

ANTİMİKROBİYAL LİFLER

ANTIMICROBIAL FIBERS

Teks. Müh. Gamze SÜPÜREN
TÜBİTAK Tekstil Araştırma Merkezi

Arş. Gör. Ahmet ÇAY
Ege Ü. Tekstil Müh. Bölümü

Teks. Müh. Z. Evrim KANAT
TÜBİTAK Tekstil Araştırma Merkezi

Prof. Dr. Işık TARAÇÇIOĞLU
TÜBİTAK Tekstil Araştırma Merkezi

ÖZET

Topluma açık yerlerde veya medikal alanda kullanılan tekstil materyalleri üzerinde bakteri ve mantarlar gelişebilmektedir ve bunlar insan sağlığı açısından tehlike arz edebilmektedir. Bu nedenle antimikrobiyal özellik gösteren lifler üzerine yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Bu makalede mevcut antimikrobiyal lifler ve antimikrobiyal katkı maddeleri hakkında kısa bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal lifler, antibakteriyel koruma, triklosan, chitosan, gümüş

ABSTRACT

Bacteria and fungi can grow up on textile materials used in medical areas and social places. These microbes are harmful for human health. Therefore, new antimicrobial fibers for textile industry are one of the most advanced and exiting areas of research and application. This article reveals brief information about antimicrobial fibers and agents used in textile market.

Key Words: Antimicrobial fibers, antibacterial protection, triclosan, chitosan, silver

1. GİRİŞ

Birçok tekstil materyali devamlı olarak hastanelerde, çocuk yuvalarında, otellerde vb topluma açık yerlerde kullanılmaktadır ve bunlar mikroorganizmalar nedeniyle meydana gelen hastalıklara ve enfeksiyonlara karşı iletken rol oynayabilmektedir. Bu nedenle, bulaşıcı maddeler tüketici sağlığı üzerinde potansiyel bir tehlike arz etmektedir. Bunlara bir de mikroorganizmaların güçlenerek büyümesi sebebiyle oluşacak etki eklenirse ortaya ciddi bir tehdit çıkmaktadır. Bu sebeple, özellikle tıbbi tekstillerin (medikal araştırma yapılan yerlerde kullanılan tekstil ürün-

leri, cerrahi elbiseler, hemşire elbiseleri, hastane perdeleri, vs.), yer kaplama ve yatak materyallerinin, havlu ve işçi üniformaları gibi giysilerin antibakteriyel özellik taşımaları gerekmektedir.

Bakteriler patojenik ve patojen olmayanlar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Tablo 1'de patojenik ve patojen olmayan bazı mikroorganizmalar görülmektedir (1). Tekstil ürünlerinde meydana gelen istenmeyen koku ve görünümünden dolayı patojen olmayan mikroorganizmaları kontrol altında tutmak gerekirken, insan sağlığına olan tehlikeli etkilerinden dolayı patojenik mikroorganizmaların çoğal-

masının engellenmesi daha büyük bir önem arz etmektedir.

Mikroorganizmalar vücutta, havada, toprakta ve tüm yüzeylerde bulunabilmekte ve uygun şartlar sağlandığı takdirde üreyerek hızlı bir şekilde çoğalmaktadırlar. Bakteriler gelişmeleri için yeterli nem ve sıcaklık ile bir beslenme kaynağına (bazı bakteriler için de oksijene) ihtiyaç duyarlar. Bu gereksinimler tekstil materyallerinde bulunabilmektedir. Tekstil endüstrisi bunlardan özellikle bakteri ve mantarlarla ilgilenmektedir. Genel olarak bakteriler kötü kokuya; mantarlar biyolojik olarak parçalanmaya ve lekelenmeye sebep

Tablo 1. Patojenik ve patojen olmayan bazı mikroorganizmalar

| Mikroorganizma | Patojenlik | Etkileri |
|--------------------------|-------------------------------|---|
| Bacillus subtilis | Genel olarak Patojen değildir | Gıdaların bozulması ,bazen konjunktivitis |
| Escheria coli | Düşük patojen | Gıdaların bozulması, bazen idrar enfeksiyonu |
| Klebsiella pneumoniae | Patojen | Zatürree, idrar torbası enfeksiyonu |
| Pseudomonas aeruginosa | Düşük patojen | Çeşitli enfeksiyonlar |
| Protococcus vulgaris | Düşük patojen | İltihaplanmalar |
| Staphylococcus epidermis | Düşük patojen | Cerrahi yara enfeksiyonları |
| Staphylococcus aureus | Patojen | Toksik şok, cerrahat toplama, apse, fibrin pıhtılaşması, endocarditis |

olurlar. Birçok bakteri 30-37°C arasında optimal gelişime sahip olurken , birçok mantar için optimal sıcaklık 25-30 °C dir. Aktif faaliyet halinde iken ise, vücutta bölgesel sıcaklık değişimleri söz konusu olmakta (2) ve bu da bakterilerin çoğalmasını tetikleyici bir unsur oluşturmaktadır. Üzerinde besin kaynağı (çeşitli gıda kirlilikleri, yağ, protein, şeker ve deri kalıntıları) mevcut olan tekstil materyalleri mikrobiyal üremeyi hızlandıran bir başka etkidir.

Vücutta bakteri ve mantar üremesinde, vücut sıcaklığının yanı sıra ter bezlerinden salgılanan terin miktarı ve kimyasal içeriği de büyük önem taşımaktadır. Vücuttaki ter oluşumu, bakteri ve mantar üremesi ve gelişmesi için ideal koşulları sağlamaktadır. İnsan vücudunda tüm vücut yüzeyine dağılmış olarak 2-3 milyon adet ter bezi bulunmaktadır. Cilt üzerindeki ter bezi yoğunluğu cm² başına 100-400 adet arası değişir. Eccrine ve Apocrine olmak üzere vücutta iki çeşit ter bezi bulunmaktadır. Eccrine ter bezlerinin temel fonksiyonu sıcak bir ortamda, ya da fiziksel çalışma sırasında vücut ısısının dengelenmesidir. Eccrine ter bezlerinin başka bir fonksiyonu ise avuç içlerinde ve ayak tabanlarında oluşan zihinsel ve duygusal terlemedir. Salgılanan terin %99'unu su oluştururken, terde sodyum klorür, potasyum, üre ve protein gibi maddeler de bulunmaktadır. (3).

Apocrine ter bezleri özellikle koltuk altı, genital bölge ve yüzde bulunmaktadır. Dağılımları ise vücut bölgesine göre farklılık gösterir. Örneğin koltuk altlarında apocrine ter bezlerinin sayısı, eccrine ter bezlerinin 10 katı kadardır. Apocrine ter bezleri doğumdan itibaren vardır ve ergenlik ile birlikte aktif hale gelirler (3,4).

Vücuttan çıkan sıvı ilk anda yağlı ve kokusuzdur. Ancak cilt yüzeyindeki bakteri florasında yerleşik bulunan bakteriler ter kokusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu kokunun asıl kaynağı bakteriler tarafından oluşturulan, karboksilli asitler, aldehitler ve aminler gibi bileşiklerdir (3).

Birçok bakteri kolonisi, metabolizmasında kendilerini ışığa ve UV radyasyonuna karşı koruyan renkli pigmentleri üretmektedir (1) ve bu pigmentlerin yüzeye adhezyonu ile tekstillerde kirlenme söz konusu olmaktadır. Life bağlanan bu pigmentler, normal yıkama ile yeterli olarak uzaklaştırılmamaktadır.

