

Tekstil Bazlı ve Kompozit Yapıda Yara Örtücü Malzemeler: Bir Derleme Çalışması

Emel Ceyhan SABIR^{1*}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-2385-1524>

*Sorumlu yazar: emelc@cu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 10.03.2025

Kabul tarihi: 16.05.2025

Online Yayınlanma: 15.12.2025

Anahtar Kelimeler:

Yara örtücüler

Medikal tekstil

Teknik tekstil

Tekstil kompozitleri

ÖZ

Bu çalışmada, medikal tekstil ve mühendislik malzemelerini içeren yara örtücü güncel kompozit malzemeler, türleri, yara iyileştirmedeki performansları geniş kapsamlı olarak araştırılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Yara örtüsü, terim olarak tekstili çağrıştırmakla birlikte medikal tekstil kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Yara örtücüler ile yapay doku konuları çoğunluklar birbirine karıştırılmaktadır. Bu iki konu, canlı dokuların dikkate alınmasını gerektirse de birbirinden kesinlikle ayrılmalıdır. Son yıllarda yara örtüsü görevi görüp aynı zamanda dokuya entegre olabilecek ileri çalışmalara rastlanmaktadır. Yara, vücutta sağlıklı epitel doku kaybıdır ve farklı şekillerde oluşabilir. Öncelikle yara çeşitleri ve yaranın iyileşme süreci açıklanmış, yaraya uygun geliştirilen yara örtücüler birbirinden ayrılan yönleriyle birlikte ele alınmıştır. Yara örtücüler büyük ölçüde tekstil bazlıdır, ancak son yıllarda dokuyu koruyan, yarayı iyileştiren ve canlı konforunu ön planda tutan yenilikçi örtücülerin geliştirildiği görülmüş olup çalışmada bunlara yer verilmiştir. Sonuç olarak bahsedilen yara örtücüler karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.

Textile-Based and Composite Wound Dressing Materials: A Review Study

Research Article

Article History:

Received: 10.03.2025

Accepted: 16.05.2025

Published online: 15.12.2025

Keywords:

Wound dressings

Medical textiles

Technical textile

Textile composites

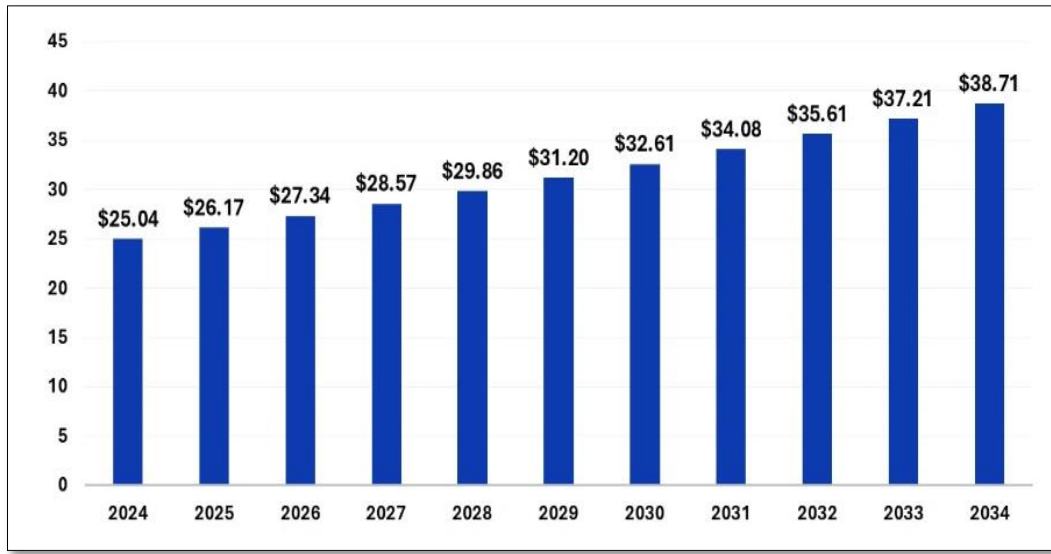
ABSTRACT

In this study, current wound dressing materials including medical textile and engineering materials; their types, wound healing performances have been extensively investigated and compared. Although the term wound dressing evokes textile, it should be evaluated within the scope of medical textile. Wound dressings and artificial tissue issues are often confused. These two issues require considering living tissues but should definitely be separated from each other. In recent years, advanced studies have been encountered that can serve as a wound dressing and at the same time integrate with the tissue. Wound is the loss of healthy epithelial tissue in the body and can occur in different ways. First of all, wound types and the healing process of the wound are explained, and wound dressings developed suitable for the wound are discussed together with their distinguishing aspects. Wound dressings are largely textile-based, but in recent years, it has been seen that innovative dressings that protect the tissue, heal the wound and prioritize living comfort have been developed and these are included in the study. As a result, the mentioned wound dressings are summarized comparatively.

To Cite: Sabır EC. Tekstil Bazlı ve Kompozit Yapıda Yara Örtücü Malzemeler: Bir Derleme Çalışması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2025; 8(5): 2594-2616.

1.Giriş

Son yıllarda tekstil teknolojisindeki ve teknik tekstillerdeki yenilikler, tekstil malzemesini giyim alanı dışına taşımakta, genel olarak teknik tekstil olarak adlandırılan bir alanda şaşırtıcı uygulamalar ortaya koymaktadır. Dünya medikal tekstil sektörü pazar giderek büyümektedir. Şekil 1, 2024 yılı verilerinden yola çıkarak 2034'e kadarki öngörüğü göstermektedir. Gelecek on yılda dünya medikal tekstil pazarının 25,04 milyar \$'dan 38,71 milyar \$'a ilerleyeceği tahmin edilmektedir. Tıbbi tekstiller vücudun dış kısmındaki yaraların iyileşmesi için harici uygulamada geniş bir kullanıma sahiptir. Bu malzemeler, sağlık çalışanlarının hastanede hastaları tedavi ederken korunmasına yardımcı olmaktadır (Anonim, 2025).



Şekil 1. Dünya medikal tekstil pazarı (<https://www.precedenceresearch.com>, 2025)

Son zamanlarda tıbbi tekstiller alanında, özellikle daha küçük, daha hızlı, daha hafif ve daha verimli malzemeler kullanımı büyük araştırma konusu olmaktadır. Polimerik nanofiber ve nanopartiküller, kaplama yoluyla veya eğirme ile tekstillere farklı özellikler kazandırmak için kullanılmakta, antimikrobiyal, UV koruyucu, yara pansumanı, hemostatik aktivite ve ilaç verme gibi işlevsel özellikler kazandırılmaktadır (Tassaw ve ark., 2024). Tekstil ve hammadde sektörü, uzun yıllara dayanan üretim tecrübesi ve geniş üretim kapasitesi ile küresel tedarik zincirlerinde kritik bir konuma sahiptir (Sağlam ve Baran, 2025). Dünyanın yaşadığı küresel felaketlerde ki son felaket olan COVID-19 salgınında maske formu ile tekstilin insan sağlığını koruyan üstün bir rol üstlendiğine de şahit olunmuştur. Tekstil, sadece günlük bir ihtiyaç ürünü olmanın ötesindedir. Günümüzde gelişen teknolojilerle tekstilin insan sağlığı alanında; giyilebilir teknolojiler, ilaç salınımı, sensörler, enerji depolama, hijyen ürünleri, yapay dokular, yara örtücüler ve medikal tekstiller gibi akıllı teknoloji ürünleri olarak yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu teknolojilerde tekstil malzemesi; lifler, filament, iplik, dokuma ve örme kumaş, dokusuz yüzey, karmaşık dokuma ve kompozit tekstil gibi farklı yapılarla yer almaktadır. Tekstil

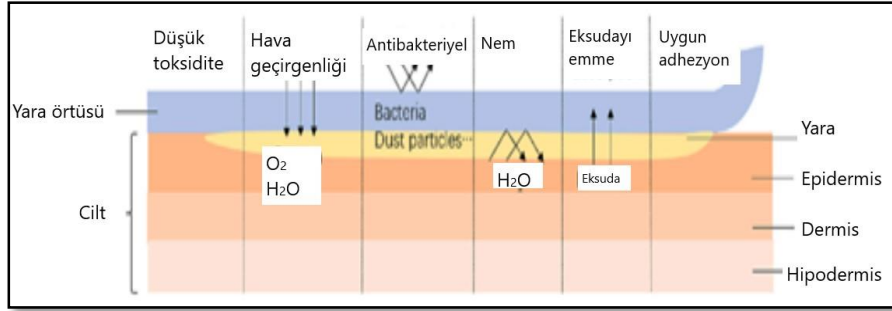
yapılarında kullanılan malzeme doğal ve yapay kaynaklı olabilir. Doğal lifler genellikle yaranın bakımı için kullanılır ki pamuk, keten ve ipek bunlara örnek verilebilir. Yapay lifler ise, polyester, poliamid, polipropilen, poliüretan ve politetrafloraetilen şeklindedir. Diğer lifler ise doğal kaynaklı polimerlerden elde edilen alginat, protin, poliglikolik asit, rejenere selülozlar, kitin, kitosan, hyalüronik asid gibi yapılardır. Bu liflerle birlikte kullanılan ve lif olmayan karbon ve gümüş de yara örtücülerde etkili diğer malzemelerdir (Gupta ve ark., 2010). Tıbbi amaçla kullanılan tekstil üretimi, farklı form ve malzemeler ile gerçekleştirilir. Bununla birlikte bu ürünler farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir (Ersoy ve ark., 2015; Joshi ve Purwar, 2019).

