

Farklı Eğirme Sistemlerinin Lyocell (Ecocell™) Örme Kumaş Özelliklerine Etkisi

Pınar DURU BAYKAL^{1,a}, Mehmet TEKİNALP^{2,b}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

²Pinteks Tekstil Kumaş Pazarlama Sanayi Ticaret A.Ş., Şanlıurfa, Türkiye

^aORCID: 0000-0003-1461-2203; ^bORCID: 0009-0004-5837-7190

Makale Bilgileri

Geliş : 05.02.2026

Kabul : 14.05.2026

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1881961

Sorumlu Yazar

Pınar DURU BAYKAL

pduru@cu.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Ecocell

Lyocell

Eğirme yöntemi

Süprem kumaş

May dönmesi

Atıf şekli: DURU BAYKAL, P., TEKİNALP, M., (2026). Farklı Eğirme Sistemlerinin Lyocell (Ecocell™) Örme Kumaş Özelliklerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 41(2), 491-507.

ÖZ

Bu çalışma, Türkiye'de üretilen Ecocell™ (lyocell) liflerinin farklı eğirme sistemlerindeki performansını araştırmayı ve bu ipliklerden üretilen örme kumaşların özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ecocell™ lifleri ile ring kompakt, open-end rotor ve vorteks eğirme sistemleri kullanılarak Ne 28/1 iplikler üretilmiş ve bu ipliklerin özellikleri test edilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca üretilen iplikler aynı makinede ve aynı üretim parametreleri ile örülerek süprem kumaşlar elde edilmiş daha sonra açık, orta ve koyu renk şiddetlerinde boyanmıştır. Boyalı süprem kumaşların patlama mukavemeti, may dönmesi, boncuklanma, CIELAB renk değerleri ve haslıkları test edilerek değerlendirilmiştir. Çalışmada, Ecocell™ lifinin sürdürülebilir bir hammadde olarak ithal muadillerine güçlü bir alternatif olabileceği, istenen iplik ve kumaş özelliklerine göre uygun eğirme sisteminin seçilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, Ecocell™ liflerinin, özellikle iyi boncuklanma direnci ve düşük may dönmesi değerleri ile örme kumaşlarda pamuğa alternatif olabileceği ifade edilmiştir.

The Effect of Different Spinning Systems on the Properties of Lyocell (Ecocell™) Knitted Fabric

Article Info

Received : 05.02.2026

Accepted : 14.05.2026

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1881961

Corresponding Author

Pınar DURU BAYKAL

pduru@cu.edu.tr

Keywords

Ecocell

Lyocell

Spinning method

Supreme fabric

Spirality

How to cite: DURU BAYKAL, P., TEKİNALP, M., (2026). The Effect of Different Spinning Systems on the Properties of Lyocell (Ecocell™) Knitted Fabric. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 41(2), 491-507.

ABSTRACT

This study aims to investigate the performance of Ecocell™ (lyocell) fibers, produced in Turkey, across different spinning systems and to evaluate the properties of knitted fabrics produced from these yarns. Ne 28/1 yarns were produced from Ecocell™ fibers using ring compact, open-end rotor, and vortex spinning systems, and their properties were tested and evaluated. Furthermore, these yarns were knitted into single jersey fabrics using identical machinery and production parameters, which were subsequently dyed in light, medium, and dark color shades. The dyed fabrics were assessed in terms of bursting strength, spirality, pilling, CIELAB color values, and fastness properties. The study highlights that Ecocell™ fiber serves as a robust sustainable alternative to its imported counterparts, emphasizing the importance of selecting the optimal spinning system based on desired yarn and fabric specifications. Furthermore, it has been stated that Ecocell™ fibers could serve as an alternative to cotton in knitted fabrics, particularly due to their superior pilling resistance and low spirality values.

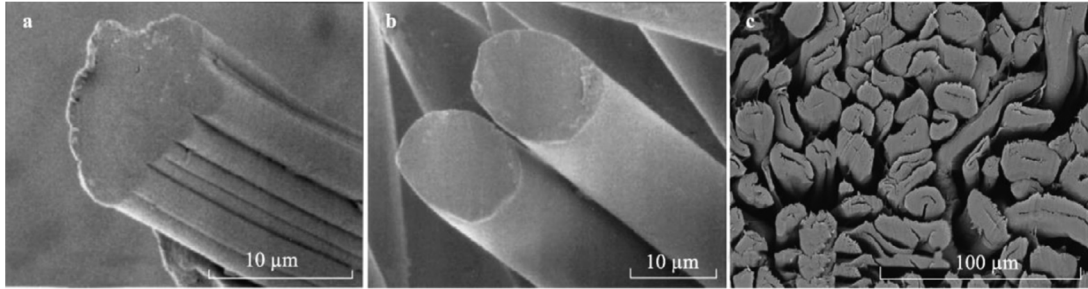
1. GİRİŞ

Tekstil sektöründe sürdürülebilir ham maddelerin kullanımı önem kazanmış, doğal ve rejenere selülozik lifler ön plana çıkmıştır. Günlük giyimden lüks moda tekstillerine kadar geniş bir ürün yelpazesinde kullanılan konvansiyonel pamuk, üretimi sırasında yoğun su ve kimyasal madde (pestisit, gübre gibi) kullanımı gerektirmekte ve bu nedenle sürdürülebilir olarak kabul edilmemektedir [1]. Bu nedenle yenilenebilir kaynaklardan elde edilen rejenere selülozik liflere olan ilgi ve talep artmıştır.

Rejenere selülozik liflerden viskoz, pamukla karşılaştırıldığında daha düşük kopma mukavemetine sahiptir ve özellikle ıslak durumda bu mukavemet daha da zayıflamaktadır. Bu performans sınırlılıklarını aşmak amacıyla modifiye selülozik lifler (modal ve polinozik gibi) geliştirilmiştir [2, 3, 4]. Rejenere selülozik liflerin üçüncü nesil temsilcisi olarak adlandırılan lyocell liflerinin ilk ticari ürünü olan Tencel literatürde yerini almıştır [5]. Lyocell lifleri, özellikle çevre bilincinin artmasına paralel olarak geliştirilmiştir. Lyocell üretiminde çözücü olarak toksik olmayan N-Metilmorfolin-N-oksit (NMMO) kullanılması, bu organik çözücünün %99'unun geri kazanılabilmesi, bu üretim yönteminin ekolojik olmasını sağlamaktadır [3]. Lyocell lifleri, yüksek mukavemet, yüksek nem emme kapasitesi ve etkin nem yönetimi, konfor, ipeğe benzeyen yumuşak tuşe, parlaklık, dökümlülük ve biyolojik olarak parçalanabilme özellikleriyle dikkat çekmektedir.

Üç nesil rejenere selüloz lifleri (Viskoz, Modal ve Tencel) için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yapılmış, LCA sonuçları pamuk, PET ve PP gibi diğer ticari liflerle karşılaştırılmıştır. Viskoz hariç diğer rejenere selüloz liflerinin, PET, PP ve pamuktan daha iyi çevresel profillere sahip olduğu sonucuna varılmıştır [6].

Viskoz, lyocell ve pamuk liflerinin kesitleri Şekil 1'de verilmiştir [7]. Lyocell lifleri diğer liflere göre oldukça pürüzsüz düz bir yüzeye sahip iken viskoz lifleri pürüzlü bir yüzeye sahiptir.



Şekil 1. Viskoz (a), lyocell (b) ve pamuk (c) liflerinin kesitleri

Lyocell ve diğer selüloz liflerinin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir [7]. Lyocell lifinin mekanik dayanımı viskoz ve pamuğa göre daha yüksektir. Bunun nedeni; selüloz zincirinin uzun oluşu, moleküller arası hidrojen bağlarının güçlü olması ve yüksek kristalinite ile açıklanabilir [7].

Çizelge 1. Farklı selüloz lif türlerinin özelliklerinin karşılaştırılması

	Uzama, kuru (%)	Uzama, yaş (%)	Mukavemet (cN/tex)
Lyocell	11-16	17-19	35-47
Viskoz	18-25	21-23	20-26
Yüksek-modül viskoz	12-15	13-15	32-36
Pamuk	8-10	12	25-40

Literatürde lyocell lifleri ile yapılmış pek çok çalışma vardır. Çalışmaların bir kısmında lyocell içeren örme ve dokuma kumaşların performans özellikleri araştırılmış ve başka liflerle mukayese edilmiştir [8-15]. Bazı çalışmalarda ise lyocell liflerinin fibrilasyonu ve bunun etkileri araştırılmıştır [16-19].

Türkiye'de, Karafiber Tekstil San ve Tic.A.Ş. tarafından 2020 yılında Ecocell™ ticari adıyla lyocell lifleri üretilmeye başlanmıştır. Ecocell™, minimum su ve enerji kullanan, karbon ayak izini önemli ölçüde azaltan çevre dostu kapalı döngü bir üretim yöntemine sahiptir [20].

Türkiye’de üretilen Ecocell™ lyocell lifleri ile yapılmış akademik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Uyanık ve Kaya Nacarkahya çalışmalarında, Ecocell™ ve Ecocell™ ile farklı lif (keten, geri dönüşüm keten, kenevir) karışımlarından üretilen ring ipliklerinin özelliklerini belirlemeyi, bunları birbirleriyle ve geleneksel pamuk ve organik pamuk iplikleriyle karşılaştırmayı ve ipliklerin kalite, ekonomik ve sürdürülebilirlik özelliklerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmanın sonuçları; Ecocell™ lifinin, iplik özelliklerine fibrilasyona bağlı tüylülük dışında olumlu katkıda bulunduğunu göstermiştir [21]. Yıldırım ve ark., tarafından yapılan çalışmada Ecocell™ lifleri farklı oranlarda pamuk ve polyester ile karıştırılarak örme kumaşlar üretilmiş ve konfor özellikleri (hava geçirgenliği, ısı direnci, nem iletim hızı vb.) incelenmiştir. Bulgular, Ecocell™ içeren kumaşların bazı konfor özelliklerinde üstün performans gösterdiğini göstermiştir. [22]. Bir başka çalışmada, %100 pamuk, akrilik/pamuk ve Ecocell™/akrilik karışımı atkı iplikleri ile dokunan kumaşların tek banyoda reaktif boyanabilirliği incelenmiştir. Sonuç olarak, reaktif boyama tek bir banyoda gerçekleştirildiğinde haslık değerlerinde olumsuz bir etki gözlemlenmemiştir [23].

