

Araştırma Makalesi / Research Article

TEKSTİL VE MODA TASARIMINDA KULLANILAN BİYOMATERYALLERE ÖRNEK BİR UYGULAMA

Tuğba ÖZTÜRK^{1,2*} 
Nilşen Sünter EROĞLU^{2,3} 

¹Gaziantep Üniversitesi., Güzel Sanatlar Fak., Tekstil ve Moda Tasarımı Böl.,Gaziantep,Türkiye

²Haliç Üniversitesi., Lisansüstü Eğitim Enst., Tekstil ve Moda Tasarımı Böl.,İstanbul,Türkiye

³Marmara Üniversitesi., Teknik Bilimler MYO, Tasarım Böl., İstanbul, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 13.02.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 17.03.2025

ÖZ: Bu çalışma, günlük yaşam tarzlarının ve tüketim alışkanlıklarının yol açtığı çevresel sorunlara odaklanarak, sürdürülebilir tasarımın bu sorunlara çözüm üretme potansiyelini araştırmaktadır. Araştırma kapsamında, biyoesaslı tekstiller, biyoplastikler ve biyofabrikasyon üretim gibi yenilikçi yaklaşımlar ele alınmış, biyomalzeme kullanımı ve döngüsel üretim süreçlerinin çevre dostu uygulamalara yönelik artan talep doğrultusunda taşıdığı önem vurgulanmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde, biyomalzemelerin kullanım alanları detaylı şekilde incelenmiş, tekstil ve moda tasarımında kullanılan lifler ve yüzeyler ele alınmıştır. İkinci bölümde, farklı biyokökenli malzemelerle hazırlanmış üç farklı reçeteye ait numuneler üzerinde hava geçirgenliği, aşınma ve nem tutma testleri gerçekleştirilmiştir. Uygulama aşamasında, bu numunelerin giysilere uyarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla beş adet görünüm, teknik çizim ve hikâye panosunun yer aldığı bir tasarım paftası hazırlanmıştır. Ayrıca, seçilen bir tasarım modeli üretilerek biyomalzemelerin gerçek hayattaki kullanılabilirliği ve potansiyeli somut bir biçimde gösterilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen biyomateryaller arasında, (b) kodlu numune yüksek aşınma dayanıklılığı, düşük hava geçirgenliği ve esnek yapısıyla dayanıklılık gerektiren uygulamalar için en avantajlı seçenek olarak belirlenmiştir. (a) Kodlu numune ise sert yapısı ile dikiş sürecinde zorluklar yaşatmakta ve sınırlı su emme kapasitesi nedeniyle daha az kullanışlı bir malzeme olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgular, biyomalzemelerin sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarındaki potansiyelini ve çevre dostu alternatifler olarak nasıl değerlendirilebileceğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyomateryal,biyoplastik,sürdürülebilirlik,moda,biyotekstil

USE OF BIOMATERIALS IN TEXTILE AND FASHION DESIGN WITH AN EXAMPLE APPLICATION

ABSTRACT: This study focuses on the environmental issues caused by lifestyle and consumption habits, investigating the potential of sustainable design to address these problems. The research explores innovative approaches such as bio-based textiles, bioplastics, and biofabrication production, highlighting the importance of bi-material usage and circular production processes in response to the increasing demand for eco-friendly applications. In the first section of the study, the areas of use of bi-materials are examined in detail, focusing on fibers and surfaces used in textile and fashion design. In the second section, tests for air permeability, abrasion, and moisture retention were conducted on samples made from three different bio-based materials. During the application phase, a design board consisting of five visual and technical drawings along with a story panel was prepared to evaluate the adaptability of these samples into garments. Additionally, one selected design model was produced to concretely demonstrate the real-life usability and potential of bi-materials. Among the bi-materials obtained in the study, the (b) coded sample was determined to be the most advantageous option for durability-demanding applications due to its high abrasion resistance, low air permeability, and flexible structure. On the other hand, the (a) coded sample, with its rigid structure, posed difficulties in the sewing process and was considered less practical due to its limited water absorption capacity. These findings emphasize the potential of bi-materials in sustainable design approaches and how they can be utilized as eco-friendly alternatives.

Keywords: Biomaterial, bioplastic, sustainability, fashion, biotextile

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author:tugbaozturk1979@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1436403>

www.tekstilmuhendis.org.tr

1.GİRİŞ

Sürdürülebilirlik ilkesi, dünya genelinde birçok birey ve kuruluş tarafından benimsenmiş ve izlenmiş evrensel bir norma dönüşmüştür. Uluslararası kurumlar, ulusal, bölgesel ve yerel yönetimler bu konsepti politik bir hedef olarak kabul etmiş ve bunu gerçekleştirmek için stratejiler ve uygulamalar geliştirmiştir [1].Sürdürülebilir moda, sürdürülebilir kalkınma ve moda kavramlarını bir araya getiren bir çabadır. Yakın zamana kadar, bu iki kavram bir araya geldiğinde bir çelişki oluştururken bugün, bu iki kavramın gelecek için bir bütün haline getirmek hayati önem taşımaktadır[2].Yeni yöntem ve materyal arayışları sonucunda biyolojinin önümüzdeki yüzyılda çevresel sonuçları, etik yansımaları ve insan refahı üzerinde büyük bir etkisi olacağına inanılmaktadır. 2010'larda özellikle giyilebilir teknoloji alanındaki keşif ve araştırmaların yardımıyla, modanın ve biyoteknolojinin birleşimi gerçekleşmek üzere sürdürülebilir malzemeler üzerine yapılan araştırmalarda, tasarımcılar ve mühendisler, doğal kompozitleri sentezlemenin bir yolu olarak mikroorganizmaların metabolik süreçlerine bakmaya başlamışlardır [3].Biyotasarım, sadece doğadan ilham almak veya doğayı taklit etmek olan biyomimetik ötesinde bir yaklaşımdır. Aslında, biyotasarım, bu süreçte doğayı, yaşayan organizmaları, bakterileri, DNA gibi unsurları içermekte ve nihayetinde doğa ve çevre ile çelişmeyen, doğal döngüye kolayca entegre olabilen yüksek performanslı ürünlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır.Biyotasarımın temel prensibi, yaşayan organizmaların kullanımına dayanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde büyüme, kendini yenileme ve iyileştirme gibi özellikler elde edilebilmektedir [4]. Bu bağlamda tasarımcıların, sürdürülebilir bir yaklaşımı benimsemeleri ve malzemeleri ile tasarım stratejilerini sadece mevcut atık aşamasında değil, başlangıçtan itibaren ve tedarik zincirinin tüm süreci boyunca entegre etmeleri gerekmektedir. Bu, tasarımcıların zihinsel perspektifinde önemli bir değişiklik gerektirmektedir. Bu değişim, tasarımcılara, yeni biyobazlı malzemelerin sürdürülebilir potansiyelini zincirin her aşamasında en üst düzeye çıkarma fırsatı sunmaktadır [5]. Bu materyallerin araştırılması, kaynakların ve ürünlerin değerini olabildiğince uzun süre koruyarak atık oluşumunu en aza indirmeye olanak tanımaktadır [6].Aynı zamanda sektörde artan sorunların çözümü konvansiyonel doğrusal üretim yerine döngüsel üretim akışının benimsenmesi ve dönüştürülmüş malzemelerin tercih edilmesi, biyokökenli materyallerin kullanılması da büyük bir öneme sahiptir. Döngüsel malzeme akışı, ürünlerin ömrü sona erdikten sonra bile malzemelerin geri dönüşümünü ve tekrar kullanımını ve hammaddelerin doğa da biyobozunur bir özelliğe sahip olmasını teşvik etmektedir. Bu yaklaşım, atık oluşumunu azaltmakta ve doğal kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Bu tür sürdürülebilir uygulamalar, tekstil endüstrisinin daha çevre dostu ve etik bir şekilde hareket etmesine yardımcı olurken aynı zamanda uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir [7]. Günümüzde hızlı teknolojik gelişmelerin ve artan tüketim alışkanlıklarının doğurduğu çevresel sorunlar, sürdürülebilirlik kavramının önemini her geçen gün daha belirgin hale getirmektedir. Çevre kirliliği, atık yönetimi zorlukları, doğal

kaynakların tükenme tehlikesi ve türlerin nesli tükenme riski gibi küresel sorunlar, sürdürülebilir çözümlerin aciliyetini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir tasarım ve üretim süreçlerini destekleyecek yenilikçi materyal ve yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.Bu çalışma, sürdürülebilir materyal ve tasarım gelişmelerini, biyoesaslı tekstiller, biyoplastikler ve biyofabrikasyon üretimleri gibi inovatif yaklaşımların günümüz tüketim ve üretim modellerine uygulanma potansiyelini araştırmaktadır. Biyoplastikler, biyolojik olarak çözünebilir ya da yenilenebilir kaynaklardan elde edilen plastikler olarak umut verici bir alternatif sunmaktadır. Biyoplastikler, atıkların bertarafı için alternatif yollar sunarak çevreye ulaşan plastik atık miktarını sınırlandırırken, biyolojik olarak üretilen biyoplastikler, kaynak çıkarma aşamasında karbon ayak izini önemli ölçüde azaltmaktadır. Son yıllarda yapılan yoğun araştırmalar, polilaktik asit (PLA), poli(hidroksialkanoatlar) (PHA), poli(butilen sukcinat) (PBS) ve termoplastik nişasta (TPS) gibi endüstriyel açıdan ilgi gören biyoplastiklerin ticarileşmesine yol açmıştır[8].Biyoesaslı tekstiller ise, kenevir, bambu ve soya lifi gibi bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen doğal liflerden ya daselülozdan elde edilen, çevre dostu bir süreç ile üretilen lyocell gibi liflerden üretilen tekstil ürünleridir. Bu malzemeler, doğanın sunduğu kaynakları kullanarak, sürdürülebilir ve çevre dostu tekstil ürünlerinin üretimine olanak tanımaktadır. Biyoesaslı tekstiller, doğal yapıları sayesinde hem ekolojik dengeye katkı sağlamakta hem de biyolojik olarak çözünebilir özelliklere sahip olmaktadır. Bunların dışında biyofabrikasyon yöntemi ile biyoteknolojik süreçler kullanılarak tekstil ürünleri de üretilmektedir. Bu süreçle üretilen tekstiller, genellikle doğal, biyolojik olarak çözünebilir ve çevre dostu malzemelerden elde edilmektedir. Miselyum (mantar kökü), biyolojik lifler ve biyoteknolojik üretimle gerçekleştirilen dokusuz yüzeyler gibi malzemeler, biyofabrikasyonla elde edilen örnekler arasında yer almaktadır. Bu yöntemler, sürdürülebilir ve çevreye duyarlı tekstil ürünlerinin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır[9].