Yara örtücüler, pek çok araştırmacının üzerinde çalıştığı oldukça karmaşık bir alandır. Yara tedavisinde yara örtüleri (wound dressing), zarar gören doku ve hücreleri dışarıdan gelecek etkenlere karşı koruyan, hücre üretimini başlatarak iyileşme sürecini güvenli şekilde sürdürülmesini sağlayan büyük öneme sahip araçlardır. Yara örtüsü en temel fonksiyon olarak, epitel hücre hareketlerine izin vererek nemli ve ılık bir ortam, hava alışverişi ve antibakteriyel özellikleri sağlamalıdır. Yara; kuru, enfekte, akut, kronik ve eksüdalı biçimde olabileceği gibi farklı özellikleri de bünyesinde bulundurabilir. Bu nedenlerle yara bakımı için gerekli olan yara örtüsü tek tip olmayabilir (Söğüt, 2021). Yara örtüsünün yara ile uyumu, hem klinik hem de ekonomik yük getiren önemli bir sorundur (Punjataewakupt ve Aramwit, 2022). “Geleneksel bir yara sargısı, yara ile hemen temas halinde olan gazlı bezle lifli bir malzemeden oluşan emici bir ped içerir. Yayılan yara sıvısı böylece yara örtüsünün boşluklarına ve lifin etrafına uzanacak ve böylece sargı en sonunda yara yüzeyine yapışkan ve mekanik olarak sabitlenecek ve yaraya koruyucu bir örtü oluşturacaktır. Yaygın olarak kullanılan yara örtüleri, pamuklu gazlı bez, köpükler, süngerler, pamuk tamponlar veya diğer lifli malzemeleri içerir.” (Joshi ve Purwar, 2019). İyi bir yara tedavisi için çevresel koşullar, sosyal koşullar, hastanın sağlık durumu ve kullanılan yara örtüsü birlikte değerlendirilmelidir (Söğüt ve Sabır, 2023). Sargı bezi, gazlı bez olarak bilinen pamuklu yara örtücüler geleneksel bir yara örtücüler olup, yaranın iyileşme sonrası iyi bir yara yüzeyi elde etmek için çok etkili olarak kabul edilir (Söğüt, 2021). Tekstil yüzeyleri ve tekstil kompozitleri esaslı yara örtücü malzemeler farklı özelliklere sahiptir ve bu özelliklere bağlı olarak performansları da değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada, tekstil kaynaklı ve tekstil kompozit malzemelerin yara örtüsü kullanımına yönelik güncel gelişmeler ele alınmıştır. Öncelikle yara hakkında bilgi verilmiş ve daha sonra örtü türleri açıklanmıştır.

2. Yara Örtücüler ve Özellikleri

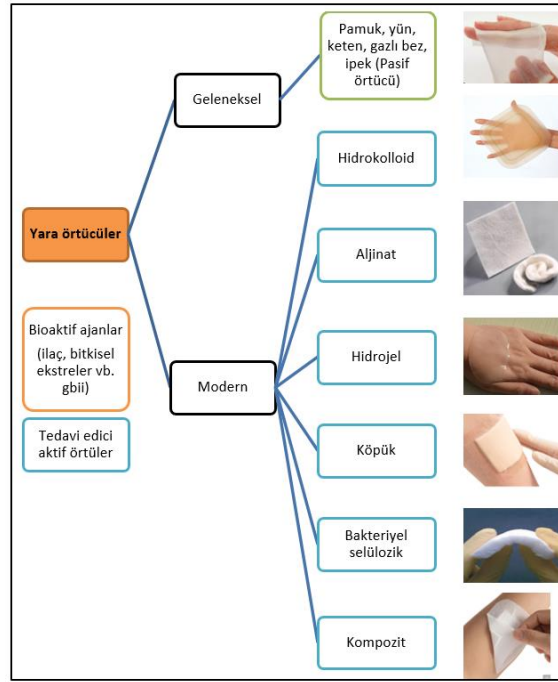
Yara örtücü malzemeler bir tekstil yapısı olabileceği gibi bir kaplama malzemesi şeklinde de bulunabilir. Yaranın nemli tutulması, yara bölgesinde gaz alışverişinin olması ve yara çevresindeki sağlıklı dokulara zarar verilmemesi iyileşme süreci için çok önemlidir. Bu nedenle yara çeşidi önemlidir ve yaranın durumuna göre en uygun yara örtüsü seçilir. Modern örtüler; dokunun canlılığını ve hücrelerin çoğalma yeteneğini yara dehidrasyonunu önleme yoluyla korur (Kumar ve ark., 2004). Yara örtüleri interaktif,

biyoaktif ve pasif örtüler şeklinde sınıflandırılır (Paul ve Sharma, 2004). Geleneksel olarak bilinen pasif örtüler, gazlı bez ve sargı bezidir. *Pasif örtü*, sadece yarayı kapatır ve yara eksüdasının buharlaşmasına izin verip yaranın kurummasını sağlar. Bunlar bakterilerin yara ortamında üremesini engelleyen ve iyileşme sürecinde aktif etkisi olmayan örtüler değildir (Hanna ve Giacomelli, 1997; Boateng, 2007). Yaranın iyileşmesinin dinamik bir süreç olduğu anlaşılmış olup, pasif yara örtücüleri etkin iyileşmede yeterli değildir. Son araştırmalarla yara iyileşmesinin kuru değil nemli bir ortamda daha hızlı gerçekleştiği ortaya konulmuştur. *İnteraktif örtüler*, polimerik film ve köpüklerdir. Bunlar, şeffaf, nem ve gazlara karşı geçirgendir. *Biyoaktif örtüler* ise, aktif yara örtücü olarak tanımlanmış olup, kollajen, aljinatlar hidrokolloidler ve kitosan gibi biopolimerlerdir. İdeal bir yara örtüsünün farklı fonksiyonları Şekil 2’de verilmiştir. Ciddi hasar görmüş cilt dokusu kendini yenilemede başarısız olur. Yara bölgesini korumak ve iyileşme sürecini hızlandırmak için büyük çabalar harcanmasına rağmen, geleneksel pansumanlar için hala pansuman sonrası iyileşmeye çalışan cildin zarar görmesi gibi rahatsız edici ikilemler bulunmaktadır. Süper ıslanabilir malzemeler biyo-arayüzün tasarımında önemlidir. Biyo-sıvılar (kan ve eksüda), süper ıslanabilir hemostatik biyo-arayüzleri ile sağlanabilmektedir (Christgau ve ark., 2007; Horch ve ark., 2010; Zong ve ark., 2022; Yuan ve ark., 2023). Cilt dokusu, yara ve yara örtücü ile yara örtülerinden beklenenler Şekil 2’den görülebilir (Jayakumar ve ark., 2011).

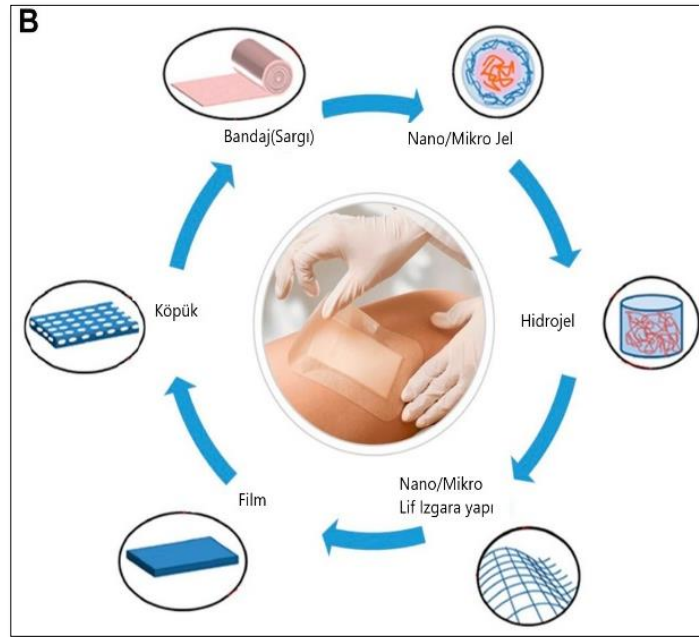


Şekil 2. Yara örtüsünün fonksiyonlarının şematik gösterimi (Yuan ve ark., 2023)

Şekil 3 günümüzde ticari olarak kullanılan geleneksel ve modern şeklinde ayrılan yara örtücüleri ve Şekil 4 ise yara örtücü çeşitlerine göre malzemenin aldığı şekilleri göstermektedir (Zheng ve ark. 2020). Geleneksel yara örtücüleri gazlı bez olarak da bilinen örtücülerdir. Modern yara örtücüleri; hidrokolloidler, aljinat örtüler, köpükler, şeffaf filmler, antibakteriyel etken madde içerenler, büyüme faktörü içerenler, vitamin ve mineral içerenler, biyoaktif yara örtücüleri, doku mühendisliği ürünleri, greft ve greft eşdeğerleri şeklindedir (Kurtoglu ve Karataş, 2009; Söğüt ve Sabır, 2023).



Şekil 3. Ticari Yara örtücülerin sınıflandırılması (Zheng ve ark. 2020).



Şekil 4. Farklı yara örtü biçimleri (Zheng ve ark., 2020)

2.1. Yara Örtüsü Özellikleri

Yara örtücülerden beklenen özellikler pek çok çeşitte olup aşağıda sıralanmıştır:

Sıvı Kontrolü: Yara örtüsü, bakterilerin hücrelere tutunma riskini azaltmak ve bandajdan çıkabilecek yara sıvısının sızmasını önlemek için eksudayı absorblamalı ve epidermal tabakanın iyileşmesi ve yenilenebilmesi için gerekli olan nemli ortamı sağlayabilmelidir. Tekstil bazlı yara örtücülerin bu

özelliklerinin iyi olduğu çalışmalarla ortaya konulmuştur. Özellikle kronik yara için ideal pansuman ve yara iyileşmesi için sıvı kontrolü, diğer bir deyişle, nem Emilimi en gerekli özelliktir (Chen ve ark., 2012).

Koku Giderilmesi: Yara örtüsü, yaradan kaynaklı mikro organizmalar nedeniyle oluşabilecek hoş olmayan kokuları kontrol altına alabilmelidir. Yara iyileşirken koku oluşturan mikro organizmalar yara etrafında veya yara örtüsü ile terleyen cilt arasında çoğalarak bio-film görünümünde bir koloni oluşturur (Candan, 2018). Koku giderici örtüler, bu bio-film oluşumunu önlemeye yönelik bir malzemeden seçilmelidir.

Mikrobiyal Kontrol: Mikro organizmaları öldürebilen malzemeler antimikrobiyal malzeme olup, bu malzemelerden sadece bakterilere karşı etkili olanlar antibakteriyel malzeme olarak adlandırılır (Üreyen ve ark., 2008). İltihaplı yaralar için antibakteriyel özelliğe sahip yara örtücü malzemeler, mikrobiyal kontrol özelliğine sahip olmalıdır. Antimikrobiyal tekstil malzemeler, gümüş (nanogümüş dahil) ve bakırın kullanımı (Wang ve Russel, 2010), gliserin ilavesi (Jiang ve ark., 2023), usnik asit (usnic acid) (Rodeigues ve Thilagavati, 2022), fitokimyasallar (C. odorata özleri (%5) (Resmi ve Amsamani, 2022) gibi çalışmalar son yıllarda antimikrobiyal ajanlar olarak özellikle dikkat çekmiştir. Nem seviyeleri, tekstil antimikrobiyal madde aktiviteleri üzerinde en büyük etkiye sahip olan çevresel faktör olduğunu göstermektedir (Pinho ve ark., 2015).