2. ANTİMİKROBİYAL MADDELER

Antimikrobiyal maddeler, bakteri ve/veya mantar gelişimini engellemekte ve/veya sınırlandırmaktadırlar. Antimikrobiyal maddelerin birçoğu hem bakteri, hem de mantarlara karşı güçlü aktivite göstermektedirler. Ancak bütün mikroorganizmalara karşı aynı derecede etkin maddelerin sayısı oldukça azdır. Bakterilerin üremesini ve gelişmesini engelleyen maddelere antibakteriyel maddeler denilmektedir. Bakterilere zarar veren maddelere baktericidal (bakteriyosid), sadece çoğalmalarını engelleyen maddelere ise bakteriyostatik adı verilmektedir. Tablo 2'de bazı antibakteriyel maddeler görülmektedir (5). İstenen antibakteriyel etkiyi elde etmek için, antibakteriyel maddeler, gereksinime ve uygulamaya bağlı olarak tek tek veya kombine edilerek kullanılabilirler.

Mantar üremesini ve gelişmesini önleyen antimikrobiyal maddelere fungisid, mantar üremesini sınırlandıran maddelere ise fungistatik maddeler adı verilmektedir. Bu maddeler arasında çeşitli izotriazolün bileşikleri ve imidazol türevleri, arsenik bileşikleri ve kalay esaslı ürünler sayılabilmektedir (1).

Antimikrobiyal tekstil ürünleri; antimikrobiyal maddenin lif çekimi esnasında

eklenerek lif polimer yapısı içerisine hapsedilmesi veya bitim işleriyle tekstil mamulüne aktarılması ile elde edilmektedir. Lif çekim teknolojisinde antimikrobiyal madde, polimer ya da lif çekim çözeltisi içine düzeden geçirilmeden önce ilave edilmektedir. Katkı maddesinin özellikleri lif çekim koşulları (partikül çapı, ısı ve kimyasal dayanımı, polimerle herhangi bir etkileşimlerinin olmaması) ile uyumlu olmalıdır. Lif dışına yerleşen antimikrobiyal maddelerin uzaklaşmasının ardından iç kısımda bulunan antimikrobiyal maddeler migrasyonla lif yüzeyine çıkmaktadır. Bitim işlemleri ile antimikrobiyal etki sağlanması için uygulanan en yaygın yöntemler püskürtme, emdirme ve kaplamadır. En çok kullanılan katkı maddeleri, halojenleştirilmiş salisilik asit, anilidler, organotin bileşikler, kuartern amonyum bileşikler, organosilikon kuartern amonyum tuzları ve kuartern amonyum sülfonamid türevleri gibi organik esaslı bileşiklerdir (1). Ancak bitim işlemleri ile sağlanan bu özelliklerin yıkama dayanımları düşük olduğundan kalıcılıkları sınırlıdır. Halbuki antimikrobiyal maddelerin lif çekimi adımıyla eklenmesiyle üretilen mamuller kullanıma uzun süre dayanıklı olmakta, hatta bazılarında antimikrobiyal özellik mamul ömrü boyunca korunmaktadır. Bu şekilde üretilen liflere antimikrobiyal lifler adı verilmektedir.

Antimikrobiyal lif üretiminde en çok kullanılan maddeler: triklosan, chitosan ve başta gümüş olmak üzere çeşitli metal iyonlarıdır. Gümüş iyonunun, çeşitli hastalıklara sebep olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkili olduğu klinik deneylerle kanıtlanmıştır (6).

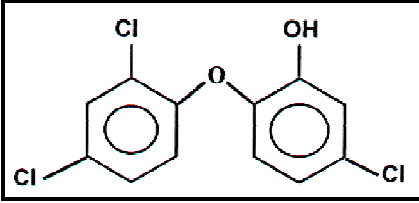
Tablo 2. Antibakteriyel Maddeler

| | |
|----------------------------|--|
| Organik Bileşikler | Halojenlenmiş Difenil Eterler (örn. Triclosan) |
| | Fenol Bileşikler |
| | Halofenolikler ve Bisfenolik Bileşikler |
| | Rezorsinol ve Türevleri |
| | Benzoik Esterler |
| Metaller | Kuartern Amonyum Bileşikler |
| | Gümüş, Çinko, Bakır |
| Diğer Anorganik Bileşikler | Zeolitler |
| | NaAl-Silikat |

Aşağıda antimikrobiyal maddelerle üretilen lifler hakkında bilgi verilmektedir.

3. TRICLOSAN İÇEREN ANTİMİKROBYAL LİFLER VE YARDIMCI MADDELER

Antibakteriyel liflerde yaygın olarak kullanılan Triklosan bileşiği, klorlanmış bisfenileter yapısındadır ve pek çok antibakteriyel lifte aktif madde olarak kullanılmaktadır. Triklosanın sentezinde dioksin ve dibenzofuran gibi kanserojen yan ürünler ortaya çıkabilmektedir. Triklosan: Staphylococcus aureus, MRSA, E. Coli ve Klebsilla gibi birçok bakteri alanına karşı etkilidir. Pseudomonas gibi bakterilere karşı az etkilidir ve mantarlara karşı sadece marjinal olarak etkilidir (9). Triklosan'ın, Trichophyton mentagrophytes (atletlerin ayaklarında görülen), Aspergillus repens ve Aspergillus niger'i içeren çeşitli mantarlara karşı etkili olduğu bazı kullanıcılarca doğrulanmıştır (9).



Şekil 1. Triklosan

Triklosan kozmetikte, sabunlarda, deodorantlarda, diş macunlarında ve ağız temizleyicilerinde kullanımı için belgelendirilmiştir. Bu nedenle tekstil malzemesinde kullanımı güvenlidir ve kullanılan konsantrasyonlarda alerjik reaksiyona neden olmadığı da belirtilmektedir (9). Triklosan bakterinin hücre zarından içeriye girerek bakterinin büyümesi, ya da üremesi gibi fonksiyonlarına engel olmaktadır. Fakat kalın hücre zarlarından geçememektedir ve böylece kırmızı kan hücresine zarar verememektedir. Bu nedenle insan ve hayvanlarda kullanımı zararlı değildir (9).

Triklosan genellikle lif çekimi esnasında lif çekim çözeltisi içerisine ilave edilmektedir böylece antibakteriyel etkinin kalıcılığı sağlanmaktadır. Triklosan içe-

ren endüstriyel lifler akrilik esaslı Biofresh ve Amicor lifleri, asetat esaslı Silfresh ve Microsafe lifleridir. Microban® ise triklosan içeren bir antibakteriyel yardımcı maddedir ve lif çekim çözeltilerine ilave edilerek kullanılmaktadır.

3.1. Amicor lifleri

Akrilik esaslı bir lif olan Amicor liflerinin antibakteriyel (Amicor AB) ve antimantar (Amicor AF) olmak üzere 2 çeşidi bulunmaktadır. Ürünlerde çift etki yakalamak için bu 2 lifin karışımı kullanılmakta ve bu karışım Amicor Plus olarak adlandırılmaktadır. Diğer Amicor çeşitleri, Amicor AB ve AF'ye dirençli bakteri ve mantarlar karşısında daha etkili olan tiplerdir. Amicor lifleri Triklosan içermektedir. Lif çekimi sırasında katkı maddesinin büyük kısmı lifin yapısına alınmakta ve küçük bir kısım yüzey üzerinde kalmaktadır. Katkı maddesi, lif yapısında moleküler olarak dağıtılmasından ziyade katı partiküller halinde lifin yapısında bulunabilmektedir. Sonuç olarak partiküller kimyasalın yavaş salınımını sağlayarak depo görevi yapmaktadır. Giysilerin kullanımı ve yıkanması sırasında yüzeyde kalan bu katkı maddesi devamlı olarak aşındırılmakta, yüzeyden migrasyon veya erozyon ile uzaklaştırılmaktadır. Ancak lif içinde bulunan maddenin lif yüzeyine göç etmesiyle antibakteriyel etkinin korunması sağlanmaktadır (7, 8, 9). Amicor/pamuk karışımları ağartılabilmekte ve hidrojenperoksit ağartması ile Amicor liflerinin verimliliğini etkilemeden kabul edilebilir beyazlık seviyeleri sağlanabilmektedir. Amicor lifleri klasik akrilik gibi katyonik boyalarla boyanabilmektedir (9).

