

PAPER DETAILS

TITLE: Hastane Giysisi Olarak Kullanilan Kumaslarin Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Arastirma

AUTHORS: Muhammet AKAYDIN,Mihriban KALKANCI

PAGES: 20-34

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/116387>

Hastane Giysisi Olarak Kullanılan Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma

Muhammet Akaydın^{*1}, Mihriban Kalkancı²

¹Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler MYO, Denizli, 20100, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Buldan MYO, Denizli, 20100, Türkiye

*Yazışılan yazar e-mail: akaydin09@gmail.com

Alınış: 26 Haziran 2013, Kabul: 06 Mart 2014

Özet: Tekstil yüzeylerinin modern tıptaki kullanımları, kullanışlılık ve konfor açısından kendilerinden beklenen bazı özellikleri sağlamalarını zorunlu kılmaktadır. Bunlar; kullanılan tekstil yüzeyinin kabul edilebilir yapısal saflıkta olması, zehirli madde içermemesi, alerjik ve kanserojen olmaması, sterilize edildiğinde kimyasal ve fiziksel özelliklerinde minimum değişiklik gösterecek yetenekte olmasıdır. Bunların yanında, özellikle hastane çalışanlarının sağlığı açısından tehlike arz eden mikro organizma ve bakterilerin zararlarının yok edilmesi amacıyla anti bakteriyel özelliklerinin de geliştirilmiş olması gerekmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde anti bakteriyel aktivite, anti bakteriyel özellik kazandırma yöntemleri, uluslararası anti bakteriyel test standartları ve anti bakteriyelliğin ölçülmesi konularında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde ise; numune olarak seçilen dokuma kumaşların antibakteriyel özellikleri yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan test sonuçlarına göre *S. auerous* ile 24 saatlik temas sonunda bütün kumaş numunelerindeki R(%)-(oransal azalma) değeri; $R \geq 99.99$ olduğu için “mükemmel” derecesinde etkinlik ortaya çıkmıştır. *E. coli* ile temas sonunda 2 ve 6 no.lu numunelerde “mükemmel” etkinlik, 1, 3, 4 ve 5 no.lu numunelerde ise; $99 < R < 99.99$ arasında olduğundan “iyi” etkinlik derecesi ortaya çıkmıştır. *C. albicans* ile muamele sonunda ise, tüm numunelerde mükemmel etki gözlenirken, *P. aeruginosa* ile muamele sonunda tüm numunelerde hiç etkinliğin olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Antibakteriyel özellik, Dokuma kumaş, *Escherichia coli*, Hastane giysisi

A Research on Antibacterial Properties of Woven fabrics Using for Hospital Clothing

Abstract: The use of textile surfaces in modern medicine practices requires them to possess the expected properties in accordance with usefulness and comfort. They should be intoxicant, hypoallergenic, and not carcinogenic; have acceptable textural purity and show minimum change in chemical and physical characteristics when sterilized. Their antibacterial properties also must be improved in order to destroy microorganisms and bacteria which threaten hospital workers' health.

In the first section of the study, antibacterial activity, antibacterial property acquisition methods, international antibacterial testing standards and measurement of antibacterial performance are explained. In the second section antibacterial properties of the selected woven fabrics are determined according to standard testing methods.

Perfect activity was obtained with all samples after a touch with *S. auerous* for 24 hours. After a touch with *E. coli*, with samples # 2 and 6, Perfect Result, with samples # 1, 3, 4 and 5, Good Result was obtained. After a transaction with *C. albicans* with all samples Perfect Result was obtained while no activity took place with samples after a transaction with *P. aeruginosa*.

Key words: Antibacterial property, Woven fabric, *Escherichia coli*, Hospital clothing

1. Giriş

1.1. Anti Bakteriyel ve Anti Mikrobiyal Aktivite

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 besin kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu gereksinimler tekstil materyallerinde bulunabilmektedir. Genel olarak bakteriler kötü kokuya; mantarlar biyolojik olarak parçalanmaya ve lekelenmeye sebep olurlar. Birçok bakteri 30-37 °C arasında optimal gelişme gösterirken, birçok mantar için optimal sıcaklık 25-30 °C dir. Aktif faaliyet halinde iken, vücutta bölgesel sıcaklık değişimleri söz konusu olmakta, 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. Aşağıdaki tabloda bazı mikro organizmaların patojenik etkileri gösterilmektedir.

Tablo 1. Bazı mikroorganizmaların patojenik etkileri [1]

Mikroorganizma	Patojenlik	Etkileri
<i>Bacillus subtilis</i>	Genel olarak patojen değildir	Gıdaların bozulmalarına sebep olur
<i>Escheria coli</i>	Düşük oranda patojendir	Gıdaların bozulması ve idrar enfeksiyonlarına neden olur
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Patojendir	Zatürree, idrar torbası enfeksiyonlarına yol açar.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Düşük patojendir	Çeşitli enfeksiyonlara neden olur
<i>Proteus vulgaris</i>	Düşük patojendir	İltihaplanmalara neden olur
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Düşük patojendir	Cerrahi yara enfeksiyonlarına neden olur
<i>Staphylococcus aureus</i>	Patojendir	Toksik şok, cerahat toplama, apse, fibrin pıhtılaşması, endocarditis

Mikroorganizmaların yüzeye tutunmasına, taşınmasına ve bunların neden olduğu hastalıkları iletmesinden dolayı özellikle tıbbi ve hijyenik alanda kullanılan tekstillerde, antimikrobiyal fonksiyonların olması istenmektedir. Tekstillerdeki bakteriyel büyüme üzerine yapılan çalışmada, yaygın olarak kullanılan tekstil malzemelerinin yüksek miktarda patojene ev sahipliği yaptığı görülmektedir. Ayrıca hastane personelinin ellerinden veya giysilerinden dolayı hastaların enfeksiyonlarının, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) nedeniyle yayıldığı belirlenmiştir [2-6].