Bu çalışma, söz konusu malzemelerden alınan ilham ve fikirlerle, farklı biyokökenli malzemeler kullanılarak üç farklı reçeteye üretilen yüzeylerin bilimsel yöntemlerle test edilmesi ve bu yüzeylerin tekstil tasarımına uyarlanması sürecine odaklanmaktadır. Elde edilen yüzeyler doğal bitkilerle renklendirilmiş, hava geçirgenliği, aşınma ve nem tutma testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın tasarım sürecinde ise bu materyaller beş adet görünüm, teknik çizim ve hikâye panosunun bir araya getirildiği tasarım paftalarında değerlendirilmiştir.Bu yaklaşım, biyomalzemelerin tekstil yüzeylerinde uygulanabilirliğini ve estetik potansiyelini somut bir şekilde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmanın son aşamasında, seçilen bir tasarım modelinin fiziksel prototipi üretilerek biyomalzemelerin kumaşlarla uyumu gözlemlenmiştir. Böylece, biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerin sürdürülebilir bir geleceğe yönelik tasarım ve üretim süreçlerindeki kritik rolü vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmanın bir diğer amacı, biyomalzemelerin yalnızca teorik bir kavram olmaktan çıkarak giyilebilir tekstil ürünlerinde uygulanabilir, dayanıklı ve işlevsel alternatifler sunabileceğini göstermektir.

2. BİYOMATERİYALLER VE KULLANIM ALANLARI

Biyomateriyaller, ilk olarak tıbbi uygulamalar için tasarlandı-ğından, literatür taramalarında genellikle tıbbi bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tıp ve sağlık alanında biyomateriyal, vücutta bulunan dokuların işlevlerini desteklemek ya da yerine getirmek amacıyla kullanılan malzemeler olarak tanımlanmaktadır [10]. Biyomateriyaller, çok çeşitli alanlarda kullanılmakta ve bu kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Örneğin, doku mühendisliğinde bu malzemeler, hastalıklı veya hasarlı dokuların yerine fonksiyonel dokular inşa etmek için kullanılmaktadır [11]. Biyomateriyallerin çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler sunma potansiyeli, bu alandaki gelişmeleri hızlandırmaktadır. Bu bağlamda, gıda ve ambalaj endüstrisinde kullanılan polilaktik asit gibi aktif biyoplastikler çevre dostu alternatifler olarak öne çıkmaktadır [12,13]. İnşaat ve mimarlık sektöründe ise, ahşap, kenevir gibi doğal kaynaklı malzemeler kullanılarak sürdürülebilir yapı malzemeleri üretilmekte ve bu malzemeler karbon salımını azaltmaya katkı sağlamaktadır [14]. Enerji üretimi ve depolama alanında, biyomalzemeler çevre dostu üretim teknolojileri ve organik atıkların değerlendirilmesiyle sürdürülebilir enerji üretimini desteklemekte, tarımda ise yeşil ekonomi yaklaşımı ile toprak kalitesini koruma ve alternatif biyotarım uygulamaları yaygınlaşmaktadır [15,16]. Elektronik ve teknoloji alanında da biyomalzemeler, esnek ve biyoyumlu elektronik bileşenler olarak kullanılmakta, biyolojik sensörler ve hücre kültürü sistemlerinde kaliteyi artırarak maliyetleri azaltmaktadır [17]. Ayrıca, günümüzde sürdürülebilirlik ve yeni malzeme arayışları doğrultusunda giysi tasarımı ve tekstil sektöründe de biyomateriyaller önemli bir yer edinmektedir. Son yıllarda, biyomalzemeler, çevresel sorunlarla mücadele etmek amacıyla moda ve tekstil endüstrisinde etkili bir çözüm olarak kabul edilmiştir. Bu malzemeler, çevre dostu özellikleri ve biyobozunurluk özellikleri sayesinde, sürdürülebilir moda uygulamaları için önemli bir alternatif sunmaktadır [18]. Tekstil endüstrisi,

küresel pazarda büyük bir paya sahiptir ve bu sektör yeni inovasyon kaynakları arayarak biyoteknoloji gibi alanlara yönelmektedir. Tekstil ve konfeksiyon şirketleri, çevreyle ilgili konulara daha fazla ilgi göstermekte ve bu bağlamda zaman ve kaynaklarını arttırmaktadırlar [19]. Sürdürülebilirlik ve yeni materyal arayışları doğrultusunda, tekstil ve moda alanında dikkat çekici çalışmalar yapılmaktadır. Bu biyoyumlu malzemeler, bireylerin yaşam kalitesini artırmayı ve konforlarını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, toksik etkilere kaçınarak immün ve alerjik reaksiyonlara yol açmadıkları için araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu sebeple doğal malzemeler ve bakteriler kullanarak üretime odaklanmak, sürdürülebilir bir moda endüstrisi için önemli bir adımdır [20,21]. Aşağıda çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir özellikleriyle dikkat çeken lif ve yüzeylere yer verilmiştir.

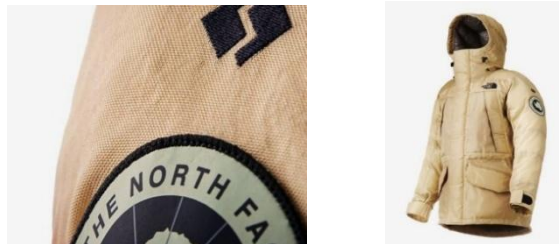
2.1. Doğal Lifler

Ananas Lifleri: Şekil 1'de görüldüğü gibi ananas yaprağı lifleri, genellikle ananas bitkisinin meyve üretimi amacıyla yetiştirilen ve hasat sonrasında ortaya çıkan tarımsal atık olan yapraklardan elde edilmektedir. Bu lifler çevre dostu, kolay bulunabilirliği ve yüksek takviyeli, yenilenebilir ve spesifik karakteristik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir [22].

Örümcek İpeği: Örümcek ipeği, bugüne kadar bilinen en dayanıklı doğal liflerden biridir ve bu doğal biyomalzeme, günümüz sentetik malzemelerini aşan özelliklere sahiptir. Örümcek ipeğinin diğer önemli özellikleri arasında biyolojik olarak parçalanabilmesi, biyolojik uyumlu olması, yapışkanlık ve esneklik gibi özellikleri de bulunmaktadır [25]. Şekil 2'de görüldüğü üzere, North Face firması, dış yüzeyi sentetik örümcek ağından iplik haline getirilerek üretilen bir palto tasarlamıştır [26].



Şekil 1. Ananas bitkisinden elde edilen lifler ve bu liflerden elde edilmiş ürünler [23,24]



Şekil 2. Dış sentetik örümcek ağından iplik haline getirilmiş North Face firmasına ait palto [26]

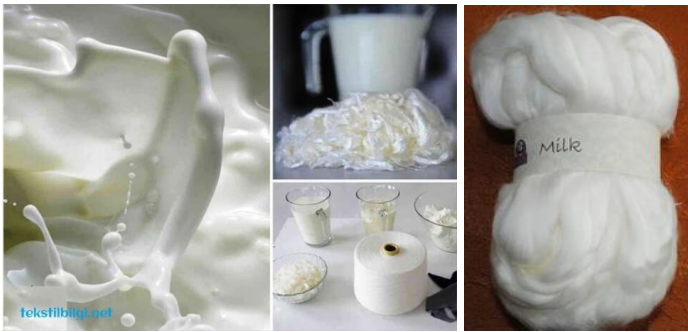
Kenevir Lifleri: Şekil 3’de görüldüğü gibi kenevir, yüksek selüloz içeriğine sahip olan en yaygın ve geniş üretilen liflerden biridir [27,28]. Günümüzde doğal kaynakları koruyan uygulamaların artmasıyla birlikte organik, ekolojik ve etik tekstil üretimi yaygınlaşmaktadır. Bu bağlamda, su gereksinimi diğer ürünlere göre daha az olan ve doğal olarak yok olabilen kenevir lifi tekrar önem kazanmaktadır[29,30].



Şekil 3. Kenevir bitkisinden elde edilen lifler ile oluşturulmuş ürünler [31]

2.2.Rejenere Lifler

Süt İplikleri (Kazein Lifi):Şekil 4’de görüldüğü gibi kazein elyafı, süt kaynaklı bir protein olan kazeinden üretilen bir hayvansal elyaf türüdür. Sütün işlenmesiyle elde edilen bu elyaf, çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır[32]. Süt liflerinin pH değeri insan vücuduyla uyumlu olduğundan dolayı giyildiğinde rahatlık hissi sağlamaları, parlak renklere sahip olmaları ve ekolojik olmaları gibi avantajlar, bu lifleri öne çıkaran faktörler arasında yer almaktadır. Bu özellikler süt liflerini cilt için sağlıklı ve tercih edilebilir kılmaktadır[33].



Şekil 4.Süt liflerinden elde edilen elyaf ve iplikler [33,34]

Smartcel: Şekil 5’de görüldüğü gibi smartcel, cilt üzerinde koruyucu ve besleyici etkileri olan çinko oksitle zenginleştirilmiş bir malzemedir[35]. Smartcellson üretim neslinin bir faz değişim malzemesi (Pcm) mikro kompozitidir ve sıcaklık düzenlemesi sağlayan termodüzenleme özelliklerine sahiptir [36]. Olağanüstü giyim konforu ve mükemmel iklim yönetimi sağlamaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen selülozun çinko ile birleştirilmesi, materyali %100 biyolojik olarak parçalanabilir hale getirmiştir. Genellikle spor giyim, yatak tekstilleri, sıcaklık kontrolü sağlayan ürünler için kullanılmaktadır[37].