Ecocell™ in dokuma kumaşlardaki performansını ve boyama özelliklerini değerlendirmek amacıyla çözgüde %100 Ecocell™ ring, atkıda ise %50 Ecocell™ %50 Pamuk ring iplikleri ile dokuma kumaşlar üretilmiş, açık ve koyu tonlarda boyanmıştır. Sonuçlar, Ecocell™’in, ithal edilen sürdürülebilir ve çevre dostu liflere bir alternatif olabileceğini göstermiştir [24]. Güler ve ark., tarafından yapılan çalışmada, Ecocell liflerinin; kenevir, pamuk, organik pamuk, recycle poliester, elastan gibi liflerle ikili ve üçlü karışımlar yapılması bunlardan örme kumaşların tasarlanması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen kumaşların fiziksel testler ve karakterizasyon çalışmaları sonrasında, selüloz bazlı biyolojik olarak parçalanabilir rejenere selüloz lif içeriğinden bir spor giyim koleksiyonu oluşturulacaktır [25]. Şen ve ark., Naia™ Renew, Tencel™ Lyocell ve Ecocell™ gibi üç yeni nesil rejenere selüloz elyaf türünden üretilen örme kumaşların haslık ve boyutsal stabilitesini incelemişler, bu yeni liflerin pamuğa uygun alternatifler olabileceğini vurgulamışlardır [26].

Bu çalışmada, Ecocell™ lyocell liflerinden farklı eğirme sistemleri (ring kompakt, open-end rotor ve vortex) ile ipliklerin üretilmesi ve bu ipliklerle örülen kumaşların özelliklerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen bulguların, yerli hammadde ile sürdürülebilir iplik ve kumaş üretimi konusunda hem literatüre katkı sunması hem de üretici firmalara sistem seçimi ve ürün geliştirme süreçlerinde bilimsel dayanak sağlaması beklenmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında hammadde olarak Türkiye’de Kara Holding tarafından üretilen %100 lyocell lifleri (Ecocell™) kullanılmıştır. Ecocell™ lyocell liflerinin inceliği 1,3 dtex, uzunluğu 38 mm, kopma uzaması %11,23 ve kopma mukavemeti 41,52 cN/tex dir.

2.2. Metot

2.2.1. İplik Üretimi

Çalışma kapsamında Ecocell™ lifleri 3 farklı eğirme sisteminde çalışılarak Ne 28/1 iplikler üretilmiştir. İpliklerinin üretim parametreleri aşağıda verilmektedir [27].

Çizelge 2. Ring kompakt iplik üretim parametreleri

Üretim aşaması	Makinenin markası-modeli	Makine çıktısı
Tarak	Trützschler TC 07	Şerit- Ne 0,12
1.Pasaj Cer	Trützschler TD 02	Şerit- Ne 0,14
2.Pasaj Cer	Trützschler TD 02	Şerit- Ne 0,16
3.Pasaj Cer	Trützschler TD 03	Şerit- Ne 0,17
Fital	Saurer Zinser 668	Fital- Ne 0,9
	Saurer Zinser 351	
Ring kompakt iplik makinesi	Kopça türü	C 1 Bracker
	Kopça No	4.0
	Büküm (tur/m)	750
	İğ devri (devir/dk)	16.000
Bobinleme	Schlafhorst Autoconer 338	İplik- Ne 28

Çizelge 3. Open-end rotor iplik üretim parametreleri

Üretim aşaması	Makinenin markası-modeli	Makine çıktısı
Tarak	Trützschler DK 903	Şerit- Ne 0,12
1.Pasaj Cer	Trützschler HSR 1000	Şerit- Ne 0,13
2.Pasaj Cer	Trützschler HSR 1000	Şerit- Ne 0,14
	Oerlikon Schlafhorst 360	
Open-end rotor iplik makinesi	Rotor Tipi T-536	
	Rotor Devri (devir/dk.) 110.000	
	Açıcı devri (devir/dk.) 8600	
	Açıcı Tipi S21	
	Büküm (tur/m) 820	İplik- Ne 28

Çizelge 4. Vorteks (MVS) iplik üretim parametreleri

Üretim aşaması	Makinenin markası-modeli	Makine çıktısı
Tarak	Trützschler TC07	Şerit- Ne 0,12
1.Pasaj Cer	Trützschler HSR 1000	Şerit- Ne 0,14
2.Pasaj Cer	Trützschler HSR 1000	Şerit- Ne 0,14
3.Pasaj Cer	Trützschler HSR 1000	Şerit- Ne 0,16
	Vorteks Murata III 870	
Vorteks iplik eğirme makinesi	Besleme oranı 0,98	
	Sarım açısı 15	
	Toplam çekim 175	
	Nozul tipi Orient	
	İğ çapı 1,3 mm	
	Eğirme basıncı 0,55 MPa	
	Take-up oranı 0,995	İplik- Ne 28

2.2.2. Kumaş Üretimi

Ring kompakt, OE-rotor ve vorteks eğirme sistemleri ile Ne 28/1 olarak eğrilmiş olan lyocell iplikleri, yuvarlak örgü makinasında ilmek iplik uzunlukları 2,9 mm olacak şekilde örülmüştür. Makine parametreleri Çizelge 5’de verilmektedir [27].

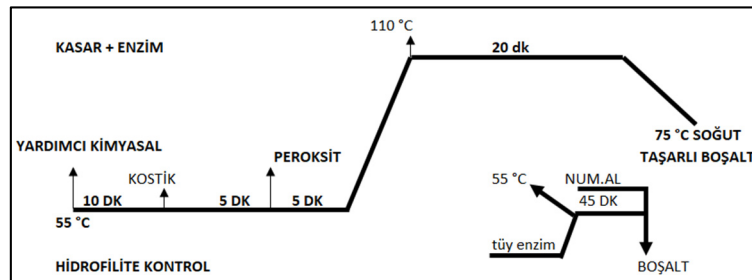
Çizelge 5. Örne makine parametreleri

Makine tipi ve modeli	Pailung
Makine devri (d/dk.)	20
Makine inceliği (E)	28
Makine çapı (pus) (inç)	32
İğne sayısı	2813
Sistem sayısı	96

Ham kumaş numuneleri, açık-orta-koyu tonlarda boyanmak üzere üçer parçaya ayrılmıştır. Boyama işlemlerinde ilk işlem olarak açık ve orta renkler için kasar işlemi uygulanmıştır. Çizelge 6’da kullanılan kimyasallar ve oranları, Şekil 2’de ise kasar grafiği verilmiştir [27].

Çizelge 6. Kasar işlemlerinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Kimyasal adı	Oran	Miktar (g)
Infawet Nfo (Islatıcı)	0,8 g/L	792
Lubsol Psa conic (İyon tutucu)	1,5 g/L	1485
Lubcell oli pow (Kırık önleyici)	0,5 g/L	495
Sıvı kostik (Alkali)	3 g/L	2970
Akbleach Cba (Hidrojen peroksit)	2,5 g/L	2475

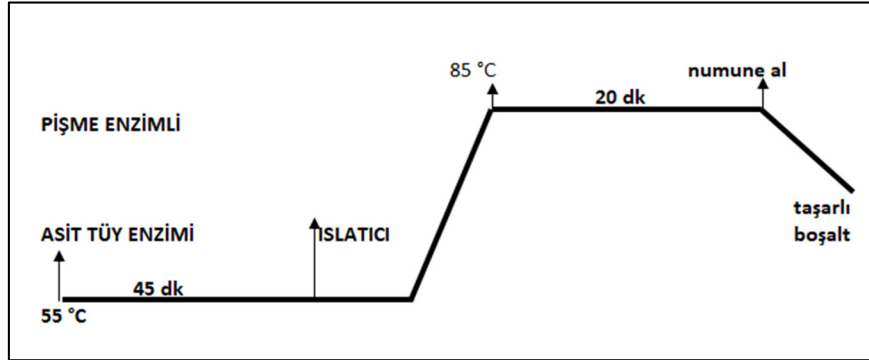


Şekil 2. Kasar ve enzim grafiği

Koyu renklerde pişirme enzimli ön işlem uygulanmıştır. Kumaş yüzeyini kasar yapmadan temizleyerek yüzeydeki parafin, yağ ve çepel gibi emilimi zorlaştıran materyalleri temizleme işlemidir. Bu ön işlemde kullanılan kimyasallar Çizelge 7’ de, grafik ise Şekil 3’ de verilmiştir [27].