1.2 Mikroorganizmaların İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

İdrar ve ter gibi vücut atıklarıyla cildin kirlenmesi ve dolayısıyla giysinin yapısının bozulması ve bakterilerin üremesi için uygun ortam nem ve karanlık, olası enfeksiyonları artırabilir. İdrar ve dışkı ile kirlenen inguinal ve perineal alanlardaki giysilerin, *Brevibacterium ammoniagenes*, *E. coli* ve *Proteus mirabilis*'in gelişimini teşvik edeceği ve böylece pişik ve beraberindeki enfeksiyonları artıracığı bulunmuştur. Bazı mikroorganizmalar da akciğer hastalığına neden olabilen *Aspergillus* cinsi küf mantarı gibi hastalıklara doğrudan yol açabilir. İnsan vücudunun farklı bölgelerinde çok çeşitli mikro organizmalar vücut ile uyum içinde yaşamaktadırlar. Vücudumuza giydiğimiz tekstil malzemeleri ve derimiz de bu organizmaların yaşaması için son derece elverişli ortamlar hazırlamaktadır. Tekstil yüzeyleri ve özellikle doğal elyaf

çeşitleri, besin kaynağı olma özellikleri, geniş yüzey alanları, lifler arasındaki uygun yerleşim alanları ve nem tutma kapasiteleri gibi özellikleri sayesinde mikro organizmalar için son derece uygun yaşam ortamlarıdır. Uygun yaşam ortamlarında mikroorganizmalar biyofilm oluşturarak hızla çoğalmaktadırlar. Hızla gelişen mikroorganizmalar, kötü kokulara, görüntü ve renk bozukluklarına, lekelenmelere ve kumaş mukavemet kaybına neden olabilmektedir. Mikrobiyoloji bilim dalı tarafından incelenen bu küçük canlılar tekstil ürünlerinde performans kaybı, renk değişikliği, koku oluşumu gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu durum tekstil ürününün hijyenik ve estetik bakımlardan kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Tekstil yüzeylerinde görülen bu tür mikrobiyolojik gelişimler ayrıca sağlık açısından potansiyel tehdit oluşturmaktadır [7].

1.3. Anti Bakteriyel Ajan Malzemeler ve Anti Bakteriyel Faaliyet Mekanizması

Son yıllarda tekstil sektöründe kullanılabilecek pek çok antimikrobiyal malzeme geliştirilmiştir. Bu malzemeler kimyasal yapılarına, çalışma mekanizmalarına, insan ve çevreye etkilerine, uygulandıkları ürüne tutunma karakteristiklerine, çeşitli dış etkilere dayanıklılıklarına, fiyatlarına ve mikroorganizmalarla etkileşimlerine göre çok farklılık göstermektedirler. Antimikrobiyal uygulamalarda kullanılan en yaygın etken maddeler triklosan, kuaterner amonyum tuzları ve metallerdir (Ag, Cu, Zn vb). Aşağıdaki tabloda bazı antibakteriyel maddeler görülmektedir [8]

Tablo 2. Antibakteriyel maddeler [9]

Organik Bileşikler	Halojenlenmiş Difenil Eterler (örn. Triclosan) Fenol Bileşikleri, Halofenolikler ve Bisfenolik Bileşikler Rezorsinol ve Türevleri Benzoik Esterler Kuaterner Amonyum Bileşikleri
Metaller	Ag, Cu, Zn
Diğer Anorganik Bileşikler	Zeolitler, NaAl-Silikat

1.4. Uluslararası Anti Bakteriyel Test Standartları

Antimikrobiyal tekstillerin etkinliğini belirlemek için birçok test yöntemleri geliştirilmektedir. Bu yöntemler genellikle iki kategoridedir: Kantitatif ve kalitatif analiz yöntemi. Bunlara sırasıyla agar difüzyon testi ve süspansiyon testi de denilmektedir. Tablo 3’de kantitatif ve kalitatif analiz yöntemleri altında bazı test standartları verilmiştir.

Tablo 3. Kantitatif ve kalitatif analiz yöntemleri [10]

Kantitatif Analiz	Kalitatif Analiz
1. AATCC 147-1998 (Antibakteriyel)	1. AATCC 100 (Newyork City Protokolü)
2. AATCC 30-1998 (Antifungal)	2. ASTM E2149-01 (Antibakteriyel, Antifungal)
3. NCCLS M100-S9:1999 (Disk Difüzyon Metodu) (Antibakteriyel, Antifungal)	

Uluslararası alanda tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi için kabul görmüş olan standart ISO 20743 (Textiles –Determination of the Antibacterial activity

of Antibacterial Finished Products) standardıdır. Bu standart mevcut kullanılmakta olan yöntem ve standartların yetersiz kaldığı durumlarda teknolojik, ekolojik ve dermatolojik beklentilerin değerlendirildiği bir standarttır. Uluslararası Standart Organizasyonu ISO tarafından 2007 yılı Haziran ayında yürürlüğe konmuş olan bu standartta antibakteriyel bitim işlemi görmüş olan tekstil yapılarında (kumaş, dolgu malzemesi, iplik ve dokusuz yüzeyler dahil) kantitatif olarak antibakteriyel etkinlik belirlenmektedir. Testlerde kullanılan mikro organizmalar *Staph aureus* ve *Klebsialle pneumoniae* olarak tanımlanmaktadır [10].