Fiziksel Bariyer: Dış ortamdan gelebilecek olan yabancı maddeleri, partikülleri veya yaranın aktivasyonunu artırabilecek olan sıvı veya bakterilerin alınmasını engellerken içindeki nem dengesini koruyabilecek fiziksel bir bariyer özelliğinin sağlanması gerekir (Söğüt ve Sabır, 2023).

Ölü Dokuların Temizlenmesi (Debridman): Yara iyileşme sürecini hızlandırarak hasarlı ve ölü dokuların mevcut epitel yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlamak için uygun pH değeri, nem oranı, ideal yüzey oluşumunun sağlanması gereklidir.

Kanama Etkisi: Yara örtüsü, travmatik ve ağır cerrahi yaralarda oluşan büyük kan kayıplarının engellenmesi için olabilecek en hızlı şekilde kanamanın durdurulması amacıyla kanın pıhtılaşmasını sağlayabilmelidir.

Düşük Yapışkanlık: Yara örtüsünün düşük yapışkanlık özelliği, yaranın bir kısmı veya tamamının yapışmaması, hasta konforu, örtünün çıkarılırken ağrı yapmaması ve yaranın iyileşmesi açısından önemli ve gereklidir.

Isı Yalıtımı: Isı kaybının önlenmesi ve ideal ısının sağlanması yara örtüsünün gerekli işlevlerindendir.

Yara İzinin Giderilmesi: Değişen estetik algı, yaranın iz bırakmaması.

Maliyet: Yara örtüsünün malzemesi ve bakımı açısından maliyetinin düşük olması.

Pansuman-zaman: Verimlilik açısından minimum örtü değişimi sağlamalı.

Olumsuz Etkiler: Alerjik reaksiyon göstermemeli, iyileşme sürecinde örtünün fiziksel ve kimyasal yapısı değişmemeli, cilt ve ortam ile kimyasal reaksiyona girmemelidir (Söğüt ve Sabır, 2023).

Yerinde Sabit Durma: Hastanın günlük aktiviteleri esnasında yara örtüsünün yerinden oynamaması ve sabit durması.

2.2. Yara örtücüler

Bir yara, akut ya da kronik, hastanın koşullarına göre değişkendir. Örnek olarak, yarada yoğun eksüdasyon varsa, bunu emebilecek bir yara örtüsü kullanılmalıdır. Eğer yara kuruyorsa, nemli ortam sağlayacak bir örtücü seçilmelidir (Schultz, 2003). Modern yara bakımı, yaranın doğru değerlendirilmesi, ihtiyacın tespit edilmesi ve yaranın ihtiyacı olan nemli ortamın sağlanması veya tutulması şeklinde tanımlanır. Malzemesine göre modern yara örtücüler, özellikleri ve örtüden beklenen performansa göre incelenmiştir.

Hidrokolloidler

Hidrokolloidler, jelatin veya pektin gibi çeşitli doğal veya sentetik polimerlerden üretilen jel formundaki yara örtücülerdir. Bu malzemeler genellikle katmanlıdır. Dış katman koruma ve destekleme görevi görür ve film, köpük veya elyaf formunda olabilir. Bu destek malzemesinin üzerine, hidrofilik partiküller aracılığıyla dağıtılan bir yapıştırıcıdan oluşan lamine kompozit eklenir. Hidrokolloid örtüde kullanılan tipik destekleyici malzemeler, polyester dokusuz yüzeyler veya poliüretan membran filmlerdir (Gupta ve ark., 2010). Hidrokolloid yara örtücüler, eksüdası az ve orta seviye olan yaralarda, bası yaraları, yanıklar, travmatik yaralar ve kompresyon tedavisine cevap vermeyen bacak ülserlerinde kullanılması için ideal bir malzemedir. Bu örtüler, yaraya doğrudan yapıştığı için kullanımı kolaydır, ağrıyı dindirir, yarayı tıkayarak yabancı cisimcikleri geçirmezler ve anti-bakteriyel bir bariyer oluşturarak yaranın enfekte olma ihtimalini düşürürler. Yara, eksüda ile temas ettiğinde aktif olur ve kohezif veya hidrofilik olabilen bir jel yapısına dönüşebilirler. Hidrokolloidler, yaranın boş kısmına doğru şişerler, aynı zamanda epitelizasyon hızını ve kollajen üretimini de artırır. Hidrokolloidler su geçirmez olduğundan hastalar banyo veya duş yapabilir.

Aljinat Örtüler

Aljinat, ilk olarak Speakman tarafından tanımlanmıştır. 1944'te wet-spinning teknolojisi ile lif olarak üretilen, kahverengi su yosunlarından ekstrakte edilen, güvenli kabul edilen, suda çözünür, polimerlerle jel yapıları oluşturan bir lineer polisakarit olan kalsiyum aljinat tuzu 1940'lerden beri yara tedavisinde kullanılmaktadır (Speakman ve Chamberlain, 1944; Oin, 2006). Aljinat jeller, kanamalı ve yüksek eksüdalı yaralarda etkilidir ve ağırlıklarının 15-20 katı kadar sıvı emebilir. Aljinatlar yara eksüdası ile temas edince güçlü hidrofilik jel oluşturur (Gupta ve ark. 2010). Alginat örtüler antibakteriyel özelliğe sahip olmamasına rağmen; bakteriler jel içerisinde hapsolür. Esnek fiber olarak üretilen aljinat örtüler oyuk yaralar için çok uygundur, yaradan kolayca temizlenebilir ve yara iyileşirken oluşan granülasyon

dokusuna hiç zarar vermeden değiştirilebilirler (Kim ve ark., 2008). Aljinat örtüler nemli ortam istediklerinden, yara için gerekli olan nemli ortamdan nemi alıp kurumaya neden olacağı için, kuru ve nekrotik doku ile kaplanmış yaralarda tercih edilmemelidir. İncelenen son çalışmalarda (Clark, 2017) yara pansumanındaki bu sorunlar nedeniyle aljinat pansumanların yaygın olarak kullanılmadığı belirtilmiştir.

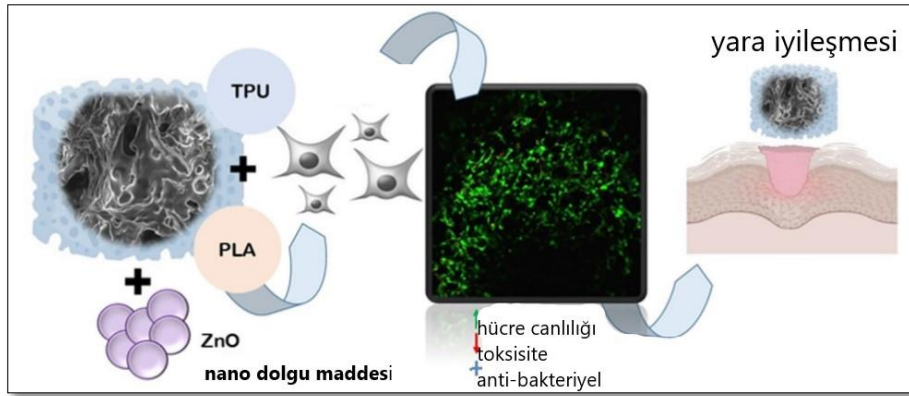
Hidrojeller

Hidrojeller yapılarında yüksek oranda su barındırabilirler (Hanna ve Giacomelli, 1997) ve yüksek absorpsiyon kapasitesine ve ağrı azaltıcı özelliğe sahiptirler. Hidrojel örtüler nemli yapıdadır, yaranın ısını hidrojel ile düşürür ve serinletici bir etki yaratır, ayrıca yara yüzeyine yapışmazlar. Hidrojeller, protein ve hücre gibi biyolojik bileşenleri zayıf absorbe etme eğilimi gösterir, bakterilere karşı yetersiz bariyer özelliği nedeniyle ikinci bir örtü gerektirirler ve bu nedenle enfeksiyonlu yaralar için tavsiye edilmez. Hidrojel örtüler; elastik yaprak, amorf jel ya da film olarak uygulanan önemli biyomalzemelerdendir. Ayrıca kolay şekil alırlar, yara yüzeyinden kolayca temizlenirler ve kurumuş olan yarayı nemlendirerek iyileşme için gerekli nemli ortamı sağlarlar (Söğüt, 2021). Hidrojeller, mükemmel biyoyumlulukları, hücre dışı matrisi taklit eden yapıları ve ilaç yükleme kabiliyetlerinin yanı sıra, zayıf çevresel uyum ve potansiyel ilaç direncine sahiptir. Jiang ve ark. (2023), insan vücudunun yüzeysel dokusu olan ciltteki yaralarda kolayca kolonize olan *S. aureus* bakterisine karşı glihidrojel tekstil örtülerinin antibakteriyel performansını artırmak için klindamisin uygulamış ve örtünün antibakteriyel özelliğini önemli ölçüde artırmışlardır. Çalışmada, Hofmeister etkisine dayalı yaş eğirme (wet spinning) teknolojisi ile üretilen yeni jelatin gliserin hidrojel (glihidrojel) liflerine dayalı ilk hidrojel tekstil pansumanı geliştirilmiştir. Bu yara örtücü ile, geleneksel hidrojellere göre daha kısa, 14 günde iyileşme sağlanabilmiştir. -80°C’de bile etkili tekstil bazlı yara örtücü geliştirilmiştir.