Çizelge 7. Pişirme enzimli işlemde kullanılan kimyasallar

Kimyasal adı	Oran	Miktar (g)
Formik asit (%85)	0,21 g/L	218,4
Azmcell 3062	0,05 %	40
İnfawet Nfo	1,5 g/L	1560
Lubsol Psa conic	1,5 g/L	1560
Lubcell oli pow (Kırık önleyici)	0,5 g/L	520

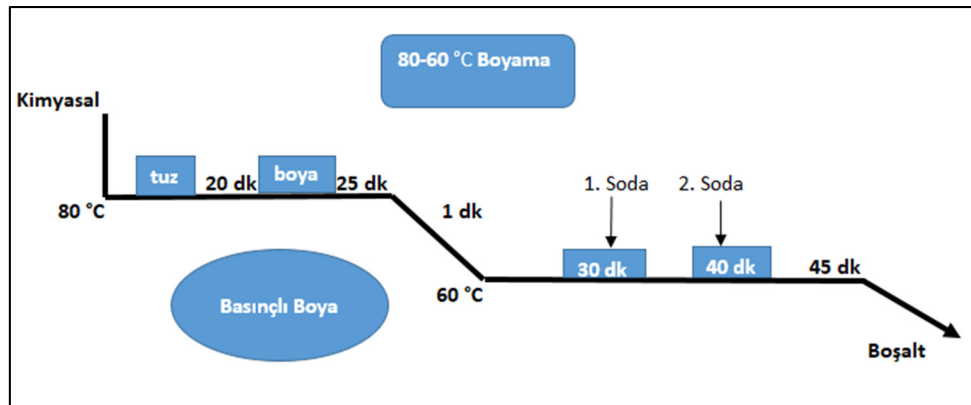


Şekil 3. Pişme grafiği

Kasar ve pişme işlemlerinden hemen sonra HT boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyamalarda kullanılan kimyasallar ve boyalar Çizelge 8’ de verilmiştir. Ayrıca boyama grafiği de Şekil 4’ de gösterilmiştir. Kumaşlara uygulanan ard işlemler ve kullanılan kimyasallar ise Çizelge 9 ve Şekil 5’de verilmiştir [27].

Çizelge 8. Boyama işleminde kullanılan kimyasallar ve oranları

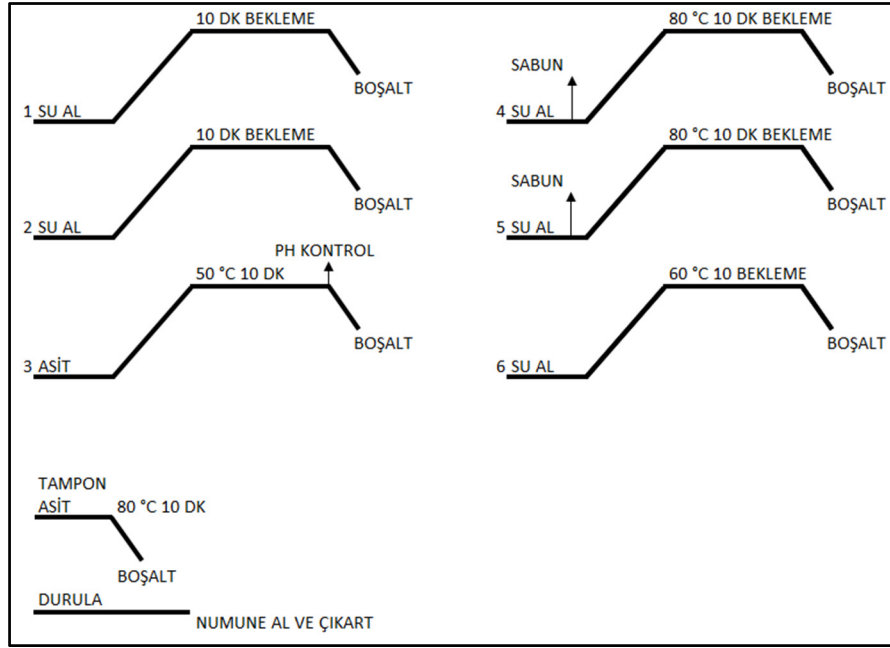
Boyarmadde ve kimyasallar	Boyama şiddeti					
	Açık		Orta		Koyu	
	Oran	Miktar (g)	Oran	Miktar (g)	Oran	Miktar (g)
Polynol BSL 50 (Egalizatör)	1 g/L	990	1 g/L	4.013,49	1 g/L	1040
Tuz (sertlik 7)	120 g/L	118.800	135 g/L	541.821,15	300 g/L	312.000
SINARCION Yellow BF4R	0,95 %	855	-	-	-	-
BFIX Yellow MERL	-	-	-	-	1,3 %	1040
SINARCION Red BF2B	0,3 %	270	1,9 %	9.299,55	0,3 %	240
SINARCION Blue BFRF	0,48 %	432	0,51 %	2496,2	1,8 %	1440
Bizol Black CNN	-	-	-	-	8 %	6400
Soda	2 g/L	1980	2 g/L	8.026,98	2 g/L	2080
Segalkaly SMP100	6 g/L	5940	6,3 g/L	25.284,99	8,4 g/L	8736



Şekil 4. Boyama grafiği

Çizelge 9. Ard işlemlerde kullanılan kimyasallar

Yıkamada kullanılan kimyasallar	Oran	Verilen miktar (g)
Formik Asit	0,9 g/L	936
Akrıdol SK	1 g/L	1040
Sequest SSD 1000	0,5 %	520
Akrıdol SK	1 g/L	1040
Sequest SSD 1000	0,5 g/L	520
Yumuşatma reçetesi		
Econutra NAU (asit)	0,5 g/L	520



Şekil 5. Yıkama grafikleri

Boyama işlemi biten kumaşlara, ramöz ve sanfor işlemleri uygulanmış, mamul kumaşlar elde edilmiştir.

2.2.3. İplik ve Kumaş Testleri

İplik Testleri

Üretilen ipliklerin düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülüğü “TS 2394 ISO 2649: 2008, Yün şerit, fitil ve ipliklerde kısa devreli doğrusal yoğunluk düzgünsüzlüklerinin elektronik düzgünsüzlük ölçme cihazı ile saptanması” standardına göre belirlenmiştir. Testler Uster Tester 5 cihazında (UT5), test hızı 400 metre/dakika ve test süresi 1 dakika olarak uygulanmıştır.

Üretilen ipliklerin iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri “TS EN ISO 2062: 2014 Tekstil-Paketlerden alınan iplikler-Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini” standardına göre Uster Tensorapid 4 Mukavemet Test Cihazında yapılmıştır.

Kumaş Yapısal Özelliklerinin Ölçümü

Kumaş yapısal özelliklerinin analizi için ilmek iplik uzunluğu testi, gramaj ve sıklık testleri yapılmıştır. İlmek iplik uzunluğu ve sıklık ölçümleri “TS EN 14970: 2006 Tekstil- Örülmüş kumaş- Tek iplikli örme kumaşlarda örgü ilmeği ve iplik doğrusal yoğunluğunun tayini” standardına göre yapılmıştır. Kumaş numunelerinin gramajları “TS EN 12127: 1999 Tekstil – Kumaşlar- Küçük numuneler kullanarak birim alan başına kütlenin tayini” standardına göre yapılmıştır.

Renk Ölçümü

Numunelerin renk ölçümü ve referansa göre renk farklarının belirlenmesi, Datacolor Spektrofotometre Renk Ölçüm Cihazı ve ColorExperience v.2014.1.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometreler renk analizinde, X, Y, Z olarak bilinen tristimulus değerlerinden yararlanılarak L^* , a^* ve b^* olmak üzere üç temel renk koordinatı hesaplanır. Bu renk sisteminde iki renk arasındaki renk farklılıkları, ΔE ile ifade edilir, Kumaş boyamalarında, yüzeyde tutulan boyarmadde miktarını yani renk şiddetini sayısal olarak değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntem Kubelka–Munk (K/S) bağıntısıdır. K/S değeri, boyalı bir kumaşın koyuluk derecesinin hesaplanmasında temel bir ölçüt olarak kullanılmaktadır [28].

Haslık Testleri

Boyalı kumaş numunelerinin yıkama haslıkları “TS EN ISO 105-C06: 2012, Tekstil - Renk haslığı deneyleri - Bölüm C06: Evsel ve ticarî yıkamaya karşı renk haslığı” standardına göre James H.Heal marka Gyrowash cihazında A1M metodu ile yapılmıştır. Boyalı kumaş numunelerinin sürtünme etkisine karşı renk haslıkları “TS EN ISO 105-X12: 2016, Tekstil - Renk haslığı deneyleri - Bölüm X12: Sürtmeye karşı renk haslığı tayini” standardına göre Prowhite Crockmeter sürtme haslığı test cihazı ile yapılmıştır. Haslık testlerinin sonuçları gri skala ile 1 ile 5 arasında değerlendirilmiştir.

Patlama Mukavemeti

Patlama mukavemeti testi TS EN ISO 13938-2: 2003 standardına göre James Heal marka patlama mukavemeti test cihazı kullanılarak yapılmıştır. Diyafram yöntemiyle gerçekleştirilen patlama mukavemeti testinde, test başlığı 7,3 cm² olarak kullanılmıştır.

