınma Dayanımı Testi

Aşınma dayanımı testi, Martindale test prensibine göre, TS EN ISO 12947-3 [32] standardına uygun olarak ağırlık kaybı metodu ile gerçekleştirilmiştir. Her bir kumaş örgüsü ve alkali konsantrasyonu dikkate alınarak 5000, 10000 ve 15000 devir olmak üzere üç farklı devir sayısındaki ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Aşınma testi sonrası yüzey görüntüleri mikroskopik (BAB Bs200Doc, Türkiye) olarak incelenmiştir.

2.3.5. Boncuklanma Testi

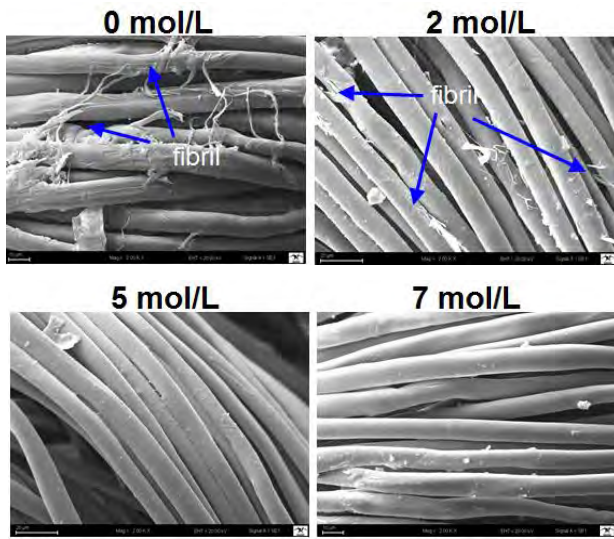
Boncuklanma testi, Martindale test prensibine göre TS EN ISO 12945-2 [33] test standardına uygun olarak 125, 250, 500, 1000 ve 2000 devirlerde gerçekleştirilmiştir. Test edilen numuneler, ışık kabininde (D65: gün ışığı altında) standart fotoğraflar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçların değerlendirilmesi amacıyla SPSS V.24 paket programı kullanılarak %95 güven aralığında varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA testi sonucunda, bağımlı değişkenin bir faktöre bağlı olarak değişip değişmediği incelenmiş ve 'p' değeri 0.05'ten küçük olan değişken 'anlamlı' olarak göz önüne alınmıştır. Değişiklik olması durumunda, değişikliğin hangi alt

gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla Post-Hoc SNK (Student-Newman-Keuls) testi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Fibrilasyon

Şekil 3'te Lyocell liflerinin SEM görüntüleri verilmiştir. Alkali ön-işlem görmemiş Lyocell lifindeki yoğun fibril görüntüsü, 2 mol/L alkali konsantrasyonunda büyük ölçüde azalmıştır. 5 mol/L ve 7 mol/L konsantrasyonlarda ise lif yapısında fibrilasyon gözlemlenmemiştir. Bu durum, alkali ön-işlemin tek bir lif içindeki mikroliflerin uzunlaşmasına ayrılması olarak tanımlanan fibrilasyonu azalttığını göstermektedir. 5 mol/L ve üzerindeki NaOH konsantrasyonlarında yanallif şişmesine bağlı olarak fibrilasyon eğilimi oluşmamaktadır [34].



Şekil 3. Lyocell liflerinin SEM görüntüleri.

3.2. Lif Çapı

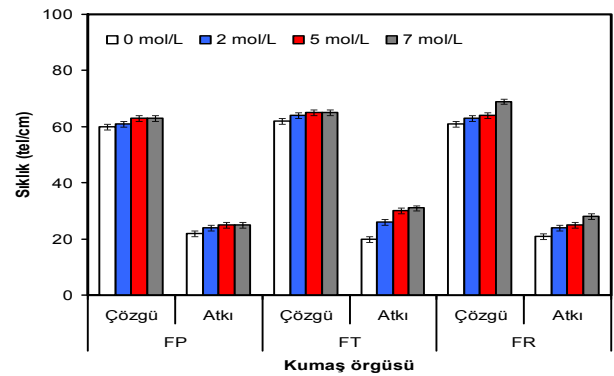
Lyocell lif çapı ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, lif çapı da artış göstermiştir. Bu durum, alkali ortamda Lyocell lifinin yanallif şişme gösterdiğini doğrulamaktadır [24, 25].

Tablo 2. Lif çapı ölçüm sonuçları.

| Alkali konsantrasyonu | Lif çapı (μm) |
|-----------------------|----------------------------|
| 0 mol/L | 9.81 ± 0.51 |
| 2 mol/L | 11.22 ± 0.66 |
| 5 mol/L | 12.18 ± 0.75 |
| 7 mol/L | 12.93 ± 0.51 |

3.3. Sıklık, Kalınlık ve Gramaj

Lyocell dokuma kumaşların çözgü ve atkı yönündeki sıklık ölçümlerine ait sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş örgüsünde de hem çözgü hem de atkı sıklığı artmıştır.