Şekil 5. Smartcel lifi ile üretilmiş elbise [38]

Seacell: Okyanuslardan ve fiyortlardan elde edilen yosunlar, çeşitli elementler ve sürdürülebilir teknolojiler kullanılarak selüloz liflerine dönüştürülmektedir. Bu malzeme, özellikle iç giyim, ev tekstili ve spor giyim gibi ürünlerde tercih edilmektedir[39]. Şekil 6’da görüldüğü gibiyu elyaflardan üretilen kumaşlar, aktif antibakteriyel ve antifungal etkiye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, atopik dermatiti olan hastalar için çarşaf ve gömlekler, transpirasyon sorunu veya uzun süreli kapalı ayakkabı kullanımı olan kişiler için çoraplar gibi ürünlerde tercih edilmektedir. Ayrıca, şeker hastaları ve obezite hastaları için iç çamaşırı, spor giyim, ev tekstili ve teknik tekstil uygulamaları gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir [40].



Şekil 6. Seacell ile oluşturulmuş kumaş örneği [41]

Tencel (Lyocell): Tencel, doğal pamuğa çok benzeyen, çevre dostu ve yenilenebilir bir kaynak olan odun hamurundan elde edilen sürdürülebilir bir selülozik lif türüdür. Bu lif, üretim aşamasında kullanılan tüm organik çözücülerin ve emisyonların büyük bir kısmının geri kazanılarak tekrar kullanılmasıyla dikkat çekmektedir. Lyocell lifleri, biyolojik olarak %100 parçalanabilen özellikleriyle çevresel açıdan dost bir seçenek sunmaktadır [42,43]. Tencel son derece yüksek emilim yeteneğine, benzersiz nano-fibril yapısına ve çok düzgün bir yüzeye sahiptir. Bu nedenle, bu fizyolojik fonksiyonlar diğer selülozik liflere göre çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır[44]. Tencel, genellikle huş ağacı, meşe veya aliptüs ağacından elde edilen bir malzemedir. Tencel, sürdürülebilir orman yönetimi ile uyumludur ve geri dönüştürülebilir bir malzemedir [45]. Şekil 7’de görüldüğü gibi bu lifler, tekstilde yumuşaklık, dayanıklılık sunarak, tüketiciye konfor sağlamaktadır. Tencel lifinin çok yönlülüğü, erkek ve kadın günlük giyim, özel giyim ve kadın iç giyim gibi farklı alanlarda kumaş üretimini mümkün kılmaktadır [46].



Şekil 7. Lyocell elyaf oluşum aşaması ve uygulanmış ürün [47,48]

Soya Lifleri: Soya ürünleri, önemli fonksiyonel gıda bileşenleri veya ürünleri olmalarıyla bilinmektedir [49]. Soya proteini biyolojik olarak parçalanabilir, biyolojik olarak uyumlu, bol miktarda bulunan ve her yıl yenilenebilir olduğundan tekstil, gıda maddeleri, kozmetik, doku mühendisliği ve biyomedikal materyallerde yaygın olarak kullanılmaktadır [50]. Şekil 8’de görüldüğü gibi soya lifleri hafiflik, parlaklık, sürekli yüzey, akışkanlık, UV ve bakteri dayanımı gibi bir dizi avantajlı özellikleri ile kendi başına veya diğer liflerle karıştırılarak örme, dokuma ve dokusuz tekstil yüzeylerinin üretiminde kullanılmaktadır. Elde edilen bu kumaşlar, tişörtler, nevresimler, kazaklar ve bebek giysileri gibi çeşitli tekstil ürünlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir[51].

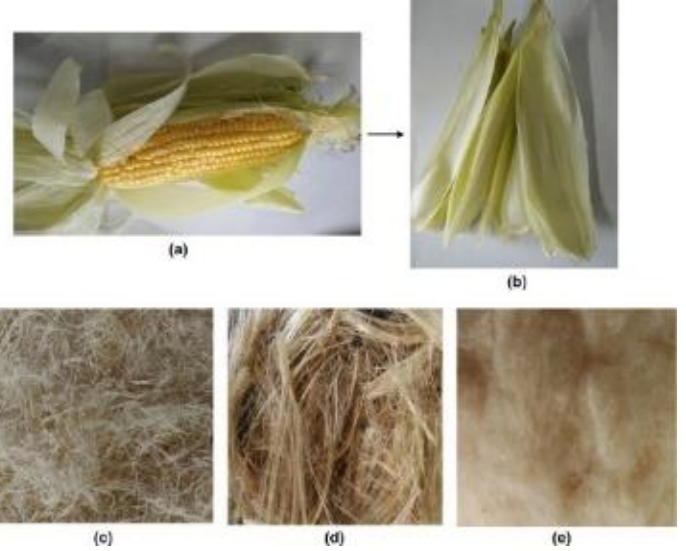


Şekil 8. Soya fasulyesi elyafı ve bu elyaflardan üretilmiş iplikler [52,53]

Mısır Lifleri: Mısır lifi, diğer lignoselülozik materyaller gibi karbonhidrat polimerleri ve ligninden oluşan heterojen bir komplekstir. Şekil 9’da görüldüğü gibi temel olarak, dış kabuk kaplaması veya tohum çeperi olarak bilinen kısmın yanı sıra %10–25 oranında yapışkan nişasta içermektedir [54]. Mısır lifleri, genellikle dokusuz tekstil, spor giyim, triko, çorap ve dış giyim, perdeler, sofa örtüleri, depolama ürünleri ve spor ayakkabıları gibi ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Mısır lifi, dayanıklılığı ve hafifliği ile dikkat çeken çeşitli tekstil uygulamalarında tercih edilen bir malzeme haline gelmiştir [55,56].

Bambu Lifleri: Bambu bitkisinin yüksek selüloz içeriği, elde edilen liflerin giysi konforu bakımından olumlu özelliklere sahip olmasıyla birlikte, bu liflerin çekiciliği özellikle son yıllarda gözle görülür bir şekilde yükselmiştir[57]. Bunun başlıca nedeni

hafiflik, toksik olmayan, aşındırıcı olmayan, kolay bulunabilirlik, düşük maliyet ve biyolojik olarak parçalanabilir özellikler gibi avantajlardır [58]. Ayrıca, şekil 10’da görüldüğü gibi bambu liflerinin doğal antibakteriyel ve biyolojik olarak bozunabilir olması, parlaklık, yumuşaklık ve UV koruyucu özelliklere sahip olması bu ürünlerini tekstil pazarında popüler hale getirmiştir [59].



Şekil 9. Mısır bitkisinden elde edilen lifler [55]



Şekil 10. Bambu bitkisinden elde edilen lifler ve bu lifler ile üretilmiş tişört[60,61]

2.3. Lif Haline Getirilmeden Yüzey Olarak Kullanılan Biyomateriyaller

Mantar Sporları (Miselyum): Hızlı bir şekilde büyüyen, polimerik ve yer altında bir ağ sistemi oluşturarak dallanan bitkisel liflere miselyum denir. Glukan, protein ve kitin bileşiminden oluşmakla birlikte özünde bitkisel olup karmaşık ve boşluklu bir ağ yapısına sahiptir. Toprakta ve farklı ortamlarda yetişip gelişebilmekte aynı zamanda ölçülerinde de farklılıklar olabilmektedir. Miselyumlar çevrede bulunan hayvan ve bitki kalıntılarından oluşan organik besinlerden beslenmektedir[62]. Mantarın kök yapısı olan miselyum, büyüdükçe alt tabaka malzemelerini bir araya getirmekte ve kompozit geliştirme fırsatları sunmaktadır [63]. Miselyum derisi, lif yoğunluğunu kontrol etmek için sıcaklık, nem ve CO₂ gibi yetiştirme koşullarını düzenleyerek özelleştirilebilmektedir. Genellikle tabaka halinde yetiştirilen bu malzeme, farklı şekillerde veya kalıplarda yetiştir-

me olanaklarını keşfetmek amacıyla şirketler tarafından deneme aşamasındadır. Mantar dersinin istenilen boyuta büyütülebilmesi laboratuvar ortamında hayvan bazlı deri üretimine kıyasla daha az zaman, kaynak ve kimyasal kullanılarak biyolojik olarak parçalanabilir bir malzeme elde etme olanağı sunmaktadır [64]. Şekil 11'de görüldüğü gibi, Hermès ve MycoWorks gibi öncü markalar işbirliği yaparak mantar derisinden çantalar üretmektedir.



Şekil 11. Hermès ve MycoWorks markasına ait mantar derisi çanta [65]

Bakteriyel Selüloz: Bakteriyel selüloz, üstün özelliklere sahip bir malzeme olarak değerlendirilmekte ve çeşitli endüstrilerde incelenmektedir. Özellikle tekstil endüstrisinde hem endüstriyel hem de laboratuvar ölçeğinde bakteriyel selüloz üzerine bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu materyal, dokusuz yüzey veya biyodokusuz yüzey olarak da adlandırılan bakteriyel selüloz tabakasıyla öne çıkmaktadır [66]. Çevre dostu özellikleri, doğada biyolojik olarak parçalanabilir olması ve yüksek mukavemeti, bakteriyel selülozu çeşitli endüstriyel ihtiyaçlar için çekici bir seçenek haline getirmektedir [67]. Bakteriyel selüloz, giderek artan bir öneme sahip olduğundan, üretim yöntemleri üzerinde geliştirmeler yapılmaktadır. Statik ve biyoreaktörler kullanılarak gerçekleştirilen üretim sürecinde, karbon kaynakları, pH seviyesi, sıcaklık ve karıştırma hızı gibi faktörler üzerinde optimizasyon çalışmaları yürütülmektedir. Bu çabaların amacı, selülozun kalitesini artırmaktır [68]. Şekil 12'de bakteriyel selüloz kullanılarak tasarlanmış ürünler yer almaktadır.

Kültür Deri: Biyoüretilmiş deri, gerçek hayvan derisinin dokusunu koruyarak, sentetik derilerden farklı bir alternatif sunmaktadır. Bu deri, hayvan kök hücreleri kullanılarak laboratuvar ortamında üretilmekte ve süreci yaklaşık iki hafta sürmektedir. Bu yöntem ile elde edilen deriler geleneksel deri üretimine göre çok daha hızlıdır. Bu yöntemler, çevresel etkileri azaltarak tabaklama sürecini daha sürdürülebilir hale getirmektedir [70]. Bu biyoteknolojik yaklaşımla elde edilen biyomalzemeler, geleneksel hayvan derisinin özelliklerini taklit etmektedir. Modern Meadow gibi şirketler, bu tür biyomalzemeleri geliştirmek için hücre mühendisliği kullanmaktadır [71]. Modern Meadow, deri üretiminde devrim yaratmayı amaçlayan bir

şirkettir. Geleneksel deri üretimi, hayvanın et, kemik, kan ve bağırsaklarıyla birlikte derisini kullanmayı gerektirirken, Modern Meadow bu süreci biyoteknolojik bir yaklaşımla değiştirmektedir. Şekil 13'de görüldüğü gibi şirket, inek derisinin protein kaynağı olan kolajeni, genetik mühendislik ile tasarlanmış mayalar kullanarak üretmektedir. Bu süreç, deri üretiminde kullanılan petrokimyasallardan ve hayvanlardan tamamen bağımsızdır [72].