Köpükler

Köpük örtüler, esnek, yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip, yumuşak, gözenekli yapıda yara örtücülerdir. Yumuşak silikon, yaraya nazikçe temas eden alt tabaka, yüksek emici poliüretan köpük orta tabaka ve nefes alabilir poliüretan film kaplı üst katmandan oluşurlar. Köpük örtüler hidrofilik yapılardır ve bu özellik nedeniyle hidrofobik destek yardımıyla yara sıvısının sızmasını önler ve bakterilerin geçişini kısmen engeller (Söğüt, 2021). Köpükler, yüksek emme kabiliyetine sahip olduğu için nem, buhar, oksijen ve gaz geçirgenliğini sağlar ancak dışardan sıvı geçirmez ve yapışmazlar. Köpük örtüler, kolayca çıkarılır, termal izolasyon sağlar ve nemi korurlar, bu nedenle uygulama da rahatlık sağlarlar. Köpük örtü oyuk biçimindeki yaranın oyuğu içine yerleştirildiğinde şişerek genişler ve böylece yaraya uyum sağlar. Bu şişme hali yara duvarına hafif bir basınç yapar ve yaradan kaynaklanan ödemin azalmasını sağlar. Temizlenmeleri kolay olsa da bakteriyel kontaminasyonu

yeterince engelleyemez (Söğüt, 2021). Nekrotik yaralarda ve orta derecede eksüdalı yaralarda kullanılır ancak kuru ve kabuklu yaralar için kullanımları uygun değildir. Özellikleri nedeniyle köpük yara örtücüler özellikle ülserleşmiş yaralarda, diyabet yaralarında verimli performans gösterebilmektedir (Hargis ve ark. 2024). Köpükler, poliüretan (PU) ve silikon bazlı olabilirler. PU köpük örtüler, yüksek dayanıklılık ve esnekliğe sahiptir, su tutma kapasiteleri yüksektir, absorbe eden tabaka boyunca eksüdanın düzgün dağılımını kolaylaştırır ve yarı geçirgen ikincil örtü ile dış sızıntıyı önler (Hanna ve Giacomelli, 1997). PU köpük yara örtücü, ıslak yara yüzeyine yerleştirildiği zaman, kılcal etki sayesinde yara sıvısı köpük içerisine absorbe olur ve örtünün diğer tarafına geçer. Köpük, kuru yara yüzeyine yerleştirildiğinde ise poliüretan destek tabakası nem kaybını azaltmakta ve yara yüzeyinin kurummasını önlemektedir” (Söğüt ve Sabır, 2023). Lee ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada Medifoam® N köpük malzemenin mükemmel düzgünlüğe sahip, küçük gözenek ve hücre boyutlarında, mükemmel sıvı emme özelliğinde olup, diğer poliüretan köpüklerden yara iyileşmesine daha iyi bir performans verdiğini göstermişlerdir. Köpük yara örtücülerde polilaktik asit (PLA) ile harmanlanmış termoplastik poliüretana (TPU) ağırlıkça %5 oranında parçacık boyutu 40 nm olan çinko oksit (ZnO) nanopartiküller eklenmesinin yara iyileşmesine antibakteriyel etkisi araştırılmıştır (Bužarovska ve ark. 2023). Şekil 5’ten bu çalışmadaki uygulama görülebilir. Araştırma sonucunda TPU oranındaki artışın yara iyileşmesinde daha iyi sonuç verdiği ve ZnO varlığının antibakteriyel etki sağladığı belirtilmiştir.

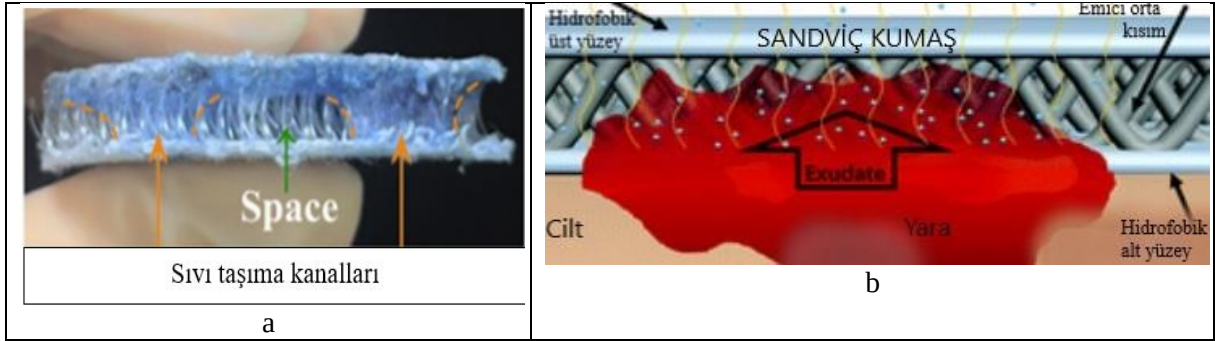


Şekil 5. TPU köpüklerinin PLA ile harmanlanması, ZnO ilavesi ve yara örtüsü uygulaması (Bužarovska ve ark. 2023)

Sandviç Kumaşlar

Sandviç (spacer) kumaşlar iki kumaş tabakasının bir bağlantı ipliği veya tabakası ile bağlanması sonucu elde edilen uç boyutlu yapılardır (Ertekin ve Marmaralı, 2012). Sandviç kumaşlar, iki dış kumaş katmanının bir yığın iplik katmanıyla birbirine bağlandığı bir tür 3D tekstil yapılarıdır. Bu ara iplik katmanları nedeniyle, dış katmanlar arasında genellikle 1,5 ila 10 mm arasında değişen belirli bir mesafe oluşturulabilmektedir. Emici yara örtüsü olarak sandviç kumaşlar, üç boyutlu ve üç katmanlı kompozit bir yapı şeklinde tasarlanmaktadır (Yang ve Hong, 2016). Yapılan bir çalışmada; seçilen iki dış kumaş

katmanının dış yüzeyleri elektro-eğirme (electrospinning) yöntemi ile bir poliüretan ve polisitren nanolif membranı ile sırasıyla kaplanmıştır. Sonuç olarak polisitren nanolif membran poliüretandan daha iyi, çok iyi su buharı ve hava geçirgenliği göstermiştir. Sandviç kumaşın ara iplikleri pamuk olan tencel olandan daha uzun süre sıvı tutabilmiştir. Sandviç kumaş bazlı örtülerin, ticari köpük örtülere göre daha iyi sıvı emme, hava geçirgenliği ve yarayı nemli tutma özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir (Yang ve Hu, 2017). Sandviç kumaşların çok fonksiyonlu olarak ele alındığı başka bir çalışmada; ara kumaş, agar/sodyum aljinat/kalsiyum iyon çift ağılı aerojel, metilen mavisi ve AgNO₃ katkılı termoplastik poliüretan nanofiber membrandan oluşan yeni birçok işlevli yara örtücü (DNCD) olarak tasarlanmıştır. Tek yönlü sıvı taşıma ve emicilik testleri, DNCD örtünün, sıvıları sadece iki saniye içinde tek yönlü olarak taşıyabildiğini ve %875,3'lük bir sıvı emilim oranına sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Sandviç kumaş ve sıvı taşıma kanalları tarafından oluşturulan benzersiz açık yapı, mükemmel hava geçirgenliğinin yanı sıra uygun bir su buharı iletim hızı sağlamıştır. Sandviç kumaşlardaki iplikler, kumaşın üst ve alt katmanlarını birbirine bağlar. Bir sandviç Şekil 6'da görüldüğü gibi kumaş bazlı pansuman sıvı akışını yönlendirebilirse, böylece biosivinin hedeflenen ve etkili bir şekilde taşınımını sağlayabilir (Lyu ve ark. 2025).



Şekil 6. Sandviç kumaş yara örtüsü a) Yara sıvısının taşıma kanalları (Lyu ve ark. 2025) b) Sandviç kumaşın yaradaki işlevi (Yang ve ark., 2017)

Bakteriyel Selülozik Yara Örtücüler

Bakteriyel selüloz umut verici bir biyopolimer türüdür. Yara eksüdasını kontrol edebildiği ve yara için nemli bir ortam sağlayabildiği için iyileştirmede olumlu katkı sağlar. Bununla birlikte, antibakteriyel aktivitenin olmaması nedeniyle bu yara örtüsüne antibiyotik ekleme, inorganik antibakteriyel ajanlar veya organik antibakteriyel ajanlarla birleştirme yapılır. Böylece selüloz bazlı antibakteriyel kompozit yara örtücüler son yıllarda üzerinde çok durulan modern örtücüler olarak dikkat çekmektedir (Zheng ve ark., 2020). Nanokompozit formlarda birkaç üretim tekniğinin bir arada kullanılması yoluyla elde edilen yara örtücülere yönelik nanoyapıya zencefil ilavesi (Sorourian ve ark. 2025), diyabetliler için bakteriyel selülozik yara örtücüler (Mo ve ark. 2025) benzeri çalışmaların arttığı görülmektedir. Kenaf, sisal, rami, jüt, kenevir, keten, hindistan cevizi lifi, muz ve bambu gibi doğal lifler biokompozit üretiminde kullanılabilir. Doğal liflerden üretilen biokompozitler, insan vücudu tarafından kabul

edilebilirliği, orta düzeyde mekanik performansı ve çevresel faydaları nedeniyle yara pansumanı olarak kullanılabildiği gibi, ilaç dağıtımı, ortopedik uygulamalar, doku mühendisliği gibi biyomedikal alanlarda da kullanılmaktadır (Kuram, 2024).

Kitosan Yara Örtücüler

Kitosan biyopolimerinin ve nanoparçacık formunun tekstil yüzeyine uygulanması ile ilgili birçok çalışma olduğu görülmektedir (Sabır ve ark., 2017). Gümüş partiküllerinin kitosan-o-metoksi polietilen glikol ile kapsüllendiği ve pamuklu kumaşa konvansiyonel daldırma-kurutma yöntemiyle uygulandığı bir çalışmaya rastlanmıştır (Abdel-Mohsen ve ark., 2012). Başka bir çalışmada, iyonik jelleşme yöntemiyle üretilen kitosan nanoparçacıklarına çiçek aromaları eklenmiş ve böylece hoş koku salınımı yapmaları sağlanmıştır (Hu ve ark., 2011). Thomas ve ark. (2011) pamuklu kumaşa ilk olarak kitosan biyopolimerini kimyasal olarak bağlamışlar, ardından gümüş nanoparçacıkları da kumaşa aplike ederek yüksek antibakteriyel etkiye sahip tekstil yapıları üretmişlerdir. Abdelhady (2012) çalışmasında, kitosan/çinko oksit nanoparçacıkları sentezlemiş ve elde ettikleri hibrid nanoparçacıkları pamuklu kumaş üzerine aplike ederek antibakteriyel ve UV koruyucu tekstil yapıları üretmişlerdir. Gouda ve ark. (2010) kitosan nanoparçacıklara bakır iyonları yüklemiş ve bu nanoparçacıkları antibakteriyel bitim işlemi malzemesi olarak pamuklu kumaşlara uygulamışlardır. Arif ve ark. (2015) farklı olarak kitosan nanoparçacıklarını gümüş iyonları ile yüklemek için düşük miktarda gümüş eklemenin kitosanın antibakteriyel etkisini çarpıcı bir şekilde artırdığını tespit etmişlerdir. Yüzey işlevselliğini geliştirmek için, tekstil yapıları uygun polimer çözeltileri ile işlenebilir. Bir biyopolimer olan kitosanın (CS), geleneksel ped-dry-cure yöntemi kullanılarak bir yün-viskon iğneleme işlemi ile elde edilmiş dokusuz yüzey (nonwoven) üzerine farklı konsantrasyonlarda CS uygulandığı ve yara pansumanı olarak kullanıldığı bir çalışma mevcuttur. Kan alımı ve antimikrobiyal etkinlik, CS ile işlenmiş numuneler için değerlendirildiğinde %0,3 CS ile işlenmiş numunelerin iyi emicilik ve mükemmel antimikrobiyal özellikler gösterdiği gösterilmiştir (İslam ve ark., 2013). Yıldırım ve Küçük, kitosan ve jelatin esaslı, sarı kantaron (*Hypericum perforatum*) katkılı yara örtücü filmleri çözelti dökme yöntemi ile hazırlamışlar, antibakteriyal aktiviteleri gram pozitif (*S.Aureus*, *B.Subtilis*) ve gram negatif (*S.Typhi*, *E.coli*) mikroorganizmaları için agar disk difüzyon metodunu kullanarak tüm filmlerin dört farklı mikroorganizmaya karşı inhibisyon çapı oluşturarak antibakteriyel etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Sarı kantaron içeren kitosan esaslı filmlerin yara örtücü film olarak kullanılma potansiyellerinin olduğu görülmüştür (Yıldırım ve Küçük, 2020). Yara iyileşmesinin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için kitosan içeren gelişmiş yara örtücü malzemeler farklı teknolojilerle üretilip farklı fonksiyonlar için birleştirilebilmektedir. Yapılan bir çalışmada kitosan-TiO₂ yara örtücü çok katmanlı olarak üretilmiş, taban katmanı olarak amin fonksiyonelleştirilmiş poliakrilonitril nanolif membran, orta katman olarak TiO₂ ve yara temas katmanı olarak kitosan nanolif membran iskelesi, yara iyileşmesini desteklemek için