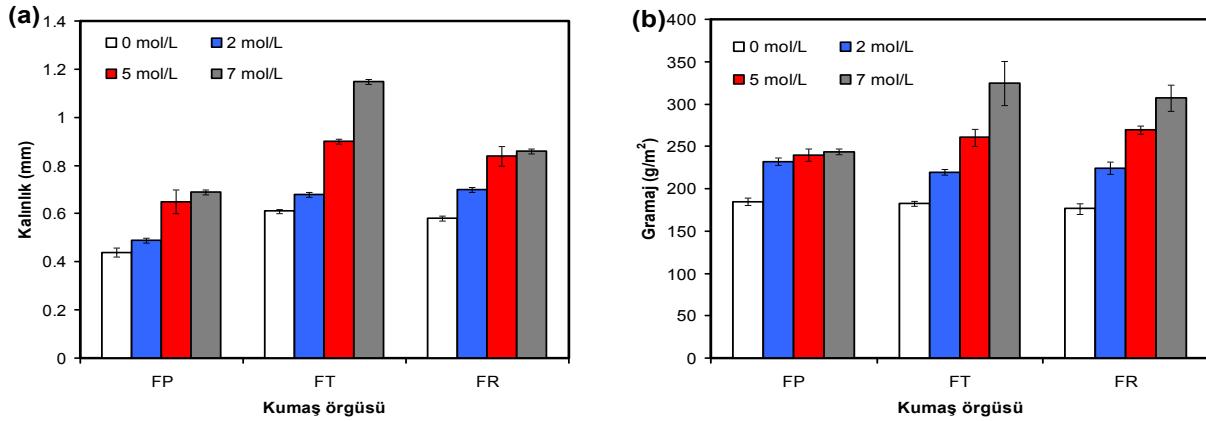
Şekil 4. Lyocell dokuma kumaşların sıklık sonuçları.

Tablo 3'te, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün, Lyocell dokuma kumaşların çözgü ve atkı sıklığı değerlerine etkisini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell dokuma kumaşların çözgü ve atkı sıklığı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün kesişimleri de, çözgü ve atkı sıklığı değerleri üzerinde etkilidir. F değerlerine göre, çözgü ve atkı sıklığı değerlerine en fazla alkali konsantrasyonu etki etmiştir.

Lyocell dokuma kumaşların kalınlık ve gramaj sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş örgüsünde de kumaş kalınlığı ve gramajı artmıştır.

Tablo 3. Çözgü ve atkı sıklığı değerlerine ait ANOVA testi sonuçları.

| Özellik | Kaynak | Kareler toplamı | dF | Kareler ortalaması | F | p |
|---------------|---------------------------|-----------------|----|--------------------|---------|-------|
| Çözgü sıklığı | Alkali konsantrasyonu (A) | 94.556 | 3 | 31.519 | 49.333 | 0.000 |
| | Kumaş örgüsü (B) | 42.056 | 2 | 21.028 | 32.913 | 0.000 |
| | A * B | 45.278 | 6 | 7.546 | 11.812 | 0.000 |
| | Hata | 15.333 | 24 | 0.639 | | |
| | Toplam | 144344.000 | 36 | | | |
| Atkı sıklığı | Alkali konsantrasyonu (A) | 230.222 | 3 | 76.741 | 162.510 | 0.000 |
| | Kumaş örgüsü (B) | 69.500 | 2 | 34.750 | 73.588 | 0.000 |
| | A * B | 62.944 | 6 | 10.491 | 22.216 | 0.000 |
| | Hata | 11.333 | 24 | 0.472 | | |
| | Toplam | 22874.000 | 36 | | | |



Şekil 5. Lyocell dokuma kumaşların kalınlık (a) ve gramaj (b) sonuçları.

Tablo 4'te, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell dokuma kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerine etkisini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün kesişimleri de, kalınlık ve gramaj değerleri üzerinde etkilidir. F değerlerine göre, kalınlık ve gramaj değerlerine en fazla alkali konsantrasyonu etki etmiştir.

Alkali ön-işlem, Lyocell lif çapındaki artışa bağlı olarak kumaşlardaki ipliklerin hacmini arttırmış ve bükümünü açarak kumaşta büzölmeye neden olmuştur [23, 29]. Böylece, birim kumaş yönündeki iplik sayıları artış göstermiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş örgüsünde de sıklık değerleri artmaktadır. Kumaş örgüleri arasında, alkali ön-işlem ile birlikte kumaş sıklığı, kalınlığı ve gramajındaki en fazla artış dimi (FT) kumaş örgüsünde gerçekleşmiş, bunu ribs (FR) ve bezayağı (FP) kumaş örgüleri takip etmiştir. Bunun nedeni, kumaş örgülerinin çözgü-atkı iplikleri arasındaki bağlantı noktalarındaki farklılıktır. En fazla bağlantı noktası bezayağı (24) kumaş örgüsünde bulunmakta, bunu ribs (16) ve dimi (12) takip etmektedir. Bu durum, dimi kumaş örgüsünde ribs ve bezayağına kıyasla daha uzun atlamaların olduğu, yani kumaş yüzeyinde kesişme yapmayan serbest haldeki iplik hacminin daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Böylece dimi kumaş örgüsünde, daha uzun atlama

yapan iplikler, alkali ön-işlemin etkisiyle daha fazla büzölmeye maruz kalmışlardır.