3.2 Silfresh lifleri

Novaceta firması tarafından üretilen antimikrobiyal asetat lifidir. Antibakteriyel etki, lif çekimi sırasında triklosan ilave edilmesi ile sağlanmaktadır. Silfresh lifleri astarlar ve diğer giysi kumaşları için kullanıldıklarında, giyim sırasında giyside kokunun gelişmesine neden olan bakterilere karşı koymakta,

daha uzun süre, daha temiz hissi ve koku vererek giysilerin korunmasına yardımcı olmaktadır. Normal asetat iplikleri gibi, Silfresh asetat iplikleri de aynı koşullarda ve aynı yolla değişiklik olmaksızın örülüp dokunmakta ve terbiye edilmektedir. Ürünün 50 °C'de en az 20 kez yıkama ve kuru temizlemeye karşı dayanıklılığı da iyidir (9). Silfresh ile üretilen kumaşlar dökümlülük, kullanım rahatlığı, parlaklık, iyi renk haslığı ve çekme dayanımı gibi tüm iyi özellikleri de göstermektedirler. Bu ipliklerden iç giysilerin, geceliklerin, maskelerin, astarların, spor giysilerin, hijyen ve medikal sektörleri için tekstil ürünlerinin üretiminde yararlanılmaktadır.

3.3. Microsafe lifleri

Microsafe, Trevira (Hoechst Group) tarafından üretilen antimikrobiyal asetat lifidir. İlk olarak kısa çorap, koşu şortları ve diğer spor giysilerinde dikkati çekmiştir. Daha sonra üreticiler elbiselerde, bantlarda, yemek masası örtülerinde, yastık, yatak, iç çamaşırı ve tıbbın değişik alanlarında ve bütün döşemelerde kullanılmasını önermişlerdir. Silfresh liflerinde olduğu gibi bakteriostatic madde olarak triklosan kullanılmaktadır. Bu lifin esas kullanım alanı tıbbi sargı bezleridir. Enfeksiyon kapma özelliği yüksek olan yaralarda mükemmel etki gösterdiği gözlenmiştir. Dokusuz yüzey halindeki gazlı bezler 200 kere yıkamadan sonra bile biyostatik etki gösterebilmektedir (9). Lifin, tekstil ürünlerinde görülen bazı mantar ve bakterilerin büyüme ve gelişmesini sınırlandırdığı ifade edilmektedir (10).



Şekil 2. Microsafe lifleri

Kullanılan antimikrobiyal madde miktarı hedeflenen mikroorganizmaya, ürünün ömrüne ve içeriğine göre değişmektedir. 300 ppm'den daha az uygulamalar pozitif bakterilerin kontrolüne yetmektedir. Pozitif ve negatif bakterilerin her ikisine de etki etmesi istenildiğinde ise en az 750–1000 ppm değerinde çalışılmalıdır. 3000–5000 ppm gibi yüksek konsantrasyonlar, kalın hücre duvarına sahip mantar ve maya hücrelerinin büyümelerine engel olmaktadır (9,10).

3.4. Biofresh™ lifleri

Biofresh, Sterling Fibers Inc. tarafından geliştirilen, antimikrobiyal akrilik lifidir. Aktif madde lif yüzeyinde antimikrobiyal koruma sağlamaktadır. Biofresh™'in aktif maddesi olan triklosan, lif üretimi esnasında ilave edildiğinden etkisi kalıcıdır. Akrilik lifi, antimikrobiyal maddeleri yapısında depolamaktadır. Aşınma, yıkama ya da temizleme işlemleri sonucunda yüzeyden uzaklaşan bir kısım antimikrobiyal madde yerine, lif içinde depolanmış bulunan madde lif yüzeyine çıkmaktadır. Böylece, çoklu yıkama sonrasında dahi, antimikrobiyal madde etkinliğini korumaktadır.

Lif içerisindeki antimikrobiyal özellikler ve akriliğin geleneksel avantajları aktif giysiler ve çoraplarda etkili bir kombinasyon oluşturmaktadır. Triclosan bileşiğinin avantajları, lifler üzerinde bakteri ve mantar büyümesinin önlenmesi ve yıkama ile etkinin azalmamasıdır. Akrilik liflerinin avantajları ise, nemi hızlı bir şekilde alması, yumuşak ve konforlu olması, kolay yıkanma ve kuruma özellikleri, buruşma dayanımı, minimal çekme ve şekil stabilitesi olarak sayılabilmektedir (11).

3.5. Microban®

1969 yılında geliştirilen ve 1994 yılından itibaren kullanımı hızla artan "Microban® antimikrobiyal koruma", antimikrobiyal ürün korumanın sürekliliğini üretim boyunca sağlamak amacıyla geliştirilen ve triklosan içeren antimikrobiyal bir katkı maddesidir. Microban® koruma katkı maddelerine

dünyada medikal ve endüstriyel alanlarda sıkça rastlanabilmekte, ayrıca bu maddenin kullanıldığı ürünlere Microban® markası verilmektedir. Microban® koruma maddesi mikrop hücre duvarından içeri girmekte ve mikrobun büyümesi, ya da üremesi gibi fonksiyonlarına engel olmaktadır. Tüm antimikrobiyal liflerde olduğu gibi, dış yüzeydeki maddeler uzaklaştığında, antimikrobiyal madde iç kısımdan migrasyonla dışarıya çıkarak etkinin devamlılığını sağlamaktadır. Microban ile işlem görmüş kumaşların, bakterilere karşı etkisinin test edilmesi için Kirby Bauer test yöntemi kullanılarak yapılan deney sonuçları Şekil 3'te görülmektedir. Bütün numuneler bakteri ile aşılabilir ve 24 saat sonra fotoğrafları çekilmiştir. Soldaki örnek Microban® ile işlem görmüş, diğeri ise işlem görmemiştir. Microban® koruma maddesiyle işlem gören numunede büyüme görülmezken, işlem görmemiş olan numunede bariz bir kirlenme görülmektedir. Microban® koruma maddesi; leke, koku ve ürün bozulmasına yol açabilecek mikroorganizmaların büyümesini önleyici bir etki sağlamaktadır (12,13, 14).