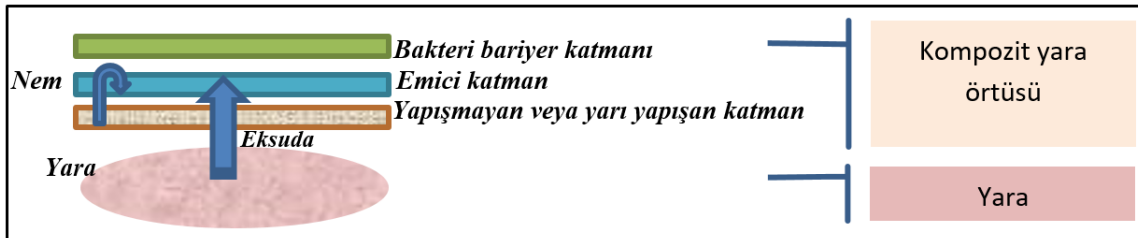
elektrospinning, yüzey fonksiyonelleştirme ve elektrospreyleme yoluyla sırayla üretilmiştir. Elde edilen çok katmanlı kitosan nanolif membran yara örtücü, 41,94° su temas açısıyla yeterli morfoloji, gözeneklilik, yüzey pürüzlülüğü ve hidrofilite göstermiştir. Yapılan in vitro analiz ile mükemmel hücre canlılığı çoğalmasa olduğu görülmüş, dört tür bakteri patojenine (M. luteus, S. flexeneri, S. aureus ve K. pneumonia) karşı aktif olduğu ve ileri yara iyileşmesi için umut verici olduğu belirtilmiştir (Khan ve ark., 2025).

Kompozit Yara Örtücüler

Yara örtüsü araştırmaları, mekanik korumanın yanı sıra, yara örtüleri yara ile etkileşime girmeli ve iyileşme sürecini iyileştirmelidir. Bu, iki veya daha fazla polimerik malzemenin en iyisini birleştiren kompozit yara örtüleri ile mümkündür. Kompozit yara örtüleri, birden çok işlev sağlayan farklı bileşenlerin fiziksel olarak tek bir örtüde birleştirilmesiyle elde edilen çok katmanlı ürünlerdir. Şekil 7, kompozit bir yara örtücünde olması gereken en temel katmanları göstermektedir. Kompozit yapı bileşenlerinin işlevleri; bakteri bariyeri, emilim, yara bölgesine yarı yapışma veya yapışmama, yapışkan bir kenarlık şeklindedir. Emici katman nemi sağlar ve tüm katmanlar, yara eksudasının üst katmana doğru ilerlemesini sağlayacak şekilde tasarlanır. Kompozit yara örtücüleri, yapışkan kenarlıdır ve aşağıdakilerden oluşur:

- Üzerinde mevcut olan fiziksel (kimyasal olmayan) bir bakteri bariyeri pansuman pedinin tamamı ve yapışkan bordüre doğru uzanır,
- Aljinat veya diğer elyaf jelleştirici sargılardan farklı bir emici tabaka-köpük, hidrokolloid veya hidrojel.
- Yara bölgesi üzerinde yarı yapışkan veya yapışkan olmayan bir tabaka.

Toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen ve diğer özellikleri nedeniyle en yaygın kullanılan yara pansuman malzemelerinden biri olan pamuk, imalat için olduğu kadar daha hızlı ve etkili yara kapama için yapı iskelesi olarak da kullanılır (Rao ve ark., 2021). Bu sebeple pamuklu tekstil ürünlerine yönelik kompozit yara örtüsü geliştirme yönünde birçok çalışma yapılmıştır.



Şekil 7. Kompozit yara örtüsünün şematik görünümü

Yara örtücülerde antibakteriyel özellik için yapıya eklenen maddelerden birisi de nisindir. Nisin, 1969 yılında Dünya Sağlık Örgütü ve 1988 yılında Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından insan tüketimi için gıda güvenli bir biyokoruyucu madde olarak onaylanmış tek bakteriyosindir (Chan ve ark., 2023). Güneş

ve Albayrak (2021) çalışmalarında, antibakteriyel nisin katılımı ve biyouyumlu karboksimetil kitosan (CMChT) aljinat emdirme ile modifiye edilmiş pamuk hidrojel kompozit yara örtüleri üretmişlerdir. Araştırmacılar, üretilen hidrojel kompozit yara örtülerinin akut yaralar için gözenekli, uygun su buharı iletim hızına da sahip antibakteriyel (bakteri: *Staphylococcus aureus*), yüksek su alma kapasiteli, viskoelastik, fibroblast hücresi üzerinde sitotoksikite göstermeyen kısa süreli bir örtü malzemesi olarak uygun olacağını belirtmişlerdir. Selülozik malzemeler hala yara tedavisinde en çok kullanılan malzemelerdir. Önemleri, tekstil mühendisliği alanında bu konuyla ilgili yayın sayısına yansımıştır. Tekstil yara örtüsü yaradan çıkarma sırasında ağrıya neden olabilmektedir ancak iyileşme sonrası en iyi yara yüzeyinin pamuklu yara örtüleri ile elde edilmekte olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Bununla birlikte, selülozik yara örtüleri, nemli ortamı koruyacak ve pamuğun ilaç verme kabiliyetini de geliştirecek olan hidrojellerle daha işlevsel hale getirilebilir (Pinho ve Soares, 2018).

Pamuklu yara örtüsü kompozit bir malzemeye dönüştürülerek tasarlanabilir. Montaser ve ark. (2020), yaptıkları araştırmada yanık yaraları için pamuklu kompozit iyileştirme malzemesi geliştirilmişlerdir. Pamuklu gazlı bez kumaşlar önce katyonize edici madde olarak Quat 188 ile modifiye edilmiş, sonra gümüş nanoparçacıklar (Ag NP'ler) dahil edilmiş ve daha sonra oksitetrasilin hidroklorür ilacı (S1) ile yüklenmiştir. İkinci adımda, kitosan (CS), farklı miktarlarda salisilaldehit (SA) ile Schiff bazı reaksiyonu yoluyla salisil-imin-kitosan biyopolimeri üretmek üzere reaksiyona sokulmuştur ve salisil-imin-kitosan biyopolimeri oksitetrasilin hidroklorür ilacı üzerine kaplanmıştır. Sonuçta, modifiye pamuklu yara örtücü bezlerin %şişme oranı kapasitesi, %dehidrasyon oranı ve antimikrobiyal olarak biyomedikal tekstillerde, antimikrobiyal ve yanık yarası iyileştirme amaçlı olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Rao ve ark. (2021) pamuklu tekstil yara örtüsüne SNPNP'ler (SNPCF'ler) nanopartiküller emprenye etmişler ve bu yara örtülerinin çıplak pamuklu gazlı bezden daha iyi bir su temas açısı sağladığını hem de Gram-negatif bakteriler (*Klebsiella aerogenes* ve *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Bacillus subtilis*) üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak; SNPCF'lerin antimikrobiyal ve yara iyileştirici ajan olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Nem koşulları ve sıcaklık değişiklikleri, yara yönetimini etkileyen iki temel faktördür. Isıya duyarlı hidrojeller, yara bölgesinde nemli bir ortam sağlayabildikleri ve bölge enfekte olduğunda yarayı tedavi etmek için ek biyoaktif moleküller salabildikleri için ideal pansuman malzemeleridir. Sun ve ark. (2021) çalışmalarında, tekstil bazlı kompozit yara örtüsü için matris olarak pamuklu kumaş kullanmışlar, ısıya duyarlı bir hidrojel ve kitosan-g-poli(N-vinil kaprolaktam)'i (CS-gPVCL) kaplama tekniği ile takviye etmişlerdir. Bu pamuklu kompozit yara örtüsü, su buharı geçirgenliği ve sıcaklığa tepki olarak ilaç salma davranışı gibi yara yönetimi özellikleri gösterdiği, termo-duyarlı-hidrojel-işlevselleştirilmiş tekstilin aktif bir yara örtüsü olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Kompozit tekstil bazlı yara örtüleri, genel olarak antibiyotik gibi etken maddenin yara örtücü matris malzemeye emdirilmesi yoluyla elde edilmektedir.

Örneğin, povidon-iyot tekstil kaynaklı örtüler; yara örtüsüne gümüş (Mai ve ark., 2003), antibiyotik (Bruin ve ark., 1990), polivinilalkol ve sodyum aljinat eklenmesi (Kim ve ark. 2008), gentamisin yüklü kollajen, implant (Bruin ve ark., 1990; Steenfes, 1994), A, C gibi vitaminler eklenmesi (Lazovic ve ark., 2005) yoluyla elde edilebilmektedir. Pamuk gibi selüloz yara örtücülerin üstün özelliklerini geliştirmek için antibakteriyel ajanlar, hidrojel, alginat gibi fonksiyonel özellikler kazandırılan kompozit yapıların kullanılmasına gelecekte daha çok ağırlık verilebilir.