Tablo 5'te, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell dokuma kumaşların çözgü ve atkı sıklığı değerlerine etkisini gösteren SNK testi sonuçları verilmiştir. SNK testi sonuçlarına göre, 0, 2, 5 ve 7 mol/L alkali konsantrasyonlarında muamele edilen kumaşların çözgü ve atkı sıklığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. En düşük çözgü ve atkı sıklığı alkali ön-işlem görmemiş (0 mol/L) Lyocell dokuma kumaşta, en yüksek çözgü ve atkı sıklığı ise 7 mol/L konsantrasyonda alkali ön-işlem görmüş Lyocell dokuma kumaşta belirlenmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, çözgü ve atkı sıklığının arttığı görülmektedir. Bezayağı (FP) kumaş örgüsünün çözgü sıklığı değerleri ile ribs (FR) ve dimi (FT) kumaş örgüsünün çözgü sıklığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Ribs ve dimi kumaş örgülerinin çözgü sıklığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Bezayağı kumaş örgüsü ile ribs ve dimi kumaş örgülerinin çözgü yönündeki bağlantı sayıları arasındaki fark daha fazla olduğundan, burada kumaş örgüsünün etkisi daha belirgin görülmektedir. En düşük çözgü sıklığı değerini bezayağı kumaş örgüsü, en yüksek çözgü sıklığı değerini ise dimi kumaş örgüsü göstermiştir. Çözgü yönündeki bağlantı sayısı azaldıkça çözgü sıklığı değerinin arttığı görülmektedir. Bezayağı, ribs ve dimi kumaş örgülerinin atkı sıklığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. En düşük atkı sıklığı değerini bezayağı kumaş örgüsü, en yüksek atkı sıklığı değerini ise dimi kumaş örgüsü göstermiştir. Atkı yönündeki bağlantı sayısı azaldıkça atkı sıklığı değerinin arttığı görülmektedir.

Tablo 4. Kalınlık ve gramaj değerlerine ait ANOVA testi sonuçları.

| Özellik | Kaynak | Kareler toplamı | dF | Kareler ortalaması | F | p |
|----------|---------------------------|-----------------|----|--------------------|---------|-------|
| Kalınlık | Alkali konsantrasyonu (A) | 0.695 | 3 | 0.232 | 646.202 | 0.000 |
| | Kumaş örgüsü (B) | 0.449 | 2 | 0.225 | 627.124 | 0.000 |
| | A * B | 0.110 | 6 | 0.018 | 51.248 | 0.000 |
| | Hata | 0.009 | 24 | 0.000 | | |
| | Toplam | 19.696 | 36 | | | |
| Gramaj | Alkali konsantrasyonu (A) | 64781.111 | 3 | 21593.704 | 202.414 | 0.000 |
| | Kumaş örgüsü (B) | 2823.164 | 2 | 1411.582 | 13.232 | 0.000 |
| | A * B | 10061.680 | 6 | 1676.947 | 15.719 | 0.000 |
| | Hata | 2560.343 | 24 | 106.681 | | |
| | Toplam | 2113064.451 | 36 | | | |

Tablo 5. Alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell dokuma kumaşların çözgü ve atkı sıklığı değerlerine etkisini gösteren SNK testi sonuçları.

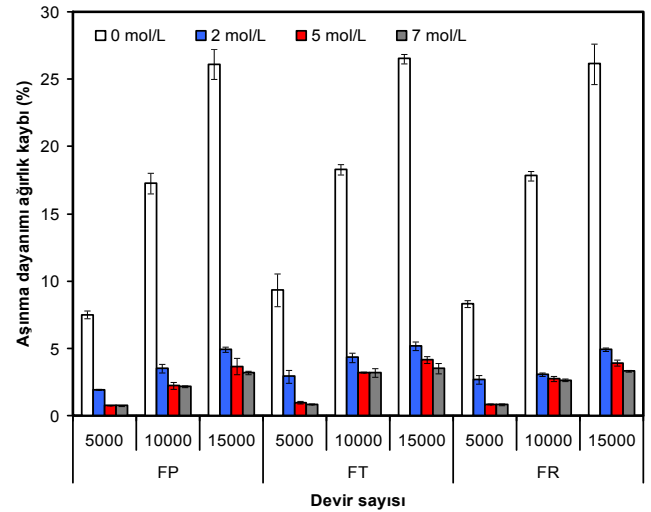
| Parametreler | | Sıklık (tel/cm) | |
|-----------------------|---------|-----------------|---------|
| | | Çözgü | Atkı |
| Alkali konsantrasyonu | 0 mol/L | 61.11 a | 21.00 a |
| | 2 mol/L | 62.67 b | 24.78 b |
| | 5 mol/L | 63.78 c | 26.56 c |
| | 7 mol/L | 65.56 d | 27.67 d |
| Kumaş örgüsü | FP | 61.75 a | 23.67 a |
| | FT | 64.00 b | 26.92 c |
| | FR | 64.08 b | 24.42 b |