2. Materyal ve Metot

Çalışmada cerrahi giysi, klinik önlük imalatında kullanılmak üzere farklı lif karışımlarından oluşmuş %100 pamuk, %50 pamuk - %50 polyester, % 65 pamuk-%35 polyester, % 65 polyester-%35 viskon, %100 polyester, % 68 polyester-%31 pamuk-%1 karbon elyaf karışımı kumaşlar kullanılmıştır. Ham olarak imalatçı firmadan tedarik edilen bu kumaşlar benzer şartlarda terbiye işlemlerinden geçirildikten sonra, kumaşların çeşitli organizmalara karşı gösterdikleri antibakteriyel aktiviteyi belirlemek amacıyla, Sanitized Ag ticari isimli quaterner amonyum tuzu esaslı antimikrobiyal yardımcı madde ile çalışılmıştır. Antimikrobiyal madde ile işlem görmüş bu kumaşların her birisi için testlerde kullanılan mikro organizmalar karşısındaki etkinliği araştırılmıştır. Aşağıdaki tabloda çalışmada kullanılan çok kullanımlık dokuma kumaşlara ait yapısal özellikler verilmiştir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan çok kullanımlık kumaş özellikleri

Kumaş No	Kumaş Türü	Gramaj (gr/ m ²)	İplik Numarası (Ne)		Sıklık (iplik/cm)	
			Atkı	Çözü	Atkı	Çözü
1	%100 pamuk	180	21	19	19	40
2	%50 pamuk - %50 polyester	130	40	40	35	50
3	% 65 pamuk-%35 polyester	135	45	40	30	50
4	% 65 polyester-%35 viskon	105	47	46	30	45
5	%100 polyester	95	35	35	40	55
6	% 68 polyester-%31 pamuk- %1 karbon	175	26	26	21	48

İşletme ve laboratuvar şartlarında yapılan bu çalışmada, numune kumaşların ön terbiye ve boyama işlemleri yapıldıktan sonra, “Sanitized Ag” ticari isimli “Clariant” antibakteriyel kimyasal madde 15 g/lt “Sanitized T99-19” kullanılarak fularda aplike edilmiş sonra 120-130 °C kurutulmuştur. Quaterner amonyum tuzları; mikrop öldürücü özelliğe sahip ancak toksik etkileri olmayan maddelerdir. Ancak trimetil oktadesil amonyum pentarfenat bu kategoriye uygun olmayan özellikler göstermektedir. Quaterner amonyum bileşikleri mamule kurutmadan sonra aplike edilebileceği gibi boya banyosunda da verilebilir. Ancak bu maddeler ile elde edilen antimikrobiyal aktivitenin kalıcılığı düşüktür. Bir başka dezavantaj ise bu maddelerin tekstil yüzeylerinde kullanılan boyar maddelerin ışık haslığını düşürmesidir [11-13].

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Antibakteriyel testleri

Mikrobiyoloji laboratuvarında yapılan çalışmada öncelikle kullanılan kimyasalın 12 ayrı mikroorganizma karşısındaki antimikrobiyal etkinliği araştırılmıştır. Numune kumaşlar kullanılmadan sadece kimyasal kullanılarak agar jel difüzyon metodu ile kimyasalın etkili olup olmadığı araştırılmıştır. İkinci aşamada, antimikrobiyal bitim işlemi görmüş olan numune kumaşların antimikrobiyal etkinliği nitelik ve nicelik olarak, sırasıyla AATCC 147 ve AATCC 100 standartları kullanılarak araştırılmıştır.

a. Antimikrobiyal maddenin deneme testi (ön çalışma)

Mikrobiyoloji laboratuvarında yapılan çalışmada öncelikle kullanılan kimyasalın (Sanitized T99-19) 12 ayrı mikroorganizmaya (*Acinetobacter baumannii*, *Candida albicans*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter sp*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Difteroid*, vb. hasta izolatu ve standart suşlarından elde edilmiş) karşı antimikrobiyal etkinliği araştırılmıştır. Sanitized T99-19 maddesi son konsantrasyonu 15g/l olacak şekilde alınarak daha önce Mülser-Hinton Broth (MHB) sıvı besiyerinde preaktivasyon işlemi yapılmış organizmaların (9 ml hacimdeki tüplere) üzerine 1 ml hacimde ilave edilmiştir. Etkin madde son konsantrasyonu $[10^0]$, $[10^{-1}]$, $[10^{-2}]$, $[10^{-3}]$, $[10^{-4}]$, $[10^{-5}]$, $[10^{-6}]$ olacak şekilde 24 saat süreyle 37 °C de etüvde aerop şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda primer izolasyon besiyerlerine (spesifik besiyerlerine) öze ile organizmaların tek koloni ekimi yapılmıştır. 24 saat sonunda üreme varlığı kontrol edilmiştir.

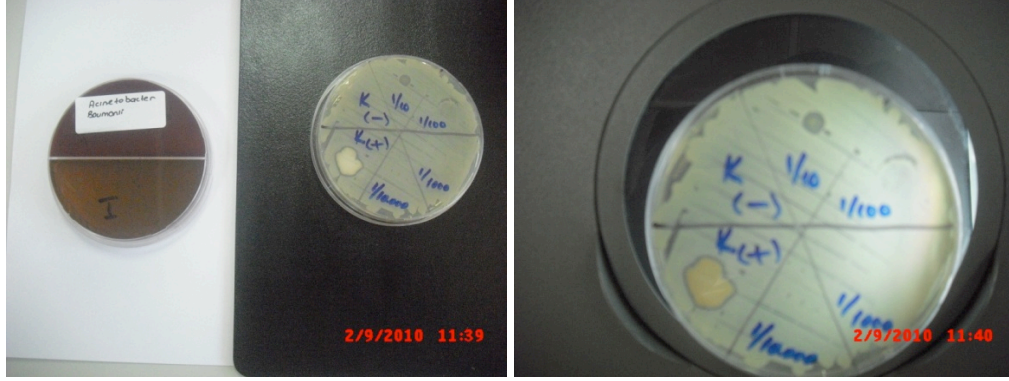
Bu ön çalışmada sıvı (buyyon-broth) ve katı (agaroz-jeloz) besiyerlerinde kolonizasyon oluşumunda bu kimyasalın (Sanitized T99-19) etkili olup olmadığı test edilmiştir. Aşağıda Tablo 5.'de çalışılan organizmaların tablo halinde sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. Çeşitli organizmalar karşısında kimyasalın etkin olduğu dilüsyonlar

