



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 06.03.2025
Kabul Tarihi :23.05.2025

Received Date : 06.03.2025
Accepted Date : 23.05.2025

KENEVİR/PAMUK KARIŞIMLI ÖRME KUMAŞLARIN PERFORMANS VE BİYOBOZUNURLUK VE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF PERFORMANCE AND BIODEGRADABILITY PROPERTIES OF HEMP AND COTTON BLENDED KNITTED FABRICS

Hatice Kübra KAYNAK^{1*} (ORCID: 0000-0001-6548-3398)

*Kübra ÖZŞAHİN*² (ORCID: 0000-0001-6130-5404)

¹ Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

² MEM Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Hatice Kübra KAYNAK, tuluca@gantep.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, farklı oranlarda üretilmiş kenevir/pamuk lif karışımli ipliklerden üretilen örme kumaşların performans ve biyobozunurluk özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda; %100 pamuk, %90 pamuk-%10 kenevir, %80 pamuk-%20 kenevir ve %70 pamuk-%30 kenevir karışımli iplikler üretilmiştir. Elde edilen ipliklerden örme kumaşlar üretilerek boyanmıştır. Üretilen kumaşlarda kenevir oranının kumaş performans özelliklerine etkilerinin araştırılması amacıyla hava geçirgenliği, patlama mukavemeti ve boncuklanma dayanımı incelenmiş ve biyobozunurluk davranışlarının incelenmesi amacıyla, 15 günlük ve 90 günlük iki farklı sürede toprağa gömme işlemi sonrası kumaş görünümü değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; kenevir katkı oranının artmasının iplik kalite ve mukavemet özelliklerini kötüleştirdiği belirlenmiştir. Diğer yandan, kenevir katkı oranının artmasıylailmek yoğunluğu değerlerinde azalma ve buna bağlı olarak hava geçirgenliği değerlerinde artış ve patlama mukavemeti değerlerinde düşüş saptanmıştır. İlaveeten kenevir katkı oranının artmasıyla boncuklanma dayanımı değerlerinde düşük seviyede azalma görülmüştür. 15 günlük gömme süresi sonunda kenevir katkılı tüm kumaşların, %100 pamuklu kumaşa oldukça iyi seviyede biyobozunurluk sağladığı gözlemlenmiştir. 90 günlük gömme süresi sonunda ise tüm kumaşların tamamen bozunduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kenevir, pamuk, sürdürülebilirlik, örme kumaş, biyobozunurluk

ABSTRACT

In this study, it is aimed to investigate the performance and biodegradability properties of knitted fabrics produced from hemp/cotton fiber blended yarns with different blend ratios. In this context; 100% cotton, 90% cotton-10% hemp, 80% cotton-20% hemp and 70% cotton-30% hemp blended yarns were produced. Knitted fabrics were produced from the obtained yarns and the fabric samples were dyed. In order to investigate the effects of the hemp fiber ratio on the fabric performance properties; air permeability, bursting strength and pilling resistance were examined, and in order to examine the biodegradability behavior, the fabric appearance was evaluated after burial in soil for two different periods of 15 and 90 days. As a result of the study, it is determined that increasing the hemp content deteriorated the yarn quality and strength properties. On the other hand, with the increase in the hemp content, a decrease in the loop density values and accordingly an increase in the air permeability values and a decrease in the bursting strength values were detected. In addition, a slight decrease was observed in the pilling resistance values with the increase in the hemp content. At the end of the 15-day burial period, it is observed that all hemp content fabrics provided a very good level of biodegradability in comparison to 100% cotton fabric. At the end of the 90-day burial, it is observed that all fabrics were completely degraded.

Keywords: Hemp, cotton, sustainability, knitted fabric, biodegradability

GİRİŞ

Kenevir, birçok farklı alanda kullanılan çok önemli bir endüstriyel bitkidir. Kenevirin tohum kısmı kabuk kırma yoluyla gıda malzemesi veya un olarak değerlendirilirken, tohumundan presleme yoluyla yağ elde edilmektedir. Elde edilen yağın, gıda maddeleri, biyoyakıt, boya ve kozmetikte kullanım alanları yaygındır. Posasından ise hayvan yemi, bira veya protein tozu gibi gıda maddesi yapılmaktadır. Sap kısmının kabuğu soyularak lif kısmı ayrılmaktadır. Lif kısmının kalitesine göre kumaş, tekstil ürünleri, panel üretimi, selüloz, kâğıt gibi ürünlerde ham madde olarak kullanılmaktadır. Kenevir sapından lif ayrıldıktan sonra kalan kısım ise hayvan yemi, kompost, hayvan altlığı ya da inşaat sektöründe harç malzemesi gibi birçok alanda değerlendirilmektedir. Çiçek kısmı ise daha çok ilaç ve kozmetik sanayinde, posası ise balık yemi, gübre ve hayvan altlığı olarak kullanılabilir. Kenevir liflerinin güçlü ve sert lif yapısı, cam lifine benzer bir sertliğe sahiptir ve bu nedenle kenevir lifleri kompozit yapılarda takviye malzemesi olarak da kullanılabilir (Thomsen vd., 2006; Chen vd., 2007; Shahzad, 2012; Liu vd., 2016; ORAN, 2019; Manaia vd., 2019; Başer ve Bozoğlu, 2020; Demirbek ve Oktav Bulut, 2021).

2018 yılında dünya geneli elyaf üretimi yaklaşık 111 milyon ton olarak kayda geçerken, doğal lifler bunun 32 milyon tonluk kısmını kapsamaktadır. Kenevir ise 70.000 tonluk üretime sahiptir. Çin şu anda kenevir ürünlerinin ana üreticisi ve ABD'nin ana tedarikçisidir. ABD ise en büyük küresel ithalatçı olarak Çin'den tekstil ürünleri, Kanada'dan gıda ve tohum içeren kenevir ürünleri, Avrupa'dan ise sanayi ürünleri almaktadır. ABD'nin kenevir endüstriyel ürünleri için 2017 yılı toplam satışı 820 milyon ABD dolarıdır ve bunun 190 milyon dolarını tekstil ürünleri oluşturmaktadır. (Muzyczek, 2020). Diğer yandan tekstilin de içerisinde olduğu küresel endüstriyel kenevir pazar büyüklüğünün 2025 yılına kadar 10,6 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (ORAN, 2019).

Gün geçtikçe önemi artan kenevir lifinin iplik üretiminde kullanıma uygun hale getirilmesini sağlamak amacıyla lif formunda uygulanan çeşitli kimyasal ve mekanik işlemleri içeren çalışmalar literatürde mevcuttur. Kenevir lifinin yapısındaki pektinin, alkali ile kaynatma işlemi ile tamamen giderildiği ve asidik yıkama ile giderilemediği tespit edilmiştir. Lignin giderilmesinde ise alkali kaynatmanın etkili olduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2003). Diğer yandan, kenevir lif yapısından lignin ve pektin uzaklaştırılmasının uzun süreli enzimatik işlemle etkili bir şekilde sağlandığı görülmüştür. İlave olarak, ince ve kısa lif yapısının enzimatik işlem süresinin uzatılmasıyla sağlanabildiği ve tarama ile lif inceliğinin ve uzunluğunun daha da azaldığı belirtilmiştir (Sedelnik, 2004). Kenevir liflerine uygulanan enzimatik işlemle alkali işleme göre daha düşük lif inceliği elde edildiği, bu sebeple daha düşük mukavemetli lifler elde edildiği görülmüştür (Dreyer vd., 2002). Kenevir liflerine uygulanan ağartma işleminde sıcaklık ve süre artışı ile selülozik olmayan madde miktarının daha fazla azaldığı ve lif yumuşaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Enzimatik işlem görmüş numunelerde daha çok mukavemet kaybı olduğunu, ağartma içeren işlemlerde daha çok madde uzaklaştığı, kısa lif iplikçiliğine uygun mukavemet elde edildiği ve liflerin daha kolay bireysel hale getirilebildiği tespit edilmiştir (Ali vd., 2015). Suda çürütme yöntemi ile elde edilmiş kenevir liflerine oda sıcaklığında ve kaynatarak, gerilimsiz/gerilimli şekilde NaOH uygulanması sonucunda hemiselüloz ve lignin gibi maddelerin giderilebildiği bildirilmiştir. İşlem süresi, NaOH konsantrasyonu ve işlem sıcaklığının artırılmasıyla bu maddelerin uzaklaşma miktarını arttırdığını gözlemlenmiştir (Kostic vd., 2008). Kenevir lifine uygulanan alkali, asetil ve silan işlemlerinin etkileri incelendiğinde, alkali işlemdeki NaOH konsantrasyonunun artışı ile lignin ve hemiselüloz oranının azaldığı, silanlama işlemiyle hemiselüloz ve selülozun arttığı tespit edilmiştir (Kabir vd., 2013). Kozłowski ve arkadaşları kenevir liflerine açma-kısaltma gibi mekanik işlemler ve farklı enzimatik işlemlerle pamuğa benzer özellikler sağlamaya yönelik yaptıkları çalışmada, kenevir-pamuk içerikli rotor ipliklerinin üretilebilirliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında, elde edilen liflerle 40 tex ve 50 tex iplik doğrusal yoğunluğunda, en fazla %50 kenevir içeriği ile, daha fazla büküm verilerek rotor ipliği üretilebileceği belirtilmiştir (Kozłowski vd., 2013).