3.4. Aşınma Dayanımı

Lyocell dokuma kumaşların 5000, 10000 ve 15000 aşınma devir sayısı sonrasındaki ağırlık kaybı sonuçları Tablo 6 ve Şekil 6'da verilmiştir. Her üç kumaş örgüsünde de, aşınma devir sayısı arttıkça ağırlık kaybı artmıştır. Alkali konsantrasyonu arttıkça, 5000, 10000 ve 15000 devir sayısı için her üç kumaş örgüsünde de ağırlık kaybının azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, alkali ön-ışlemin fibrilasyonu azalttığını göstermektedir. Özellikle 5 mol/L ve 7 mol/L'lik alkali konsantrasyonlarında, ağırlık kaybı daha da azalmıştır. 5 mol/L ve üzerindeki NaOH konsantrasyonlarında yanallif şişmesine bağlı olarak fibrilasyon eğilimi oluşmamaktadır [34]. Ayrıca, alkali konsantrasyonunun artmasıyla birlikte her üç kumaş örgüsünde de kalınlık ve gramaj değerleri artış göstermiştir. Bu durum, kumaşların atkı ve çözgü yönündeki sıklıklarının artması sonucu meydana gelmiştir. Böylece, daha yüksek gramaja sahip Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerleri, alkali konsantrasyonu arttıkça azalmıştır.

Kumaş örgüleri arasında alkali ön-ışlem görmemiş (0 mol/L) numunelerde ve tüm alkali konsantrasyonlarında (2, 5 ve 7 mol/L), her üç aşınma devir sayısı (5000, 10000, 15000) için de, aşınma sonrası en yüksek ağırlık kaybını dimi (FT) kumaş örgüsü göstermiş ve bunu ribs (FR) kumaş örgüsü takip etmiştir. En düşük ağırlık kaybını ise, bezayağı (FP) kumaş örgüsü

göstermiştir. Dimi kumaş örgüsünde, ribs ve bezayağına kıyasla daha uzun atlamaların olduğu, yani kumaş yüzeyinde keşişme yapmayan serbest haldeki iplik hacminin daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Böylece dimi kumaş örgüsünde daha uzun atlama yapan iplikler, aşınma yüküne daha fazla maruz kalarak daha çok aşınmış ve sonuç olarak da aşınma sonrası ağırlık kaybı değerleri daha fazla olmuştur.

**Şekil 6.** Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımı test sonuçları.**Tablo 6.** Lyocell kumaşların aşınma dayanımı test sonuçları.

| Kumaş örgüsü | Devir | Aşınma dayanımı ağırlık kaybı (%) | | | |
|--------------|-------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 0 mol/L | 2 mol/L | 5 mol/L | 7 mol/L |
| FP | 5000 | 7.50 ± 0.28 | 1.94 ± 0.05 | 0.78 ± 0.01 | 0.74 ± 0.01 |
| | 10000 | 17.28 ± 0.77 | 3.51 ± 0.32 | 2.23 ± 0.24 | 2.18 ± 0.09 |
| | 15000 | 26.10 ± 1.12 | 4.93 ± 0.18 | 3.66 ± 0.62 | 3.19 ± 0.15 |
| FT | 5000 | 9.34 ± 1.24 | 2.93 ± 0.47 | 0.97 ± 0.10 | 0.85 ± 0.05 |
| | 10000 | 18.29 ± 0.36 | 4.34 ± 0.35 | 3.23 ± 0.04 | 3.19 ± 0.33 |
| | 15000 | 26.53 ± 0.34 | 5.20 ± 0.33 | 4.16 ± 0.27 | 3.50 ± 0.39 |
| FR | 5000 | 8.29 ± 0.25 | 2.68 ± 0.33 | 0.85 ± 0.03 | 0.83 ± 0.08 |
| | 10000 | 17.82 ± 0.34 | 3.09 ± 0.13 | 2.75 ± 0.17 | 2.64 ± 0.10 |
| | 15000 | 26.14 ± 1.52 | 4.93 ± 0.11 | 3.92 ± 0.22 | 3.33 ± 0.06 |

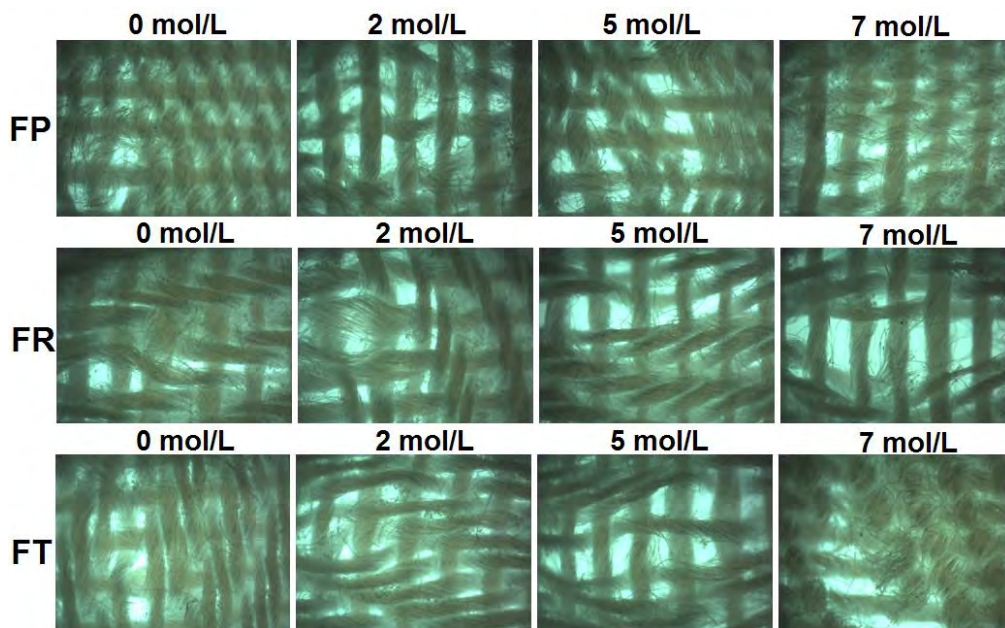
Tablo 7’de, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün, Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine etkisini incelemek amacıyla yapılan ANOVA testi sonuçları verilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, alkali konsantrasyonu, kumaş örgüsü ve devir sayısının, Lyocell kumaşların aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, alkali konsantrasyonu ve devir sayısının keşişimleri de, aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerleri üzerinde etkilidir. Bu durum, her bir alkali konsantrasyonunun (0, 2, 5 ve 7 mol/L) her bir devir sayısında (5000, 10000 ve 15000) ağırlık kaybı değerleri üzerinde farklı bir davranışa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. F değerlerine göre, aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine en fazla alkali konsantrasyonu etki etmiştir.