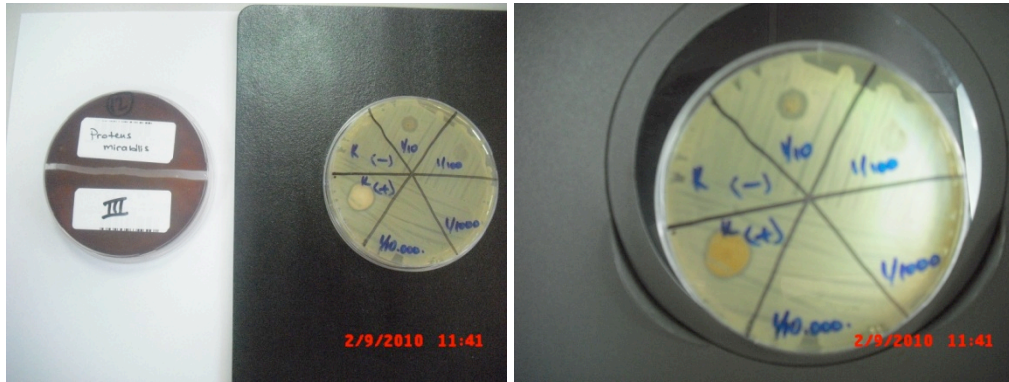
Organizmalar	Üreme kontrolü (1/1 konsantrasyonda pozitif kontrol)	15 g/L 1/1	1,5 g/L 1/10	0,15 g/L 1/100	0,015 g/L 1/1.000	0,0015 g/L 1/10.000
<i>Acinetobacter baumannii</i> (ATCC)	+ MH	-	+/-	+	+	+
<i>Candida albicans</i> (ATCC)	+SDA/MH+Kan	-	-	+	+	+
<i>Proteus mirabilis</i> (h.i)	+ MH	-	-	+/-	+	+
<i>Enterobacter sp. (h.i)</i>	+ MH	-	+/-	+/-	+/-	+/-
<i>Klebsiella oxytoca</i> (h.i)	+ MH	-	-	+	+	+
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (h.i)	+MH	-	-	+	+	+
<i>Escherichia coli</i> (ATCC)	+MH	-	+/-	+/-	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC)	+MH	+	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC)	+MH	-	-	-	-	-
<i>Hemofilus influenza</i> (h.i)	+Çukolata Agar	-*	-*	-*	-*	-*
<i>Enterococcus faecium</i> (ATCC)	+(MH+Kan)	-?	-?	-?	-?	-?
<i>Difteroid</i> (h.i)	+	-	-	-	-	-

MH:Müler-Hinton, **SDA:**Saboraud Dekstroz Agar, **H.i:**hastane izolatu, **ATCC:** standart suş(köken), *: hassas organizma olduğu için ürememiş olabilir, -?: spesifik besiyeri izolasyonu gerekli olabilir, -: üreme yok, +: üreme var, +/-: birkaç koloni üremiştir.

Organizmaların çeşitli dilüsyonlardaki etkinliği için yapılan çalışma fotoğraf örnekleri şekil 1.'de verilmiştir. Çalışma 12 ayrı mikroorganizma için yapılmıştır.



Şekil 1. a. *Ascinobacter baumannii*' in çeşitli dilüsyonlardaki etkinliğini tespit etmek için yapılan ön çalışmanın fotoğrafları



Şekil 1. b. *Proteus mirabilis(h.i)* ' in çeşitli dilüsyonlardaki etkinliğini tespit etmek için yapılan ön çalışmanın fotoğrafları

Deneyde çalışılan organizmalar;

Antimikrobiyal maddenin 2 Gram negatif organizma, 1 Gram pozitif organizma ve 1 maya formu olmak üzere 4 farklı organizma karşısındaki etkinliği araştırılmıştır. Bu organizmalar aşağıdaki gibidir.

- ***Candida albicans*** (maya) (ATCC 10232)
- ***Escherichia coli*** (Gram (-) negatif basil) (ATCC 25925)
- ***Pseudomonas aeruginosa*** (Gram (-) negatif basil) (ATCC27853)
- ***Staphylococcus aureus*** (Gram (+)pozitif kok) (ATCC6538)

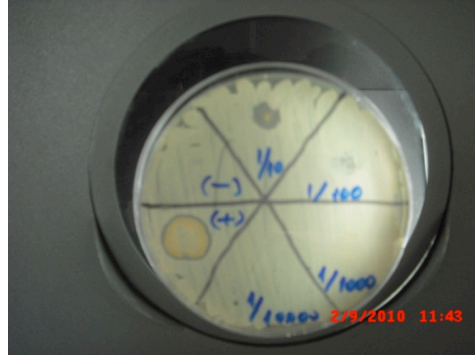
Çalışmaların hangi organizma konsantrasyonunda yapılacağına karar vermek amacıyla 10^6 - 10^0 cfu/ml olacak şekilde dilüe edilerek antimikrobiyal etkinliği test edilmiştir. Antimikrobiyal kimyasalın organizmalar karşısındaki eşik dilüsyonunu belirlemek amacı ile antimikrobiyal madde 1/10 dilüsyondan başlayarak 1/10.000'a kadar seyreltilmiştir. Tablo 6.'da dilüsyonlar olarak gösterilmiş olan sütunlarda antimikrobiyal

maddenin mikro organizmalar karşısında etkinlik gösterdiği dilüsyonlar -/+ veya + işareti ile gösterilmiştir.