Diğer yandan, literatürde kenevir lifinin farklı lif çeşitleri ile karışımlarından üretilen ipliklerin özelliklerinin incelendiği çalışmalar da mevcuttur. Mikrogözenekli poliester ve kenevir lif karışımı iplik üretiminde, iplik yapısında kenevir lif oranı arttıkça mukavemetin düştüğü, iplik yapısında %30 oranında ve %20 oranında kenevir lifi bulunduğu liflerin iplik merkezinde yer aldığı ve bükümün etkisi ile mukavemete katkı sağladığı bildirilmiştir. Karışımındaki kenevir lif oranının %40 ve üzerine çıkarılmasıyla ise iplik dışına yerleşen kenevir liflerinin bireysel yüksek mukavemetlerinin iplik mukavemetine katkı sağlayamadığı görülmüştür. Yapıdaki poliester oranının artışıyla

ipliğin daha düzgün yapıya sahip olduğu ve kopma uzamasının arttığı görülmüştür. İplik düzgünsüzlüğünün kenevir uzunluk dağılımına bağlı olduğu en iyi düzgünsüzlük verilerinin %30 kenevir lifi içeren ipliklerde elde edildiği belirtilmiştir (Zhang vd., 2014). %100 pamuklu ve %70/%30 pamuk kenevir karışımı ring ipliklerle merkezde T400 ve elastan bulunan ve dual-core iplikler için, kenevir karışımı ipliklerin, düzgünsüzlük, hata indeksi ve tüylülük değerlerinin daha fazla olduğu, kopma mukavemetinin daha düşük olduğu ve buna karşın kopma uzamalarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Avcı Ertek vd., 2019). Kenevir karışımı özlü ipliklerde kenevir lif oranı artışı ile ince yer, kalın yer ve neps hatasının arttığı ve iplik tüylülüğüne kenevir lif oranının anlamlı etkisi olmadığı görülmüştür. Diğer yandan, iplikteki kenevir lif oranı artışıyla mukavemetin azaldığını, merkezdeki filament özlerin mukavemete az da olsa olumlu katkısı olduğu tespit edilmiştir (Avcı Ertek ve Demiryürek, 2022). Kenevir karışımı konvansiyonel ring ipliği, tek özlü ve çift özlü ring iplikler için, ipliğe öz ilavesinin düzgünsüzlüğü değiştirmedikleri ve kalın yer, ince yer ve neps hatalarının çift özlü ipliklerde daha çok olduğu, hataların merkeze likra ve likra+T400 eklenmesiyle daha da arttığı, kenevir içeren ipliklerin hatalarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu ipliklerde, iplik tüylülüğü değerlendirildiğinde, çift özlü ipliklerde merkeze likra ve likra + T400 eklenmesinin tüylülüğün etkilenmediğini gözlemlenmiştir (Okyay vd., 2023). Kasar, kotonize, degumming işlemleri uygulanmış kenevir lifleriyle, farklı iplik numaralarında üretilen %20/%80 kenevir/pamuk karışımı open-end ve ring ipliklerin, %20/%80 keten/pamuk karışımı ipliklerle karşılaştırıldığı çalışmada, farklı işlemler görmüş kenevir lifleriyle (kasar, kotonize, degumming) üretilen open-end ipliklerin, keten karışımı ipliklere göre düzgünsüzlük, iplik hataları bakımından üstün özellikler gösterdiği, tüylülük ve mukavemet özellikleri açısından ise benzer özellikler sergilediği tespit edilmiştir. Keten ve kenevir karışımı ring iplikleri karşılaştırıldığında ise ipliklerin mukavemet ve uzama, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, tüylülük özellikleri yönünden benzer özellikler gösterdiği ve kenevir lifi içerikli ipliklerin neps bakımından daha iyi olduğu belirtilmiştir (İbrıkçı vd., 2020). Kenevir lifi ile pamuk, viskon, lyocell liflerinin farklı karışım oranlarında üretilen ring ipliklerinde, karışımlardaki kenevir oranının artışıyla iplik mukavemetinin ve uzamasının düştüğü, iplik düzgünsüzlüğünün, hatalarının ve tüylülüğünün arttığı görülmüştür (Satıl vd., 2020). Kenevir ve keten liflerinden üretilmiş ipliklerin sıvı emme, kuruma, mukavemet ve elektriksel iletkenlik özelliklerinin incelendiği çalışmada, kaynatma ve ağartma işlemi görmüş şeritlerden, yaş eğirme tekniği ile üretilen keten ve kenevir ipliklerin sıvı emme kapasitesinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Keten ve kenevir iplikler için ıslak mukavemet değerlerinin kuru mukavemet değerlerinden çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Mustata ve Mustata, 2013).

Kenevir katkılı kumaşların farklı yapısal özelliklerini ve performanslarını araştıran çalışmalar incelendiğinde, %30 kenevir %70 tencel lifi içeren ring, sirospun ve air vortex iplikler içerisinde, vortex ipliklerden elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirliğinin yüksek olduğu, eğilme rijitliğinin ring ve sirospun ipliklerle elde edilen kumaşlara göre düşük olduğu, vortex iplikle oluşturulan kumaşların kayma deformasyonunun daha az olduğu ve dolayısıyla daha yüksek boyutsal stabilite sağladığı saptanmıştır. Vortex iplik üretim sistemiyle kenevir lifi karışımı, esnek, yumuşak, daha iyi boyutsal stabilite sağlayan kumaşlar üretilebileceği bildirilmiştir (Kim ve Kim, 2018). %100 pamuk, %95/%15 pamuk/kenevir, %85/%15 pamuk/kenevir karışımı ipliklerde üretilen kumaşlarda kopma mukavemetinin, kenevir içeriğinin artmasıyla azaldığı görülmüştür. Kumaşlarda, kenevir oranının artışının su buharı geçirgenliğini azaltıcı etki yaptığı saptanmıştır. Kumaşta yapıya kenevir eklenmesinin ısıl direncin artmasını sağladığı belirtilmiştir (Kertmen ve Yıldırım, 2022). Tama ve diğerleri; kenevir liflerinden el tezgahında üretilen Rize iline özgü geleneksel bir kumaş olan Feretiko'nun ince yapılı, hava geçirgenliği yüksek ve 0,011 m²K/W ısıl direnç değerine sahip olduğunu ve Feretiko kumaştan üretilen gömleğin toplam ısıl direnç değerinin 0,032 m²K/W olduğunu tespit etmişlerdir (Tama vd., 2020). Keten, kenevir, keten/kenevir lifleri içeren kumaşlardan en iyi yalıtım sağlayan kumaşın %100 kenevir içerikli kumaş olduğu, kenevir ve kenevir karışımı kumaşların UV koruma faktörünün daha yüksek olduğu ve kenevir ve kenevir karışımı kumaşlarla diğer kumaşlara göre nispeten daha fazla radyasyon yalıtımı sağlandığı gözlemlenmiştir (Parlakıyığıt, 2019). %50/%50 kenevir/tencel karışımı iplikten üretilen bezayağı dokuma kumaşın; 80 saat UV ışığına maruz kaldıktan sonra UV dayanımının yüksek olduğu ve çeşitli mikroorganizmalara karşı antibakteriyel özellik sergilediği belirlenmiştir (Bozan vd., 2020). %25/75% karışım oranında kenevir/pamuk, kenevir/polyester, kenevir/tencel karışımı ring ipliklerden üretilen örme kumaşlarda kenevir lifinin UV emici özelliğinden dolayı iyi seviyede UV direnci gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, boncuklanma dayanımı bakımından en iyi özelliği kenevir/pamuk içerikli örme kumaşın gösterdiği ve tüm kumaşların hava geçirgenliği nem yönetimi değerlerinin birbirine yakın olduğu belirtilmiştir. İlâveten, kenevir içerikli kumaşların antibakteriyel özelliklerinin 20 yıkama sonrası iyi derecede olduğunu tespit etmişlerdir (Korkmaz vd., 2022). Viskon filament ve tekstüre poliamidin öz bileşeni olarak ve kenevir lifinin manto olarak kullanıldığı bir çalışmada kenevir lifi yapısındaki doğal pigment ve ligninden dolayı UV koruyuculuğunun iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, iplik yapısına tekstüre filament ipliği katılmasıyla oluşan kütleli yoğunluğun UV ışınlarını