Şekil 12. Bakteriyel selülozdan elde edilen yüzeyler ile oluşturulmuş giysiler [69]



Şekil 13. Mayada yetiştirilen kolajenden yapılmış çiğ deri ve yarı mamul, boyanmış kültür deri [72].

Bunların dışında biyolojik olarak parçalanabilir olmasa da sürdürülebilirlik açısından önemli bir çevre dostu lif olan seaqual deniz ve karasal plastik atıklardan oluşan bir malzemedir. Bu malzeme, deniz plastiği içeren yüksek kaliteli, %100 geri dönüştürülmüş polyester ipliklerden üretilmektedir. Seaqual lifi, çevreyi koruma amacı güderek geri dönüşüm sürecinde deniz atıklarını değerlendirmekte bu sayede sürdürülebilir moda ve tekstil üretimine katkı sağlamaktadır [73]. Şekil 14'te seaqual lifi kullanılarak üretilmiş tekstil ürünü yer almaktadır.

Çalışmanın başlangıcında, biyomalzemelerin geniş kullanım potansiyelini ortaya koymak amacıyla kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve bu alandaki mevcut bilgi birikimi incelenmiştir. Hem ulusal hem de uluslararası kaynakların incelenmesi sonucunda, bu çalışmayla benzer özellikler taşıyan araştırmaların mevcut olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 14. Okyanustan toplanan plastikten elde edilen liflerle oluşturulmuş tişört [74,75]

Dirgar ve Oral (2023), tarafından yayınlanan kitapta, sürdürülebilirlik anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte deri sektöründe çevreye daha az zarar veren alternatif malzemelerin geliştirilmesine odaklanılmaktadır. Çalışmada, hayvansal derinin çevresel etkilerinin yüksek olması nedeniyle geliştirilen sentetik esası alternatiflerin sürdürülebilirlik açısından yetersiz kaldığı, buna karşılık biyolojik olarak parçalanabilen ve bitkisel malzemelerden üretilen vegan derilerin önem kazandığı vurgulanmıştır. Vegan derilerin, mantar, kaktüs, üzüm posası ve ananas yaprakları gibi atık veya yenilenebilir olmayan bitkisel malzemelerden üretildiği ve çevre dostu bir seçenek sunduğu ifade edilmiştir. Rodríguez (2023), ise mevcut üretim ve tüketim modellerinin sürdürülebilir bir geleceği tehdit eden yönlerini ele alarak çevresel sorunların çözümüne yönelik stratejileri analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu çalışma, özellikle döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir tasarım modellerinde biyomalzemelerin rolünü incelemiş, literatür araştırmaları ve deneysel çalışmalar yoluyla biyomalzemelerin çevre dostu alternatifler sunma potansiyelini değerlendirmiştir. Araştırma, amatör seviyeden yarı endüstriyel seviyeye kadar farklı malzeme, ürün ve üretim süreçlerini ele alarak kapsamlı bir bakış sunmayı hedeflemiştir. Barauna ve çalışma arkadaşları (2022), moda endüstrisinin çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan biyofilm tekstillerin geliştirilmesine ve üretim değişkenlerine odaklanmıştır. Çalışma, stratejik tasarım yoluyla yenilikçi ve sürdürülebilir tekstil malzemeleri oluşturmayı hedeflemiş ve gıda mühendisliği bilgilerini tekstil biyomalzemeleri tasarımına uyarlamıştır. Makale, biyofilm üretiminde kullanılan temel bileşenler, deneysel süreçler ve sonuçları detaylandırarak moda sektöründe sürdürülebilirlik ve yenilik için bir yol haritası sunmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Konu kapsamı dâhilinde gerçekleştirilen detaylı incelemeler, farklı tarifler kullanılarak oluşturulmuş çeşitli biyomalzemelerin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Daha önceden yapılan çalışmaların genellikle numune aşamasında sonlandığı, elde edilen numunelere test uygulanmadığı ve bu malzemelerin doğal olarak renklendirilmediği aynı zamanda bu biyomalzemelerin bir kumaşa ya da giysiye uyarlanmadığı gözlemlenmiştir. Bu numunelerin doğal yollarla renklendirilip bir giysi ile birleştirilmesi çevresel sürdürülebilirliği artırırken modada yenilikçi bir

yaklaşım sunmaktadır. Çünkü her bir malzemenin benzersiz dokusu ve rengiyle farklı görünümler oluşturulabilmektedir. Bu malzemelerin geleneksel sentetik materyallere kıyasla doğaya zarar vermeyen bir yaşam döngüsü sağlaması çok önemlidir. Ayrıca estetik açıdan da yenilikçi tasarımlar ve yaratıcı yüzeyler ortaya çıkarabilme potansiyeli, sürdürülebilir moda benimsenmesini teşvik edebilmektedir. Buradan yola çıkılarak bu tarifler ile gerçekleştirilen çok sayıda deneme sonucunda, çalışma için en uygun üç reçete çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Tablo 1’de yer alan (a) kodlu numunenin hazırlanıp düz zemine dökülmesi ile birlikte 22°C olan oda sıcaklığında tamamen kuruması 7 gün sürmüştür. Bulunduğu kalıptan kolaylıkla çıkan numune, şeffaf, pürüzsüz, sert ve kolay katlanamayan bir yapıya kavuşmuştur. Numunenin üçüncü günü dikilmeye en elverişli zamanı temsil etmektedir. Orta sertlikteki malzeme kolaylıkla dikilebilmiş ancak uzun süre bekletildiğinde sertlik oranı artarak dikimi zorlaştırmıştır. (b) Kodlu numunenin hazırlanmasında, gıdalarda kıvam arttırıcı katkı maddesi olarak kullanılan ve kahverengi alglerden elde edilen aljinik asit, $C_6H_8O_6$ formülüne sahip bir karbonhidrat polimeri olan sodyum aljinat [84], moleküler gastronomi sektöründe faaliyet gösteren firmalardan temin edilmiştir. Karışımın oluşturulmasının ardından elde edilen ürün, düz bir zemine serilerek 22°C olan oda sıcaklığında kuru-maya bırakılmıştır. Aljinatların polivalan katyonların varlığında iyonik jel oluşturabilme özellikleri sayesinde birinci gün daha yapışkan ve sıvı kıvamda olan karışım, ikinci günün sonunda belirgin bir şekilde toparlanmaya başlamıştır [85]. Bulunduğu kaptan kolaylıkla çıkabilen numune 5 gün sonra şeffaf, esnek, ipeksi bir görünüm kazanmıştır. Ayrıca dikim sırasında oldukça esnek bir yapıya sahip olması nedeniyle toplanmalar gözlemlenmiştir. Bu durum, özenli bir dikim işlemi gerektirmektedir. Fakat numune aşamasında bu malzeme kalsiyum klorür ile sertleştirilerek bu sorun ortadan kaldırılabilir. (c) Kodlu numune, 22°C olan oda sıcaklığında 5 gün boyunca kurumaya bırakılmış ve bu süreç sonunda şeffaf, kolay katlanabilen, sağlam ve elastik bir yapıya kavuşmuştur. Yapılan ilk numune çalışmalarında karışım katılaşınca ateşten alınıp düz bir zemine dökülmüştür. Fakat 24 saatin sonunda karışımın tamamen çatlamış ve kuruduktan sonra şekil verilemeyecek kadar sert bir yapıya dönüştüğü gözlemlenmiştir. Deneyin başarıya ulaşması için önemli bir detay olarak, karışımın katılaşmaya başlamasının ardından 10 dakika boyunca sürekli ateşte tutulması ve karışımın şeffaf bir madde

haline gelene kadar sürekli karıştırılması gerekmektedir. Sağlam ve esnek yapısı dikim kolaylığı sağla-yarak dikiş makinesine kolay entegre olmuştur. Çalışmanın devamında bu reçeteler ile elde edilen üç adet numune üzerinde hava geçirgenliği, aşınma, su ve neme dayanıklılık testleri yapılmıştır. Ayrıca, üretilen malzemelerin estetik ve işlevsel potansiyelini vurgulamak amacıyla beş adet görünüm ve teknik çizim hazırlanmıştır. Bu çalışmalar, hikâye panosu ile birleş-tirilerek tasarım paftası oluşturulmuştur. Adobe Illustrator ve Adobe Photoshop gibi yazılımlar kullanılarak çizimler dijital ortamda şekillendirilmiş, tasarımda kullanılacak kumaşlar ve biyomateriyaller çizimler üzerine yerleştirilmiştir. Bu süreç, elde edilen malzemelerin dikiş makinesine entegrasyonu ve estetik açıdan test edilmesi için önemli bir adımdır. Biyomalzemelerin görsel sunumunu zenginleştirmek ve giysi üzerindeki duruşunu daha etkili bir şekilde gözlemlemek amacıyla oluşturulan pafta, çalışmanın görsel anlatımını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Çalışmanın son aşamasında, elde edilen görünümünden biri, pratik uygulama alanını somutlaştırmak amacıyla üretilerek bir giysi prototipi haline getirilmiştir. Beş parçadan oluşan kapsül koleksiyondan seçilen uygulama örneği, sade yapısı ve düz zemini ile biyomateriyallerin diğer malzemelerle uyumu ve dikim işlemi için uygunluğu değerlendirilmek amacıyla tercih edilmiştir. Zemin kumaşı olarak 165 g/m², 46 tel, bej renk ham keten tercih edilmiş ve bu kumaş üzerine numuneler dikilerek kumaşla uyumları değerlendirilmiştir. Bu aşamada, hazırlanan giysi kalıpları kesilmiş ve Brother marka elektronik düz dikiş makinesinin dikiş adım sıklığı 10 mm/2,5=4 (1 cm'de 4 batış) olarak ayarlanmıştır [82]

Tablo 1'de, çalışmada kullanılan biyomateriyal reçetelerinin malzeme oranları, potansiyel uygulama alanları ve bu reçetelere ait numune görselleri yer almaktadır.