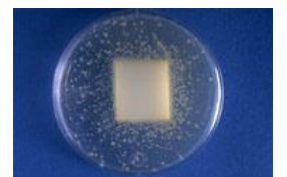
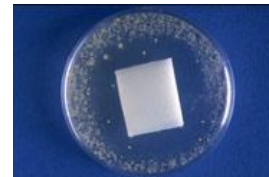
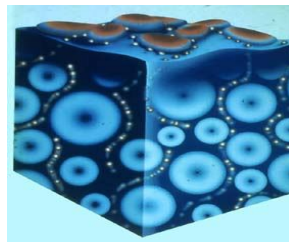
4. CHITOSAN İÇEREN ANTİMİKROBİYAL LİFLER

4.1 Chitin ve Chitosan

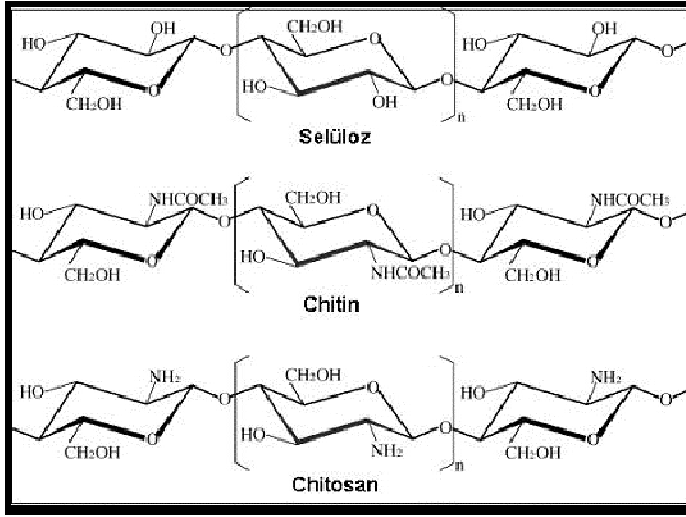
Chitosan doğal bir polimer olan chitinden elde edilmekte olup, oldukça iyi antimikrobiyal performans göstermekte ve doğal bir madde olarak antimikrobiyal liflerin yapısında giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Chitin doğada selülozun ardından en yaygın olarak bulunan ikinci polimerdir.

N-asetil-D-glukozamin gruplarının β -D bağları ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan bir polisakkarittir. Kimyasal yapısı selüloza çok benzemektedir, ancak selülozun 2. karbon atomuna bağlı olan hidroksil grubu yerine asetoamido grubu bulunmaktadır. Chitin suda çözünmemektedir ve kimyasal reaktifliği oldukça düşüktür. Bu özelliklerinden ötürü endüstriyel uygulamalarda yaygın bir kullanım alanı bulamamaktadır. Chitin, omurgasız deniz kabuklularından, mantarlardan ve planktonlardan elde edilmektedir. Kabuklar kurutulup öğütüldükten sonra, seyreltik NaOH ile işleme sokularak proteini uzaklaştırılmaktadır. Ardından da derişik HCl ile muamele edilerek mineraller uzaklaştırılmaktadır (15).

Chitosan, chitin'in deasetilasyonu ile elde edilmektedir. Poli-1,4-2amino-dioksi- β -D-glukopiranoz olarak bilinen chitosanın yapısı da selüloza benzemektedir, ancak aralarındaki fark, selülozun hidroksil grubu yerine amino grubunun bulunmasıdır. Amino grubunun varlığı, chitosana selülozdan farklı olarak, antimikrobiyal etki kazandırmaktadır. (+) yüklü amino grupları (-) yüklü mikroorganizma iyonlarını tutarak gelişmelerini engellemektedir. Çok sayıda antimikrobiyel bitim işlemi maddeleri katerner amonyum grupları içermektedir ve chitosana bu grupların bağlanması sonucu antimikrobiyel aktivitesi artırılmaktadır. Chitosan antibakteriyel bitim işlemi maddesi olarak kullanılabilirdiği gibi, doğrudan chitosan lifleri olarak da antibakteriyel etki sağlayabilmektedir (16). Örneğin, Crabyon lifleri, Chitopoly lifleri, yapılarında chitosan içeren antibakteriyel liflerdir.



Şekil 3. Microban®'in antimikrobiyal etkisi ve lif içerisinde dağılımı



Şekil 4. Selüloz, Chitin ve Chitosan'ın kimyasal yapıları (17)

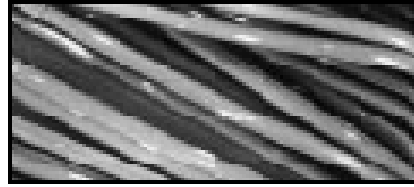
4.2 Crabyon Lifleri

Crabyon lifi, viskoz yöntemine göre viskon lifi eldesinde lif çekim çözeltilisine chitosan ilave edilmesi ile elde edilmektedir. Chitosan Crabyon liflerinin bir parçası olduğu için, antibakteriyel etkisi yıkama ve sürtünmeye karşı değişmeden uzun süre kalmaktadır. Chitosan isteğe bağlı olarak %1- 99 oranlarında kullanılabilir. Crabyon lifleri cildi kuru tutma özelliğinin yanı sıra, kadife hissi verme ve cilt tahrişi yaratmama gibi özelliklere de sahiptir. Crabyon lifleri biyolojik olarak tamamen parçalanabilmektedirler, bu nedenle çevreye ek bir yük getirmektedir (18,19).

4.3. Chitopoly lifleri

Chitopoly lifleri, polinozik rejener selüloz liflerinin üretimi esnasında lif çekim çözeltilisine chitosan ilavesi yapılarak elde edilmektedir. Bu nedenle antibakteriyel özellik göstermekte ve tamamen doğal olan liflerin, herhangi bir kimyasal veya başka bir yabancı madde içermediklerinden alerjik etkisi bulunmamaktadır. Chitopoly lifleri özellikle bebek kıyafetleri için uygundur. Şekil 5'de Chitopoly lifleri görülmektedir. Yapısında bulunan chitosan, terleme sonucu kumaş üzerinde bakteri oluşumunu ve gelişimini önlemekte ve koku oluşumunu bertaraf etmektedir. Chitosan life direkt olarak ilave edildiğinden, antibakteriyel etkisi uzun sü-

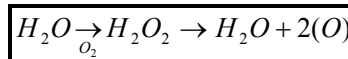
relidir ve 30 yıkama sonrasında bile antibakteriyel etkinliğinde herhangi bir azalma gözlenmediği belirtilmektedir (20).



Şekil 5. Chitopoly lifleri (Beyaz kısımlar chitosandır)

5. METAL İYONLARI İÇEREN ANTİMİKROBİYAL LİFLER VE KATKI MADDELERİ

Metal iyonları mikroorganizmaların çoğalmasını iki farklı mekanizmaya göre engellemektedirler. Birincisi, metal iyonlarının hücre zarına zarar vermesi veya hücre zarından geçerek enzimlerin -SH gruplarına bağlanmasıdır. Enzimatik aktivitenin devamlı azalması ise, mikroorganizma metabolizmasının değişmesine yol açmaktadır. İkincisi ise, metal iyonlarının bakterilerin molekül yapısına zarar veren oksijen radikallerinin üretimini katalizlemeleridir. Bu reaksiyon Şekil 6'da görülmektedir. Bu mekanizma, antimikrobiyal madde ve bakteri arasında doğrudan bir temas gerektirmemektedir. Çünkü aktif oksijen liften çevreye yayılmaktadır (1).

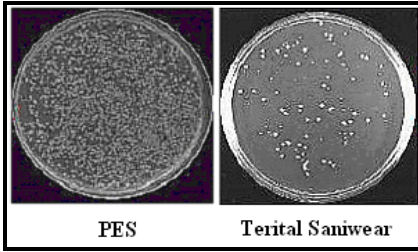


Şekil 6. Oksijen radikallerinin üretim reaksiyonu

Antimikrobiyal etki sağlamak için en çok gümüş iyonları kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çinko ve bakır da kullanılabilir. Gümüşün antibakteriyel etkisi eski zamanlardan beri bilinmektedir. Gümüş alet ve kapların, MÖ 4000 yıllarında mikrop oluşumunu önlemek ve yüksek su kalitesini garanti etmek için, suyu saklamak ve taşımak için kullanıldığı bildirilmektedir. 19. yy'da, düşük konsantrasyonda bile tifo basiline hızlı bir şekilde zarar verdiği ve 1:4000-1:10000 arasındaki düşük konsantrasyonlarında anthrax sporlarına karşı dirençli olduğu kanıtlanmıştır. Suyun arıtılmasında, yara dezenfeksiyonunda kullanılmıştır. Yatak takımlarında ve tekstil ürünlerinde düşük konsantrasyonlu gümüş iyonu kullanımı, nörodermatit ve psoriasis işlemlerinde hala pozitif etki göstermektedir (5). Deri tahrişi gibi hiçbir negatif etkisi olmayan gümüş, antibakteriyel etki gösteren liflerde oldukça sık olarak karşımıza çıkmaktadır.