bloklayıcı görev gördüğü sonucuna varılmıştır (Stankoviç vd., 2017). Kenevir liflerinden üretilen ipliklerin örme kumaşların konfor özelliklerini etkisini inceleyen çalışmada, 50 tex %100 kenevir lifinden elde edilmiş ipliği ikiye katlayarak ve çift iplik besleyerek aynı koşullarda üretilen düz örme kumaşlarda katlı iplikle üretilen kumaşta iplikler arası boşluğun daha fazla olması dolayısıyla hava geçirgenliğinin, bağıl su buharı geçirgenliğinin daha yüksek olduğu ancak ısıl direnç bakımından farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Katlı iplikle üretilen kumaşların, daha yumuşak olduğu, bu kumaşların esneme bakımından da daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çift iplik beslenen örme kumaşların ise kuvvet uygulaması sonucu daha iyi şekilde eski hallerine döndüğü ve bu kumaşların yüzey pürüzlülüğünün ve sürtünme katsayısının çift katlı iplikle üretilen kumaşlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Stankoviç ve Bizjak, 2014).

Bazı araştırmacılar ise kenevir içerikli kumaşlara uygulanan yaş işlemlerin kumaş yapısal özelliklerine ve performanslarına etkilerine ilişkin çalışmalar yürütmüşlerdir. Kenevir/pamuk/polyester karışımli örme kumaşlarda alkali ön işlemle kenevir liflerinin amorf bölgelerinin arttırıldığını, K/S değerlerinin normal şartta boyanan pamuk seviyelerine geldiğini, alkali işlem eklenmiş boyama ile alkali ön işlem görmüş ve görmemiş konvansiyonel boyamadan daha iyi K/S değerleri elde edilebildiği bildirilmiştir (Zeng ve Liu, 2014). Kenevir esaslı dokuma kumaşlara uygulanan pektinaz enzimli ön işleminin NaOH ile yapılan işleme göre daha etkili hidrofilite sağladığı, hidrofilleştirme işlemi sonrası H₂O₂ ile ağartılan kumaşların en yüksek hidrofiliteye sahip olduğu görülmüştür (Şahinbaşkan, 2019). Enzimatik bitim işlemi sonucunda, %100 kenevir dokuma kumaşlarda, kopma mukavemetin azaldığını, işlem süresi artışıyla bu azalmanın daha çok olduğunu ve bitim işlemi gören kumaşların daha çok nem tuttuğunu belirtmişlerdir (Buschle- Diller vd., 1999). Kenevir karışımli dokuma kumaşlarda kenevir lifinin kristalinitesinin amonyak işleminden sonra düştüğü, amonyakın selüloz moleküler zincirini bozarak amorf bölgeler oluşturduğu, işlemle liflerin şiştiği kumaştaki iplik arasındaki boşluğun azaldığı ve kumaş örtme faktörünün %4,9-6,5 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Sıvı amonyak işleminin kumaşın nem yönetim özelliklerini değiştirdiği, ıslanma hızının işlemle arttığını ve amonyaklı işlem gören numunede aynı sürede daha büyük alana sıvı yayıldığı tespit edilmiştir. Toplam nem yönetim kapasitesi değerlendirildiğinde; sıvı amonyakla yapılan işlemin kenevir içerikli kumaşların sıvı yönetim özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Lee ve Ji, 2016). Amonyaklı yaş işlem etkisini inceleyen bir başka çalışmada, amonyakla yaş işlem uygulanan kumaşların gerilme rezilyansının amonyaklı işlemle arttığı gözlenmiş ve uygulanan amonyaklı işlemle kumaşlarda eğilme rijitliğinin azaldığı, kumaşların daha yumuşak ve dökümlü hale geldi saptanmıştır (Ji ve Lee, 2016). Farklı hacimsel oranlardaki kitosan ve epoksiden modifiye edilmiş silikon yağı ile muamele etkisiyle liflerin birbirinden daha çok ayrıldığı görülmüştür. Kenevir liflerindeki kristalin bölgelerin işlem sonucu %62,9'dan %77,1'e çıktığı ve uygulanan kitosan/modifiye silikon yağı işlemlerinin yapıdan yabancı maddelerin uzaklaşmasına neden olduğu ve kristalin-amorf bölgedeki yapısal değişikliklere bağlı olarak kumaşların kopma mukavemeti ve uzamasının azaldığı görülmüştür. İşlem görmüş kumaşların eğilme rijitliğinin azaldığı, kitosanla işlem görmüş numunelerin beyazlığının azaldığı, modifiye silikon yağı ile lifler üzerinde oluşan membran tabakası ile beyazlığın arttığı tespit edilmiştir. Yalnızca kitosan uygulanmış numunelerin kuru/ıslak sürtme haslıklarının işlemsiz numunelere göre artış gösterdiği, kitosan/modifiye silikon yağı ile işlem gören numunelerin en yüksek haslığa sahip olduğu, 30 yıkama sonrası renk haslığının işlem görmemiş numunelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Zhang ve Zhang, 2010). Hwang ve Ji, sıvı amonyak ile yaş işlem sonrası kumaşlarda daha hızlı buruşma geri dönüşümü ve daha düşük çekme oranları sağladığı tespit edilmiştir. Yaş işlem uygulanmasının sıvı emme hızını arttırdığı, aynı durumun kuruma hızı için de geçerli olduğu bildirilmiştir. UVA ve UVB koruma özelliği açısından, yaş işlem sonrası kumaşların hepsinin koruyuculuğunun arttığı görülmüştür. Amonyaklı yaş işlemle hem liflerde şişme meydana geldiği hem de liflerin fibrillerine ayrıldığı gözlemlenmiştir (Hwang ve Ji, 2012).

Literatürde kenevir elyafı üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, doğa dostu özelliklere sahip olması nedeniyle kenevir içerikli tekstil ürünlerinin birçok çalışmaya konu olduğu görülmektedir. Ancak literatürdeki çalışmalar kenevir karışımli tekstil ürünlerinin üretilmesindeki güçlüklerin giderilmesi, farklı liflerle karışımlarının iplik ve kumaş performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve iplik ve kumaş performanslarının iyileştirilmesi konularına odaklanmıştır. Literatürde birçok deneysel çalışma yürütülmüş olmasına rağmen, kenevir içerikli tekstil ürünlerinin faydalı kullanım ömrü sonunda bertaraf edilmesi durumunda toprak ortamında biyolojik olarak bozunma performansı incelenmemiştir. Doğal esaslı olması, yetiştirilmesi esnasında az seviyede sulama gerektirmesi, toprağa ve atmosfere sürdürülebilirlik açısından fayda sağlamanın yanı sıra faydalı kullanım ömrünü tamamlaması sonrasında doğada bırakacağı etki ve atık miktarı da kenevir lifinin sürdürülebilirlik performansı açısından incelenmesi gereken önemli bir özelliktir. Bu nedenle, bu çalışmada literatürden farklı olarak, biyobozunurluk özelliği sebebiyle önemi gün

geçtikçe artan kenevir lifinin pamuk ile farklı oranlarda karıştırılmasıyla üretilen ipliklerin ve performans özelliklerinin incelenmesinin yanı sıra elde edilen örme kumaşların biyobozunurluk davranışı incelenmiştir.