May Dönmesi Testi

Örme kumaşlarda esnekliği sağlayan ilmeklerin dik konumdan sapmasıyla ortaya çıkan yapı bozukluğu may dönmesi olarak tanımlanır. İlmeklerin ilk durumlarına göre gösterdiği açı farklılığı, may dönmesinin θ değeri olarak ifade edilir. Oluşan θ açısının 5°'nin altında olması, genel olarak kabul edilebilir sınırlar içinde değerlendirilir [29]. Dönme açısı 5°'den büyük ise dönme önemli boyuttadır [30]. May dönmesi testi, giysi örnekleme metoduna dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. TS EN ISO 5077:2012 standardına uygun şekilde hazırlanan kumaş numuneleri, yıkama ve kurutma işlemleri sonrasında yan dikişlerde meydana gelen dönme davranışı esas alınarak incelenmiştir. Numuneler, açık en veya tüp form kumaşlardan kenarlardan en az 15 cm içerden olacak şekilde 50 × 50 cm boyutlarında kesilmiş; ilmek çubuk (boy) yönünde iki kenarı ve ilmek sırası (en) yönünde bir kenarı overlok dikişi ile birleştirilerek alt kısmı açık bırakılmış ve çanta formuna getirilmiştir. Yıkama işlemleri ev tipi çamaşır makinesinde 40 °C'de, kurutma işlemleri ise tumbler kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Yıkama ve kurutma işlemleri, kumaşlarda relaksasyonun sağlandığından emin olunana kadar tekrarlanmış ve numuneler ölçüm öncesinde standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmıştır. May dönmesi değeri, numune üzerinde sağ ve sol kenarlarda ölçülen dönme miktarlarının ortalamasının, yıkama sonrası kumaş boyuna oranlanmasıyla yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

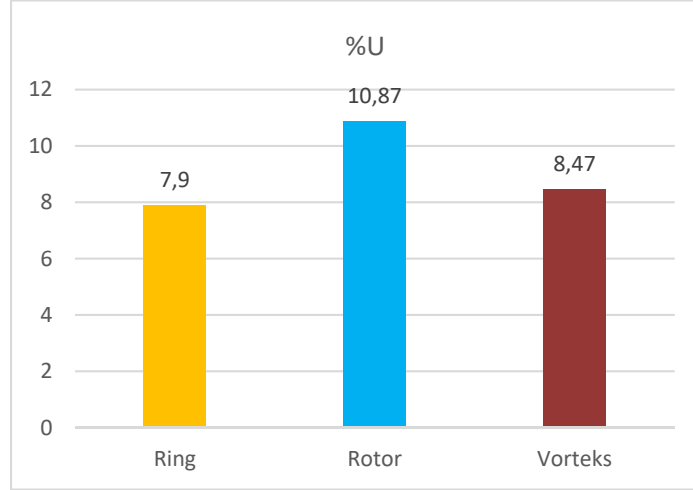
Boncuklanma Testi

Gevşek liflerin oluşturduğu ve kumaş yüzeyinde görülen lif dolaşıklıkları boncuk olarak adlandırılmaktadır. Boncuklanma, kumaşın kumaşa, başka kumaşlara ve hatta deri ile sürtünmesi sonucunda ipliklerden kumaş yüzeyine lif göçü olmasıyla gerçekleşmektedir. Kumaşların boncuklanma dayanımı, “TS EN ISO 12945-2: 2002 Tekstil - Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini, Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale metodu” standardına göre James Heal Martindale aşınma ve boncuklanma test cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Testte 125, 500, 1000, 2000 ve 4000 devir sonunda üst deney parçaları, karanlık odada ışık kabini içinde D65 gün ışığı altında 45° lik açıyla yerleştirilmiş platform üzerine konarak EMPA standart K3 serisi standart fotoğraflar ve orijinal numune ile kıyaslanarak boncuklanma düzeyleri gözle subjektif olarak değerlendirilip, 1-5 arasında derecelendirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. İplik Test Sonuçları

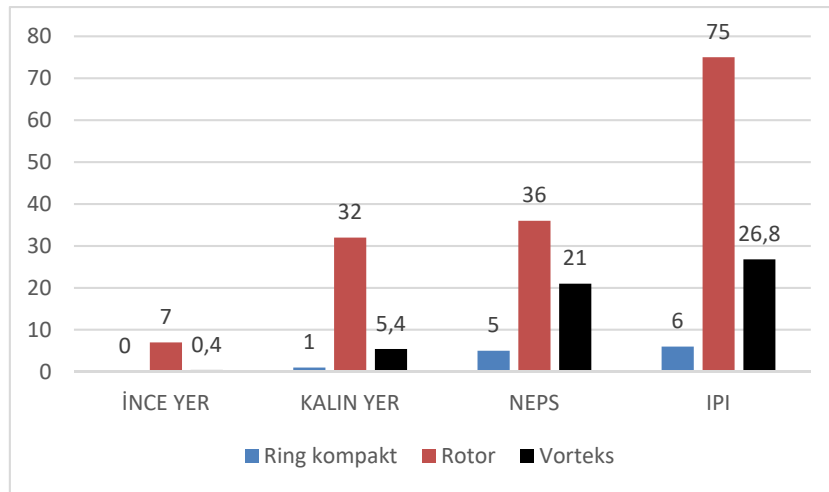
Çalışma kapsamında kullanılan Ecocell™ lyocell liflerinden üç farklı eğirme metodu ile üretilen her iplik tipinden Uster Tester 5 cihazında 5'er ölçüm yapılmış, ortalamaları alınarak grafikler oluşturulmuştur. Üretilen ipliklerin ortalama düzgünsüzlük değerleri Şekil 6'da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 6. İplik düzgünsüzlüğü (%U)

Ring kompakt iplik ile vorteks iplik yakın %U değerleri verirken, OE-rotor ipliklerin daha yüksek düzgünsüzlüğe sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, OE-rotor eğirme sisteminde liflerin daha kısa mesafede bükülmesi ve açılma işleminin agresifliği ile açıklanabilir [31]. Rameshkumar ve arkadaşları, %100 pamuk lifi ile üretilen Ne 30 ipliklerde, ring ipliklerinin en düşük düzgünsüzlük (U%) değerine, rotor ipliklerinin ise en yüksek değere sahip olduğunu bildirmiştir. Tüm eğirme sistemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada en düzgün iplikleri kompakt eğirme sisteminin ürettiği ifade edilmiştir [32]. Kompakt eğirmede eğirme üçgeninin yok edilmesi ile hemen hemen tüm liflerin iplik yapısına dahil olması, lif yerleşiminin diğer eğirme sistemlerine göre kontrollü ve daha düzgün olması bu sonucu doğurmaktadır. % 100 pamuk ve %100 viskon lifleri ile yürütülen bir diğer çalışmada ise OE-rotor ipliklerinin vorteks ipliklerinden daha yüksek düzgünsüzlük değerleri verdiği, bu durumun rotor iplik yapısındaki düzensiz lif yerleşiminden ve rotor ipliklerinin sargı (kayış) liflerinden kaynaklandığı belirtilmiştir [33].

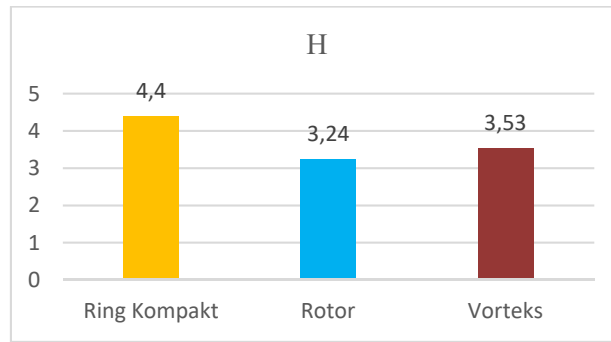
İplik hata indeksi (IPI), iplikteki ince (-50) ve kalın yerler (+50) ile birlikte toplam neps (+200) sayısının birleşimi ile ifade edilir [34, 35]. Çalışmada üretilen ipliklerin hata grafiği Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. İplik hataları

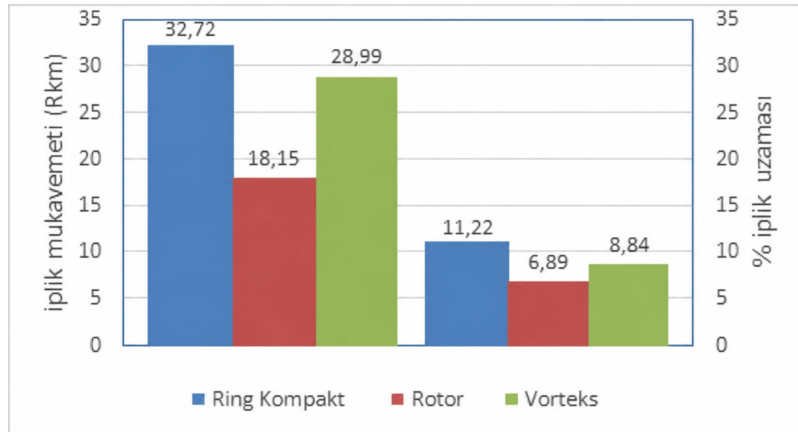
İplik hataları açısından eğirme sistemleri değerlendirildiğinde en yüksek IPI değerlerini rotor eğirme sistemi verirken en düşük IPI değerleri ring kompakt eğirme sistemi ile elde edilmiştir. % 100 pamuk ve %100 viskon lifleri ile yürütülen çalışmada da OE-rotor ipliklerinin vorteks ipliklerine kıyasla daha fazla iplik hatası içerdiği belirtilmiştir [33]. Bir diğer çalışmada pamuk/polyester karışımı rotor ipliklerindeki iplik hatalarının vorteks ipliklerden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir [36].

Üretilen ipliklerin ortalama tüylülük (H) değerleri Şekil 8’de grafik olarak verilmiştir. Eğirme sistemlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada en düşük iplik tüylülüğü rotor ipliklerde görülürken onu vorteks iplikleri izlemiş ve en yüksek tüylülük ring kompakt ipliklerde ölçülmüştür. Kılıç ve arkadaşları genel olarak, tüylülük özellikleri bakımından en iyi iplikleri vorteks eğirme sisteminin verdiğini, bunu rotor eğirme sisteminin takip ettiğini belirtmişlerdir [32]. Çalışmaların bir kısmında ise tüylülük açısından vorteks iplikleri ile rotor iplikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı ifade edilmiştir [37]. Tüylülük açısından bir sıralama yapıldığında en iyi vorteks, sonra rotor, daha sonra kompakt ve en son ring iplikleri gelmiştir [32]. Bu çalışmanın tüylülük sonuçları literatürle uyumlu çıkmıştır. OE-rotor ve vorteks eğirme sistemlerinde yer alan sargı liflerinin tüylülük üzerinde olumlu etki yarattığı söylenebilir.