5.1. Terital Saniwear

Terital Saniwear, Montefibre firmasının antimikrobiyal poliester lifidir. Poliester liflerine lif çekim adımında direkt olarak antibakteriyel özellik kazandırmak için, ısı dayanım sınırlamaları sebebiyle sadece inorganik bileşikler kullanılabilir. Lif çekim eriğiğine metal iyonları ilave edilerek, antibakteriyel kesikli poliester lifleri elde edilmektedir. Terital Saniwear, patojenik olmayan Bacillus Subtilis ve Staphilococcus Epidermidis bakterilerine karşı etkili bir koruma sağlamaktadır. Shake Flask metoduna göre test edildiğinde, antimikrobiyal olmayan örnekte 24 saatlik temas süresinden sonra bakteri gelişimi gözlemlenirken, Terital Saniwear liflerinin bakteri popülasyonunda %99 a varan oranda bir düşüş sağladığı görülmüştür (Şekil 7). Antibakteriyel etki 50 yıkamaya kadar dayanıklıdır (UNI EN 26330/96 e göre). Ağartma, boyama ve bitim işlemi adımlarından sonra kumaşlar antibakteriyel etkilerini korumaktadırlar. ÖKO-TEX Standard 100'e göre bebek giysileri ve cilde temas eden ürünlerde kullanılabilir. Ayrıca alerjik etki göstermediği de kanıtlanmıştır (1, 21).



Şekil 7. Normal PES ile Terital Saniwear'ın antibakteriyel özellik açısından karşılaştırılması (24 saat sonra bakteri popülasyonunda azalma)

5.2 SeaCell Active

SeaCell Active lifi deniz yosunu ve gümüşle birleştirilmiş bir lyocell lifidir. Bakterilerin gelişebildiği ispatlanan standart lyocell liflerine benzemeyen SeaCell Active lifi güçlü bir antibakteriyel etki göstermektedir. Bu amaçla kullanılan madde gümüştür ve SeaCell Active liflerinin üretiminde aktive edici bir aracı olarak kullanılmaktadır. SeaCell Active liflerinde diğer antibakteriyel liflerden farklı olarak gümüş iyonları lif çekim çözeltisine ilave edilmemekte, lif çekiminin ardından bir aktivasyon basamağında gümüş iyonu çözeltisi ile işleme sokulan liflere gümüş absorbe olmaktadır. Gümüşün yanı sıra çinko, bakır ve birçok başka metal iyonları da life absorbe edilmektedir. Metal tuzu çözeltileriyle yapılan emdirme testleri SeaCell liflerinin metal ve/veya metal iyonlarını mükemmel absorbe etme davranışı sergilediğini göstermiştir. Metallerin selülozun serbest karbonil, karboksil ve hidroksil grupları ile bağlandığı varsayılmaktadır. Deniz yosunundaki fenollerin ağır metalleri tutma yetenekleri olduğu da bilinmektedir. Metal iyonları, liflerin amorf bölgelerine stabil olarak bağlanmaktadır. Genelde alkali ortamda yapılan konvansiyonel yaş işlemler bile SeaCell lifine bağlanan metal konsantrasyonuna etki etmemektedir (5). Şekil 8'de SeaCell Active lifinin üretim basamakları (5) ve Tablo 3'te SeaCell® Active, SeaCell® ve Lyocell liflerinin mineral içerikleri (5) görülmektedir.

Şekil 9'da açık renk noktalar gümüş gibi ağır elementleri gösterirken, koyu renk noktalar hafif elementleri göster-

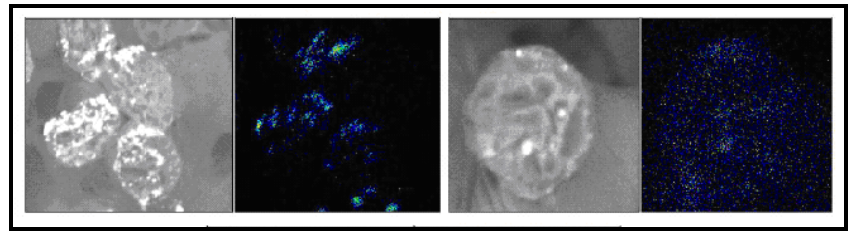
SeaCell® Active ALCERU- Prosesi Kullanılarak Lif Üretimi



Şekil 8. SeaCell Active lifinin ALCERU prosesi'ne göre üretim basamakları

Tablo 3. .SeaCell® Active, SeaCell® ve Lyocell liflerinin mineral içerikleri

| Element | Lyocell (mg/kg lif) | SeaCell® (mg/kg lif) | SeaCell®Active (mg/kg lif) |
|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Gümüş | - | - | 6900 |
| Kalsiyum | 38 | 1800 | 1540 |
| Magnezyum | 95 | 275 | 107 |
| Sodyum | 306 | 330 | 13 |



Şekil 9. SeaCell Active liflerinin enine kesit görünüşleri (açık renk noktaların olduğu yerlerde gümüş bulunmaktadır)

Tablo 4. SeaCell® Active, SeaCell® ve Lyocell liflerinin fiziksel özellikleri

| Lif Özelliği | Lyocell | SeaCell® | SeaCell® Active |
|---------------------------|---------|----------|-----------------|
| İncelik (dtex) | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| Mukavemet (kuru) (cN/tex) | 36,5 | 35,9 | 34,4 |
| Mukavemet (yaş) (cN/tex) | 31,4 | 31,1 | 32,8 |
| Uzama (kuru) (%) | 12,1 | 11,9 | 9,3 |
| Uzama (yaş) (%) | 15,3 | 13,4 | 14,2 |

mektedir. Bu resimler gümüşün lif kesitine homojen dağıldığını, sadece lif yüzeyinde bulunmadığını göstermektedir (5). Tablo 4'de Seacell Active liflerinin özellikleri görülmektedir. Buna göre normal lyocell lifleri ile kıyaslandığında fiziksel özellikleri oldukça benzerdir (5).

SeaCell Active lifleri güçlü bir antibakteriyel etki sergilemekte ve 2 saat gibi kısa bir süre içinde lifte bulunan tüm bakteriler yok olmaktadır. Karışım kumaşlarda yüksek etkinlikte bakteri korumasının sağlandığı gözlemlenmiştir (5). DIN ISO 6330 standardına göre yapılan 60 yıkama sonrasında dahi

liflerden uzaklaşan gümüş konsantrasyonunun ihmal edilebilir ölçüde olduğu saptanmıştır, dolayısıyla sağlanan antibakteriyel etki kalıcıdır (5). SeaCell active lifleri, antibakteriyel aktiviteye ek olarak, fungisidal etki de göstermektedir. Yapılan araştırmalarda, Lyocell ve SeaCell Active lifleri *Aspergillus niger* spor çözültisi ile 8 günlük kuluçka döneminin ardından, Lyocell liflerinde mantar konsantrasyonunda artış gözlemlenirken, SeaCell Active liflerinde büyük bir azalma saptanmıştır (Şekil 10) (5).