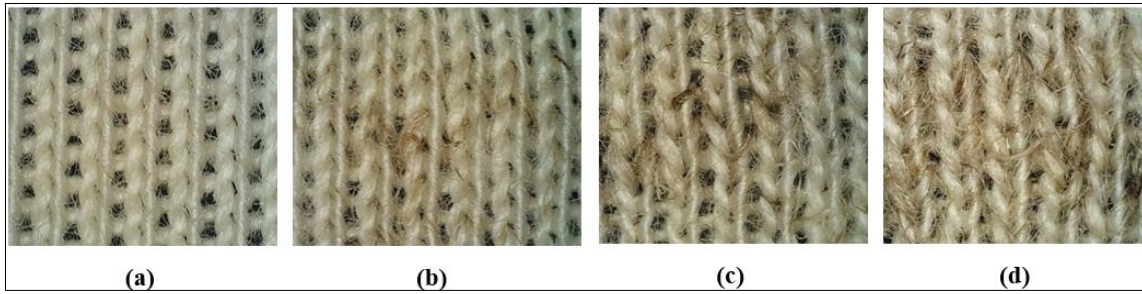
MATERYAL METOT

Bu çalışmada; kenevir lifinin iplik kalite özelliklerine ve kumaş performans özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla, ithal kotonize kenevir lifi ile yöre pamuğu kullanılmış ve kullanılan liflere ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Liflerin Özellikleri

	Pamuk	Kenevir
Elyaf İnceliği, dtex	1,7	41
Uzunluk, mm	29,2	70
Mukavemet, cN/dtex	3,3	4,7

Çalışma kapsamında %90 pamuk - % 10 kenevir, %80 pamuk - %20 kenevir ve %70 pamuk - % 30 kenevir ve %100 pamuk iplik numuneleri üretilmiştir. Üretilmesi planlanan iplikler için, kenevir ve pamuk elyafı harman hallaç dairesinde tarak hattının homojen beslemesi amacıyla dikey açıcıya beslenmiştir. Sonrasında, tarak makinesinden geçen karışım 2 pasaj cer işleminden geçirilmiş ve fitil makinesine beslenmiştir. Daha sonra ring iplik eğirme sisteminde Ne 20/1 iplik numarasında iplikler elde edilmiştir. Üretilen ipliklerin düzgünsüzlüğü ve iplik hataları Uster Tester 4 cihazı ile her bir iplik tipinden 5 adet bobin alınmak suretiyle 500 m/dak test hızında ölçülmüştür. İpliklerin kopma mukavemeti ve uzaması özellikleri Uster Tensojet cihazı ile her bir iplik tipinden 5 adet bobin alınarak ölçülmüştür. Çalışma kapsamında üretilen iplikler kullanılarak 32 inç çapında ve 22 fein makine inceliğine sahip yuvarlak örme makinesinde 20 devir/dak hızda ve 3,3 mm ilmek iplik uzunluğunda süprem kumaşlar üretilmiştir. Numune kumaşların yüzey görünüşleri 100X büyütme oranında ışık mikroskobu ile incelenmiş ve elde edilen mikroskop görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kumaş yüzey görünüşleri (100X), (a) %100 pamuk, (b) %90 pamuk-%10 kenevir, (c) %80 pamuk-%20 kenevir, (d) %70 pamuk-%30 kenevir

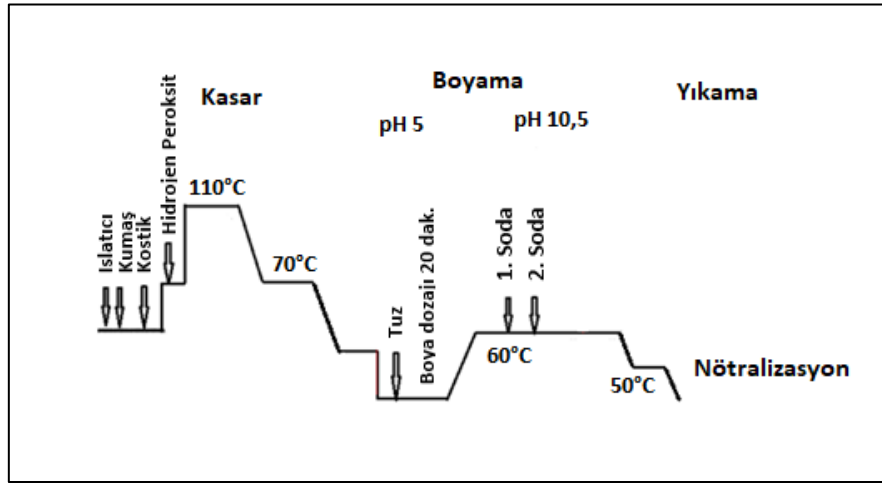
Üretimi gerçekleştirilen numune kumaşlara endüstriyel ölçekli makinelerde öncelikle ağartma ve takiben reaktif boyama prosesi uygulanmıştır. Uygulanan boyama reçetesi Tablo 2’de ve boyama grafiği Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Boyama Reçetesi

Kimyasal Madde	Miktar
Tuz (Katı)	25 g
Sarı (Sunfix Yellow SPD)	% 0,246
Kırmızı (Sunfix Red SPD)	% 0,083
Mavi (Setazol Blue PLF)	% 0,09
Soda	2 g

Test ve ölçümlerden önce tüm kumaş numuneleri TS EN ISO 139’a göre şartlandırılmıştır. Kumaşlara uygulanan test ve ölçümler, 20±2 °C sıcaklık ve %65±4 bağıl nem standart atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Kumaş yapısal parametreleri olarak; kumaş gramajı, ilmek yoğunluğu, ilmek iplik uzunluğu ve kumaş kalınlığı özellikleri sırasıyla TS EN 12127, TS EN 14971, TS EN 14970 ve TS 7128 EN ISO 5084 standartlarına göre belirlenmiş ve Tablo 3’te verilmiştir.

Elde edilen kumaşların hava geçirgenlik özellikleri TS 391 EN ISO 9237 standardına göre, SDL Atlas marka dijital hava geçirgenlik test cihazı ile 100 Pa basınç farkı değerinde ve 20 cm² test alanında her bir kumaş tipinden 10 ölçüm alınmak suretiyle belirlenmiştir. Patlama mukavemeti testi, TS EN ISO 13938-2'ye uygun olarak, JAMES HEAL marka dijital pnömatik patlama mukavemeti test cihazı ile her bir kumaş tipinden 5 ölçüm alınarak yapılmıştır. Boncuklanma direnci TS EN ISO 12945-2'ye uygun olarak, JAMES HEAL marka Martindale test cihazı ile her bir kumaş tipinden 3 kumaş numunesi kullanılarak test edilmiştir. Numunelerin boncuklanma direnci değerlendirmesi, Martindale test cihazının 2000 devri sonrasında numunelerin görünümlerinin, ışık kabininde D65 gün ışığı altında ASTM standart görünümleriyle karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Numune Kumaşların Boyama Grafiği

Tablo 3. Boyalı Kumaşların Yapısal Parametreleri

	Kumaş gramajı (g/m ²)	İlmeğe yoğunluğu (ilmeğe/cm ²)	Kalınlık (mm)	İlmeğe iplik uzunluğu (mm)
%100 Pamuk	182	176	0,45	
%90-%10 Pamuk-Kenevir	170	160	0,49	3,3
%80-%20 Pamuk-Kenevir	160	165	0,49	
%70-%30 Pamuk-Kenevir	145	150	0,48	

Çalışmada kenevir elyafın biyobozunurluk davranışı, TS EN ISO 11721-1 standardına göre toprağa gömme yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Gömme işlemi öncesinde kullanılan toprağın su muhtevası ve su tutma kapasitesi aynı standarda göre belirlenmiştir. Standartta belirtildiği şekilde iyi seviyede mikrobiyal etkinlik için, toprağa su tutma kapasitesinin %60'ı oranında sulama sağlanmıştır. Bu amaçla gömme işlemi boyunca kumaş gömülmüş saksıların ağırlık değişimleri dikkate alınarak uygulanması gereken su miktarı tespit edilmiş ve su püskürtülerek toprağın nem içeriği sabit tutulmuştur. Kumaş numuneleri 10x40 cm boyutlarında hazırlanmış ve 7500 ml hacme sahip saksılarda toprağa gömme deneyi uygulanmıştır. Kumaş numunelerinin topraktan çıkarma ve yıkama esnasında hasar görmesini engellemek amacıyla kumaşlar sentetik monofilamentten üretilmiş file cep içerisine yerleştirilmiştir. Gömme işlemi 15 gün ve 90 gün gömme sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Tamamlanan gömme süreleri sonrasında numuneler topraktan çıkarılmış, üzerindeki kirliliğin giderilmesi amacıyla musluk suyu ile yıkanmış ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kumaşların biyobozunurluk özelliğinin tespiti görsel gözlem yoluyla değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İplik Kalite ve Mukavemet Sonuçları

Çalışma kapsamında, öncelikle kenevir lif karışım oranının iplik kalite ve mukavemet özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla ipliklerin; düzgünsüzlük, ince-kalın yer, neps sayısı, kopma mukavemeti ve uzaması özellikleri incelenmiş ve elde edilen değerler Tablo 4'te verilmiştir.