Tablo 6. Seçilen 4 organizma karşısında kimyasalın etkin olduğu dilüsyonlar

Organizmalar	Üreme kontrolü (1/1 konsantrasyonda pozitif kontrol)	15 g/L 1/1	1.5 g/L 1/10	0.15 g/L 1/100	0.015 g/L 1/1000	0.0015 g/L 1/10 000
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC)	+MH	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> (ATCC)	+MH	-	+/-	+/-	+	+
<i>Candida albicans</i> (ATCC)	+SDA/MH+Kan	-	-	+	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC)	+MH	+	+	+	+	+

4 organizma ile ayrı ayrı yapılan bu işlem ile ilgili olarak Şekil 2’de *E.coli* ile Sanitized T99-19 antimikrobiyal maddenin etkinlik görüntüsü örneklenmiştir.



Şekil 2. *E. coli* ile Sanitized T9919 antimikrobiyal maddenin etkinlik görüntüsü

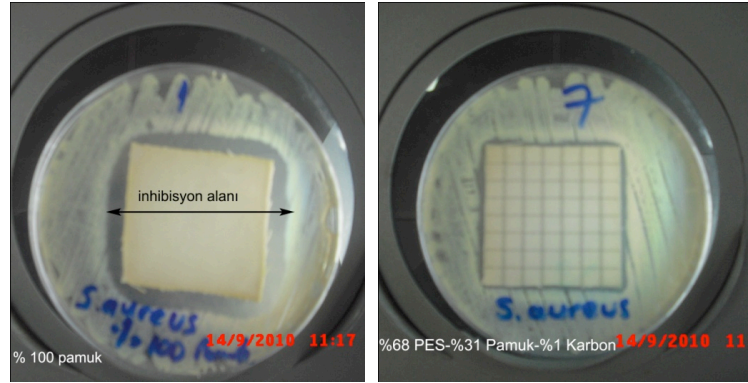
b. Agar jel difüzyon yöntemi;

AATCC 147 standardı diğer antimikrobiyal etkinlik belirleme testlerine göre daha kolay ve hızlı uygulanabilen, nitel bir yöntemdir. Bu test metodunda tekstil numuneleri ile kimyasal bağ yapmayan antimikrobiyal ajanın varlığı araştırılmaktadır. Bu metotla ayrıca kumaşlara uygulanan antibakteriyel maddenin yıkama işlemi ile uzaklaşıp uzaklaşmayacağı da belirlenebilmektedir. Bu yöntemde numuneler 50 mm ebadında kareler halinde kesildikten sonra inkube edilmiş petriler içinde organizma ile 37 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile temas ettirilmektedir. Numune kumaşın altında ve etrafında oluşan inhibisyon bölgesinin genişliği antimikrobiyal etkinliğin büyüklüğünü göstermektedir. Antimikrobiyal özellik kazandırılmış numune kumaş çevresinde ve altında bakteri kolonilerinin gözlemlenmemesi beklenir. Fakat antimikrobiyal ajan numune kumaş ile kimyasal bağ yapmışsa numunenin sadece altında organizma gelişmesi gözlenmez. Numune kumaşa bağlı olarak etkinlik gösterebilen antimikrobiyal ajanlar kumaş etrafına yayılamayacağı için numunenin etrafında mikro organizmaların çoğalmaya devam etmesi beklenir [8].

Bu testlerde, organizmaların 24 saatlik ön hazırlık sürecinde; bakterilerin preaktivasyonu için, Müler-Hinton buyyon (M-HB) (8 ml hacimde) ve maya hücrelerinin preaktivasyonu içinse Yeast Ekstrat buyyon (YEP) kullanılmıştır. Bakteri

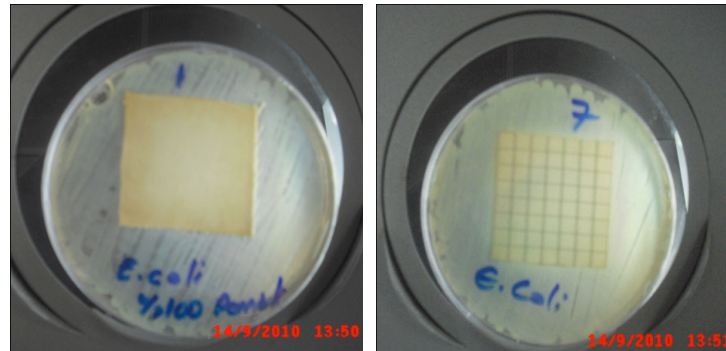
ve maya pasajları steril edilmiş besiyeri içerisinde 37 °C aerop şartlarda etüvde inkübe edilmiştir. Sıvı vasat içerisindeki bir gecelik kolonizasyonunda konsantrasyonun 10^{8-9} cfu/ml standart değere ulaştığı kabul edilerek 10^6 cfu/ml ye kadar iki kez 1/10 dilüe edilmiştir. Organizmaların çalışma başlangıç konsantrasyonları 10^6 cfu/ml'dir. Organizmalar Müler–Hinton Agar (MHA) besiyerine eküvyonla eşit konsantrasyonda dağılım gösterecek şekilde yayılmıştır. Pasaj agar jeloz (geloz) tarafından absorblanıncaya kadar oda ısısında kurumaya bırakılmıştır. Daha önceden 120 °C de 1.5 atm basınçta 20 dakika süreyle steril edilmiş kumaşlar steril şartlarda penset yardımıyla besiyerlerinin üzerine konulmuştur. Burada birebir yüzeylerin temas etmesini sağlamak amaçlanmıştır. Bu petri kapları sonra 37 °C de 18-24 saat inkübasyona bırakılarak sürenin sonunda petrillerdeki kumaşların etrafında üreme inhibisyon zonun varlığı araştırılmıştır. Kumaşlara emdirilmiş antimikrobiyal maddelerin etkinliklerinin var olduğu görülmüştür. Şekil 3'de *Staphylococcus aureus* kolonizasyonu ve kumaşın etrafında oluşan inhibisyon bölgesi örneklenmiştir.