Tablo 8’de, alkali konsantrasyonu, kumaş örgüsü ve devir sayısının Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine etkisini gösteren SNK testi sonuçları verilmiştir. SNK testi sonuçlarına göre 5 mol/L ve 7 mol/L alkali konsantras-

yonlarının aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerinin aynı alt grupta (a) yer alması ve düşük olması, 5 mol/L ve üzerindeki NaOH konsantrasyonlarında Lyocell liflerinde fibrilasyon eğilimi oluşmadığını doğrulamaktadır. En yüksek aşınma dayanımı ağırlık kaybı değeri alkali ön-işlem görmemiş (0 mol/L) Lyocell dokuma kumaşta, en düşük aşınma dayanımı ağırlık kaybı değeri ise 7 mol/L konsantrasyonda ön-işlem görmüş Lyocell dokuma kumaşta belirlenmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, aşınma dayanımı ağırlık kaybının azaldığı görülmektedir. Kumaş örgülerinin aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. En düşük ağırlık kaybı değerini bezayağı kumaş örgüsü, en yüksek ağırlık kaybı değerini ise dimi kumaş örgüsü göstermiştir. Kumaş örgüsünde bağlantı sayısı azaldıkça, ağırlık kaybı değerinin arttığı görülmektedir. 5000, 10000, 15000 devir sayısının aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. En düşük ağırlık kaybı değeri 5000 devirde, en yüksek ağırlık kaybı değeri ise 15000 devirde görülmüştür. Devir sayısı arttıkça, ağırlık kaybı değerinin arttığı görülmektedir.

Tablo 7. Aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine ait ANOVA testi sonuçları.

| Özellik | Kaynak | Kareler toplamı | dF | Kareler ortalaması | F | p |
|-----------------|---------------------------|-----------------|-----|--------------------|----------|-------|
| Aşınma dayanımı | Alkali konsantrasyonu (A) | 4373.260 | 3 | 1457.753 | 6689.499 | 0.000 |
| | Kumaş örgüsü (B) | 9.171 | 2 | 4.586 | 21.043 | 0.000 |
| | Devir sayısı (C) | 760.669 | 2 | 380.334 | 1745.321 | 0.000 |
| | A * B | 1.228 | 6 | 0.205 | 0.939 | 0.473 |
| | A * C | 781.361 | 6 | 130.227 | 597.599 | 0.000 |
| | B * C | 1.318 | 4 | 0.330 | 1.512 | 0.208 |
| | A * B * C | 3.080 | 12 | 0.257 | 1.178 | 0.315 |
| | Hata | 15.690 | 72 | 0.218 | | |
| | Toplam | 10502.670 | 108 | | | |



Şekil 7. Lyocell dokuma kumaşların aşınma sonrası (15000 devir) yüzey görüntüleri ($\times 40$ büyütme oranı).

Tablo 8. Alkali konsantrasyonu, kumaş örgüsü ve devir sayısının Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımı ağırlık kaybı değerlerine etkisini gösteren SNK testi sonuçları.

| Parametreler | | Ağırlık kaybı (%) |
|-----------------------|---------|-------------------|
| Alkali konsantrasyonu | 0 mol/L | 17.48 c |
| | 2 mol/L | 3.73 b |
| | 5 mol/L | 2.51 a |
| | 7 mol/L | 2.27 a |
| Kumaş örgüsü | FP | 6.17 a |
| | FT | 6.89 c |
| | FR | 6.44 b |
| Devir sayısı | 5000 | 3.14 a |
| | 10000 | 6.71 b |
| | 15000 | 9.63 c |

Şekil 7’de, Lyocell dokuma kumaşların 15000 aşınma devir sayısındaki yüzey görüntüleri verilmiştir. Aşınma hareketi, kumaş yüzeyindeki liflerde kırılma ve dolanmalara neden olmuştur. Uzun atlamalar içeren dimi kumaş örgüsünün aşınma sonrası yüzey deformasyonları ribs ve bezayağı kumaş örgülerine kıyasla, daha çok lif kırılması biçimindedir. Bezayağı kumaş örgüsündeki bağlantı sayısının yüksek olması, lif dolanmalarının daha fazla gerçekleşmesine neden olmuştur. Ancak, dimi ve ribs kumaş örgülerinde aşınma hareketi ile birlikte iplik setlerinde kaymalar meydana gelmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş tipi için de aşınmanın kumaşta neden olduğu deformasyonlar artmıştır. Özellikle 7 mol/L alkali konsantrasyonunda lif kırılmaları yerini çoklu iplik kırılmalarına bırakmıştır.