Test değerleri incelendiğinde iplik kesitindeki kenevir oranı arttıkça iplikte, düzgünsüzlük, ince-kalın yer ve neps değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Pamuk lifi inceliği sayesinde kalın kenevir liflerine göre iyi seviyede

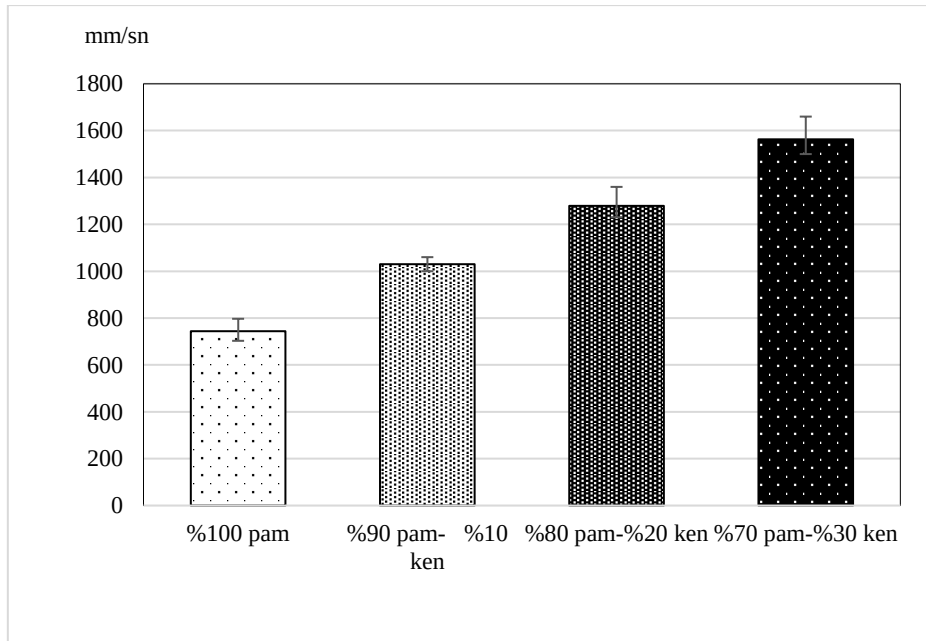
eğirilebilirliğe sahiptir. Bu iki elyaf çeşidinin harmanlanması sonucunda, kalın ve kaba kenevir lifi ile daha ince yapıdaki pamuk liflerinin adhezyonu zorlaşmaktadır. Kalın kenevir lifinin eğilme dayanımının yüksek olması ring eğirme sisteminde paralelleştirilen lif demetinin burulmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum iplik eksenine düzgün bir şekilde konumlandırılmayan kalın lifler sebebiyle iplik yapısı içerisinde kütsel varyasyonun ve dolayısıyla düzgünsüzlük ve iplik hatalarının artmasına yol açmaktadır. Diğer yandan hem mukavemet hem de uzama değerlerinde %10 kenevir katkısında en yüksek değerler elde edilmiş ve %20 üzerinde kenevir katkısı iplik kopma mukavemeti ve uzamasında düşüşe neden olmuştur. Karışımındaki kenevir elyaf oranının %20'den fazla olmasıyla birlikte mukavemeti yüksek kenevir lifinin iplik mukavemetine katkı sağlayamadığı görülmektedir. Bu durumun, ipliğe dahil olamayan kenevir lifinin yüksek mukavemetine rağmen iplik mukavemetine katkı sağlayamadığı görülmüştür.

Tablo 4. İpliklerin Kalite ve Mukavemet Değerleri

	CVm	İnce yer sayısı (-50%/km)	Kalın yer sayısı (+50%/km)	Neps (+200%/km)	Mukavemet (cN/tex)	Uzama (%)
%100 pamuk	10,41	0	6	10	14,36	4,89
%90 -%10 pamuk kenevir	18,05	6,9	991	1383	19,15	6,03
%80 -%20 pamuk kenevir	23,21	134,4	2151	3294	15,94	5,37
%70 -%30 Pamuk kenevir	27,37	993,8	3198	5578	12,35	4,45

Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, kumaşın her iki yüzü arasında ölçülen basınç farkının sabit tutulduğu şartlarda kumaştan geçen havanın akış hızı olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle, hava geçirgenliği değerinin yüksek olması havanın kumaştan ne kadar kolay geçebileceğini belirler ve kumaşın konforuna dair nefes alabilirliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında üretilen numune kumaşlara uygulanan hava geçirgenliği testinin sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

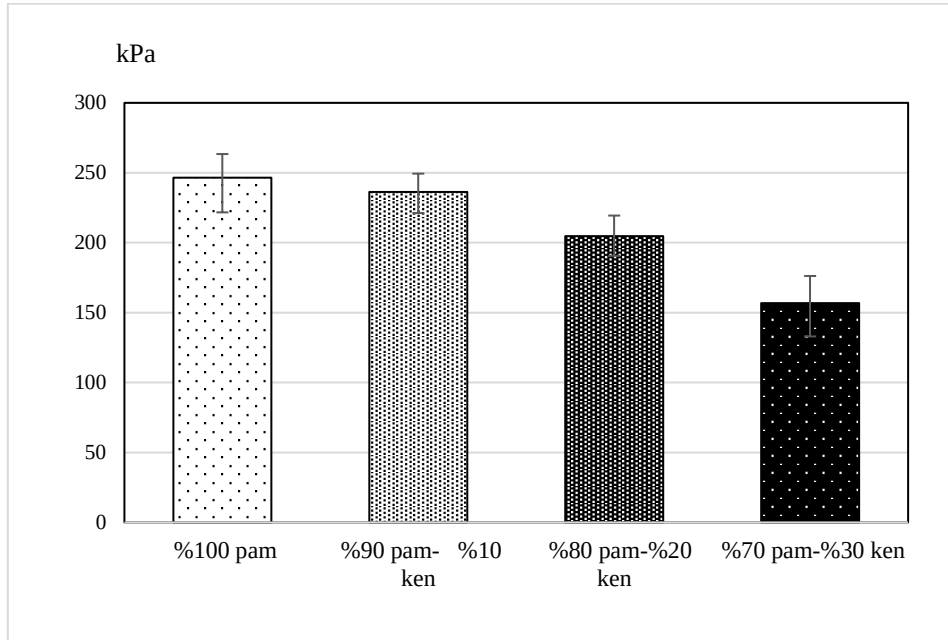
**Şekil 3. Kumaşların Hava Geçirgenliği Değerleri**

Çalışmada en yüksek hava geçirgenliği değeri %30 kenevir lifi ilave edilen kumaşa görülmüş, en düşük hava geçirgenliği değeri ise %100 pamuklu kumaşa görülmüştür. Diğer yandan kenevir elyaf oranı arttıkça hava geçirgenliği değerlerinde de düzenli bir artış görülmüştür. Kalın yapıdaki kenevir elyafın iplik yapısına katılmasıyla, birbiri ile eğirilebilirlik açısından yakın özelliklere sahip olmayan iki elyaf türü iplik içerisinde de birbiri üzerine