Şekil 8. İplik tüylülüğü (H)

Çalışma kapsamında üç farklı eğirme metodu ile üretilen her iplik tipinden Uster Tensorapid cihazında 5’er ölçüm yapılmış, ortalama mukavemet ve uzama değerleri Şekil 9’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 9. İplik mukavemeti ve uzaması

Ring kompakt sistemde elde edilen ortalama mukavemet değeri 32,72 cN/tex ile en yüksek seviyede iken vorteks ipliklerde 28,99 cN/tex, rotor ipliklerde ise 18,15 cN/tex olarak ölçülmüştür [27]. Genel olarak birçok çalışmada en mukavemetli iplikler ring, daha sonra vorteks ve en son rotor iplikleri olarak sıralanmaktadır [31, 33, 36]. Ring iplik eğirmenin prensibi gereği yüksek lif paralellliği ve dıştan içe doğru büküm ile liflerin içten dışa göçü neticesinde iplik içerisinde çok güçlü kohezyon yüksek iplik mukavemetini vermektedir. OE-rotor ipliği, oldukça düzensiz bir büküm yapısına sahiptir. Merkezde paralel olarak düzenlenmiş lifler ile paralel liflerin etrafını saran liflerden oluşur. Lif göçü nispeten zayıf ve kohezyon düşüktür. Bu durum iplik mukavemetinin düşük olması sonucunu doğurur. Vorteks ipliklerde ise ipliğin merkezindeki paralel lifler arasında zayıf kohezyon nedeniyle mukavemet değerleri ring ipliklere göre daha düşüktür. Tüm eğirme sistemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada en yüksek mukavemet

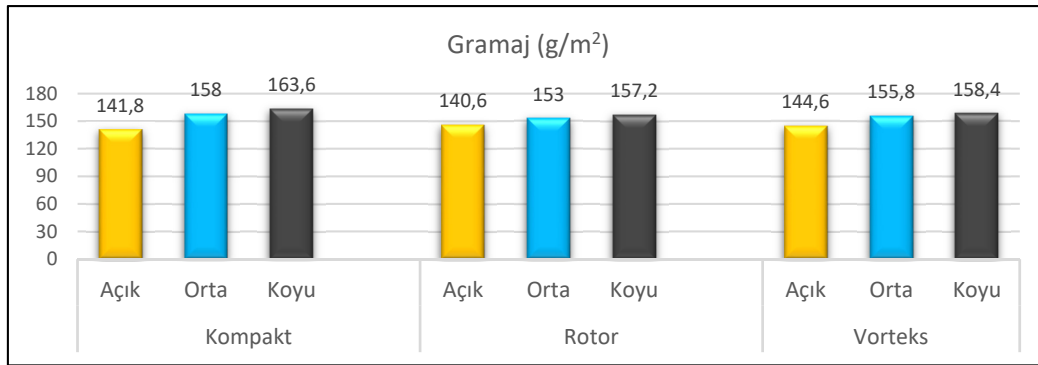
değerinden en düşüğe göre iplikler sıralandığında kompakt iplikler, ring iplikleri, vorteks iplikler ve en son rotor iplikleri gelmektedir [32]. İplik kopma uzaması sonuçları değerlendirildiğinde, mukavemet sonuçları ile benzer eğilim görülmüştür.

3.2. Kumaş Test Sonuçları

Kumaşların ölçülen yapısal özelliklerinin ortalama değerleri Çizelge 10'da ve ortalama kumaş gramajları ise grafik olarak Şekil 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Kumaş yapısal özellikleri

Eğirme sistemi	Boyama şiddeti	İlmek sıra sıklığı cpc (sıra/cm)	İlmek çubuk sıklığı wpc (çubuk/cm)	İlmek yoğunluğu/cm ²	İlmek iplik uzunluğu (mm)
Ring kompakt	Açık	20,4	15,17	309,5	2,86
	Orta	20,72	14,94	309,6	2,87
	Koyu	20,92	14,39	294,8	2,83
Rotor	Açık	21,73	12,89	280,1	2,71
	Orta	21,88	13,72	300,2	2,88
	Koyu	20,03	13,89	278,2	2,88
Vorteks	Açık	20,53	13,89	285,2	2,87
	Orta	20,23	14,11	285,4	2,87
	Koyu	20,2	14,89	300,8	2,88



Şekil 10. Mamul kumaşların gramajı

Farklı eğirme sistemleri ile üretilen Ne 28/1 Ecocell ipliklerinden üretilen boyalı örmeye kumaşların gramaj sonuçları incelendiğinde, tüm iplikler için açıktan koyuya doğru gidildikçe kumaş gramajının arttığı görülmüştür. Koyu renklerde boyarmadde miktarı arttığı için bu beklenen bir durumdur. Açık, orta ve koyu renkler için rotor iplikleri ile örülen kumaşlar en düşük gramaj değerlerini göstermiştir. Bu durum rotor ipliklerinin hacimli yapısı nedeniyle sıklıkların daha düşük oluşu ile açıklanabilir. Diğer yandan açık renk boyamada en yüksek gramaj vorteks ipliklerde görülürken orta ve koyu renklerde ise kompakt ipliklerden örülmüş kumaşların gramajları en yüksek çıkmıştır.

Yapılan bir çalışmada, ring, rotor ve vortex sistemleriyle eğrilmiş Ne 30/1 pamuk ipliklerinden üretilmiş tek plakalı örmeye kumaşlarda aynı ilmek uzunluğu kullanılmasına rağmen, gramajda iplik tipine göre farklılıklar gözlemlenmiştir: ring kumaş 147.6 g/m², rotor 145.6 g/m², vortex ise 148.4 g/m² gramaj göstermiştir. Bu farklılıkların ipliğin yapısal özelliklerinden ve eğirme sisteminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ring iplikler, daha sıkı bir örgü yapısı oluşturmaya eğilimlidir [31]. Rotor iplikleri ise hacimli yapısı nedeniyle daha gevşek bir yapı sergileyebilir. Vorteks ipliklerinin ise lif yerleşiminin düzgünlüğü sayesinde kontrollü ama görece sert bir yapı sunduğu belirtilmiştir [31].

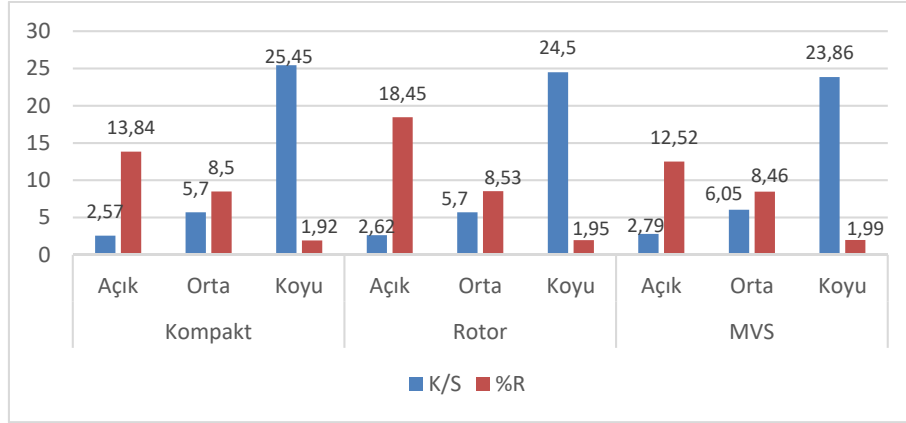
3.2.1. Renk Ölçümü Sonuçları

Boyama işlemi sonrasında kumaşların renk özellikleri spektrofotometre ile CIELAB renk uzayında analiz edilmiştir. Bu analizler, farklı eğirme sistemleriyle üretilen kumaşların boyarmadde tutumu ve renk derinliği üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucunda elde edilen

L*, a*, b*, C* ve h° değerleri Çizelge 11’de sunulmuştur. Ayrıca, boyamalarda rengin maksimum absorpsiyonun gerçekleştiği dalga boylarında ölçülen renk kuvveti (K/S) ile yansıtma (%R) değerleri grafik olarak Şekil 11’de verilmiştir.

Çizelge 11. Kumaşların renk değerleri

Eğirme sistemi		CIELAB renk değerleri				
		L*	a*	b*	C*	h°
Kompakt	Açık	54,45	5,62	7,65	9,49	53,71
	Orta	23,75	27,9	-12,54	30,59	335,79
	Koyu	13,26	0,5	-2,5	2,55	281,42
Rotor	Açık	54,11	5,62	7,69	9,53	53,91
	Orta	23,66	28,29	-12,58	31,02	336,02
	Koyu	13,29	0,58	2,56	2,56	281,78
Vorteks	Açık	55,53	5,63	7,68	9,53	53,74
	Orta	23,85	27,97	12,56	30,69	336,02
	Koyu	13,33	0	2,55	2,55	281,53



Şekil 11. K/S ve %R değerleri

K/S değerlerinin yüksek olması, boya alımının artması ve daha koyu renklerin elde edilmesi anlamına gelmektedir. Beklenildiği üzere tüm eğirme sistemleri için açıktan koyuya doğru gidildikçe K/S değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir [27]. Bu durum, artan boya konsantrasyonunun kumaş yapısı tarafından daha fazla absorbe edilmesiyle ilişkilendirilmektedir. Açık ve orta renk gruplarında, özellikle vorteks ipliklerinden elde edilen kumaşların K/S değerlerinin diğer eğirme sistemlerine göre bir miktar daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, vorteks iplik yapısının boya-lif etkileşimini destekleyen yapısal özellikleriyle ilişkilendirilebilmektedir. Koyu renk grubunda ise ring kompakt ipliklerinden elde edilen kumaşların K/S değerlerinin öne çıktığı ve daha koyu ve doygun renklerin elde edildiği görülmüştür. Bu sonuç, kompakt eğirme sistemiyle üretilen ipliklerin daha düzenli ve sıkı yapısının boya alımını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Rotor ipliklerinden elde edilen kumaşlarda ise K/S değerlerinin özellikle koyu renk grubunda diğer eğirme sistemlerine kıyasla daha düşük seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir. Haris ve arkadaşları, %100 modal ve mikromodal liflerle eğrilmiş ring, OE-rotor ve air-jet iplikleri karşılaştırdıkları çalışmalarında, ring ipliklerin düzgün yüzey yapıları sayesinde boya dağılımının daha homojen gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, rotor ipliklerin ise düşük mukavemet ve yüksek düzgünsüzlük değerlerine sahip olduğu, liflerin yapısal dağınıklığı nedeniyle boya alma performansı değerlerinde zayıf kaldıkları rapor edilmiştir [38].