AATCC 147 metoduna göre antibakteriyel madde organizmaların gelişimine bakteristatik ya da bakterisidal etki göstermektedir.

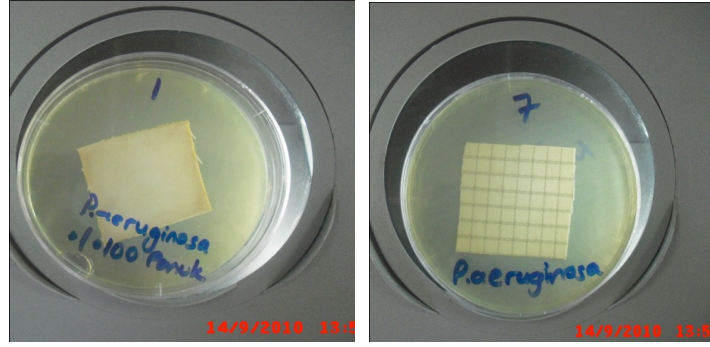


Şekil 3. %100 Pamuk ve %68 PES-%31 pamuk-%1 karbon karışım kumaştaki *Staphylococcus aureus* kolonizasyonu ve kumaşların etrafında oluşan inhibisyon bölgesi.

Eğer zon varlığı tespit edilmemiş ise kumaş pensetle kaldırılarak altında bakteriyel ve mantar kolonizasyonun olup olmadığına bakılarak değerlendirme yapılmıştır. Şekil 4.'de *E. coli* ve *P. aeruginosa* karşısında yukarıdaki kumaşlarda aktivitenin olmadığı fotoğraflar örneklenmiştir.



Şekil 4.a. %100 Pamuk ve %68 PES-%31 Pamuk-%1 Karbon karışım kumaşta *E. coli* karşısında aktivitenin olmadığı durum



Şekil 4.b. %100 Pamuk ve %68 PES-%31 Pamuk-%1 Karbon karışım kumaşta *P. aeruginosa* karşısında aktivitenin olmadığı durum

Ancak bu test yöntemi, kumaşın bakterilere karşı hangi miktarda etkili olduğunu göstermekte yetersizdir. Sonuçta öncelikle AATCC 147 uygulanıp, antibakteriyel aktivitenin varlığı nitel olarak tespit edildikten sonra, antibakteriyel aktivitenin hangi oranda etkin olduğunu belirlemek için AATCC 100 test metodunu uygulamak gerekmektedir.

c. AATCC 100 Antibakteriyel test metodu

Tekstil yüzeylerindeki antibakteriyellik oranını ortaya çıkarmak için uygulanan, AATCC 147 metodu ile elde edilemeyen nicel sonuçlara bu metot ile ulaşılmaktadır.

Kantitatif değerlendirme tekstil ürünlerinde kullanılan antibakteriyel maddenin, bakteriler üzerinde etkili olup olmadığı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu standartta numuneler yaklaşık alanı 5 cm² olacak şekilde kare olarak hazırlanır. Aynı büyüklükte kesilen numuneler 121 °C sıcaklık ve 1,5 atm basınçta 15 dakika süre bekletilerek steril edilir. Test numunesi ile beraber, işlem görmemiş numune ve antimikrobiyal aktivitesinden emin olunan bir kontrol numunesi beraber çalışılmalıdır. Ekimi yapılan numuneler 37 °C 'de 24 saat bekletilir. AATCC 100 standart testi için hazırlanan numune kumaşlar numune içeriğinde 10⁶ cfu/ml yoğunlukta mikroorganizma bulunan 1 ml çözelti ile ıslatılır. Vida kapaklı tüpler içinde gerçekleştirilen kumaş-organizma temas süresi deney planında belirlenen süre kadar devam ettirilir (Bu çalışmada 1 saat ve 24 saatlik temas sürelerinde çalışılmıştır). Vida kapaklı tüpten çıkarılan kumaş numunesi daha sonra sıvı besiyerinin (Müler-Hinton sıvı besiyerine) içine atılır, vorteks ile iyice karıştırılır. Kumaş numunesi yüzeyine kolonize olmuş mikro-organizmalar bu sayede sıvı besiyerine geçiş yapması sağlanmıştır. Bu besiyeri içindeki canlı organizmaları sayabilmek için azaltma yöntemindeki gibi çözelti belli dilüsyonlara (1/1, 1/10, 1/100, 1/1 000, 1/10 000 kadar) seyreltilerek katı besiyeri üzerine ekim yapılır. Bu işlemin amacı bakteri sayısını sayılabilecek düzeye indirmektir. Ekim yapılan tüm petriler 37 °C 'de 24 saat (*C. albicans* için 72 saat) etüvde bekletilir. İlgili dilüsyonlardaki üreme miktarları üreyen koloni sayısının dilüsyon oranı ile çarpılması sonucu elde edilmiştir [8].