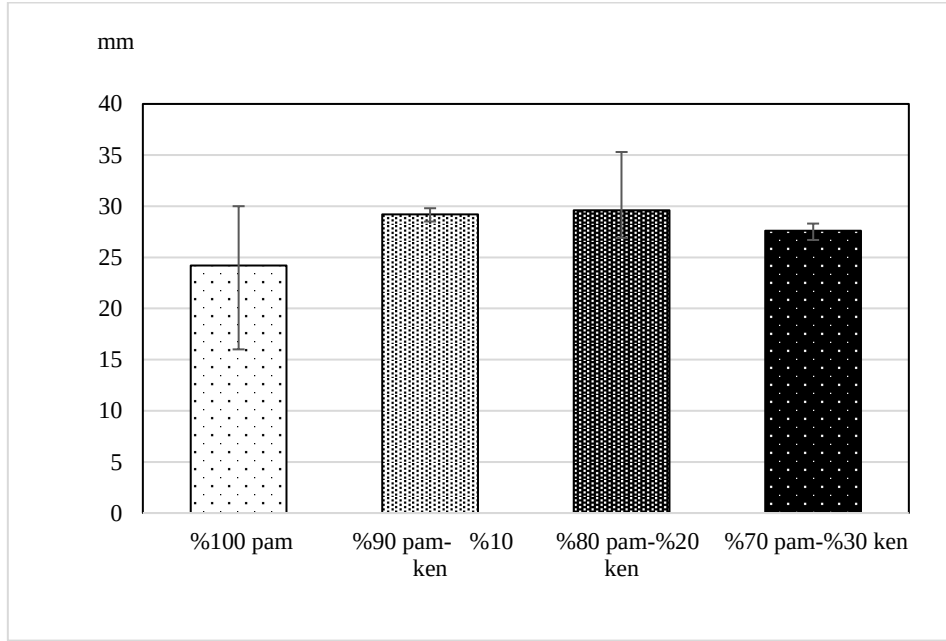
kolaylıkla tutunamayan bir yapı oluşturur. Bu düzensizlik iplik içerisinde boşluklara sahip bir yapı meydana getirmektedir. İplik yapısındaki boşlukların artması havanın geçebileceği lifler arası boşluklar oluşturur. Diğer yandan kenevir elyaf içeriğinin artmasıyla ince ve kalın yer hatası da artmaktadır. Bu durum kenevir içeriği fazla ipliklerdeki ince yer sayısından dolayı bu ipliklerden üretilen kumaşların iplikler arasında daha fazla boşluğa sahip olmasına sebep olmaktadır. İplikler arası boşlukların fazla olması artan kumaş gözenekliliği sebebiyle hava geçirgenliğini arttırmaktadır. Diğer yandan boyalı kumaşlara ait yapısal özellikler incelendiğinde, ilmek iplik uzunluğu aynı olacak şekilde üretilen kumaş numunelerinin hava geçirgenliğinde önemli bir etken olan kumaş kalınlığı özelliklerinin çok yakın olduğu ancak diğer bir önemli etken olan ilmek yoğunluğu değerlerinin kenevir karışım oranının artmasıyla belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Bu durum da kumaş yapısında kenevir lif içeriğinin artmasıyla boşluk oranının arttığını göstermektedir. Böylelikle, daha yüksek kenevir lifi içeriğine sahip kumaşlar, kumaşta daha iyi hava akışına izin vererek daha fazla hava geçirgenliği sergilemiştir.

Patlama Mukavemeti

Çalışma kapsamında üretilen örme kumaşların patlama mukavemeti ve patlama uzaması değerleri Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Kumaşların Patlama Mukavemeti

**Şekil 5.** Kumaşların Patlama Yüksekliği Değerleri

Patlama mukavemeti sonuçları incelendiğinde; kenevir lif oranının artmasıyla kumaşların patlama mukavemet değerlerinin düzenli olarak düştüğü tespit edilmiştir. Örme kumaş patlama mukavemeti üzerinde en etkili olan faktörler iplik mukavemeti iplik mukavemeti değerleri incelendiğinde %10 kenevir lifi ilavesinin iplik mukavemetinde %100 pamuk ipliğine göre önemli seviyede artış sağladığı görülmektedir. Ancak iplik mukavemetindeki yükselme eğilimi %20 kenevir lifi ilavesinden sonra düşüş eğilimine geçmiştir. Diğer yandan ilmek iplik uzunluğu eşit olacak şekilde üretilen kumaş numunelerinde kenevir lifi katkı oranının artmasıyla birlikte ilmek yoğunluğu değerlerinde düzenli bir düşüş görülmektedir. İlmek yoğunluğundaki düşüş ile birlikte kumaş patlama mukavemeti de aynı şekilde azalma göstermiştir. Birim alandaki tekstil malzemesinin azalmasına bağlı olarak mukavemetin azalması beklenen bir sonuçtur.

Patlama yüksekliği değerleri incelendiğinde iplik kopma uzaması değerleri ile patlama yüksekliği değerlerinin benzer bir eğilim içerisinde olduğu görülmektedir.

Boncuklanma Dayanımı

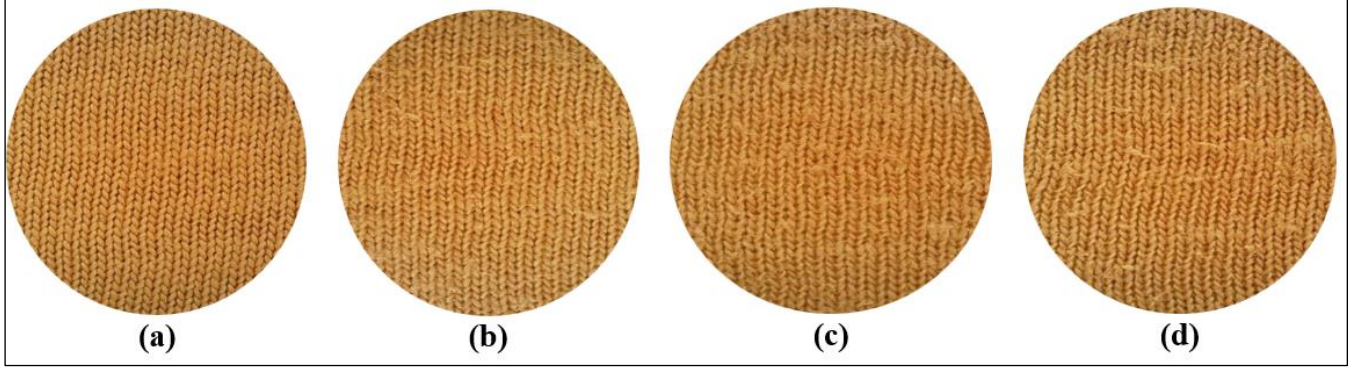
Boncuklanma; nihai üründe eskime olarak algılandığından ürünün faydalı kullanım ömrünü de belirleyen bir performans özelliği olarak değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında üretilen örme kumaş numunelerinin Martindale test cihazının 2000 devri sonrasındaki boncuklanma dayanımı değerlendirmeleri Tablo 5'te ve kumaş numunelerinin boncuklanma dayanımı testi sonrasında fotoğraflanmış görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Kumaşların Boncuklanma Dayanımı

Karışım oranı	Boncuklanma dayanımı
%100 pamuk	4/5
%90 pamuk- %10 kenevir	4
%80 pamuk-%20 kenevir	3/4
%70 pamuk-%30 kenevir	3/4

Tablo 5 incelendiğinde; kenevir elyafının kumaşa dahil edilmesiyle boncuklanma dayanımının düştüğü görülmektedir. Kumaşların boncuklanma dayanımı; %100 pamuklu kumaşta 4/5 ile en iyi seviyedeki boncuklanma dayanımı değerine yakın olup, kenevir katkı oranının artmasıyla boncuklanma dayanımı değerlerinde düzenli bir düşüş saptanmıştır. Kalın kenevir lifleri iplik yapısına katıldığında ring eğirme sisteminde paralelleştirilmiş lif demetinin büküm alması esnasında eğilme dayanımları yüksek olduğundan iplik eksenine pamuk liflerinde olduğu gibi bir helis formunda ipliği saracak şekilde dahil edilmemektedir. Bu nedenle kalın kenevir liflerinin iplik yapısına dahil edilemeyen lif uçları iplik ekseninden dışarıya doğru çıkmaktadır. Bu durum kumaş yüzeyinde önemli derecede havlanma olarak kendini göstermektedir. Kumaş yüzeyinin boncuklanma dayanımı testi esnasında sürtünmeye maruz