Örtlek ve arkadaşları; vortex, ring ve OE- rotor ipliklerinden örülen viskon kumaşlarda gerçekleştirdikleri çalışmalarında, vortex ipliklerden üretilen kumaşların K/S değerlerinin ring ve rotor iplikli kumaşlara kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu durum, vortex ipliklerin daha pürüzsüz yüzey yapısı nedeniyle boyayı daha fazla yansıttığı (%R değerinin yüksek olması) bulgularıyla desteklenmiştir [39]. Bu çalışmada da benzer şekilde, vortex ipliklerden üretilen kumaşların koyu tonlarda daha düşük K/S ve daha yüksek %R değerlerine sahip olduğu saptanmış ve bu durum literatürle uyumlu bulunmuştur. K/S değerleri ile ters orantılı olarak, yansıtma oranlarının (%R) koyu renklerde azaldığı, açık renklerde ise arttığı

belirlenmiştir. Açık renkli kumaşlarda daha yüksek %R değerlerinin elde edilmesi, ışığın kumaş yüzeyinden daha fazla yansımaya ilişkinleştirilirken; koyu tonlarda düşük %R değerleri, boyarmaddenin lif yapısı içerisinde daha fazla absorbe edildiğini ortaya koymaktadır.

Farklı eğirme sistemleriyle üretilen ipliklerden örülmüş ve farklı tonlarda boyanmış kumaşların renk farkı (ΔE) değerleri değerlendirilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 12’de sunulmuştur. Bu analizde, referans kumaş kompakt iplikle örülmüş kumaş olarak seçilmiş ve diğer kumaşların referans renge olan yakınlığı/uzaklığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 12. Renk farkları (ΔE 1976)

Referans (standart)	Numune	Boyama şiddeti	Renk farkı (ΔE 1976)	Sonuç	Açıklamalar
Kompakt	Rotor	Açık	0,89	Geçti	Daha açık, daha yeşil, daha sarı
	Vorteks	Açık	0,99	Geçti	Daha koyu, daha kırmızı, daha sarı
Kompakt	Rotor	Orta	0,77	Geçti	Daha açık, daha kırmızı, daha mavi
	Vorteks	Orta	0,36	Geçti	Daha koyu, daha kırmızı, daha mavi
Kompakt	Rotor	Koyu	0,43	Geçti	Daha açık, daha yeşil, daha mavi
	Vorteks	Koyu	0,61	Geçti	Daha açık, daha mavi, daha yeşil

Tekstil uygulamalarında renk farkının kabul edilip edilmeyeceği, genellikle üretici ve müşteri arasındaki mutabakata bağlıdır; çoğu durumda nihai karar merci müşteridir. Uygulamada ΔE değerinin 1’in altında olması durumunda renk farkının kabul edilebilir düzeyde olduğu ifade edilir. Bilimsel araştırmalarda ise daha sıkı bir ölçüt kullanılmakta, ΔE ’nin 0,5–0,6 aralığını aşmaması halinde renk farkının olmadığı varsayılmaktadır [40]. Çizelgedeki verilere göre tüm ΔE değerlerinin 1’in altında olduğu ve “Geçti” olarak değerlendirildiği görülmüştür. Özellikle açık tonlarda ΔE değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmektedir.

Kompakt iplikle örülmüş kumaş referans alındığında, rotor iplikle örülen kumaşların daha açık renk gösterdiği, vorteks iplikli kumaşların ise daha koyu kaldığı görülmektedir. Bu bulgular, eğirme sisteminin iplik yapısına bağlı olarak kumaşların boyarmadde tutumu ve renk oluşumu üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir.

3.2.2. Haslık Testi Sonuçları

Yıkama haslığı testinde refekat bezlerine akan boya miktarı gri skala kullanılarak değerlendirilmiştir. Çizelge 13’de yıkama haslığı testi sonuçları görülmektedir.

Çizelge 13. Yıkama haslığı testi sonuçları

Eğirme sistemi		Yıkama haslığı sonuçları					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Polyester	Akrilik	Yün
Kompakt	Açık	4/5	4	3	4	4/5	5
	Orta	4	4	3	3	4	4
	Koyu	3	3	2/3	3	3	3
Rotor	Açık	4	4	3	3	3	4
	Orta	3	3	2/3	2/3	3	3
	Koyu	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	3
MVS	Açık	5	4	4	4	4	5
	Orta	4	3	3	3	3	4/5
	Koyu	3	3	3	3	3	3

Yıkama haslığı sonuçları incelendiğinde genel olarak ring kompakt ve vorteks ipliklerden üretilen kumaşların haslık değerlerinin yarım puan ile 1 puan arasında daha iyi olduğu söylenebilir. Ring kompakt ve vorteks ipliklerinin rotor ipliğinden daha düzgün olmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir.

Kumaşların kuru ve yaş sürtme testleri yapıldıktan sonra gri skala ile değerlendirilmiş, kumaştaki refekat bezine ne kadar boya aktığı tespit edilmiştir. Çizelge 14’de sürtme haslıkları test sonuçları görülebilmektedir.

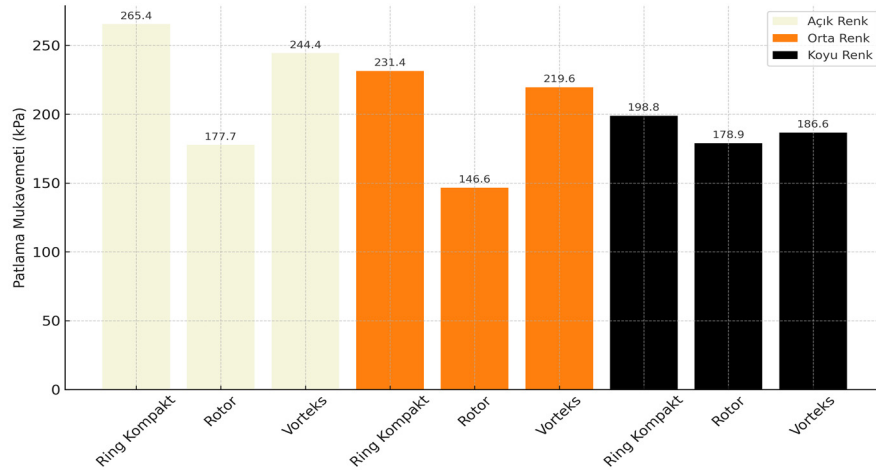
Çizelge 14. Sürtme haslığı testi sonuçları

Eğirme sistemi		Sürtme testi sonuçları	
		Yaş sürtme haslığı	Kuru sürtme haslığı
Kompakt	Açık	4/5	5
	Orta	3	2/3
	Koyu	2/3	3
Rotor	Açık	4/5	5
	Orta	2/3	2/3
	Koyu	2/3	3
MVS	Açık	4/5	5
	Orta	2/3	3
	Koyu	2/3	3

Tüm iplik türleri için açık renk kumaşların yaş ve kuru sürtme haslıkları birbiri ile aynı ve iyi çıkmıştır. Boyama şiddeti arttıkça, orta ve koyu renklerde haslık değerlerinin kötüleştiği görülmektedir. Orta renk boyamalarda yaş sürtme haslığında ring kompakt, kuru sürtme haslığında ise vorteks iplikler yarım puan daha iyi sonuçlar vermiştir. Burada iplik eğirme sisteminden daha ziyade elyaf türü ve boyar madde etkili olmuştur. Boyar madde grubu tüm numuneler için sabit tutulduğunda haslık sonuçları benzer çıkmıştır.

3.2.3. Patlama Mukavemeti

Kumaşların patlama mukavemetini etkileyen başlıca faktörler; iplik cinsi (eğirme yöntemi), iplik numarası, iplik mukavemeti, kumaş sıklığı ve örgü tipidir. Kumaş numunelerinin ortalama patlama mukavemeti değerleri Şekil 12’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 12. Patlama mukavemeti

En yüksek patlama mukavemeti değeri, açık renkli kumaşlarda Ring kompakt iplik ile üretilmiş kumaşa ölçülmüştür (265,4 kPa). Bu değer, liflerin merkezde düzgün ve sıkı bir şekilde yerleşmesini sağlayan kompakt sistemin, kumaş mukavemetine olumlu katkı sunduğunu göstermektedir. Patlama mukavemeti sonuçları iplik mukavemeti sonuçları ile uyumludur. Rotor iplik sistemlerinde ise patlama mukavemeti değerlerinin diğer sistemlere kıyasla düşük kaldığı (örneğin orta renk 146,6 kPa) gözlenmiştir. Bu durum, rotor ipliklerdeki lif yerleşimindeki düzensizlik ve daha gevşek yapının kumaş bütünlüğünü olumsuz etkileyebileceği şeklinde yorumlanabilir. Koyu renkli kumaşlarda genel olarak patlama mukavemetlerinin daha düşük olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, koyu tonlarda yapılan boya uygulamalarının kumaş yapısındaki elastikiyeti azaltabileceğini veya iplik üzerindeki fiziksel yükü artırabileceğini düşündürmektedir.