Şekil 15. Biyomateriyal uygulamaları için kullanılan malzemeler [81]

Şekil 15'te yer alan malzemeler, çeşitli uluslararası ve ulusal standartlara uygun olarak seçilmiştir. Bunlar arasında Kenton marka mısır nişastası (TS 2970), gliserin (TS ISO 2879), Aromel Kimya Medikal A.Ş.'ye ait sodyum aljinat (FCC), Nare marka üzüm sirkesi (TS 1880 EN 13188) ve yerel bir marketten temin edilen toz haldeki sığır jelatini (TS 8317) yer almaktadır [81]. Bu bileşenler, biyomateriyallerin geniş bir uygulama yelpazesi içinde kullanılabilmesi ve gelecekteki potansiyel inovasyonlara katkı sağlayabilmesi için bir araya getirilmiştir. Çalışma kapsamında üç farklı reçete kullanılarak numune çalışmaları yapılmıştır. Tüm deneyler ev ortamında gerçekleştirilmiş olup, Bosch marka ev tipi gazlı ocak, Braun marka blender, çelik tencere, cam kalıplar,

Tablo 1. Biyomateriyalreçeteleri

Numune kodları	Hazırlama reçetesi	Potansiyel uygulama alanı	Numune görseli	Kaynak
(a)	-750 ml su -144 g toz sığır jelatini -36 g gliserin -Renklendirici (mor lahana suyu) -10 g karbonat	-Çevre dostu giyim -Anti-mikrobiyal tekstiller -Oyuncak -Dekoratif nesneler		[76,77, 78]
(b)	-800 ml su -24 g sodyum aljinat -40 g gliserin -20 g zeytinyağı -Renklendirici (kırmızı pancar suyu)	- Çevre dostu giyim - Anti-mikrobiyal tekstiller -Gıda kaplamaları		[76,78,79]
(c)	-300 ml su -25 g sirke -50 g mısır nişastası -25 g gliserin -Renklendirici (arpacık soğanı suyu)	- Çevre dostu giyim - Anti-mikrobiyal tekstiller		[76,80,77,78]

tahta kaşık ve Chef markasına ait dijital mutfak tartısı gibi yaygın ekipmanlar kullanılmıştır. (a) Kodlu numuneyi elde etmek için doğranmış yarım mor lahana, su ve karbonat ile kaynatılmış, süzülüp soğumaya bırakılmıştır. Oda sıcaklığına gelen suya belirtilen miktarlarda jelatin ve gliserin eklenerek 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Sıcak haldeki karışım düz bir kalıba dökülüp oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. (b) Kodlu numune içinkırmızı pancar kabukları soyulup dilimlendikten sonra haşlanmıştır. Süzülüp soğuyan suya sodyum aljinat, gliserin ve yağ eklenip blender ile 2 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen karışım düz bir kalıba dökülüp kurumaya bırakılmıştır. (c) Kodlu numune için kaynatılan ve soğuyan soğan suyunun içeresine belirtilen miktarda sirke, mısır nişastası ve gliserin eklenip kısık ateşte 10 dakika karıştırılmıştır. Katılaştıran karışım, ocaktan alınıp düz bir kaba dökülerek spatula ile şekil verilmiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi (a) kodlu numunenin 1. aşamasında koyu yeşil renkte bir sıvı elde edilmiştir. Çok hızlı bir şekilde kuruma sürecine giren numune 2. günün sonunda 2. aşamada ki görselde de belirtildiği gibi daha açık bir tona dönüşmeye başlamıştır. Bu

aşamada numunenin orta kısmı yumuşak kenarları sertleşmeye başlamış ve gittikçe opak bir görüntüye kavuşmuştur. 3. aşamada rengi daha da açılmaya başlayan numunenin sertleşme süreci devam etmiştir. 7.gün sonunda bulunduğu yüzeyden kolaylıkla çıkan numune 4. aşamada belirtilen görselde de görüldüğü gibi pürüzsüz, çok sert ve katlanamayan bir materyale dönüşmüştür. (b) Kodlu numune 1. aşamada sıvı halde yüzeye dökülmüştür. 2.gün sıvı halde ki karışımın toparlanmaya başladığı gözlemlense de hala nemli bir yüzeye sahip olmuştur. 3.günün sonunda numune 3. aşamada ki görselde belirtildiği gibi oldukça incelmış ve bulunduğu yüzeyden kolaylıkla çıkmıştır. 5.günün sonunda ipeksi, esnek, kolay katlanabilen, şekil verilebilir bir malzemeye dönüşmüştür. (c) Kodlu numune 1. aşamada katı bir malzeme olarak spatula yardımı ile yüzeye yayılmıştır. 2. aşamada ki numunenin yüzeyi 3.günün sonunda kurumaya başlamış ve 3. aşamada yer alan görselde yer verildiği gibi bulunduğu yüzeyden kolaylıkla çıkmış ve gittikçe daha ince şeffaf bir yapıya bürünmeye başlamıştır. 5.günün sonunda 4. aşamada yer alan görselde ki gibi tamamen şeffaf, esnek, katlanabilir ve dikilebilir bir özellik kazanarak kullanışlı bir malzemeye dönüşmüştür.

Tablo 2. Biyomateriyal üretim aşamaları

Numune kodları	Deney yüzeylerinin oluşturulması 1.aşama	Deney koşullarında yüzey gelişimi 2.aşama	Yüzey katmanının oluşumu 3.aşama	Doğal kuruma yöntemiyle yüzeyin elde edilmesi 4.aşama
(a)				
(b)				
(c)				

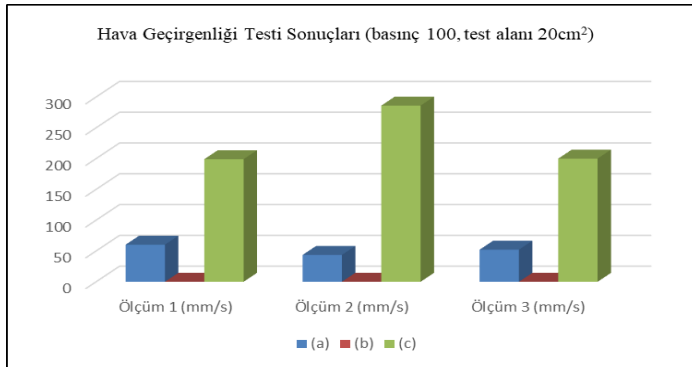
Elde edilen biyomateriyal yüzeyler üzerinde üç farklı test gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, hava geçirgenliği testi TS 391 EN ISO 9237 standardına uygun şekilde yapılmıştır. Bu testte, SdAtlas M021A hava geçirgenliği test cihazı kullanılmış ve numunelerin hava geçirgenlik özellikleri Pa-L/dakika biriminde ölçülmüştür. İkinci olarak, numuneler üzerinde TS EN ISO 12947-4 standardına uygun aşınma testi gerçekleştirilmiştir. Aşınma dayanımı testleri, Martindale 2000 Abrasion Tester cihazı kullanılarak yapılmış ve numunelerin farklı döngü sayılarındaki kütle kayıpları değerlendirilmiştir. Ölçümler, d/dk başına kumaş ağırlığı kaybı gram (gr) cinsinden belirlenmiştir. Son olarak, numunelere TS EN ISO 6270-2 standardına uygun suya ve neme dayanıklılık testi uygulanmıştır. Bu test kapsamında, malzemelerin farklı nem tutma kapasiteleri analiz edilmiş ve suya karşı gösterdikleri performanslar değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, elde edilen numunelerin pratik kullanıma uygunluğunu ve performansını değerlendirmek amacıyla üç farklı test uygulanmıştır. Bunlar;

4.1. Hava Geçirgenliği Analizleri

Şekil 16'da belirtilen (a) kodlu numune orta derecede hava geçirgenliği göstererek, nefes alabilirlik ve bariyer özellikleri gerektiren uygulamalarda uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. (b) Kodlu numune, çok düşük hava geçirgenliği ile su ve hava geçirmezlik gerektiren uygulamalar için kullanılabilir. (c) Kodlu numune ise yüksek hava geçirgenliği ile nefes alabilirlik gerektiren uygulamalar için uygun olup, yüksek oksijen akışı sağlayarak biyolojik ve çevresel ürünlerde tercih edilebilir.

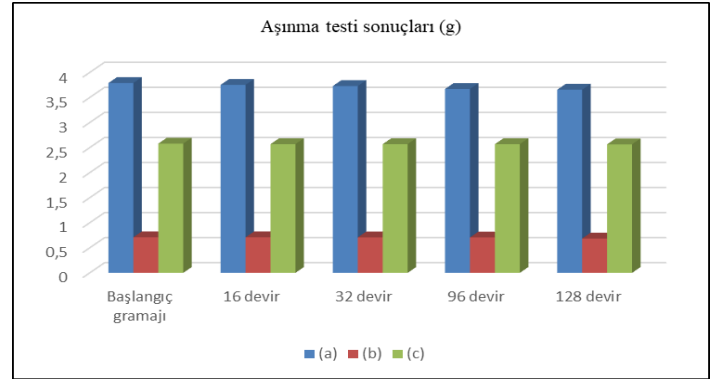


Şekil 16. Hava geçirgenliğitesti grafiği

4.2. Aşınma Direnci Testi Analizi

Şekil 17'de belirtilen (a) Kodlu numune, orta seviyede aşınma dayanıklılığı göstererek, günlük kullanımda orta düzeyde dayanıklılık sunmaktadır. Bu numune, kullanım ömrünü etkileyebilir ve daha sık yenilenme gereksinimi doğurabilir. Ancak, aşındırıcı etkilere karşı yeterli direnç sağlayarak, özellikle koruyucu giysilerde kullanılabilir. (b) Kodlu numune, yüksek aşınma dayanıklılığı ile uzun süreli kullanımda dayanıklıdır. Bu malzeme, sıklıkla giyilen ve aşınmaya maruz kalan ürünlerde

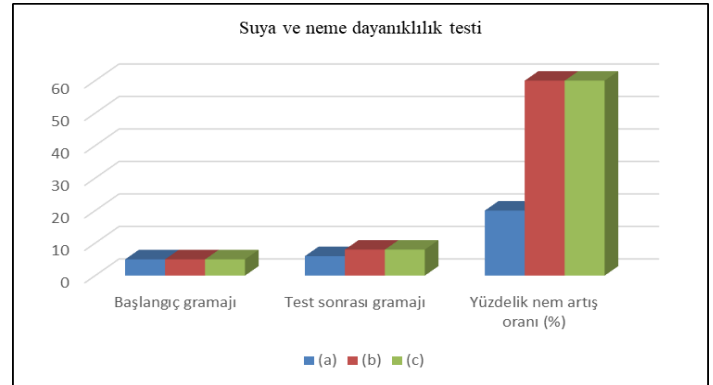
tercih edilebilir. (c) Kodlu numune ise çok yüksek aşınma dayanıklılığı göstererek, uzun ömürlü kullanım sağlamaktadır.