Aşağıda yapılan bu çalışmada kullanılan tüpler ve AATCC 100 standart testi için hazırlanan numune kumaşların numune içeriğinde 10⁶ cfu/ml yoğunlukta mikro organizma bulunan 1 ml çözelti ile temas ettirilmiş resimleri yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. AATCC 100 standart testi için hazırlanan numune kumaşlar ve numune içeriğinde 10^6 cfu/ml yoğunlukta mikroorganizma bulunan 1 ml çözelti ile temas ettirilmesi

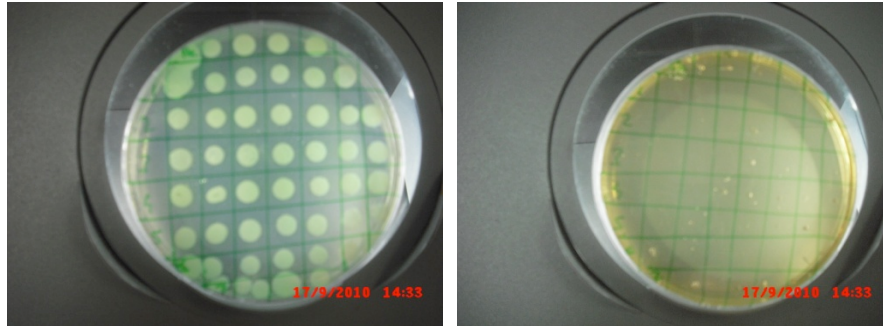
Çalışmada öncelikle *S. aureus*, *E.coli* ve *C. albicans*, *P. aeruginosa* organizmalarının ekimi (Muller-Hinton Agar'a) Şekil 6.'da görüldüğü gibi yapılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda bakteri ve maya izolatlarının ürediği tespit edilmiştir.



Şekil 6. *S.aureus*, *E.coli*, *C.albicans* ve *P.aeruginosa* organizmalarının pozitif kontrol (PK) sonuçları

Dilüsyonların seçiminde antimikrobiyal maddenin kumaş birim alanında bulunabilecekleri oranlar dikkate alınmıştır. Organizmalar dilüsyon yöntemiyle 1/10, 1/100, 1/1.000, 1/10.000, 1/100.000, 1/1.000.000 olmak üzere seyreltilmiştir.

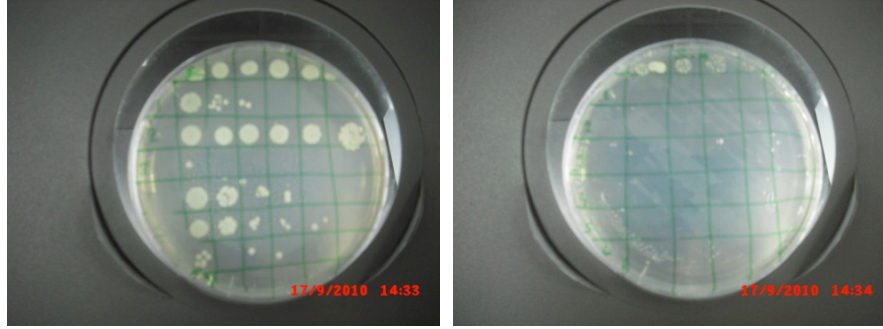
Her petri kabı 49 ayrı alana bölünmüştür. Konsantrasyonlar çözelti içinde canlı kalmış olan organizma miktarının sayılabilir oranda olması için sağ tarafa doğru en düşük orandaki çözeltiden ekim yapılarak hazırlanmıştır. Ekim yapılan petri kapları daha sonra 37°C 'de 24 saat etüvde inkübe edilmiştir. Bakteriler için 24 saat (mayalar için 72 saat) sonra bölünmüş petri kaplarındaki organizmaların üremesi tespit edilerek, hangi konsantrasyona kadar bakteri üremesini baskıladığı dilüsyon tespit edilmiştir. Şekil 7'de antimikrobiyal işlem görmüş altı numune kumaşın *S. aureus*, *E. coli* ve *C. albicans*, *P. aeruginosa* organizmalarına karşı etkinliğinin 24. saat sonrasındaki resimleri verilmiştir.



P.aeruginosa

Candida albicans

Şekil 7. a. Numune kumaşın organizmalar karşısındaki etkinlik görüntüleri



E. coli

S. aureus

Şekil 7. b. Numune kumaşın organizmalar karşısındaki etkinlik görüntüleri

AATCC 147 metoduna göre antibakteriyel test sonuçları

AATCC 147 test yöntemi ile elde edilen sonuçları Tablo 7.'de görüldüğü üzere sadece ***S. aureus*** ile temas sonucunda kumaş numunelerinin etrafında inhibisyon bölgesi oluştuğu, ancak diğer 3 organizma ile temas sonucunda numune kumaşların etrafında inhibisyon bölgesi oluşturamadıkları görülmüştür. Diğer 3 organizma ile etkileşimde antibakteriyel etkinlik yoktur. Bu üç bakteri için kumaşların etrafında herhangi bir inhibisyon zonu oluşmamasına rağmen kumaşların alt kısımlarında organizma mevcudiyetinin azalma yönünde etkilendiği görülmüştür.