Patlama mukavemetinde iplik mukavemetinin önemli olduğu bilinmektedir [41]. Şekil 12’ye göre açık, orta ve koyu renge boyanan kumaşların patlama mukavemetleri incelendiğinde en yüksek patlama mukavemeti ring kompakt ipliklerden örülmüş kumaşlarda görülürken onu vorteks ipliklerden örülmüş kumaşlar izlemiştir.

Rotor ipliklerden örülmüş kumaşların patlama mukavemeti ise en düşük olarak gözlenmiştir. Patlama mukavemeti sonuçları iplik mukavemeti sonuçları ile uyumlu çıkmıştır (Şekil 9). En yüksek patlama mukavemeti değerleri, tüm eğirme sistemleri için açık renk boyamalarda görülmüştür. Koyu renklerde mukavemetin düşüşü, kullanılan boyar madde ve kimyasalların artması ve böylece kumaşın daha çok zarar görmesi ile açıklanabilir. Şardağ çalışmasında terbiyede kullanılan kimyasalların kumaş mukavemetini düşürdüğünü vurgulamıştır [9]. Sonuç olarak farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin yapısı, lif yerleşimi ve dolayısıyla iplik mukavemeti farklılık göstermektedir ve buna bağlı olarak da patlama mukavemeti değerleri değişmektedir.

3.2.4. May Dönmesi

May dönmesini etkileyen faktörler, iplik bükülme eğilimi ve makine parametreleri olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Örgü makinesi kaynaklı faktörler; tek plaka makine, makine inceliği, makine dönüş yönü ve sistem sayısı parametreleri olup buna relakse (terbiye) işlemleri de dâhil edilmektedir. İplik bükülme eğilimi ise iplik büküm miktarı, ipliğin fiksaj durumu ve lif cinsine bağlıdır [42]. Çizelge 15’de dönme testi sonuçları verilmektedir.

Çizelge 15. Dönme testi sonuçları

Eğirme sistemi		Dönme oranı
Kompakt	Açık	%3 (sol)
	Orta	%0
	Koyu	%0
Rotor	Açık	%3 (sol)
	Orta	%2 (sol)
	Koyu	%2 (sol)
MVS	Açık	%0
	Orta	%0
	Koyu	%0

May dönmesi testi sonuçları incelendiğinde, vorteks (MVS) eğirme sistemiyle üretilen kumaşlarda tüm renk gruplarında may dönmesi gözlenmemiştir. Benzer şekilde, ring kompakt ipliklerden üretilen kumaşlarda orta ve koyu renk gruplarında herhangi bir dönme meydana gelmemiştir. Her iki eğirme sisteminde de liflerin daha dengeli yerleşmesi ve iplik yapısının daha sıkı ve kompakt, daha az hacimli olması, may dönmesi eğilimini azaltmaktadır. Ring kompakt eğirme yöntemiyle üretilen iplik, gerçek büküm ve yüksek eğirme gerilimi nedeniyle, benzer bir rotor ipliğine göre genellikle daha yüksek bir sıkılık, daha düşük hacim gösterir. Bu etkiler ise kumaşın may dönme derecesini azaltır [43].

Rotor iplikleriyle örülen kumaşların gramaj değerleri diğerlerine göre daha düşük çıkmıştır. Gramajın az oluşu kumaş yapısının daha gevşek olduğunu göstermektedir. Gevşek yapılı kumaşlarda ise ilmekler dönmeye daha meyillidir [29, 44]. Bu durum rotor iplikleriyle örülen kumaşlarda diğerlerine göre may dönmesinin daha fazla oluşunu açıklamaktadır. Ayrıca rotor ipliklerinin bükümü diğerlerinden bir miktar fazladır. Bu durum da rotor iplikleriyle örülen kumaşların diğerlerine göre daha yüksek may dönmesi göstermesine neden olmuştur. İplik bükümündeki artışın örme kumaşlardaki may dönmesini artırdığı bilinmektedir [29, 42].

Genel olarak değerlendirildiğinde, vorteks ve kompakt eğirme sistemleriyle üretilen ipliklerle örülen kumaşların may dönmesi açısından daha stabil bir yapı sunduğu; rotor eğirme sistemiyle üretilen kumaşlarda ise iplik yapısına bağlı olarak sınırlı düzeyde dönme eğiliminin olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, çalışma kapsamında elde edilen tüm may dönmesi değerlerinin, giysilerde yıkama sonrasında yan dikiş kayması açısından ticari kabul sınırları olarak belirtilen %5–8 aralığının belirgin şekilde altında kaldığı görülmüş; bu durum, incelenen kumaşların kullanım performansı açısından kabul edilebilir düzeyde may dönmesine sahip olduğunu ortaya koymuştur [44].

3.2.5. Boncuklanma Testi Sonuçları

Boncuklanma testleri Martindale cihazında 5 farklı devirde uygulanmış, sonuçlar Çizelge 16’da verilmiştir.

Çizelge 16. Martindale boncuklanma testi sonuçları

Eğirme sistemi		Boncuklanma devirleri				
		125	500	1000	2000	4000
Kompakt	Açık	4/5	4/5	3/4	3/4	5
	Orta	4/5	4/5	4/5	4/5	5
	Koyu	4/5	4/5	4/5	4/5	5
Rotor	Açık	4/5	4/5	4/5	4/5	5
	Orta	4/5	4/5	4/5	4/5	5
	Koyu	4/5	4/5	4/5	4/5	5
MVS	Açık	4/5	4/5	4/5	3/4	5
	Orta	4/5	4/5	4/5	4/5	5
	Koyu	4/5	4/5	4/5	4/5	5

Elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde, tüm eğirme sistemlerinde 4000 devirde tüm örneklerde boncuklanma direncinin yüksek seviyede (5) gerçekleştiği gözlenmiştir. Bu durum, kumaşların kullanım ömrü süresince yüzeyde önemli bir bozulma ya da tüylenme oluşmadığını ve iplik yapısının boncuklanmaya karşı yeterince dirençli olduğunu göstermektedir. Elyaf cinsi ve mukavemeti boncuklanma üzerinde oldukça etkilidir. Bu çalışmada elyaf cinsi sabit tutulduğundan iplik eğirme sistemleri boncuklanma üzerinde anlamlı etki göstermiştir.

4. SONUÇLAR

Sürdürülebilir ham maddelerin önem kazanmasıyla birlikte tekstilde yeni nesil rejenere selüloz liflerine olan ilgi de artmıştır. Ecocell™ ticari adı altında Türkiye'de üretilmeye başlanan sürdürülebilir lyocell lifleri, bu çalışmanın temelini oluşturmuştur. Ecocell™ liflerinin tekstil pazarındaki artan mevcudiyetine rağmen, tekstil yapılarındaki performansını araştıran bilimsel çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Literatürdeki sayılı çalışmada, Ecocell™ lifleri ring eğirme sisteminde kullanılmıştır. Bu çalışmada; Ecocell™ lifleri ile ring kompakt, OE-rotor ve MVS vorteks eğirme sistemlerinde Ne 28/1 iplikler üretilmiştir.

Ring kompakt iplikler, lif yerleşiminin daha kontrollü olması sayesinde en düşük düzgünsüzlük (%U) ve en az iplik hatası (IPI) değerlerini sergilemiştir. Buna karşın, open-end rotor iplikleri en yüksek düzgünsüzlük ve hata oranına sahip iplikler olarak belirlenmiştir. Tüylülük açısından ise en iyi sonuçlar OE-rotor ve vorteks sistemlerinde elde edilmiştir. En yüksek iplik mukavemeti ring kompakt eğirmede elde edilirken, bunu vorteks izlemiştir; en düşük mukavemet ise lif kohezyonunun zayıflığı nedeniyle rotor ipliklerde ölçülmüştür. Ecocell™ liflerinin farklı eğirme sistemlerinde gösterdiği davranış, diğer selüloz esaslı liflerle benzer olmuştur.

Tüm eğirme sistemlerinde renk farkı (ΔE) değerleri kabul edilebilir sınır olan 1'in altında çıkmıştır. Koyu renklerde ring kompakt iplikler daha yüksek boya alımı (K/S) gösterirken, vorteks ipliklerin pürüzsüz yapısı nedeniyle ışığı daha fazla yansıttığı ve koyu tonlarda K/S değerinin daha düşük kaldığı görülmüştür. Yıkama haslığı açısından ring kompakt ve vorteks iplikli kumaşlar, rotor iplikli kumaşlara göre yarım ile bir puan arasında daha iyi performans göstermiştir. Sürtme haslıklarında ise eğirme sisteminden ziyade lif türü ve boyarmaddenin belirleyici olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma, Ecocell™ lifinin sürdürülebilir bir hammadde olarak ithal muadillerine güçlü bir alternatif olduğunu ve kullanım amacına göre (yüksek mukavemet için ring kompakt, düşük tüylülük için vorteks/rotor gibi) uygun eğirme sisteminin seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, pamuğa göre su kullanımı ve karbon ayak izi açısından çok daha avantajlı olan Ecocell™ lifleri, özellikle iyi boncuklanma direnci ve düşük may dönüşümleri ile örme kumaşlarda pamuğa alternatif olabilecektir.

5. TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamında ipliklerin üretilmesini ve iplik testlerinin yapılması sağlayan Gaziantep Karafiber Tekstil San ve Tic.A.Ş.'ye ve özellikle Ar-Ge Müdürü Sn.Tülin Kaya Nacarkahya'ya; ipliklerin örülmesi ve mamul kumaş haline getirilmesi aşamasındaki katkılarından dolayı Şanlıurfa Aydınli Moda Tekstil yönetimine; kumaş testlerinin gerçekleştirilmesinde verdikleri destek için Şanlıurfa Rubenis Entegre Tesisleri'ne teşekkürlerimizi sunarız.