Şekil 17. Aşınma testi grafiği

4.3. Suya ve Neme Dayanıklılık Analizi

Şekil 18'de belirtilen Test sonuçlarına göre, numunelerin su emme kapasitesi arasında belirgin farklar gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre (a) kodlu numune, en düşük su emme kapasitesine sahip olup, bu durum malzemenin suya karşı sınırlı emilim gösterdiğini ve suya dayanıklı uygulamalarda kullanılabileceğini göstermektedir. Diğer yandan, (b) ve (c) kodlu numuneler, nem artışı ile daha yüksek su emme kapasitesine sahip olup, bu özellikleri onları suya ve neme dayanıklı malzemelerin gerektiği durumlar için uygun kılmaktadır.



Şekil 18. Suya ve neme dayanıklılık testi grafiği

4.4. Biyomateriyal Ürün İçeren Giysi Tasarım Paftası

Şekil 19'da yer alan tasarım paftası, biyomateriyallerin moda dünyasındaki yaratıcı potansiyelini keşfetmek amacıyla oluşturulmuş beş parçalı kapsül koleksiyonu sunmaktadır. Bu koleksiyon, biyomalzemelerin çevre dostu kumaşlarla birleştirilerek moda tasarımındaki çeşitliliği artırmayı hedeflemektedir. Seçilen uygulama örneği, koleksiyonun gerçek dünya kullanımını test etmek ve bu malzemelerin günlük giyimde ne kadar pratik olduğunu göstermek adına seçilmiştir. Koleksiyonun ana kumaşı ham keten olarak belirlenmiş, çalışma kapsamında elde edilen yüzeyler yardımcı malzeme olarak kullanılmıştır. Elde edilen yüzeylerin dikim sırasında kumaşa uyumu ve işlenebilirliği gözlemlenmiş, çalışmanın ilerleyen aşamalarında biyomalzeme-

lerin daha geniş yüzeylerde kullanılması hedeflenmektedir. Koleksiyon, biyomateriyallerin moda endüstrisindeki rolünü sadece estetik değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal bilinçle birleştirerek sektöre değer katmayı amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında biyomateriyallerin moda tasarımına uyumu ve sürdürülebilir moda anlayışının gücünün vurgulanması amacıyla görsel bir pano kullanılmıştır. Hikâye panosu, biyomateriyallerin önemini ve potansiyelini anlatmayı hedefleyen bir görsel olarak sunulmuştur. Bu panoda, biyomateriyallerle üretilmiş giysi ve aksesuar örneklerine yer verilmiş, ayrıca bambu gibi doğal malzemelerin temsili ve organik materyallerle üretilmiş görseller kullanılarak biyomateriyallerin çevre dostu ve sürdürülebilir yönü vurgulanmıştır. Paftada yer alan kırmızı pancarın canlı kırmızısı, mor lahananın karbonatla etkileşimi sonucu ortaya çıkan doğal yeşil ve soğanın renk pigmentleri, çalışmanın renk paletinin temellerini oluşturmuştur. Doğal kaynaklardan ilham alınarak oluşturulan bu renkler, tasarımlara organik bir estetik ve doğaya saygılı bir moda anlayışı katmaktadır. Tasarım paftasında yer alan beş adet görünüm ise, elde edilen yüzeylerin kumaşla entegrasyonunu ve dikilebilirlik özelliklerini test etmek amacıyla hazırlanmıştır. Tasarımlar, biyomateriyallerin günlük giysi kullanımı için ne kadar uygun olabileceği konusunda küçük ölçekli denemeler yaparak, bu malzemelerin estetik ve işlevsel potansiyellerini değerlendirmeye yönelik hazırlanmıştır. Bu çizimler, biyomalzemelerin tasarımlarda nasıl birleştirileceğini ve malzemelerin diğer kumaşlarla uyumunu değerlendirmeyi hedeflemektedir.



Şekil 19. Tasarım paftası, Tuğba Öztürk, 2024

Doğal malzemelerle üretilen biyomateriyaller, biyolojik uyumluluk ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu biyomateriyaller genellikle bitkisel kaynaklı malzemelerden, selülozik liflerden, proteinlerden veya doğal polisakkaritler gibi organik bileşenlerden türetilmektedir [83]. Biyomalzemelerin kullanımı, sürdürülebilir moda anlayışını destekleyen birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Organik kaynaklardan türetilen biyomalzemeler, doğal renk paletleri ve organik desenleriyle estetik açıdan yenilikçi sanat yaklaşımları için çelikçi seçenekler sunmaktadır. Bu, sadece çevresel avantajlarla değil, aynı zamanda görsel estetikle de uyum içinde olan bir

moda yaklaşımını desteklemektedir. Numune çalışmalarının sonuçlarına göre, doğal renklendirici ile entegrasyonun numunelere ek bir görsel güzellik kattığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen üç numune, giysilere doğal bir zarafet ve özgünlük kazandırmıştır [86]. Bu biyomalzemeler genellikle yumuşak ve cilt dostu özelliklere sahiptir, bu da giyimde dokunsal bir rahatlık sunarak kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkilemektedir. Doğal malzemelerin kullanımıyla elde edilen bu doku ve his, giysilere özgünlük ve doğallık katmaktadır [87]. Ancak, bu olumlu yönlerin yanında biyomalzemelerin bazı dezavantajları da vardır [88]. Bu malzemeler, çevresel etkileri azaltmakta ve sürdürülebilir moda anlayışına uyum sağlamaktadır. Ancak, bu olumlu özelliklere rağmen, biyomalzemelerin üretimi genellikle daha maliyetlidir. Bu durum, bu tür malzemelerin fiyatlarını yükseltebilmekte ve sürdürülebilir moda ürünlerine erişimi kısıtlayabilmektedir. Ayrıca, bazı biyomalzemelerinde kim zorlukları, özel bakım gereksinimleri olmakta, bu da üretici ve kullanıcı açısından ekstra özen ve dikkat istemektedir [89].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyomateriyaller, moda dünyasına hem estetik hem de işlevsel açıdan benzersiz katkılar sunarak, doğal kaynaklardan elde edilen malzemelerin çeşitli renk, desen ve dokusal özelliklerle sanatsal bir çeşitlilik yaratmaktadır. Bu malzemeler, çevresel sürdürülebilirlik ilkesine dayanarak moda endüstrisine inovatif bir bakış açısı getirmektedir. Atık, enerji kaybı ve karbon emisyonu içermeyen, biyobozunur yapılarıyla çevresel etkileri minimize eden biyomalzemeler, üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirirken doğada çözünebilir yapıları sayesinde ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmektedir. Ayrıca, hafif ve esnek yapıları giysilere hareket özgürlüğü ve konfor sağlarken, hava geçirgenliği gibi özelliklerle termal konfor sunmaktadır. Biyomalzemeler, estetik açıdan yenilikçi dokular ve doğal görünümle tasarımlara farklı bir dil kazandırırken, fonksiyonel açıdan nem tutma, su iticilik ve dayanıklılık gibi performans özellikleri de sunmaktadır. Bu çalışma, sürdürülebilir moda anlayışına katkı sağlamayı ve döngüsel üretim modellerini teşvik etmeyi hedeflemektedir. Çalışma kapsamında, bu alandaki diğer çalışmalardan elde edilen fikirler doğrultusunda üç farklı numune üretilmiş ve numunelere çeşitli testler uygulanmıştır. Bu biyomalzemelerin tasarım sürecindeki rolünü anlamak ve giyim ürünlerinde etkili bir şekilde kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla konu ile bağlantılı bir tasarım paftası hazırlanmış ve beş adet görünüm ile teknik çizim oluşturulmuştur. Beş tasarım arasından, uygulama kolaylığı açısından daha düz zemine sahip olan görünüm, uygulama örneği olarak seçilmiştir.

(a) Kodlu numune orta derecede hava geçirgenlik göstermiştir; bu özellik, nefes alabilirlik ve bariyer gereksinimleri arasında denge kuran uygulamalar için uygundur. Aşınma dayanıklılığı orta seviyede bulunmuş, günlük kullanıma uygun tekstil ürünlerinde kullanılabilirliği göstermiştir. Düşük hidrofilik yapısı ve düşük su emme kapasitesiyle, suya dayanıklı tekstil ürünlerinde kullanım potansiyeli sunmaktadır. (a) Kodlu numunenin sert yapısı, kullanım ve dikim süreçlerinde zorluklara yol açabilecek bir

özellik taşısa da bu sertlik aynı zamanda malzemenin dayanıklılığını artırarak farklı sektörlerde koruyucu ürünler (örneğin, dirsek ve diz koruyucular, şapkalar) için ideal bir seçenek olmasını sağlamaktadır. Suya dayanıklılık özelliğiyle birleşen bu yapı, malzemenin özellikle koruma gerektiren uygulamalarda kullanım potansiyelini vurgulamaktadır. Numunenin belirli bir süre sonra tamamen sertleşme özelliği nedeniyle, dikiş işleminin malzeme elastik haldeyken gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üç farklı numune üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bu numunenin dikim sürecinin en zorlu olduğu tespit edilmiştir