İpekli Yara Örtücüler

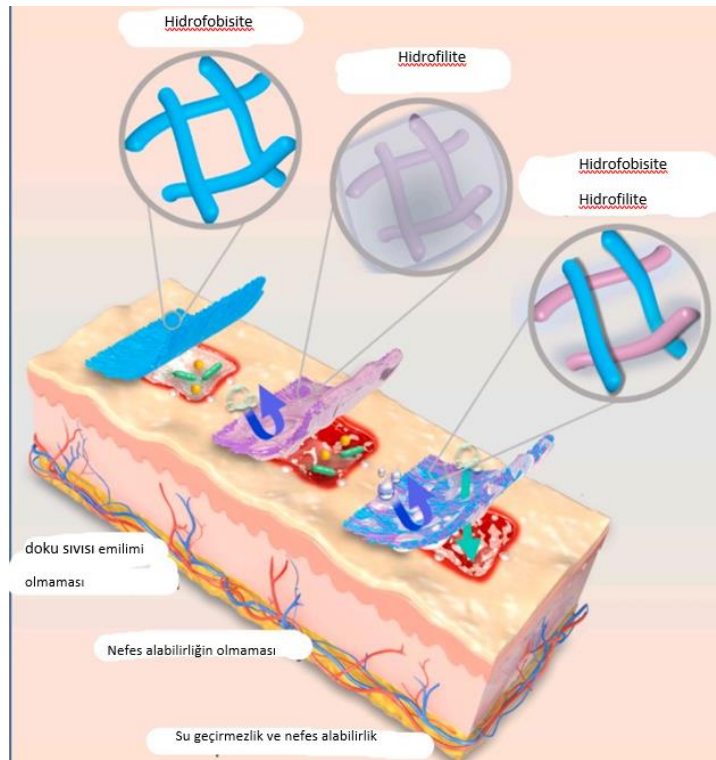
İpek (SF); ipek böceği ve örümcekler tarafından özel epitel hücreleri içinde sentezlenen lif yapılı bir proteindir. Yaygın olarak Bombyx mori (B. mori) ipek böceği, Nephila calavipes ve Araneus diadematus gibi bazı örümcek türlerinden elde edilir (Aras ve Kazancı, 2019). SF, mükemmel biyolojik ve mekanik özellikleri sayesinde, bir yara sargısı gibi çeşitli yeni biyomedikal uygulamalarda kullanılmaktadır. Spesifik olarak, mekanik sertlik, çok yönlülük, biyouyumluluk, biyolojik olarak parçalanabilirlik, su buharı geçirgenliği ve hafif bakterisidal özellikleri, SF'ye yara pansumanı uygulamaları için mükemmel bir biyomateryal malzeme özelliği kazandırmaktadır. Patil ve ark, ipek lifinin yara örtücü bir materyal olarak kullanımında farklı formlara yönelik yapılan araştırmaları derlemişler ve ipekli yara örtücülerin mükemmel pansuman malzemeler olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Patil ve ark., 2020).

SF'ye dayalı pansumanlar şu anda çok çeşitli kronik ve akut (özellikle yanık yaraları) yaraların tedavisinde kullanılmaktadır. Biyomalzeme olarak hazırlanan SF ve türevleri süngerler, hidrojeller, nanolifli matrisler, yapı iskeleleri, mikro/nanopartiküller ve kompozit filmler olarak mevcuttur. SF'ye dayalı süngerler, daha yüksek gözeneklilik, daha yüksek mekanik mukavemet, epitel hücrelerinin hızlı çoğalması ve fibroblast çoğalması yoluyla kollajen birikimi özelliklerine sahiptir. SF'nin hidrojelleri, yanık için gerekli bir malzeme olarak kabul edilebilir. SF bazlı hidrojeller nemli ortam sağlar. Yara iyileşme özelliklerini iyileştirmek için PEG, PVA, aljinat ve hyaluronik asit gibi farklı polimer türleri kullanarak SF bazlı kompozit filmler geliştirilmiştir. SF ve PVA bazlı kompozit filmler, biyouyumluluk, daha yüksek mukavemet ve esneklik, gaz bariyeri özelliği ve daha yüksek şişme kapasitesi gibi faydalı özellikler göstermiştir. Nanoteknoloji destekli SF kompozit filmlerin mükemmel antibakteriyel aktivite, mekanik özellik, sitotoksik olmama, hücre tutunma özelliği ve su/buhar geçirgenliği olduğu güçlü bir şekilde kanıtlanmıştır.

Biyoaktif Örtüler

Biyoaktif örtüler, “doğal doku veya biyosentetik kaynaklardan üretilen doku mühendisliği ürünlerini de kapsayan malzemelerdir” (Söğüt, 2021). Bu teknolojiye ürünler genellikle kollajen, hiyalüronik asit, kitosan, aljinatlar ve elastin gibi polimerleri bir arada bulundurlar. Biyomateryallerin, doğal ekstraselüler matriks bileşenlerini içermesi, biyolojik olarak parçalanabilir olma gibi avantajları vardır.

Üstelik bu biyomateriyallerden bir kısmı normal yara iyileşim sürecinde ve yeni doku oluşumunda aktif rol oynamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle biyomateriyaller, toksik olmama ve biyouygunluk açısından yara tedavisi için ilgi çekici seçenekler haline gelmiştir (Söğüt, 2021; Ueno ve ark. 1999). Anti-inflamatuar ve antioksidan özelliklere sahip biyoaktif bileşikler açısından zengin bitki özleri, doku onarımını ve yara iyileşmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilirler. Ancak, bu özütlerin toz formları, zayıf suda çözünürlük, in vitro sınırlı salınım ve tehlikeye atılmış su geçirmezlik ve nefes alabilirlik dahil olmak üzere çeşitli sınırlamalarla karşı karşıyadır. Xu ve ark. (2024) tekstil yüzeyi üretim teknolojilerinden elektro-eğirme yoluyla hidrofobik *polilaktik asit- H. rhamnoides* L. PEE ve hidrofilik *polivinilalkol-Ag* (PLA-PEE/PVA-Ag) ile birlikte akıllı ve biyoaktif bir yara örtüsü üretmişlerdir. PVA , örtünün akıllı su geçirmezliği, nefes alabilirliği ve interstisyel sıvı emilimi, yara iyileşmesini hızlandıran nemli bir ortam yaratması da sağlanabilmiştir (Xu ve ark. 2024). Bahsedilen yara örtüsü uygulaması Şekil 8’de şematik olarak açıklanmıştır.



Şekil 8. Çok fonksiyonlu biyoaktif yara örtüsü (Xu ve ark, 2024)

Antimikrobiyaller ve büyüme faktörleri gibi etken maddeler, yara bölgesine uygulanmak üzere, bu biyomateriyaller içerisine yerleştirilmek suretiyle kullanılır (Tyrone ve ark., 2000). Kollajen, yara iyileşme sürecinde, iyileşmenin başlamasından en son skar doku oluşumuna kadar tüm aşamalarda çok önemli bir işlev görmektedir (Purna ve Babu, 2000). Kollajen fibroblast oluşumunu uyarır ve endotel hücrelerin yaralanmış dokuya göçlerini hızlandırır, biyomatrisler ise sıvı ve yara atığı toplama özelliğine sahiptir (Adhirajan ve ark., 2009). Kollajen matrisler bazı çalışmalarda farklı grup antibiyotikler gibi

etken madde deposu olarak da kullanılmışlardır (Ruszczak ve Friess, 2003). Hiyalüronik asit de kullanılan bir diğer bioaktif malzemedir. Hiyalüronik asit hidrofilik özelliği ile bilinir (Oh ve ark., 2010), doğal yapısı gereği biyouygun ve biyolojik olarak parçalanır özelliktedir ve hidrojel filmler polimerik ilaç taşıyıcı biyomateryal olarak değerlendirilmiştir (Luo ve ark., 2000). Bu çalışmalara son yıllarda çok fonksiyonlu biyoaktif yara örtüsü çalışmaları hızla eklenmektedir.

3. Yara Örtücülerin Malzeme Türüne Göre Karşılaştırmalı Analizi

Bu çalışmada incelenen yara örtücülerin fiziksel olarak karşılaştırılması Tablo 1’de, materyal olarak karşılaştırılması ise Tablo 2’de verilmiştir. Çizelgelerde kullanım alanları ve yara üzerindeki performans değerlendirmesi yer almaktadır. Yara örtücülerle ilgili geniş kapsamda yapılan çalışmalardan tekstil esaslı yara örtücülerin çoğunun geleneksel olduğu, modern tekstil bazlı yara örtücülerin ise nanolif formda elde edildiği ve fonksiyonel özellikler kazandırıldığı görülmüştür.

Tablo 1. Fiziksel şekillerine göre yara örtücülerin performansı (Söğüt ve Sabır, 2023)

Modern Yara Örtücüler	Kullanım Alanları	Performans Değerlendirmesi
Köpük	Diyabetik ayak ülserinde, ülserleşmiş yarada kullanılır	Takviye edilebilme özelliği sayesinde kullanım alanı geniştir. Absorplama özelliği yüksektir.
Şeffaf Filmler	Eksudasız yüzeysel yaraya uygulanır.	Değiştirmesi ve ergonomik olarak kullanımı uygundur. Diğer örtülerin jel ya da dolgu malzemelerinin yaraya sabitlenmesi içindir.

Yaranın özelliklerine göre yara örtüsü seçimi önem kazanmaktadır. Günlük hayatta modadan araç lastiklerine kadar her alanda tekstil yapılarının, lif, iplik, dokuma, örme ve dokusuz yüzey şeklinde tüm formlarıyla geniş bir ürün yelpazesinde kullanıldığı görülmektedir. Teknolojik gelişmeler yardımıyla geliştirilen yeni ürünler, hijyen ve tıbbi tekstil gibi teknik tekstillerin ve tekstil kompozitlerinin gündelik hayattaki payı gittikçe artmaktadır. İnsan nüfusunun artışıyla hastalıklar ve enfeksiyonlarda hijyen büyük bir önem arz etmektedir. Karşılaşılabilecek problemlere karşı alınan önlemler ve çözümler, kompozit, elektro-eğirme, nanoteknoloji vb. yeni teknolojiler sayesinde üretilebilen tek kullanımlık tekstil hijyen ürünlerine ve sağlık alanında etkili tıbbi tekstillere yönelimleri gerektirmektedir. COVID-19 küresel pandemi sürecinde tekstil mamulü olan maske gibi ürünlerin insan yaşamını korumada ne kadar etkili olduğu açıkça görülmüştür. Yara tedavi materyallerinden olan yara örtücülerin üretiminde önemli bir faktör olan yara sıvısı oranının değişkenliği ve yara çeşitliliği gibi bir çok gerekliliğin sağlanmasının en büyük zorluk olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Son yıllardaki yenilikçi çalışmalarda tekstil tabanlı nanolif ve kompozit yapıda yara örtülerinin çok fonksiyonlu ve çok bileşenli olarak üretilmesi, nemli ortam, gaz geçirgenliği, yeni doku oluşturma hızı ve antibakteriyel özellikte iyileşme gibi elzem özelliklerin sağlanması yönünde umut vermektedir.