6. KAYNAKLAR

1. Dhir, Y.J. (2022). *Natural fibers: the sustainable alternatives for textile and non-textile applications*. In Natural Fiber. IntechOpen.
2. Başer, İ. (1992). *Elyaf bilgisi*. Marmara Üniversitesi Yayın No: 524.
3. Dayıoğlu, H. ve Karakaş, H. (2007). *Elyaf bilgisi*. Teknik Fuarçılık Yayınları. ISBN:978-975-01610-1-8.
4. Mangut, M. ve Karahan, N. (2008). *Tekstil lifleri*. Ekin Yayınevi. ISBN: 975-8768-63-0.
5. Pearson, L., Watkins, S. & Frankham, S. (1997). Progress in piece dyeing and finishing of tencel fabrics, *Melliand International*, 3, 149.
6. Shen, L., Worrell, E. & Patel, M. K. (2010). Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres. *Resources. Conservation and Recycling*, 55(2), 260-274.
7. Jiang, X., Bai, Y., Chen, X. & Liu, W. (2020). A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(1), 16-25.
8. Özbağcı, Ö. (2008). Pamuk ve bazı rejenere selüloz esaslı süprem örgü kumaşların fiziksel ve boyutsal özellikleri. *Yüksek lisans tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
9. Şardağ, S. (2018). Yeni rejenere selülozik lifinden oluşan örmeye kumaşların yıkama sonrası kullanım davranışlarının incelenmesi. *SETSCI Conference Indexing System*, 3, 454-459.
10. Devrim, G. (2019). Farklı liflerden üretilmiş kumaşların kullanım ve biyobozunurluk performansının incelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
11. Farha, F.I., Farhana Iqbal, S.M. & Arif Mahmud, M. (2019). Compositional and structural influence on some weft-knitted fabrics comprised of cotton and lyocell yarn. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series E*, 100(1), 11-19.
12. Basit, A., Latif, W., Ashraf, M., Rehman, A., Iqbal, K., Maqsood, H.S., ... & Baig, S.A. (2019). Comparison of mechanical and thermal comfort properties of tencel blended with regenerated fibers and cotton woven fabrics. *Autex Research Journal*, 19(1), 80-85.
13. Akbulut, M., Kadem, F.D. ve Oğulata, R.T. (2023). Tencel kumaşa uygulanan farklı boyama yöntemlerinin seçilmiş kumaş performans özelliklerine etkisinin değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(4), 1107-1115.
14. Basit, A., Rehman, A., Iqbal, K. & Abid, H.A. (2023). Optimization of the tencel/cotton and polyester/recycled polyester blended knitted fabrics to replace CVC fabric. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2167032.
15. Cengizalp, B. ve Durur, G. (2025). Bezayağı dokuma kumaşlarda kenevir lifinin kapilarite özelliklerine etkisi: Pamuk ve lyocell ile karşılaştırmalı bir analiz. *Kenevir ve Biyoteknoloji Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 51-71.
16. Umur, Y. (2010). Selülozik esaslı liflerde fibrilleşmenin kopma yükü ve uzama oranı üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 15(1), 121-135.
17. Bozdoğan, F., Tiyyek, İ. ve Kayseri, G.Ö. (2010). Farklı fiziksel özelliklere sahip lyocell liflerinde içyapı değişimleri ile lif fiziksel özellikleri arasındaki ilişkinin araştırılması üzerine bir çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(2), 87-92.
18. Atıcı, A. ve Kaya, G. (2017). Alkali ön-işlemin farklı kumaş örgüsündeki lyocell dokuma kumaşların görünüm ve yapısal özelliklerine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 26(113), 52-62.
19. Elgün, B., Yiğit, İ., Demir, H.G., Eren, S. ve Eren, H.A. (2020). Lyocell liflerindeki fibrilleşmenin ultrasonik yöntem desteği ile kontrolü. 2. *Hezarfen Uluslararası Fen, Matematik ve Mühendislik Bilimleri Kongresi*, 25-26 Eylül, Antalya, Bildiriler Kitabı, 233-244.
20. Karafiber, *What is Ecocell™*, <https://ecocell.tr/what-is-ecocell/>. Erişim tarihi: 04.05.2026.
21. Uyanık, S. & Kaya Nacarkahya, T. (2025). Examination of the properties of sustainable yarns with Ecocell™ fiber and bast fibers in comparison with conventional cotton yarn and organic cotton yarn. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 37(4), 773-792.
22. Yıldırım, E.V., Gültekin, B.C., Çelikkanat, Ö.T., Avcı, N.P. & Koçak, E.D. (2025). Effect of Ecocell™ fiber blends on comfort performance in sustainable clothing production, *Journal of Textile Science and Technology*, 11(3), 80-92.
23. Elibuyuk, S.A., Çörekcioglu, M., Tasan, P.K., Günenç, Ö.D., Satıl, Ş., Gökpınar, B. & Nacarkahya, T. K. (2024). Evaluation of the performance of fabrics produced with oncedye Acrylic™, Ecocell™, and cotton fiber blends contributing to sustainability goals. *The European Journal of Research and Development*, 4(4), 178-187.
24. Polat, E., Hasan, T., Mazari, A.A. & Uzun, M. (2023). Evaluation of weaving and dyeing properties of local regenerated yarns. *Tekstilna Industrija*, 71(4), 14-22.

25. Güler, B., Kaya, A., Gürel, R., Satıl, Ş. & Kaya Nacarkahya, T. (2023). Sportswear collection developed From pulp based biodegradable regenerated cellulose fibers. *XVIth International Izmir Textile and Apparel Symposium (IITAS 2023)*, 25-27 Ekim, İzmir, Özet Kitabı, 79-80.
26. Şen, K., Kaya, A., Özdemir, H.N. & Seki, Y. (2022). Investigation on the fastness and dimensional stability of the knitted fabrics made of the new generation regenerated cellulose fibers. *The European Journal of Research and Development*, 2(4), 135-146.
27. Tekinalp, M. (2026). Farklı Eğirme sistemlerinde üretilen Ecocell™ Lyocell ipliklerle örülmüş mamul kumaşların performans özelliklerinin araştırılması. *Yüksek lisans tezi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 83, Adana.
28. Özdemir, A., O. ve Tutak, M. (2015). Reaktif siyah 5 boyasının pamuklu kumaşı boyama davranışı: K/S renk verimi, fiksaj ve haslıklar. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 83-88.
29. Mezarıcıöz, S. ve Oğulata, R.T. (2009). Farklı ipliklerden üretilen süprem kumaşlarda may dönmesi değerlerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(1-2): 157-164.
30. Turgay, A.B. (2006). Yuvarlak örme kumaşlarda may dönmesine etki eden faktörlerin incelenmesi. *Yüksek lisans tezi*. Uludağ Üniversitesi, Bursa.
31. Rameshkumar, C., Anandkumar, P., Senthilnathan, P., Jeevitha, R. & Anbumani, N. (2008). Comparative studies on ring rotor and vortex yarn knitted fabrics. *AUTEX Research Journal*, 8(4), 100–105.
32. Kılıç, M., Balcı Kılıç, G. ve Okur, A. (2011). Eğirme sisteminin iplik özelliklerine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(83), 10-18.
33. Kayabaşı, G. & Yılmaz, D. (2015). A comparative study about some of the knitted fabric properties of cotton and viscose vortex, OE-rotor and conventional ring spun yarns. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 25(3), 246-255.
34. Haque, M.A. & Iqbal, S.F. (2021). Simulation of cotton yarn properties produced in ring spinning system. *Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)*, 8(5), 36-45.
35. Raian, S., Saha, S.K., Hossen, J., Baral, L.M., Begum, H.A., Islam, M.R. & Hossain, M.M. (2023). Assessing the impact of spacer size variations on the ring-spun yarn quality ranking. *Textile & Leather Review*, 6, 582-609.
36. Küçük, N. (2009). Vortex ipliklerinin ring ve open-end rotor iplikleri ile karşılaştırılması. *Yüksek lisans tezi*. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
37. Erdumlu, N., Özipek, B., Öztuna, A.S. & Çetinkaya, S. (2009). Investigation of vortex spun yarn properties in comparison with conventional ring and open-end rotor spun yarns. *Textile Research Journal*, 79(7), 585-595.
38. Skenderi, Z., Dragana, K., Razic, S.E. & Ivekovic, G. (2019). Study on Physical-Mechanical Parameters of Ring-, Rotor- and Air-jet-spun Modal and Micro Modal Yarns. *Tekstilec*, 62(1), 42-53.
39. Örtlek, H.G., Tutak, M. & Yolacan, G. (2010). Assessing colour differences of viscose fabrics knitted from vortex-, ring- and open-end rotor-spun yarns after abrasion. *The Journal of The Textile Institute*, 101(4), 310-314.
40. Duran, K. (2001). *Tekstilde renk ölçümü ve reçete çıkarma*. E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, No:17 (1.Baskı), Bornova/İzmir.
41. Özdi, N. (2003). *Kumaşlarda fiziksel kalite kontrol yöntemleri*. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Yayın no: 21, İzmir, 136.
42. Bolat Yener, A. ve Korkmaz, Y. (2011). İplik tipi ve iplik sevk sisteminin %100 pamuklu süprem kumaşlarda may dönmesine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(83), 14-20.
43. Badr, A.A., El-Helw, E., El-Hawary, I., Mito, A.B., Elmogahzy, Y. & Farag, R. (2008). Dimensional stability of cotton fabric with emphasis on spirality: between the theory and the practice. *In Beltwide Cotton Conference*, Nashville, Tennessee.
44. Uyanık, S. (2017). Vortex eğirme sisteminde pamuk ve yeni nesil lif karışımlarının eğrilmesi ve örme kumaştaki performanslarının belirlenmesi. *Doktora tezi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 395, Adana.