3.5. Boncuklanma

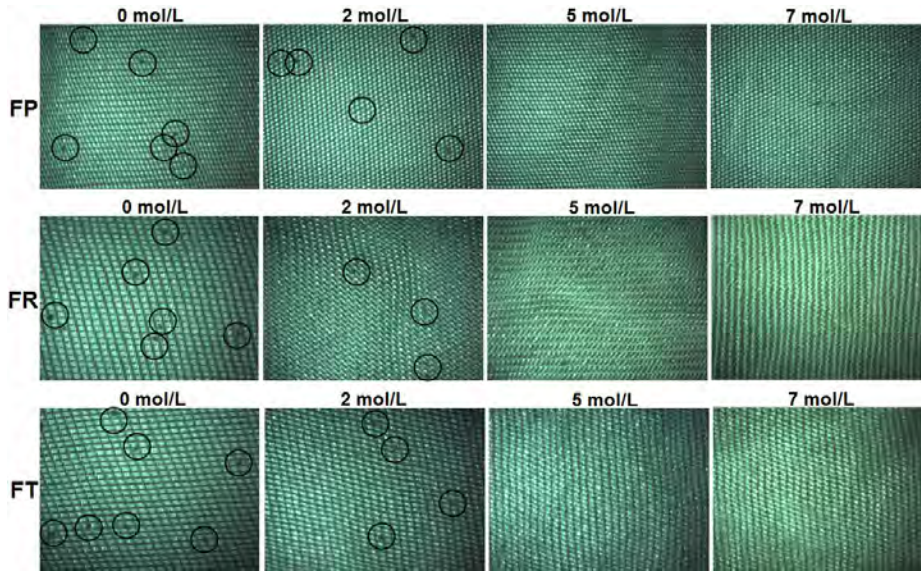
Lyocell dokuma kumaşların boncuklanma test sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça genel olarak dimi

ve ribs kumaş örgülerinde boncuklanmanın azaldığı belirlenmiştir. Özellikle 5 mol/L ve 7 mol/L’lik alkali konsantrasyonlarında, dimi ve ribs kumaş örgülerinde, boncuklanma eğilimi tamamen ortadan kaldırılmıştır. Ancak burada, kumaş örgüsünün de etkili olduğu görülmektedir. Alkali ön-işlem görmemiş (0 mol/L) numuneler arasında, boncuklanmanın en az olduğu kumaş örgüsü bezayağıdır. Dimi kumaş örgüsünde, ribs ve bezayağına kıyasla daha uzun atlama yapan iplikler, boncuklanma hareketine daha fazla maruz kalmışlar ve böylece daha fazla boncuklanma eğilimi göstermişlerdir. Bezayağı kumaş örgüsünün hâlihazırda düşük olan boncuklanma eğilimi üzerinde, alkali konsantrasyonunun etkisi çok fazla görülemez. Ancak, yapılan SEM analizlerine göre (Şekil 3) her üç kumaş örgüsünde de özellikle 5 mol/L ve 7 mol/L alkali konsantrasyonlarında, Lyocell lifinin fibrilasyon eğiliminin tamamen ortadan kaldırıldığı doğrulanmaktadır.

Farklı konsantrasyonlardaki alkali ön-işlemin, farklı kumaş örgülerindeki Lyocell dokuma kumaşların boncuklanma özelliklerine etkisi optik mikroskop ile görsel olarak incelenmiştir. Şekil 8’de, Lyocell dokuma kumaşların 2000 devir sonrasındaki boncuklanma görüntüleri verilmiştir. Şekil 3’te verilen SEM görüntülerinde, alkali ön-işlem görmemiş Lyocell liflerdeki yoğun fibril görüntüsü, 2 mol/L alkali konsantrasyonunda büyük ölçüde azalmıştır. SEM görüntüleri ile uyumlu olarak, 2 mol/L konsantrasyonda, alkali ön-işlem görmemiş (0 mol/L) kumaşa kıyasla boncuklanma eğiliminde büyük ölçüde bir azalma meydana gelmiştir. 5 mol/L ve 7 mol/L konsantrasyonlarda ise, lif yapısında fibrilasyon gözlemlenmemesi sebebiyle, kumaşlarda boncuklanma eğilimi tamamen ortadan kalkmıştır.