5.3. Coolmax Fresh FX

Coolmax Fresh X, Coolmax liflerine gümüş iyonunun ilave edilmesi ile

geliştirilen bir antimikrobiyal iplikdir. Gümüş iyonunun, lif çekimi esnasında polimere entegrasyonu sağlandığından, bu ipliğin yıkamaya dayanıklı ve ayrıca boyanabilir olduğu da belirtilmektedir (22).

5.4 Imbue™

Imbue™, aktif giysiler, iş kıyafetleri, spor giysileri, tıbbi tekstiller için özel olarak geliştirilmiş bir antimikrobiyal iplikdir. İplik koku ve küf oluşumuna neden olan bakteri ve mantar gelişimini etkili bir şekilde önlemektedir. Poliester lifi içerisine hapsedilmiş bir gümüş seramik katkı maddesi ile antimikrobiyal özelliğini uzun süre korumaktadır (23).

5.5 X-Static lifleri

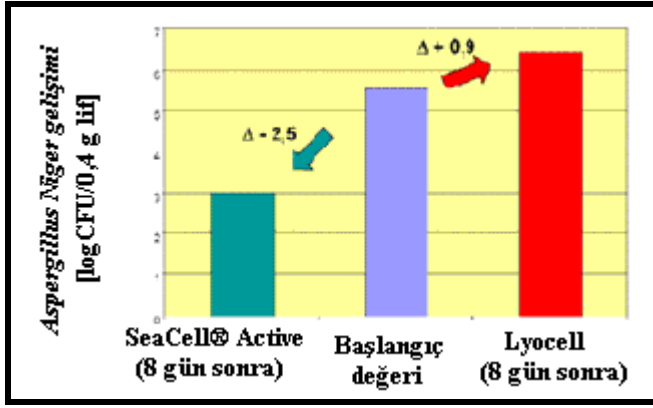
X-Static, doğal saf bir gümüş tabakasının kalıcı bir şekilde bağlanmış olduğu yenilikçi bir liftir. Daha ziyade konfor özellikleri açısından ön plana çıkan lif, içerdiği gümüş sayesinde antibakteriyel özellik de göstermektedir. Gümüş iyonları polimere geri dönüşsüz bir şekilde bağlandığından kalıcıdır ve zamanla azalmaz. X-Static'teki gümüş lifleri amonyak gibi koku oluşturan maddeleri bağlayarak koku oluşumunu önlemekte ve hemen koku azalmasını sağlamaktadır. X-Static dünya çapında enstitüler tarafından araştırılmış ve test edilmiş; medikal bazı topluluklar tarafından onaylanmıştır. X-Static birçok FDA onaylı üründe kullanılmaktadır ve EPA tarafından antimikrobiyal lif olarak tescil edilmiştir (24, 25).

5.6. Trevira CS Bioactive

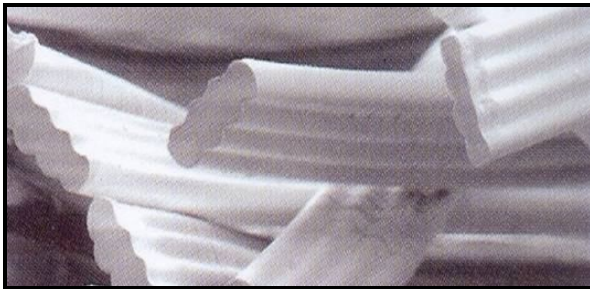
Antibakteriyel poliester lifi olan Trevira CS Bioactive, lif polimerine lif çekimi esnasında gümüş iyonları bağlı polimerlerin eklenmesiyle elde edilmektedir. Bilinen tüm bakteri tür ve tiplerine karşı etkili olduğu ifade edilmektedir. Antibakteriyel bileşenlerin lifin içerisinde bulunduğundan deri tahrişine neden olmamaktadır. 100 yıkama sonrasında bile antibakteriyel etkinliği değişmeden kalmaktadır. İlk örneklerde Trevira Bioaktif, pamukla karışım yapılabilecek standart lif ve dolgu lifi olarak piyasaya sunulmuştur ve diğer uygulama alanları da bunu izlemektedir (26).

5.7. Thunderon ve DewWhite Lifleri

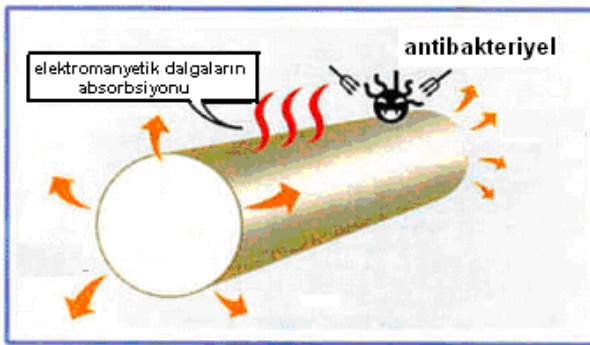
Thunderon ve DEW-White lifleri, bakır-sülfürün kimyasal olarak bağlanması ile antibakteriyel özellik kazandırılmış liflerdir. Bunlardan Thunderon naylon veya akrilik lifi iken, DewWhite doğal liftir. Bakır, bakteri üremesi ve kokunun önlenmesinin yanı sıra elektrostatik yüklerin absorpsiyonunu da sağlamaktadır. Liflere bakırın bağlanması, bakır-sülfür çözültisinin liflere emdirme yöntemi ile uygulaması yoluyla sağlanmaktadır. Bu sayede lifin yüzeyi 0,03-0,1 mikron kalınlığında iletken bir



Şekil 10. SeaCell Active'in Fungisidal Etkisi



Şekil 11. Coolmax Fresh FX lifleri



Şekil 12. Thunderon liflerinin özellikleri

bakır tabakası ile kaplanmaktadır. Bakırın liflere kimyasal olarak bağlanması sayesinde aşınma ve yıkamaya karşı dayanıklıdır. 30 yıkama sonrasında bile antibakteriyel özelliklerinde herhangi bir gerileme meydana gelmemektedir. Ayrıca yüzeydeki tabaka güneş enerjisini ve elektromanyetik dalgaları absorbe ettiğinden, liflerin sıcak tutma özelliği olduğu da bildirilmektedir (27,28,29).

5.8. Innova® AMP

Innova AMP, antibakteriyel özellik sağlayan yardımcı maddedir ve lifle teması bu madde eriyik halinde iken gerçekleşmektedir. Bu sayede lifin yüzeyi sarılarak mantar ve küf oluşumuna ve kokuya karşı koruma sağlamakta, lif üzerinde mikroorganizmaların üremesini önlemektedir. Yardımcı maddeler yıkama ile liflerden uzaklaşmadığından etki kalıcıdır. 30 yıkama sonrasında bile bakteri engellemesinin değişmediği gözlemlenmiştir. Bu yardımcı maddelerin de üreticisi olan Innova firmasının ürettiği poliolefin liflerinde uygulama alanı bulmaktadır (30).

5.9 Meryl® SkinlifE

Meryl® SkinlifE, bir bakteriyostatiktir, yani bakterileri tamamen ortadan kaldırmak yerine populasyonun belirli sınırdaki kalmasını sağlamaktadır. Bu lifin ana amacı insan derisi ile doğal bir denge kurmaya çalışmasıdır. Bakteri oranını normalde deride olması gereken bakteri oranının altına düşürmektedir. Şekil 13'de kumaşın deriye temas ettiği bölgelerdeki bakteri populasyonunun büyüme eğrileri görülmektedir. Giysilerde 30 yıkamadan fazla ve hatta giysinin ömrü boyunca istenilen özellik sabit tutulabilmektedir (31).