(b) kodlu numune çok düşük hava geçirgenliği sergilemiş ve bu özellik, tam sızdırmazlık gerektiren ürünler için uygun bulunmuştur. Yüksek aşınma dayanıklılığı, aşındırıcı çevresel koşullara direnç gösteren ürünlerde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Orta seviyede hidrofilik özellik göstermiş, kontrollü nem tutma ve hızlı kuruma gerektiren uygulamalarda değerlendirilebilir. Hidrofilik özelliklerin azaltılması için, malzemeye hidrofobik bir yapı kazandırılabilir veya yüzey kaplama işlemleriyle su itici özellikler eklenebilir. Ayrıca, gliserin oranının azaltılması, yağ içeriğinin artırılması (örneğin zeytinyağı) veya sodyum aljinat yerine daha hidrofobik biyopolimerlerin kullanılması, nem çekme oranını düşürerek malzemenin suya ve neme dayanıklılığını artırabilir. Bu yaklaşımlar, malzemenin kullanım alanlarını genişletebilir. (b) Kodlu numune esnek yapısından dolayı dikiş sırasında toplanmalar gözlemlenmiştir. Buna çözüm olarak, numune üretim aşamasında kalsiyum klorür kullanılarak sertleştirme işlemi yapılabilen bu da malzemenin mukavemeti arttırmaya yardımcı olmaktadır. Yapılan numuneler arasında, ipeksi yapısı ve kolay şekil alma özelliği, dikim sürecinde önemli bir avantaj sunmuştur. (b) Kodlu numuneyüksek aşınma dayanıklılığı, tam sızdırmazlık sağlayan düşük hava geçirgenliği ve orta seviyede su emme kapasitesi ile dayanıklılık ve bariyer gerektiren uygulamalar için en uygun malzeme olarak öne çıkmaktadır

(c) Kodlu numune yüksek hava geçirgenliğiyle, doğal oksijen akışını sağlayan ve nefes alabilirliği ön planda tutan ürünler için uygun bulunmuştur. Çok yüksek aşınma dayanıklılığı sergileyerek, uzun ömürlü tekstil ürünlerinde kullanılabilecek bir malzeme olarak değerlendirilmiştir. Yüksek hidrofilik özellikler göstermiş, bu da formülasyonlardaki bileşen oranlarının değişimiyle ilişkilendirilmiştir. (c) Kodlu numune kumaşla ve dikiş makinesiyle uyumlu şekilde dikilmiştir. Kumaşa en rahat ve doğal olarak uyum gösteren malzeme olarak ön plana çıkmıştır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, biyomalzemelerin kullanım alanlarını genişletmek ve verimliliklerini artırmak adına çeşitli öneriler sunulmuştur. Bunlar;

- Biyomalzemeler, üretilen giysilerin, deformasyon riskini azaltırken, giysinin kullanım ömrünü uzatabilir.
- Moda markaları, biyomateriyal kullanımını teşvik etmek ve bu malzemelerin daha yaygın bir şekilde benimsenmesini sağlamak adına endüstri iş birlikleri kurabilir. Ortak projeler, bilgi paylaşımı ve kaynakları birleştirme yoluyla sektördeki

ilerlemeyi hızlandırabilir. Biyomateriyallerin özelliklerini ve üretim süreçlerini daha da iyileştirmek için yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri desteklenebilir. Yeni biyomalzemelerin keşfi ve bunların endüstriyel uygulanabilirlikleri üzerine yapılan çalışmalar, sektördeki inovasyonu teşvik edebilir. Belirli bir çevresel etki azaltma hedefine ulaşan tasarımlara veya markalara verilecek sertifikalar, sektörde pozitif bir rekabet ortamı yaratabilir. Biyomalzemelerin yerel olarak üretilmesi ve tedarik edilmesi, karbon ayak izini azaltabilir ve yerel ekonomilere katkı sağlayabilir. Bölgesel biyomalzeme kaynaklarının keşfi ve geliştirilmesi teşvik edilebilir. Çünkü biyomalzemelerin başlıca özelliği biyobozunur olmaları ve çevresel tahribata yol açmamalarıdır.

- Farklı tekstil ihtiyaçlarına uygun biyomalzeme türlerinin geliştirilmesi (örneğin, esnek, hafif, su geçirmez veya nefes alabilir malzemeler) tasarımı daha fazla esneklik sunabilir ve uygulama alanlarını genişletebilir.
- Tüketicilere yönelik bilinçlendirme kampanyaları düzenlenerek, biyomateriyallerin kullanımının artırılması için talep oluşturulabilir. Tüketicilerin sürdürülebilir ve çevre dostu ürünleri tercih etmelerini teşvik etmek, önemli bir adım olabilir. Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak adına bu zorluklarla başa çıkmak, gelecekte daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir moda endüstrisinin önünü açabilir.

KAYNAKLAR

1. Pfister, T., Schweighofer, M., & Reichel, A. (2016). *Sustainability*. Routledge.
2. Aakko, M., & Koskenurmi-Sivonen, R. (2013). Designing Sustainable Fashion: Possibilities and Challenges. *RJTA Vol. 17 No. 1*, 13
3. Ginsberg, A.D., Calvert, J., Schyfter, P., Elfick, A. and Endy, D., 2014. Synthetic aesthetics: investigating synthetic biology's designs on nature. MIT press.
4. Melkozernov, A. N., & Sorensen, V. (2020). What drives bio-art in the twenty-first century? Sources of innovations and cultural implications in bio-art/biodesign and biotechnology. *Ai & Society*, 36(4), 1313-1321. DOI: 10.1007/s00146-020-00940-0
5. D'Itria, E., & Colombi, C. (2022). Biobased Innovation as a Fashion and Textile Design Must: A European Perspective. *Sustainability*, 14(1), 570. <https://doi.org/10.3390/su14010570>
6. Wiedemann SG, Nguyen QV, Clarke SJ (2022) Using LCA and circularity indicators to measure the sustainability of textiles—examples of renewable and non-renewable fibres. *Sustainability* 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416683>
7. Eser, B., Çelik, P., Çay, A., ve Akgümüş, D. (2016). Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, 43-60
8. (Lamberti, F. M., Román-Ramírez, L. A., & Wood, J. (2020). Recycling of bioplastics: Routes and benefits. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 2551–2571. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08753-1>).
9. Ricchetti, M. (2017). *Neo-materials in circular economy*. Fashion, Edizioni Ambiente.

10. Tüylek, Z. (2020). Sağlık Alanında Kullanılan Polimerik Biyomateriyaller. *Tıp Fakültesi Klinikleri*, 3(2), 65-74
11. Keane, T. J., & Badylak, S. F. (2014). *Seminars in Pediatric Surgery*, 23(3), 112-118.
12. R, Reshmy., Philip, E., Madhavan, A., Sindhu, R., Pugazhendhi, A., Binod, P., Sirohi, R., Awasthi, M. K., Tarafdar, A., & Pandey, A. (2021). Advanced biomaterials for sustainable applications in the food industry: Updates and challenges. *Environmental Pollution*, 283, 117071. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117071>
13. Calva-Estrada, S. J., Jiménez-Fernández, M., & Lugo-Cervantes, E. (2019). Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging. *Food Engineering Reviews*, 11, 78–92. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09189-w>
14. Yılmaz, K. (2022). İç Mekânda Geçicilik Kavramının Karbon Ayak İzine Etkilerini Biyomalzeme Kullanımı ile Azaltma. *Modular Journal*, 6(1), 66-87. <https://doi.org/10.59389/modular.1136468>
15. Prodanović, S., & Milutinović, M. (2017). Some Applications of Biomaterials in Automotive Industry. In E. Pellicer et al. (Eds.), *Advances in Applications of Industrial Biomaterials* (s. 1-23). Springer International Publishing AG. DOI: 10.1007/978-3-319-62767-0_1
16. Korkmaz, Y., Aykanat, S., & Çil, A. (2012). Organik Atıklardan Biyogaz ve Enerji Üretimi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 1(489). Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
17. Tüylek, Z. (2021). Biyolojik Sistemlerde Gelecekteki Nano/ Biyosensör Ürünlerine Hazırlık. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 2(1), 17-39.
18. Lee, G. (2023). A Study on Possibility of Biomaterial in Fashion Product Design- focusing on experiment of fruit peels. *Basic Design Research*, 24(5), 481.0-492.0.
19. Baydemir, A., & Er Bıyıklı, N. (2021). Biyotextilelerin Yenilikçi Malzeme Olarak Hazır Giyim Endüstrisinde Kullanımı. *SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, Cilt:14, Sayı:27, 641. ISSN 1308-2698.
20. Costa, A.F., Rocha, M.A. ve Sarubbo, L.A. (2017). Review- Bacterial Cellulose: An Ecofriendly Biotextile. *International Journal of Textile and Fashion Technology (IJTFT)*ISSN(P): 2250-2378; ISSN(E): 2319-4510 Vol. 7, Issue 1, Feb 2017, 11-26.
21. Mihaleva, G. (2020). Bio matter in creative practices for fashion and design. *AI & Society*, 36, 1361–1365. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00957-5>
22. Eroğlu N.S., Yuce I., Canoglu S. (2022). "Alternative Fibers II: Pineapple, Polar Bear, Banana, and Caribou Fibers." *Annals of the University of Oradea. Fascicle of Textiles, Leatherwork*, 97, 97–102. ISSN 1843-813X (Print), 2457-4880 (Online).
23. Kiraz, M. T. (2012). *Süt Lifinden Yapılan Kumaşların Performans ve Konfor Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekstil Mühendisliği Programı, İstanbul.
24. [https://bigumigu.com/haber/ananas-yapraklarından-uretilen-deri-alternatifi-kiyafetler/\(28.01.2024\)](https://bigumigu.com/haber/ananas-yapraklarından-uretilen-deri-alternatifi-kiyafetler/(28.01.2024))
25. Lau, C. H. (2012). Picha pastoris expressing recombinant spider silk, is it possible? (UPTEC X 12 019 Examensarbete 30 hp). Uppsala Universitet. ISSN 1401-2138.
26. [https://www.oggusto.com/surdurulebilir-yasam/moda-ve-tasarimda-biyoteknoloji-inovatif-materiyallerin-kullanimi/\(29.11.2023\)](https://www.oggusto.com/surdurulebilir-yasam/moda-ve-tasarimda-biyoteknoloji-inovatif-materiyallerin-kullanimi/(29.11.2023))
27. Kaya, S., & Öner, E. (2020). Kenevir Liflerinin Eldesi, Karakteristik Özellikleri ve Tekstil Endüstrisindeki Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 108-123. <https://doi.org/10.29048/makufed.693406>
28. Manaia, J. P., Manaia, A. T., & Rodrigues, L. (2019). Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers*, 7, 106. <https://doi.org/10.3390/fib7120106>
29. Kurtuldu, E., & İşmal, Ö. E. (2019). Sürdürülebilir Tekstil Üretim ve Tasarımında Yeniden Değer Kazanan Lif: Kenevir. *SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, 12(24), 694. ISSN 1308-2698
30. Schumacher, A. G. D., Pequeto, S., & Pazour, J. (2020). Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative to cotton. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122180. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122180
31. <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2020/12/kenevir-kumas-nedir-kenevir-ozellikleri.html> (24.11.2023)
32. Sevgisunar, H. G. (2015). Süt liflerinden üretilen kumaşların ön terbiye işlemlerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
33. <https://tekstilbilgi.net/protein-esasli-kimyasal-lifler.html/kazein-sut-lifi> (18.12.2024)
34. https://tekstilbilgi.net/sut-kazein-lifi-nedir.html#google_vignette
35. Bedeloglu, A., Demir, A., Bozkurt, Y., & Sariciftci, N. S. (2010). A photovoltaic fiber design for smart textiles. *Textile Research Journal*, 80(11), 1065-1074. <https://doi.org/10.1177/0040517510366005>
36. Baye, B., & Tesfaye, T. (2022). The new generation fibers: a review of high performance and specialty fibers. *Polymer Bulletin*, 79(12), 9221–9235. <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03966-6>
37. <https://smartfiber.de/en/smartcel> (29.11.2023)
38. Kalaycı, E., Avinc, O. O., Bozkurt, A., & Yavaş, A. (2016). Tarımsal atıklardan elde edilen sürdürülebilir tekstil lifleri: Ananas yaprağı lifleri. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2), 203-221.
39. <https://smartfiber.de/seacell> (29.11.2023)
40. Gültekin, B. C. (2016). Bleaching of SeaCell® Active Fabrics with Hydrogen Peroxide. *Fibers and Polymers*, 17(8), 1175-1180. DOI: 10.1007/s12221-016-6181-9
41. <https://tekstilbilgi.net/wp-content/uploads/2022/01/seacell.jpg>(29.11.2023)
42. Özen, Ö., & Erdem İşmal, Ö. (2023). Doğadan İlham Alan Çevre Dostu Tasarımlar İçin Bir Potansiyel Olarak Lyocell Lifleri ve Doğal Boyalar. *Sanat&Tasarım Dergisi*, 13(1), 201-213.
43. Lo Nostro, P., Fratoni, L., Ridi, F., & Baglioni, P. (2003). Surface treatments on Tencel fabric: Grafting with β-cyclodextrin. *Journal of Applied Polymer Science*, 88(3), 706-715. <https://doi.org/10.1002/app.11676>
44. Firgo, H., Schuster, K. C., Suchomel, F., Männer, J., Burrow, T., & Abu-Rous, M. (2006). THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF TENCEL®- A CURRENT UPDATE. *Lenzinger Berichte*, 85, 22-30
45. <https://www.tencel.com/b2b/tr/product/tencel-lyocell> (25.11.2023)