Tablo 9. Lyocell kumaşların boncuklanma test sonuçları.

| Kumaş örgüsü | Devir | Boncuklanma | | | |
|--------------|-------|-------------|---------|---------|---------|
| | | 0 mol/L | 2 mol/L | 5 mol/L | 7 mol/L |
| FP | 125 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 250 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 500 | 4/5 | 4/5 | 5 | 4/5 |
| | 1000 | 4/5 | 4/5 | 4/5 | 4/5 |
| | 2000 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| FT | 125 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 250 | 3/4 | 4/5 | 5 | 5 |
| | 500 | 3/4 | 3/4 | 5 | 5 |
| | 1000 | 3 | 3/4 | 5 | 5 |
| | 2000 | 3 | 3/4 | 5 | 5 |
| FR | 125 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 250 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 500 | 4/5 | 5 | 5 | 5 |
| | 1000 | 4 | 4/5 | 5 | 5 |
| | 2000 | 3/4 | 4/5 | 5 | 5 |



Şekil 8. Lyocell dokuma kumaşların boncuklanma sonrası yüzey görüntüleri ($\times 7$ büyütme oranı).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki alkali ön-işlemin, farklı kumaş örgülerindeki %100 Lyocell dokuma kumaşların fibrilasyon, aşınma ve boncuklanma gibi görünüm; sıklık, kalınlık ve gramaj gibi yapısal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Bu çalışmada gerçekleştirilen alkali ön-işlem, Lyocell liflerinin fibrilasyon eğilimini azaltmış, buna bağlı olarak da aşınma dayanımı artmış ve boncuklanma eğilimi azalmıştır.
- Alkali ön-işlem, Lyocell lif çapındaki artışa bağlı olarak kumaşlardaki ipliklerin hacmini arttırmış ve bükümünü açarak kumaşta büzölmeye neden olmuştur. Böylece, birim alanda depolanan lif miktarları artış göstermiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça, her üç kumaş örgüsünde de çözgü ve atkı yönündeki sıklık değerleri, kumaş kalınlık ve gramajları artmıştır.
- Kumaş örgüleri arasında, alkali ön-işlem ile birlikte kumaş sıklık, kalınlık ve gramajındaki en fazla artış dimi kumaş örgüsünde gerçekleşmiş, bunu ribs ve bezayağı kumaş örgüleri takip etmiştir. Bunun nedeni, dimi kumaş örgüsünde ribs ve bezayağına kıyasla daha uzun atlamaların olması, yani kumaş yüzeyinde kesişme yapmayan serbest haldeki iplik hacminin daha fazla olmasıdır. Daha uzun atlama yapan iplikler, alkali ön-işlemin etkisiyle daha fazla büzölmeye maruz kalmışlardır.
- Alkali konsantrasyonu arttıkça; 5000, 10000 ve 15000 devir sayısı için her üç kumaş örgüsünde de ağırlık kaybının azaldığı belirlenmiştir. Alkali konsantrasyonu arttıkça boncuklanmanın azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, alkali ön-işlemin fibrilasyonu azalttığını göstermektedir.

- İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, alkali konsantrasyonu ve kumaş örgüsünün Lyocell dokuma kumaşların sıklık, kalınlık ve gramaj değerlerine; alkali konsantrasyonu, kumaş örgüsü ve aşınma devir sayısının ise Lyocell dokuma kumaşların aşınma dayanımına istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir.
- Bu çalışma kapsamında uygulanan alkali ön-işlem, boncuklanma eğilimini azaltan ve aşınma dayanımını iyileştiren, geleneksel terbiye proses ve makineleri ile uyumlu olması bakımından ise uygulanabilir olarak değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2017/7-176 YLS nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Gindl, W., Martinschitz, K. J., Boesecke, P., Keckes, J., (2006), *Changes in the Molecular Orientation and Tensile Properties of Uniaxially Drawn Cellulose Films*, Biomacromolecules, 7, 3146-3150.
2. Klemm, D., Heublein, B., Fink, H. P., Bohn, A., (2005), *Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material*, Angewandte Chemie International Edition, 44(22), 3358-3393.
3. Mukhopadhyay, S. K., (1992), *Advances in Fiber Science*, The Textile Institute, Manchester, UK..
4. Shore, J., (1995), *Cellulosics Dyeing*, Society of Dyers and Colourists, Bradford, UK.
5. Franks, N. E., Varga, J. K., (1980), *U.S. Patent, 4145532*.
6. Broadbent, A. D., (2001). *Basic Principles of Textile Coloration*, Society of Dyers and Colourists, Bradford, UK.