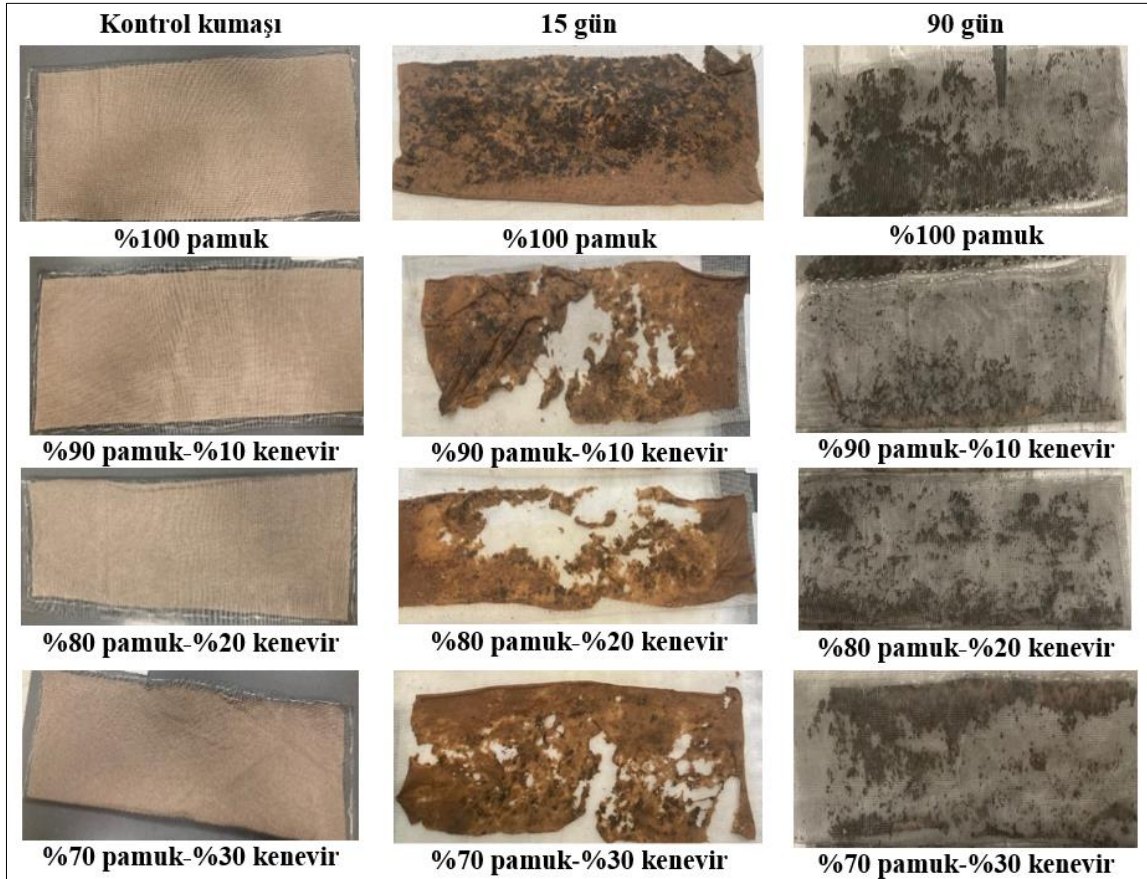
kalmasıyla birlikte bu lif uçları daha belirgin bir şekilde boncuk oluşumuna sebep olmaktadır. Bu şekilde boncuk oluşumu sonrasında da kumaş yüzeyinde bu boncukların tutunmasını sağlayan lifler kenevir lifi olmaktadır. Boncukların kumaş yapısına tutunmasını sağlayan yüksek mukavemetli kenevir lifleri boncuk yapısının koparak uzaklaşmasına engel olmaktadır. Bu durumda boncuk oluşum hızı, boncuk uzaklaşma hızından daha fazla olduğu için kumaşın boncuklanma dayanımı düşmektedir.



Şekil 6. Kumaşların boncuklanma dayanımı testi sonrası yüzey görünüşleri **(a)** %100 pamuk, **(b)** %90 pamuk-%10 kenevir, **(c)** %80 pamuk-%20 kenevir, **(d)** %70 pamuk-%30 kenevir

Toprağa Gömme Testi

Kenevir pamuk karışımı örme kumaşların biyobozunurluk performanslarının değerlendirilmesi amacıyla toprağa gömme testi uygulanmıştır. 15 ve 90 günlük toprağa gömme süreleri sonrasında topraktan çıkarılan numunelerin görünüşleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler kapsamında topraktan çıkarılan numunelerin görünüşleri fotoğraflanmış ve bu görünüşler Şekil 7’de verilmiştir. Numuneler çok ileri seviyede bozunmaya maruz kaldığından, numunelerin yapısal bütünlükleri bozulmuş ve görsel değerlendirme dışında herhangi bir test uygulamak mümkün olmamıştır.



Şekil 7. Kumaşların Toprağa Gömme Sonrasındaki Yüzey Görünümleri

Topraktan çıkarılan numuneler incelendiğinde, sadece 15 günlük sürede gömme işlemi uygulanan numuneler için %100 pamuklu kumaş kontrol numunesinde yapısal bütünlüğün korunduğu görülmektedir. Diğer yandan kenevir karışımı numunelerin tamamında parçalanma meydana gelmiş ve yapısal bütünlük bozulmuştur. Dolayısıyla 15 gün gibi oldukça kısa bir toprağa gömme süresi için, kumaşın yapısına dahil edilen kenevir lifinin %10 gibi düşük bir seviyede olması durumunda bile oldukça iyi seviyede bozunma sağladığı görülmüştür. Kenevir ilavesinin %20 ve %30 oranlarına çıkarılmasının ise %10 katkı miktarına oranla önemli seviyede bir farklılık yaratmadığı görülmektedir. Diğer yandan, 90 günlük toprağa gömme süresi sonrasında katkılı ve katkısız numunelerin hepsi için numunelerin tamamının bozunduğu görülmektedir.

SONUÇLAR

Doğal lifler, çevresel sürdürülebilirlik yaklaşımları kapsamında biyoesaslı olmalarının yanı sıra biyobozunur nitelikte olmaları sebebiyle tekstil endüstrisinde rağbet görmektedirler. Doğal lifler içerisinde son yıllarda ilgi görmeye başlayan kenevir lifinin iplik ve kumaş üretimi için optimum kullanım oranlarının belirlenmesi ve aynı zamanda kenevir lif katkısının tekstil ürünleri için biyobozunurluk etkisinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Yapılan çalışma kapsamında, iplik yapısında kenevir katkı oranının artmasıyla iplik kalite ve mukavemet özelliklerinin kötüleştiği görülmüştür. Ancak yüksek düzgünsüzlük ve düşük mukavemet değerlerine rağmen bu ipliklerden elde edilen örme kumaşların hava geçirgenliği değerlerinde ilmek yoğunluğu değişimine bağlı olarak daha yüksek hava geçirgenliği elde edilmiştir. Diğer yandan ilmek yoğunluğunun düşmesi ile patlama mukavemeti değerleri fark edilir seviyede düşmüştür. Kenevir lif katkısının fazla olduğu ipliklerden üretilecek kumaşlar için ilmek iplik uzunluğunun optimize edilmesiyle istenilen seviyede patlama mukavemeti özellikleri elde edilmesi sağlanabilir. Kenevir katkı oranının artmasıyla boncuklanma dayanımı değerlerinde düşük seviyede azalma görülmüştür. Biyobozunurluk performansı açısından bakıldığında ise 15 gün gibi oldukça kısa bir gömme süresi sonunda kenevir katkısının %100 pamuklu kumaşa göre oldukça iyi seviyede bozunma sağlaması oldukça önemli bir etki olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ali, A., Rahman, M., & Chen, Y. (2015). Cotton Spinning Properties of Chemically Modified Hemp Fibers, *International Journal of Science and Research*, 4(8 August), 1482-1490.
- Avcı Ertek, M., Yıldırım, N., & Türksoy, H. G., (2019, Eylül). %70/%30 Pamuk Kenevir Karışımı Ring ve Dual-Core İpliklerin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi. Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi (pp. 481-486).
- Avcı Ertek, M., & Demiryürek O. (2022). Development of sustainable and ecological hybrid yarns. Hemp Fiber in Denim Fabric Production, *Cellulose Chemistry and Technology*, 56 (9-10), 1089-1100. 10.35812/cellulosechemtechnol.2022.56.97
- Başer, U., & Bozoğlu, M. (2020). Türkiye'nin Kenevir Politikası ve Piyasasına Bir Bakış. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 127-135.
- Bozan, N., Işık, F., & Korkmaz, Y. (2020, Kasım). Kenevir/Tencel Lif Karışımı ile UV Dayanımı ve Antibakteriyal Aktiviteye Sahip Medikal Sektörüne Yönelik Kumaş İpliklerinin Geliştirilmesi. İTÜ Ulusal Tekstil Kongresi ve II Ar-Ge Günü, Akademi Sanayi Buluşması (pp. 100-101).
- Buschle- Diller, G., Fanter C., & Loth F. (1999). Structural changes in hemp fibers as a result of enzymatic hydrolysis with mixed enzyme systems, *Textile Research Journal*, 69(4), 244-251. <https://doi.org/10.1177/004051759906900403>.
- Chen, Y., Sun, L., Negulescu, I., Wu, Q., & Henderson, G. (2007). Comparative Study of Hemp Fiber for Nonwoven Composites, *Journal of Industrial Hemp*, 12(1), 27–45. https://doi.org/10.1300/J237v12n01_04.
- Demirbek, D., & Oktav Bulut, M. (2021). Kenevir Liflerinin Eldesi, Özellikleri ve Kompozit Uygulama Alanları. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(2), 176-191.
- Dreyer J., Müssig, J., Kaschke, N., Ibenthal, W.O., & Haring, H. (2002). Comparison of Enzymatically separated hemp and nettle fiber to chemically separated and steam exploded hemp fibre, *Journal of Industrial Hemp*, 7(1), 43-59, 2002. https://doi.org/10.1300/J237v07n01_05