46. Arafa Badr, A., Hassanin, A., & Moursey, M. (2016). Influence of Tencel/cotton blends on knitted fabric performance. *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 2439-2447. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.02.031>
47. <https://www.kumasbilgi.com/2018/12/lyocell-elyaf-nedir.html> (25.11.2023)
48. <https://www.pureva.com.tr/lyocell-pardesu-lyocell-haki-tint#images-1>(28.01.2024)
49. Wang, Y., Wang, Q., Zhu, Y., Shen, Y., Cheng, S., Zheng, H., & Xu, Y. (2021). Structure and properties of oxycellulose fabric crosslinked with soy protein. *Carbohydrate Polymers*, 257, 117548. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117548>
50. Nilüfer, D., & Boyacıoğlu, D. (2008). Functional food components of soy and soy products. *Gıda*, 33(5), 241-250.
51. Yıldırım, F. F., Aving, O. O., & Yavaş, A. (2015). Soya fasulyesi protein lifleri. Bölüm 2: Soya liflerinin özellikleri ve kullanım alanları. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20(1), doi: 10.17482/uujfe.15890
52. <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2015/12/soya-fasulyesi-lifi-silkool.html> (18.10.2023)
53. <https://www.coats.com/tr/products/yarns/coatsknit/coatsknit-eco-s> (28.01.2024)
54. Gaspar, M., Kalman, G., & Reczey, K. (2007). Corn fiber as a raw material for hemicellulose and ethanol production. *Process Biochemistry*, 42(8), 1135-1139.
55. <https://www.textilejourney.com/tr/post/m%C4%B1s%C4%B1r-elyaf%C4%B1-nedir-m%C4%B1s%C4%B1r-dan-kuma%C5%9F-nas%C4%B1l-%C3%BCretilir> (18.10.2023)
56. Bungag, M. M. (2018). Acceptability of corn Zea mays husk fiber as raw material in fabric making. Faculty of Garments Fashion and Design, Technology Department, Marikina Polytechnic College.
57. Karahan, H. A., Öktem, T., & Seventekin, N. (2006). Doğal bambu lifleri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü.
58. Lokesh, P., Surya Kumari, T. S. A., Gopi, R., & Loganathan, G. B. (2020). A study on mechanical properties of bamboo fiber reinforced polymer composite. *Materials Today: Proceedings*, Volume 22, Part 3, Pages 897-903.
59. Elibüyük, U., Bulut, M. O., & Üçgül, İ. (2018). Bambu-Pamuk ve %100 Pamuklu Kumaşların Bazı Fiziksel ve Boyama Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Teknik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 11-16
60. <https://www.kumasbilgi.com/2016/12/bambu-bamboo-lifi.html>(20.10.2023)
61. https://nublik.com/collections/bamboo?sort_by=best-selling&filter.v.availability=0&filter.v.price.gte=&filter.v.price.lte = (15.12.2024)
62. Sariay, E., Cörüt, A., & Büyükkancı, B. Y. (2023). Miselyum Kompozitlerinin Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 196-207. DOI: 10.29048/makufebd.1228676.
63. Silverman, J., Cao, H., & Cobb, K. (2020). Development of Mushroom Mycelium Composites for Footwear Products. *Clothing and Textiles Research*, 38(2), <https://doi.org/10.1177/0887302X1989000>
64. Berber, G. Ş., & Keskin, E. (2021). Sürdürülebilir Modada Güncel Bir Yaklaşım: Vegan Deri [A Current Approach in Sustainable Fashion: Vegan Leather]. *International Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)*, 7(2), 143. DOI: 10.46442/intjcss.1026527.
65. https://hayatinidetoksla.com/hermes-ve-mycoworksten-sofistike-bir-moda-urun-mantar-derisinden-canta/_250 (19.12.2023)
66. Kılınç, M. (2021). Bakteriye Selüloz Eldesi ve Bakteriye Selüloz Kaplanmış Kumaşların Tekstil Endüstrisinde Kullanım Alanlarının Araştırılması (Doktora Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
67. Kale, İ., & Altun, T. D. (2022). Tasarım Sürecinde Biyolojik İş birlikleri: Mikrobiyal Selülozdan Maske Üretimi Üzerine Bir Deneme. *Tekstil ve Mühendis*, 29(126), 96-105
68. Gündüz, G., Aşık, N., Aydemir, D., Kılıç, A. (2017). Bakteriye Selüloz Üretimi ve Karakterizasyonu. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 10(2), 1-10
69. Mihaleva, G. (2020). Bio matter in creative practices for fashion and design. *AI & Society*, 36(8), 1361-1365. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00957-5>
70. <https://earth.org/lab-grown-leather/> (15.12.2024)
71. Kefale, G. Y., Kebede, Z. T., & Birlie, A. A. (2023). A systematic review on potential bio leather substitute for natural leather. *Journal of Engineering*, 1-5. <https://doi.org/10.1155/2023/1629174>
72. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2017/09/modern-meadow-lab-grown-leather/540285/> (15.12.2024)
73. <https://www.seaqual.org/projects-collaborations/> (19.12.2023)
74. <https://www.seaqual.org/projects/fidivi-sealife-collection/> (28.11.2023)
75. <https://www.seaqual.org/projects/rita-row-when-fashion-meets-sustainability/> (15.12.2024)
76. Barauna, D., Renck, G. E., Santos, P. M., & Tomé, V. P. D. (2022). Biomaterial Experimental Design Practices as a Strategy for Sustainable Fashion. *Mix Sust*, 8(3), 95-108. <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v8.n3.95-108>
77. Atalan, D.N., Üzümcü, M. B., (2022). “Doğal Lifler ve Doğal Boyar Maddeler Kullanılarak Oluşturulan Bir Lif Sanatı Çalışmasının Oluşum Süreci: Suyun Ötesinde”, *TJFDM*, 2022, 4 (3): 207-220
78. Ratner, B. D., & Bryant, S. J. (2004). Biomaterials: Where We Have Been and Where We Are Going. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 6, 41-75. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.6.040803.140027>
79. https://evrimagaci.org/sodyum-aljinat-nedir-plastik-kirliliginin-azaltabilir-mi-9517#google_vignette (28.01.2024)
80. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/doga-dostu-biyoplastik-yapalim> (13.12.2023)
81. <https://www.nike.com/a/hands-on-how-to-make-bio-materials> (12.12.2023)
82. Megep. (2015). Giyim Üretim Teknolojisi Düz Dikiş Makinesinin Ayarları. Ankara.
83. Ghanbarzadeh, B., & Almasi, H. (2013). Biodegradable polymers. *Biodegradation: Life of Science*. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/56230>
84. <https://www.katkideposu.com/urun/sodyum-aljinat-e401>

85. Zhang, H., Cheng, J., & Ao, Q. (2021). Preparation of Alginate-Based Biomaterials and Their Applications in Biomedicine. *Marine Drugs*, 19(5), 264. <https://doi.org/10.3390/md19050264>
86. Kawasaki, K., & Mizuno, D. (2017). 'Bio-hacking Fashion: A Study on 2.5 Dimensional Fashion Pattern Cutting and Bacterial Dyes'. In *Proceedings of the 3rd Biennial Research Through Design Conference*, 22-24 March 2017, Edinburgh, UK (pp. 308-322). Article 20. DOI: 10.6084/m9.figshare.4746991.
87. Quinn, E. S. (2022). "Ethics and Aesthetics of Biomaterials and the Impermanence of Fashion." Paper presented at the Global Fashion Conference 2022, Albright College, USA.
88. Lee, S., Congdon, A., Parker, G., & Borst, C. (2020). Understanding "Bio" Material Innovations: A Primer for the Fashion Industry. In *Biofabricate & Fashion for Good*.
89. Acierno, D., & Patti, A. (2021). "Biomaterials and the Textile Industry." In *Latest Trends in Textile and Fashion Designing*. Lupine Publishers, ISSN: 2637-4595. DOI: 10.32474/LTTFD.2021.04.000188.