Tablo 2. Materyale göre yara örtücülerin performans değerlendirilmesi (Söğüt ve Sabır, 2023)

Malzeme	Kullanım Alanları	Performans Değerlendirmesi
Hidrokolloid	• Artiyel ve venöz ülser • Ameliyat sonrası yaralar • 3. Derece yanıklar	İnce ve esnek yapısı nedeniyle yara bölgesine uygulaması kolaydır. Değiştirme sıklığı az olduğu için hava alışverişi yüksek olması gerekmeyen yaralar için tercih edilebilir.
Aljinat	• Venöz, diyabetik, basıç ülserleri • 3. ve 4. derece yanıklar	Yara yüzeyindeki, sıvıyı ağırlığının 20 katına kadar absorbe edebilir ve az değiştirme yeterlidir. Hidrokolloidlere göre daha çok tercih edilir. Ama eksudası düşük yaraya uygulanır ise yarayı kurutur.
Hidrojel	• Yüzeysel yaralanmalar • Eksudası düşük yaralar	Anti bakteriyellik oranı düşüktür. Hidrojel yara örtücüler kullanım esnasında ikincil pansuman yani ek bir sargı bezi takviyesine ihtiyaç duyar. Sadece yüzeysel yaralanmalarda tercih edilebilir.
Kitosan	• Yanık yaralarında • Diyabet kaynaklı ülser • Yatak yaraları • Yüksek eksudalı yaralar	İkincil bir pansuman takviyesine ihtiyaç duyulabilir. Yenilenebilir kaynak olması, biyouyumlu ve biyoçözünür olması üretim için avantaj sağlamaktadır. Anti-bakteriyel özelliği ve yara yüzeyindeki istenmeyen eksudayı absorplama özelliği yüksektir.
Selüloz	• Yanık • Ülser	Tek başına yara örtücü özelliği için yeterli değildir. Yaraya yapışır. Bu özellik bazı yara tipleri için avantaj iken bazıları için dezavantaj olmaktadır.
Gümüş	• Basıç, venöz, diyabetik ülseri • Ameliyat sonrası yaralar • Enfekte olan veya enfekte riski yüksek derin yaralar	Yara onarımı en yüksek yara örtücülerdendir. Antibakteriyel özellikleri geniş performans aralığındadır. Dolgu malzemesi olarak da tercih edilebilir olması kullanım oranını artırılmaktadır.
Kollojen	• Enfekte olmayan yaralar • Kronik yaralar	Ağırlığının 10 katı kadar sıvıyı absorbe eder. Küçük kanamalar için tercih edilir. Performans aralığı tek başına az iken destekleyici yara örtüleri ile performans değeri artırılabilir. Anti bakteriyel özellikleri düşüktür.

Çalışmada ele alınan yara örtücülerin tercih edileceği durumlar aşağıda özetlenmiştir:

- Köpük yara örtücüler, yaranın nemli kalmasında,
- Kitosan (gümüş içerenler tercih edilir) yara örtücüler, antibakteriyellik özelliğinde,
- Kitosan, gümüş ve köpük yara örtücüler, pansuman ve zaman verimliliği için,
- Kitosan, aljinat ve kollojen yara örtücüler, eksudayı absorbe etmede,
- Aljinat ve kitosan yara örtücüler, yüksek eksudalı ağır yaralarda,
- Hidrokolloid yara örtücüler, düşük eksudalı ve ideal hava alışverişinde,
- Hidrojel yara örtücüler, yüzeysel yaralanma ve kanama olan yaralarda.

4. Sonuç

Yara örtücüler, son yıllarda gelişen materyaller ve yenilikçi çalışmalarda üzerinde en çok çalışılan konulardan birisidir. Bu çalışma ile görülmüştür ki yara örtücülerden beklenen sabit özellikler belirli olmakla birlikte yara hakkındaki karmaşık beklentiler kullanılması istenen yara örtücülerde değişikliğe neden olmaktadır. Bu komplike durumlardan bazıları sıralanırsa; yaranın türü, iyileşmeden beklenen süreç, hızlı/yavaş iyileşme, doku yenilenmesi beklentileri, uygulamadan beklenen kolaylık/zorluk,

antibakteriyel özellikler, diyabet gibi özel yara türleri şeklinde belirtilebilir. Bu konudaki güncel çalışmalarda öne çıkanlar; nemli ortam sağlamada daha iyi performans, antibakteriyel bariyer oluşturma, yaradaki hava geçirgenliğini sağlayabilme, yara dokusundaki yenilenmeye katkı sağlama, pansuman değişikliğinde doku zedelenmesi yapmama, varsa ilaç salınımını yapabilme, hoş koku yayma, biyouyumluluk, ulaşılabilirlik ve ekonomiklik şeklinde sıralanabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye tamamıyla katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Anonim. Medical textiles market size, share, and trends 2025 to 2034. <https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market>, 2025. (Erişim 21 Nisan 2025)
- Abdelhady MM. Preparation and characterization of chitosan/zinc oxide nanoparticles for imparting antimicrobial and UV protection to cotton fabric. *International Journal of Carbohydrate Chemistry* 2012; 12.
- Abdel-Mohsen AM., Abdel-Rahman RM., Hrdina R., Imramovsky A., Burgert L., Aly AS. Antibacterial cotton fabrics treated with core-shell nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules* 2012; 50(5): 1245-1253.
- Adhirajan N., Shanmugasundaram N., Shanmuganathan S., Babu M. Collagen-based wound dressing for doxycycline delivery: in-vivo evaluation in an infected excisional wound model in rats. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 2009; 61(12): 1617-1623.
- Aras O., Kazancı M. Kullanılan farklı çözücülerin ipek fibroin-pva kompozit süngerlerin yapısına olan etkisi. *Tekstil ve Mühendis* 2019; 26(115): 224-232.
- Arif D., Niazi MBK., Ul-Haq N., Anwar MN., Hashmi E. Preparation of antibacterial cotton fabric using chitosan-silver nanoparticles. *Fibers and Polymers* 2015; 16(7): 1519-1526.
- Ather and Harding. Wound management and dressing, Rajendran, S. (Ed.). *Advanced textiles for wound care. The Textile Institute Book Series, Second Ed.* 2019; Woodhead Publishing.
- Boateng JS., Matthews KH., Stevens HN., Eccleston GM. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 2008; 97(8): 2892-2923.
- Bruin P., Jonkman MF., Meijer HJ., Pennings AJ. A new porous polyetherurethane wound covering. *Journal of Biomedical Materials Research* 1990; 24(2): 217-226.

- Bužarovska A., Selaru A., Serban M., Pircalabioru GG., Costache M., Cocca M., Gentile G., Averous L., Dinescu S. Biobased multiphase foams with ZnO for wound dressing applications. *Journal of Materials Science* 2023; 58(46): 17594-17609.
- Candan C. <https://www.tekstilteknik.com.tr/koku-buyuk-problem/> (Erişim Nisan 2018).
- Chan KT., Song X., Shen L., Liu N., Zhou X., Cheng L., Chen J. Nisin and its application in oral diseases. *Journal of Functional Foods* 2023; 105: 105559.
- Chen XJ., LV AF., Gao J., Wang L. Moisture dressings: A new revolution in wound care, *Proceedings of 2012 International Forum on Biomedical Textile Materials*. June 8-9, 2012, Shanghai, China, 2012;243-246.
- Christgau M., Caffesse RG., Schmalz G., D'Souza RN. Extracellular matrix expression and periodontal wound-healing dynamics following guided tissue regeneration therapy in canine furcation defects. *Journal of Clinical Periodontology* 2007; 34(8): 691-708.
- Chu HQ., Xiong H., Zhou XQ., Han F., Wu ZG., Zhang P., Huang XW., Cui YH. Aminoglycoside ototoxicity in three murine strains and effects on NKCC1 of striavascularis. *Chinese Medical Journal* 2006;119(12): 980-985.
- Clark M. Alginates in dressings and wound management. In *Alginates and Their Biomedical Applications* 2017; (pp. 213-22). Singapore: Springer Singapore.
- Das S., Baker AB. Biomaterials and nanotherapeutics for enhancing skin wound healing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 2016; 4: 82.
- Ersoy Y., Duran M., Tayyar AE. Tıbbi tekstiller ve yara örtüsü. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2015; 3: 451-458.
- Ertekin G., Marmaralı A. The compression characteristic of weft knitted spacer fabrics. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon* 2012; 22(4).
- Gouda M., Hebeish A. Preparation and evaluation of cuo/chitosan nanocomposite for antibacterial finishing cotton fabric. *Journal of Industrial Textiles* 2010; 39(3): 203-214.
- Gunes OC., Zıylan Albayrak A. Antibacterial polypeptide nisin containing cotton modified hydrogel composite wound dressings. *Polymer Bulletin* 2021;78(11): 6409-6428.
- Gupta B., Agarwal R., Alam MS. Textile-based smart wound dressing, *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 2010; 35: 174-187.
- Hanna JR., Giacomelli JA. A review of wound healing and wound dressing products. *The Journal of Foot and Ankle Surgery* 1997; 36(1): 2-14.
- Horch RE., Bleiziffer O., Kneser U. Physiology and wound healing. *Plastic and Reconstructive Surgery* 2010; (pp. 3-10), London: Springer London.
- Hargis A., Yaghi M., Bermudez NM., Gefen A. Foam dressings for wound healing. *Current Dermatology Reports* 2024; 13(1): 28-35.