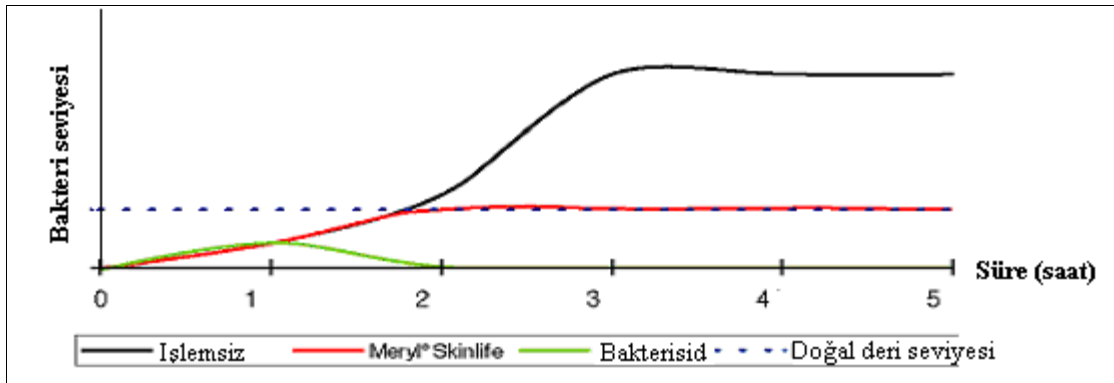
5.10 A.M.Y.®

A.M.Y.® iplikleri, tekstil materyallerinde kötü kokuların ortaya çıkmasına, rengin solmasına ve küf oluşumuna neden olan mikroorganizmaların oluşumuna karşı uzun süreli koruma sağlayarak kumaş ve giysilerin gün boyunca temiz kalmalarını sağlamaktadır. A.M.Y.®'nin bakteriyostatik ve koku kontrol özellikleri lif içerisine hapsedilmiş gümüş katkı maddeleriyle sağlan-

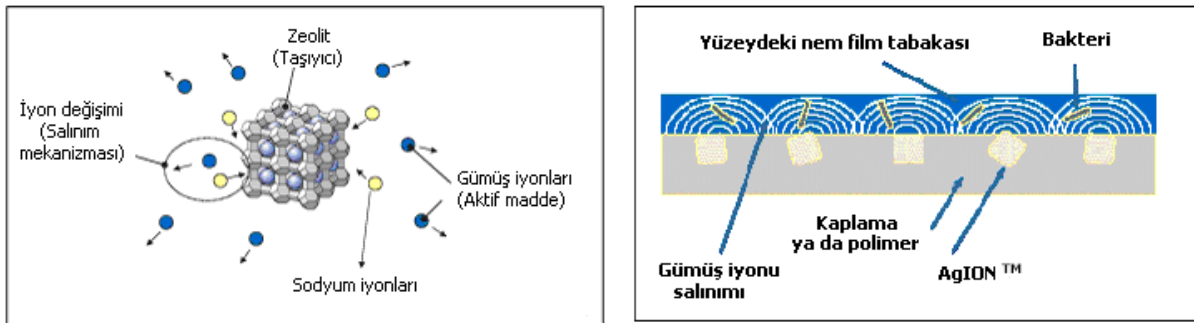
dığından, yıkama ile uzaklaşmamakta ve etkiler kalıcı olmaktadır (32,33).

5.11 AgION™

AgION™ antimikrobiyal kaplama veya polimer teknolojisinin aktif maddesi gümüştür. Özellikle ısıtma, havalandırma ve HVAC sistemlerinde kullanılan kaplama, antimikrobiyal tekstil ve plastikler için de kullanım alanı bulmaktadır. Gümüş, zeolit partiküllerine (taşıyıcı sistemi olarak görev yapan bir seramik madde) bağlanmaktadır. Tamamen inert olan seramik madde sayesinde gümüşün uzun bir zaman zarfında sürekli ve kontrollü olarak salınması sağlanmaktadır. Böylece bakteriler yok edilmekte ve daha sonra ortaya çıkmaları önlenmektedir. Çevre havasının nemi düşük-seviyede gümüş açığa çıkarmaya neden olduğundan, etkili bir antimikrobiyal yüzey oluşturulabilmektedir. Nem arttığında yani ortam bakteri oluşumuna daha elverişli hale geldiğinde, gümüş açığa çıkması da artmaktadır. AgION™ antimikrobiyalinin etkisi iyon-değişim teknolojisine dayanmaktadır. Çok yüzlü zeolit kristal



Şekil 13. Kumaşın deriye temas ettiği bölgelerdeki bakteri populasyonunun büyüme eğrileri



Şekil 14. AgION™ iyon değişim mekanizması

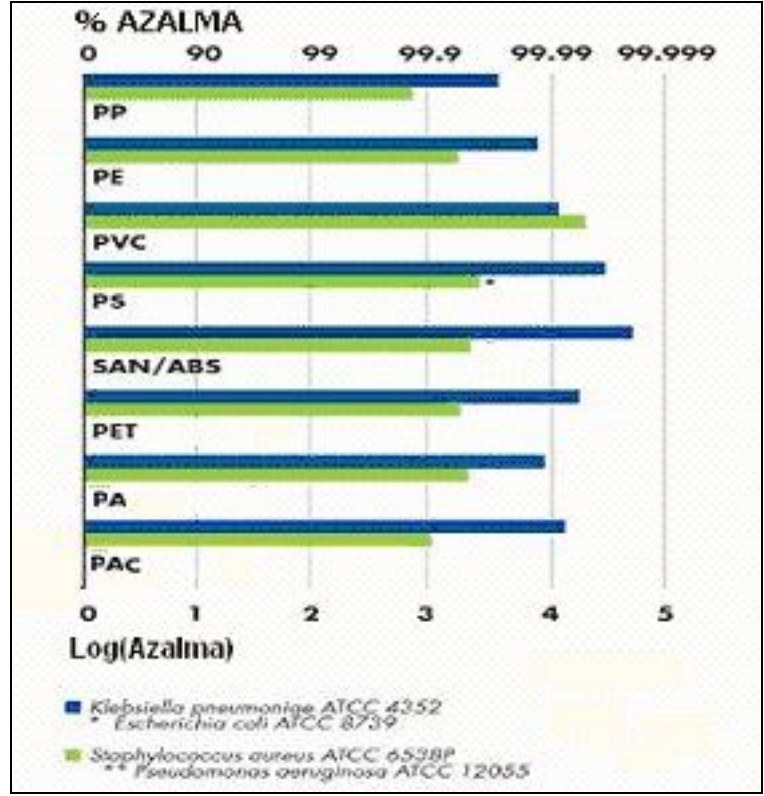
taşıyıcılar üç boyutlu salınım mekanizması sağlamaktadırlar ve bu sayede gümüş iyonlarının substrattaki partikül oryantasyonundan bağımsız olarak etkili salınımı gerçekleştirmektedir. Şekil 14'te iyon değişim mekanizması görülmektedir. Gümüş iyonları içeren zeolit kristalleri polimer ya da kaplama yüzeyi boyunca rastgele oryante olmuş ve dağılmıştır. Bakteriyel büyümeyi destekleyen koşullarda, sodyum iyonları gümüş iyonları ile yer değiştirmektedirler. Açığa çıkan gümüş iyonları sayesinde de mikrobiyal gelişim kontrol altına alınmaktadır. Bakterilerin birden fazla bölgesine etki sağlandığından, çoğalmaları etkili bir şekilde engellenmektedir (34).