7. Kreze, T., Malej, S., (2003), *Structural Characteristics of New and Conventional Regenerated Cellulosic Fibers*, Textile Research Journals, 73 (8), 675-684.
8. Smole, S. M., Persin, Z., Kreze, T., Kleinschek, K. S., Ribitsch, V., Neumayer, S., (2003), *X-Ray Study of PreTreated Regenerated Cellulose Fibres*, Materials Research Innovations, 7, 275-282.
9. Nicolai, M., Nechwatal, A., Mieck, K. P., (1996), *Textile Crosslinking Reactions to Reduce the Fibrillation Tendency of Lyocell Fibers*, Textile Research Journal, 66(9), 575-580.
10. Öztürk, H. B., Potthast, A., Rosenau, T., Abu-Rous, M., MacNaughtan, B., Schuster, C., Mitchell, J. R., Bechtold, T., (2009), *Changes in the Intra- and Inter-Fibrillar Structure of Lyocell (TENCEL®) Fibers Caused by NaOH Treatment*, Cellulose, 16, 37-52.
11. Zhang, W., Okubayashi, S., Bechtold, T., (2005), *Fibrillation Tendency of Cellulosic Fibers-Part 3: Effects of Alkali Pretreatment of Lyocell Fiber*, Carbohydrate Polymers, 59, 173-179.
12. Zhang, H., Shao, H., Hu, X., (2006), *Effect of Heat Treatment on the Structure and Properties of Lyocell Fibers*, Journal of Applied Polymer Science, 101, 1738-1743.
13. Lenzing Group, http://www.stepitn.eu/wpcontent/uploads/2010/05/Bartsch_Lenzing_Group_Leading_Fiber_Innovation.pdf, (Erişim tarihi: 30.05.2018).
14. Nemeç, A., (1994), *Fibrillation of Cellulosic Materials-Can Previous Literature offer Solution*, Lenzinger Berichte, 9, 69-72.
15. Öztürk, B. H., Beckhtold, T., (2008), *Splitting Tendency of Cellulosic Fibers. Part 3: Splitting Tendency of Viscose and Modal Fibers*, Cellulose, 15, 101-109.
16. Burrow, T. R., (2005), *Recent Advances in Chemically Treated Lyocell Fibres*, Lenzinger Berichte, 84, 110-115.
17. Nechwatal, A., Nicolai, M., Mieck, K. P., Heublein, B., Kuhne, G., Klemm D., (1999), *Studies on the Wet Fibrillation of Lyocell Fibers*, Angewandte Makromolekulare Chemie, 271, 84-92.
18. Renfrew, A. H. M., Phillips, D. A. S., (2003), *Protection of Lyocell Fibres Against Fibrillation: Mode of Action of the Crosslinking Agent 2,4-Dichloro-6-(B-Sulphatoethylsulphonyl) Aniline-S-Triazine*, Coloration Technology, 119: 116-120.
19. Perisamy, A. P., Khanum, M. R., (2012), *Effect of fibrillation on Pilling Tendency of Lyocell Fiber*, Bangladesh Textile Today, 4, 31-39.
20. Zhang, S., Chen, C., Duan, C., Hu, H., Li, H., Li, J., Liu, J., Ma, X., Stavik, J., Ni, Y., (2018), *Regenerated Cellulose by the Lyocell Process, A Brief Review of the Process and Properties*, BioResources, 13, 4577-4592.
21. Goswami, P., Blackburn, R. S., El-Dessouky, H. M., Taylor, J., White, P., (2009), *Effect of Sodium Hydroxide Pre-Treatment on the Optical and Structural Properties of Lyocell*, European Polymer Journal, 45, 455-465.
22. Periyasamy, A. P., (2012), *Effect of Alkali Pretreatment and Dyeing on Fibrillation Properties of Lyocell Fiber*, RMUTP International Conference: Textiles & Fashion, 26 June, Bangkok, Thailand.
23. Okubayashi, S., Bechtold, T., (2005), *Alkali Uptake and Swelling Behavior of Lyocell Fiber And Their Effects on Crosslinking Reaction*, Cellulose, 12, 459-467.
24. Manian, A. P., Jaturapiree, A., Bechtold, T., (2018), *Salt Sorption on Regenerated Cellulosic Fibers: Electrokinetic Measurements*, Cellulose, 25, 3307-3314.
25. Xu, Y., Xu, Y., Yue, X., (2017), *Changes of Hydrogen Bonding and Aggregation Structure of Cellulose Fiber due to Microwaveassisted Alkali Treatment and its Impacts on the Application as Fluff Pulp*, Cellulose, 24, 967-976.
26. Fang, K., Hao, L., Hu, X., Shao, H., (2003), *Ester Crosslinking Treatment for Reducing the Fibrillation Tendency of Lyocell Fibers*, Textile Research Journal, 73(11), 1013-1016.
27. Yolacan, G., (2009), *Effects of Alkali Pre-treatment on Dye Exhaustion, Color Values, Color Fastness, Tensile and Surface Properties of Lyocell Yarns*, Fibers and Polymers, 10(5), 625-635.
28. Manian, A. P., Aldred, A. K., Lenninger, M., (2017), *Bechtold, T., Alkali Pretreatments and Crosslinking of Lyocell Fabrics*, Cellulose, 24, 3991-4002.
29. TS 250 EN 1049-2, *Birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini*, 1996.
30. ISO 5084, *Tekstil ve Tekstil Mamullerinin Kalınlık Tayini*, 1998.
31. ISO 6348, *Kumaşların Birim Alan Kütlesinin Tayini*, 1999.
32. TS EN ISO 12947-3, *Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini- Kütle Kaybının Tayini*, 2001.
33. TS EN ISO 12945-2, *Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklanma Yatınlığının Tayini- Martindale Metodu*, 2002.
34. Öztürk, H. B., Okubayashi, S., Bechtold, T., (2006). *Splitting Tendency of Cellulosic Fibers - Part 1. The Effect of Shear Force on Mechanical Stability of Swollen Lyocell Fibers*, Cellulose, 13(4), 393-402.