- Hu J., Xiao ZB., Zhou RJ., Ma SS., Li Z., Wang MX. Comparison of compounded fragrance and chitosan nanoparticles loaded with fragrance applied in cotton fabrics. *Textile Research Journal* 2011; 81(19): 2056-2064.
- Islam S., Arnold L., Padhye R. Application of chitosan on wool-viscose nonwoven for wound dressing. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* 2013; 7(4): 439-443.
- Jayakumar R., Prabakaran M., Kumar PS., Nair SV., Tamura HJBA. Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications. *Biotechnology Advances* 2011; 29(3): 322–337.
- Jiang S., Deng J., Jin, Y., Qian B., Lv W., Zhou Q., Mei E., Neisiany RE., Liu Y., You Z., Pan J. Breathable, antifreezing, mechanically skin-like hydrogel textile wound dressings with dual antibacterial mechanisms. *Bioactive Materials* 2023; 21: 313-323.
- Joshi M., Purwar R. Composite dressings for wound care, In *Advanced Textiles for Wound Care*, Woodhead Publishing Series in Textiles 2019; 313-327.
- Khan R., Haider S., Wahit MU., Rahman SU., Hameed S., Haider A., Aqif M., Bukhari IA., Abd Razak SI. Preparation of amine-functionalized polyacrylonitrile-TiO₂-chitosan multilayer nanofibers as a potential wound dressing: Characterization and investigation of in vitro cell viability, proliferation and antibacterial study. *International Journal of Biological Macromolecules* 2025; 141006.
- Kim JO., Choi JY., Park JK., Kim JH., Jin SG., Chang SW. Development clindamycin-loaded wound dressing with polyvinylalcohol and sodiumalginate. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 2008; 31(12): 2277-2282.
- Kumar TRS., Bai MV., Krishnan LK. A freeze-dried fibrin disc as a biodegradable drug release matrix. *Biologicals* 2004; 32(1): 49-55.
- Kuram E. Natural fiber-based polymer composites for biomedical applications. *Journal of Biomaterials* 2024; 1-58.
- Kurtoğlu AH., Karataş A. Yara tedavisinde güncel yaklaşımlar: modern yara örtüleri. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* 2009; 38(3): 211-232.
- Lazovic G., Colic M., Grubor M., Jovanovic M. The application of collagen sheet in open wound healing, *Ann. Burns Fire Disasters* 2005; 18: 151-158.
- Lee SM., Park IK., Kim YS., Kim HJ., Moon H., Mueller S., Jeong YI. Physical, morphological, and wound healing properties of a polyurethane foam-film dressing. *Biomaterials Research* 2016; 20(1): 15.
- Luo Y., Kirker KR., Prestwich GD. Crosslinked hyaluronic acid hydrogel films: New biomaterials for drug delivery. *Journal of Controlled Release* 2000; 69: 169-184.

- Lyu Y., Yu L., Qi L., Meng J., Wang Y., Liu Y., Xue T., Zhi C. Construction of 3D-fabric-based triple-decker agar/sodium alginate/Ca²⁺ dual-network composite for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules* 2025; 304: 140883.
- Mai LM., Lin CY., Chen CY., Tsai YC. Synergistic effect of bismuth subgallate and borneol, the major components of Sulbogin® on the healing of skin wound. *Biomaterials* 2003; 24(18): 3005-3012.
- Mo M., Wu C., Chen Y. Bacterial cellulose-based superabsorbent hydrogel for wet wound dressing. *Molecules* 2025; 30(3): 737.
- Montaser A., Rehan M., El-Senousy WM., Zaghloul S. Designing strategy for coating cotton gauze fabrics and its application in wound healing. *Carbohydrate Polymers* 2020; 244: 116479.
- Oh EJ., Park KT., Kim KS., Kim JS., Yang JA., Kong JH. Target specific and long-acting delivery of protein, peptide and nucleotide therapeutics using hyaluronic acid derivatives. *Journal of Controlled Release* 2010; 141(1): 2-12.
- Paul W., Sharma C. Chitosan and alginate wound dressings: a short review. *Trends Biomaterials Artificial Organs* 2004; 18(1): 18-23.
- Pinho E., Soares G. Functionalization of cotton cellulose for improved wound healing. *Journal of Materials Chemistry B* 2018; 6: 1887-1898.
- Pinho E., Soares G., Henriques M., Grootveld M. Antibacterial activity of textiles for wound treatment. *AATCC Journal of Research* 2015; 2(5): 1-7.
- Patil PP., Reagan MR., Bohara RA. Silk fibroin and silk-based biomaterial derivatives for ideal wound dressings. *International Journal of Biological Macromolecules* 2020; 164: 4613-4627.
- Punjataewakupt A., Aramwit P. Wound dressing adherence: A review, *Journal of Wound Care* 2022; 31(5): 406-423.
- Purna SK., Babu M. Collagen based dressings - A review. *Burns* 2000; 26(1): 54-62.
- Qin Y. The characterization of alginate wound dressings with different fiber and textile structures. *Journal of Applied Polymer Science* 2006; 100: 2516-2520.
- Rao BR. Kumar R., Haque S, Kumar JM., Rao TN, Kothapalli RV., Patra CR. Ag₂[Fe(CN)₅NO]-fabricated hydrophobic cotton as a potential wound healing dressing: An in vivo approach. *ACS Applied Materials Interfaces* 2021; 13(9): 10689-10704.
- Resmi G., Amsamani S. Antibacterial and wound healing efficacy of *Chromolaena odorata* treated dressings. *Indian Journal of Fibre Textile Research* 2022; 47(1): 78-86.
- Rodeigues M., Thilagavati, G. Development and study of textile-based hydrogel wound dressing material, *Industria Textila* 2022; 73(1): 40-47.
- Ruszczak Z., Friess W. Collagen as a carrier for on-site antibacterial drugs. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2003; 55(12), 1679-1698.

- Sağlam M., Baran Ş. Tekstil sektörünün geleceği: Mevcut durum değerlendirmesi ve gelecek öngörüler 2025; MÜSİAD Teknik Rapor, ss.1-88, MÜSİAD Tekstil, Deri ve Hazır Giyim Sektör Kurulu Raporu,
URL:<https://avesis.ticaret.edu.tr/yayin/baa489af-dc6d-4119-9187-abfafa32fe79/tekstil-sektorunun-gelecegi-mevcut-durum-degerlendirmesi-ve-gelecek-ongoruleri> (Erişim 13 Mayıs 2025).
- Sabır EC., Taş M., Küçükgülmez A. Karides atıklarından Elde Edilen Kitosan Biyopolimerinin Yünlü Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2017; 32(3): 47-54.
- Schultz GS., Sibbald RG., Falanga V., Ayello EA., Dowsett C., Harding K., Romanelli M., Stacey MC., Teot L., Vanscheidt W. Wound bed preparation: A systematic approach to wound management. Wound Repair and Regeneration 2003; 11(1): 1-28.
- Sinno H., Prakash S. Complements and the wound healing cascade: an updated review. Plastic Surgery International 2013; 1: 146764.
- Sorourian G., Pourmadadi M., Yazdian F., Rashedi H., Nigjeh MN., Sorourian M., Pandey S. Preparation of antibacterial nanofiber nanocomposites based on bacterial cellulose. BioNanoScience 2025; 15(2): 238.
- Söğüt R., Sabır EC. Yara örtücü malzemeler. 9. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Kongresi, 16-17 Nisan 2023, İstanbul.
- Söğüt R. Yara örtücü ve yapay doku alanlarında tekstil kompozitlerinin kullanımı ve performans araştırması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi 2021; (Ulusal Tez Merkezi Tez No: 672623).119 sayfa. Adana/Türkiye.
- Speakman JB., Chamberlain NH. The production of rayon from alginic acid. Journal of the Society of Dyers and Colourists 1944; 60(10): 264-272.
- Steenfos HH. Growth factors and wound healing. Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery 1994; 28(2): 95-105.
- Suarato G., Bertorelli R., and Athanassiou A. Borrowing from nature: Biopolymers and biocomposites as smart wound care materials. Front Bioeng Biotechnol 2018; 6 (Oct): 1–11.
- Sun XZ., Wu JZ., Wang HD., Guan C. Thermosensitive Cotton textile loaded with cyclodextrin-complexed curcumin as a wound dressing. Fibers and Polymers 2021; 22(9): 2475–2482.
- Tassw DF., Birlie B., Mamaye T. Nanotechnologies past, present and future applications in enhancing functionality of medical textiles: a review. The Journal of The Textile Institute 2024; 1-21.
- Thomas V, Bajpai M, Bajpai SK. In situ formation of silver nanoparticles within chitosan-attached cotton fabric for antibacterial property. Journal of Industrial Textiles 2011; 40(3): 229-45.

- Thomason HA., Lovett JM., Spina CJ., Stephenson C., McBain AJ., Hardman MJ. Silver oxysalts promote cutaneous wound healing independent of infection. *Wound Repair Regen* 2018; 26: 144–152. doi: 10.1111/wrr.12627
- Tyrone JW., Mogford JE., Chandler LA., Ma C., Xia Y., Pierce GF., Mustoe TA. Collagen-embedded platelet-derived growth factor DNA plasmid promotes wound healing in a dermal ulcer model. *Journal of Surgical Research* 2000; 93(2): 230-236.
- Ueno H., Yamada H., Tanaka I., Kaba N., Matsuura M., Okumura M., Kadosawa T., Fujinaga T. Accelerating effects of chitosan for healing at early phase of experimental open wound in dogs. *Biomaterials* 1999; 20: 1407-1414.
- Üreyen ME., Çavdar A., Koparall AS., Doğan A. Yeni geliştirilen gümüş katkılı antimikrobiyal tekstil kimyasalı ve bu kimyasal ile işlem görmüş kumaşların antibakteriyel performansları. *Tekstil ve Mühendis* 2008; 15(69): 25-31.
- Wang XD., Russel SJ. Antimicrobial textile materials in healthcare and medical wound dressings, *Proceedings of 2009 International Textile Science and Technology Forum* 2010; 10-17.
- Xu D., Feng Y., Song M., Zhong X., Li J., Zhu Z., Wang J. Smart and bioactive electrospun dressing for accelerating wound healing. *Chemical Engineering Journal* 2024; 496: 153748.
- Yang Y., Hu H. Spacer fabric-based exuding wound dressing–Part II: Comparison with commercial wound dressings. *Textile Research Journal* 2017; 87(12): 1481-1493.
- Yang Y., Bechtold T., Redl B., Caven B., Hu H. A novel silver-containing absorbent wound dressing based on spacer fabric. *Journal of Materials Chemistry B* 2017; 5(33): 6786-6793.
- Yıldırım N., Küçük İ. Sarı kantaron (*Hypericum perforatum*) katkılı kitosan ve jelatin esaslı yara örtücü filmlerinin üretimi ve karakterizasyonu (Preparing and characterization of St.John's Wort (*Hypericum perforatum*) incorporated wound dressing films based on chitosan and gelatin), *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2020; 35(1): 127-135
- Yuan N., Shao K., Huang S., Chen C. Chitosan, alginate, hyaluronic acid and other novel multifunctional hydrogel dressings for wound healing: A review, *International Journal of Biological Macromolecules* 2023; 240: 124321.
- Zheng L., Li S. Luo J., Wnag X. Latest advances on bacterial cellulose-based antibacterial materials as wound dressings. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 2020; 8: 593768.
- Zong S., Zhang H., Ma Z., Xin Q., Lu Y., Shi P. Qin M., Li J., Sing C. Recent advancements in wound management: Tailoring super wettable bio-interfaces. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 2022; 10: 1106267.