5.12. Fosshield

Fosshield technology, AgION™ ile üretilmiş çok çeşitli antimikrobiyal lifler ve kumaşlar sunmaktadır. AgION™ içeren FosFibre® lifi zarar verici ve koku oluşturan bakterilerin üremesini etkili bir şekilde önlemektedir. Çevre ve insan sağlığı açısından hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır. Birçok zarar verici ve koku oluşturan bakterilerle yapılan laboratuvar testlerinde %99 bakteri öldürme oranı saptanmıştır. Antimikrobiyal etkinin 100 yıkama sonrasında dahi etkili olduğu rapor edilmiştir. Fosshield lifleri her türlü sentetik lifin yanı sıra pamuk, keten ve yün gibi doğal liflerle de karışım haline getirilebilmektedir (35).

5.13. AlphaSan®

AlphaSan® gümüş içeren zirkonyum-fosfat bazlı seramik iyon-değiştirme reçinesidir. Yüksek sıcaklığa dayanımı ve rahatsız edici renk oluşumuna neden olmadığından, plastikler, lifler ve kaplamalar gibi geniş bir alanda uygulanabilmektedirler. Gümüşün antimikrobiyal özelliği sayesinde koku oluşumu, renk solması, biyolojik olarak bozunma gibi problemlere neden olan bakterilere karşı etkilidir. AlphaSan®, son kullanım alanına bağlı olarak materyale çeşitli seviyelerde bakteriostatik, fungistatik ve algistatik özellikler ka-



Şekil 15. AlphaSan®'in çeşitli liflerde kullanılmasıyla bakteri miktarlarındaki azalma oranı

zandırmaktadır. Şekil 15'de AlphaSan®'in çeşitli liflerde kullanılmasıyla bakteri miktarlarındaki azalmalar görülmektedir (36,37).

5.14. SteriPur®AM

SteriPur®AM lifleri Miliken tarafından üretilen anti mikrobiyel AlphaSan reçinesi sayesinde antimikrobiyel özellik kazanmaktadır. AlphaSan Lif çekimi esnasında ilave edildiğinden, antibakteriyel etkisi kalıcıdır (38).

5.15 Delcron® HydroPur

Delcron® HydroPur lifleri, Antimikrobiyal AlphaSan® içeren kesikli bir poliester lifidir. Koku oluşumu ve mikroorganizma oluşumuna karşı oldukça etkili olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra mükemmel nem yönetimi özelliği de mevcuttur. Her iki özellik de lif eldesi esnasında verildiğinden etkiler kalıcıdır (39).

6. SONUÇ

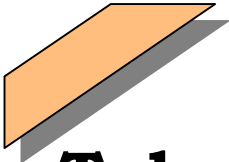
Antimikrobiyal bitim işlemlerinin yanı sıra, kalıcılık gibi avantajları da bera-

berinde getiren lif çekimi esnasında antimikrobiyal özellik kazandırılması yoluyla üretilen antimikrobiyal liflerin üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle de gümüş içeren antimikrobiyal katkı maddelerinin ve liflerin önemi artmaktadır. Bu liflerden üretilen ürünler daha ziyade medikal alanda ve toplu taşıma araçları gibi ortak kullanım bulunduğu yerlerde tercih edilmektedirler.

Antimikrobiyal tekstiller, fonksiyonel kullanımlarının yanı sıra giysilerde de kullanılabilmektedirler. Ancak unutulmaması gereken bir konu da antimikrobiyal özellik gösteren bu maddelerin tüm bakterilere karşı etkisinin aynı ölçüde olmamasıdır. Bu durumda zararlı bir bakteri türünün gelişimi önlenirken, mikroplar arası doğal dengenin bozulmasına yol açabilmekte ve dolayısıyla diğer bir tür bakterinin gelişmesine neden olacak koşullar yaratılmış olabilmektedir. Ayrıca antimikrobiyal tekstiller sürekli kullanıldığında vücut doğal savunma sisteminin zayıflaması ve vücut direncinin düşmesi de söz konusu olabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Seventekin, N., Öktem, T., Tekeoğlu, Ş., Tekstilde Antimikrobiyal Madde Kullanımı, Tekstil ve Konfeksiyon, sayı: 4, 2001, 217-224
2. www.microlife.com/sw3291.asp
3. <http://www.turkeyistanbul.com/html/modules.php?name=News&file=print&sid=247>
4. http://www.pg.com/science/skincare/Skin_tws_35.htm
5. Zikeli, S., " SeaCell® Active- a New Cellulosic Fiber with Antimicrobial Properties, Avantex- In Forum and Symposium for High-tech apparel textiles 2002
6. http://www.innovations-report.com/html/reports/materials_science/report-19398.html
7. http://www.fibtex.lodz.pl/45_08_19.pdf
8. <http://members.eunet.at/oechi/abstract/short1998.htm>
9. Öktem, T., Tekeoğlu, Ş., Yeni Antimikrobiyal Sentetik Lifler - Tekstil ve Konfeksiyon, sayı: 2, 1999 sayfa :94-100
10. <http://www.fabriclink.com/pk/Microsafe/Home.html>
11. <http://www.fabriclink.com/pk/BioFresh/home.html>
12. www.microban.com/americas/
13. [www.simpsonstمبر.co.uk/ image/microban.jpg](http://www.simpsonstمبر.co.uk/image/microban.jpg)
14. www.foodforum.org.uk
15. Çay, A. , Duran, K., Chitosanın Tekstilde Kullanım Olanakları, Tekstil ve Konfeksiyon, sayı 1, 2004, 25-27
16. Seventekin, N., Öktem, T., Korkmaz, A., Chitin ve Chitosan'ın Tekstil Sanayiinde Kullanım Olanakları, Tekstil Terbiye ve Teknik, Sayı: Ağustos 1999, sayfa: 50-58
17. Paul A. Stanford, Commercial Utilization and Environmental Applications of Chitin and Chitosan, 2003
18. <http://www.crabyon.it/>
19. <http://www.swicofil.com/crabyon.html>
20. http://www.fujibo.co.jp/us/chitopoly/chito_01.html
21. http://www.montefibre.it/en/polyester/pdf/Saniwear_inglese.pdf
22. Gemsan Teknik Bülten ,Sayı:44 Sayfa: 8
23. www.textilespanamericanas.com/news.htm?ID=4527
24. <http://www.acor.com/X-static.htm>
25. <http://www.x-static.com/index2.html>
26. http://www.trevira.de/portal_en/news_0020.shtml
27. <http://www.digitalsy.org.uk/html/SIGs/@home/docs/Technology/36089MR.pdf>
28. web.kyoto-inet.or.jp/.../e-thun-02.html
29. <http://web.kyoto-inet.or.jp/org/sanmo/dewwhite/e-dewwhite-01.html>
30. www.fabriclink.com/pk/Innova/home.html
31. <http://www.nylstar.com/all/products/produ-skin.html>
32. <http://www.utexas.edu/centers/nfic/natnews/archives/2004/Jan.2004.nat.htm>
33. <http://www.unifi-inc.com/products/amy/default.aspx>
34. <http://www.agion-tech.com>
35. <http://www.fossmfg.com/fosshield.htm>
36. <http://www.specialchem4polymers.com/sf/Milliken/index.aspx?id=alphasan>
37. <http://www.antimicrobialalphasan.com/>
38. <http://www.dakamericas.com/fibers/steripuram.htm>
39. www.dakamericas.com/fibers/hydropur.htm



**2006 Yılı İçin
Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi'ne
Abone olmayı
UNUTMAYINIZ.**