- Hwang M. S., & Ji D. S. (2012). The Effects of yarn number and liquid ammonia treatment on the physical properties of hemp woven fabrics, *Fibers and Polymers*, 13(10), 1335-1340. 10.1007/s12221-012-1335-x.
- Ibrıkçı, A., Oruç, A., & Tarakçı A. (2020, Kasım). Sürdürülebilir Tekstil için Kenevir Elyafından Farklı İplik Yapılarının Geliştirilmesi. İTÜ Ulusal Tekstil Kongresi ve II. Ar-Ge Günü, Akademi Sanayi Buluşması (pp. 67-69).
- Ji, D. S., & Lee, J. J. (2016). Mechanical properties and hand evaluation of hemp woven fabrics treated with liquid ammonia, *Fibers and Polymers*, 17(1), 143-150. 10.1007/s12221-016-5597-6.
- Kabir, M. M., Wang H., Lau, K. T., & Cardona, F. (2013). Effects of chemical treatments on hemp fibre structure, *Applied Surface Science*, 276, 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.086>.
- Kenevir Yetiştiriciliği. (2019). <https://www.oran.org.tr/images/dosyalar/201903181349100.pdf> Erişim 05.01.2025
- Kertmen, N., & Yıldırım, N. (2022). Farklı Karışım Oranlarında Kenevir Kullanımının ve İplik Numarasının İplik ve Kumaş Özelliklerine Etkisi, *Dokuz Eylül Ün. Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24(72), 763-772. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2022247207>
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2018). Hand and Wear Comfort of Knitted Fabrics Made of Hemp/Tencel Yarns Applicable to Garment, *Fibers and Polymers*, 19(7), 1539-1547. DOI 10.1007/s12221-018-8275-z
- Korkmaz, Y., Okay, N., & Işık F. (2020, Haziran). Karbon Ayakizi Düşük olan Kenevir Lif Kullanılarak Geliştirilen Yuvarlak Örme Kumaşların İplik ve Kumaş Performanslarının İncelenmesi. International Symposium in Advanced Engineering Technologies ISADET (pp. 1-6).
- Kostic, M., Pejic, B., & Skundric, P. (2008). Quality of chemically modified hemp fibers, *Bioresource Technology*, 99, 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.050>
- Kozłowski, R., Czaplick, Z., Zareba, S., & Mankowski, J. (2013). Rotor Cotton Yarns with the Content of Enzymatically Modified Hemp Fibers, *Journal of Natural Fibers*, 10(1), 1- 13. <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.738062>.
- Lee, J. J., & Ji, D. S. (2017). Evaluation of liquid moisture management properties on hemp woven fabrics treated with liquid ammonia, *Textile Research Journal*, 87(14), 1752-1764. <https://doi.org/10.1177/0040517516659374>.
- Liu, M. (2016). Pretreatment of hemp fibers for utilization in strong biocomposite materials. PhD thesis. Technical University of Denmark, Denmark.
- Manaia, J.P., Manaia, A.T., & Rodrigues, L. (2019). Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers*, 7(12), 106, 1-16. <https://doi.org/10.3390/fib7120106>
- Mustata, A., & Mustata F.C. (2013). Moisture Absorption and Desorption in Flax and Hemp Fibres and Yarns, *Fibres & Textile in Eastern Europe*, 21, 3 (99), 26-30.
- Muzyczek, M. (2020). The use of flax and hemp for textile applications. In M.Ryszard, & M. Kozłowski (Eds.), *The Textile Institute Book Series, Handbook of Natural Fibres (Second Edition)* (pp. 147-167). Woodhead Publishing.
- Okay, G., Demiryörek, O., Avcı, M., & Bilgiç, H., (2023). Development and characterization of hemp-containing hybrid yarns for clothing, *Cellulose Chemistry and Technology*, 57(1-2), 193-206. 10.35812/cellulosechemtechnol.2023.57.19
- Parlakıyıt, P. (2019, Eylül). Kenevir, Ketten ve Ketten/Kenevir Karışımli Kumaşların Isı, UV Radyasyon ve Radyasyon Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması. Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi (pp. 570-575).
- Satıl, Ş., Çelikten E., Özden, K., & Nacarkahya T. (2020, Kasım). Optimization of yarn Quality parametres of hemp fiber blended yarn produced by ring spinning system. The International Conference of Materials and Engineering Technology TICMET (pp. 402-415).
- Sedelnik, N. (2004). Properties of hemp fibre cottonised by biological modification of hemp hackling noils, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12, 1(45), 58-60.
- Shahzad A. (2012). Hemp fiber and its composites – a review, *Journal of Composite Materials*, 46(8), 973-986. doi:10.1177/0021998311413623
- Stanković, S., Popovic, D., Kocic, A., & Poparic, B. (2017). Ultraviolet Protection Factor of Hemp/Filament Hybrid Yarn Knitted Fabrics, *Tekstilec*, 60(1), 49-57. 10.14502/Tekstilec2017.60.49-57.

Stankovic, S. B., & Bizjak, M. (2014). Effect of Yarn Folding on Comfort Properties of Hemp Knitted Fabrics. *Clothing and Textiles Research Journal*, 32(3), 202-214. <https://doi.org/10.1177/0887302X14537114>.

Şahinbaşkan, B.Y. (2019). Kenevir Dokuma Kumaşlara Enzimatik Ön İşlemlerinin Etkisi, *International Journal of Adv. Eng. Pure Sci*, 3, 208-213. 10.7240/jeps.508952.

Tama, D., Isler, M., & Abreu, M.J. (2020). Evaluating the Termal Comfort Properties of Rize's Tradinational Hemp Fabric (Ferretiko) Using a Thermal Manikin, *Materials Today: Proceedings*, 31, 197-200. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.10.063>.

Thomsen, A. B., Thygesen, A., Bohn, V., Nielsen, K.V., Pallesen, B., & Jorgensen, M.S. (2006). Effects of chemical-physical pre-treatment processes on hemp fibres for reinforcement of composites and for textiles, *Industrial Crops and Products*, 24, 2, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.10.003>

TS EN ISO 139 Tekstil - Şartlandırma ve deney için standart ortamlar

TS EN 12127 Tekstil-Kumaşlar-Küçük numuneler kullanarak birim alan başına kütlenin tayini

TS EN 14971 Tekstil- Örülmüş kumaşlar- Birim uzunluk ve birim alan başına örgü ilmeği sayısının tayini

TS EN 14970 Tekstil- Örülmüş kumaş- Tek iplikli örme kumaşlarda örgü ilmeği ve iplik doğrusal yoğunluğunun tayini

TS 7128 EN ISO 5084 Tekstil-Tekstil ve tekstil mamullerinin kalınlık tayini

TS 391 EN ISO 9237 Tekstil -Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini

TS EN ISO 13938-2 Tekstil-Kumaşların patlama özellikleri - Bölüm 2: Patlama mukavemetinin ve patlama gerilmesinin tayini için pnömatik metot

TS EN ISO 12945-2 Tekstil - Kumaşlarda yüzey boncuklanması, tüylenmesi ve matlaşması yatkınlığının tayini - Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale metodu

TS EN ISO 11721-1 Tekstil selüloz içeren tekstillerin mikroorganizmalara karşı dayanıklılığının tayini- Toprağa gömme deneyi

Wang, H. M., Postle, R., Kessler R. W., & Kessler W. (2003). Removing pectin and lignin during chemical processing of hemp for textile applications, *Textile Research Journal*, 73(8), 664-669. <https://doi.org/10.1177/004051750307300802>.

Zeng, X., & Liu J. (2014). Alkali pre-treatment dyeing technology for hemp/cotton/polyester knitted fabric, *Advanced Materials Research*, 915, 916, 871-874. 10.4028/www.scientific.net/AMR.915-916.871.

Zhang, H., & Zhang, L. M. (2010). Improving the dyeing properties and softness of hemp fabric using chitosan and epoxy modified silicone oil, *Journal of The Textile Institute*, 101,9, 849-857. <https://doi.org/10.1080/00405000902935015>.

Zhang, H., Zhang J., & Gao, Y. (2014). Study on the Relationship Between Blending Ratio and Performance of Hemp/Polyester Yarn, *Journal of Natural Fibers*, 11, 2, 136-143. <https://doi.org/10.1080/15440478.2013.861780>