Tablo 7. AATCC 147 Antibakteriyel test metoduna göre test sonuçları

Numuneler / Mikro Organizmalar	%100 Pamuklu	%50 Pamuk- %50 PES	%65 Pamuk- %35 Pamuk	%65 PES- %35 Viskon	%100 PES	% 68PES- %31Pamuk- %1Karbon
<i>S. aureus</i>	Etkinlik var	Etkinlik var	Etkinlik var	Etkinlik var	Etkinlik var	Etkinlik var
<i>E. coli</i>	yok	yok	yok	yok	yok	yok
<i>C. albicans</i>	yok	yok	yok	yok	yok	yok
<i>P. aeruginosa</i>	yok	yok	yok	yok	yok	yok

AATCC 100 metoduna göre antibakteriyel test sonuçları

Kumaş numunelerinin antimikrobiyal etkinliklerinin kantitatif olarak belirlenmesinde AATCC 100 standardı kullanılmıştır. İlgili standartta aşağıda verilen formül üzerinden hesaplama yapılması istenmektedir.

$$R(\%) = 100 (B-A)/B,$$

Burada;

R = oransal azalma,

B = başlangıç anında numune ile temas etmiş olan çözeltideki organizma sayısı

A = numune ile temas etmiş olan nötralizasyon çözeltisi içinde bulunan organizma sayısını göstermektedir. Bu yöntemle elde edilen R değerlerinin büyüklüğü antimikrobiyal etkinlik

$R \geq 99.99$ ise “mükemmel”,

$99 < R < 99.99$ ise “iyi”,

$0 < R < 99$ ise “kabul edilebilir” olarak ölçeklendirilmektedir [8]; [14-15].

Numune kumaşların dört organizma ile 1. saatteki teması sonunda üreme olmamıştır. Bu nedenle başlangıçtaki organizma sayısı Tablo 7.8'deki gibi tamamında 10^6 cfu/ml olarak kabul edilmiştir.

Tablo 8. AATCC 100 Testi için kullanılan başlangıç organizma sayıları

Mikro Organizmalar	Başlangıç sayısı cfu/ml
<i>S. aureus</i>	10^6
<i>E. coli</i>	10^6
<i>C. albicans</i>	10^6
<i>P. aeruginosa</i>	10^6

Kumaş numunelerinin değişik organizmalar karşısındaki etkinliği Tablo 9’ da verilmiştir. *S. aureus* ile yapılan testlerde 24 saat temas sonrası antibakteriyel kimyasalın 1/1 pozitif kontrolü olumlu olmasına rağmen, 6 kumaş çeşidinde hemen hemen her dilüsyonda antimikrobiyal inhibisyon etkinliği gözlenmiştir. *S. aureus*’un, % 100 pamuk kumaş ve % 100 polyester kumaşta 10^0 ve 10^3 cfu/ml arası konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, 10^{4-5} konsantrasyonlarda ise etkinliğinin azalmaya başladığı tespit edilmiştir (gri bölge). % 50 pamuk - % 50 polyester, % 65 polyester-% 35 viskon ve % 68 polyester-% 31 pamuk- % 1 karbon karışımli kumaşların; 10^0 ve 10^5 cfu/ml arasındaki konsantrasyonların tamamında üremeyi inhibe ettiği bulunmuştur. % 65 pamuk-% 35 polyester kumaşta ise; 10^0 ve 10^4 cfu/ml arasındaki konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, sadece 10^0 cfu/ml konsantrasyonda etkinliğinin azalmaya başladığı bulunmuştur.

C. albicans ile yapılan testlerde 24 saatlik temas sonrasında çalışılan numune kumaşlarda hazırlanan seri bakteriyel konsantrasyonlarda (10^5 - 10^0 cfu/ml) üremeyi inhibe ettiği bulunmuştur. Çalışma 24 - 48 -72. saatlerde değerlendirilmiş, etkinliğin değişmediği tespit edilmiştir (AATCC 30 Methods).

P. aeruginosa ile yapılan testlerde 24 saatlik temas sonrasında her konsantrasyonda bakteri üremiştir. Çalışmada kullanılan kumaş çeşitlerinin hiçbirisinde ve üzerindeki antimikrobiyal maddenin bu bakteriye inhibisyon etkisi göstermediği bulunmuştur.

E. coli için yapılan testlerde farklı kumaşlarda bu bakteriye karşı değişik aktivite sonuçları gözlenmiştir. Tablo 9’dan da görüldüğü gibi *E. coli* ile 24 saatlik temas sonucunda %100 pamuk kumaş numunesinde 10^{0-1-2} cfu/ml konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, 10^{3-4} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin azalmaya başladığı, 10^5 cfu/ml konsantrasyonda ise etkinliğinin kalmadığı tespit edilmiştir. % 50 pamuk - % 50 polyester karışımli kumaşın; $10^{0-1-2-3-4}$ cfu/ml konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, 10^5 cfu/ml konsantrasyonda ise etkinliğin olmadığı bulunmuştur. % 65 pamuk-% 35 polyester ve %100 polyester karışım kumaşlarında; 10^{0-1} cfu/ml konsantrasyonda üremeyi inhibe ettiği, 10^{2-3} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin azalmaya başladığı, 10^{4-5} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin olmadığı bulunmuştur. % 65 polyester- % 35 viskon karışım kumaşının ise, sadece 10^0 cfu/ml konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği ancak 10^{1-2-3} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin azalmaya başladığı, 10^{4-5} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin olmadığı bulunmuştur. Son numune % 68 polyester- % 31 pamuk- % 1 karbon karışımli kumaşın ise tüm konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği tespit edilmiştir. Bu etkin sonucun karbon lifinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 9. Kumaş numunelerinin organizmalar karşısındaki etkinliğinin şematize edilmesi

S.a	Dilüsyonlar					
K+	●	●	●	●	●	●
	10 ⁵ cfu/ml	10 ⁴ cfu/ml	10 ³ cfu/ml	10 ² cfu/ml	10 ¹ cfu/ml	10 ⁰ cfu/ml
Kumaş						
1	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○

C.a	Dilüsyonlar					
K+	●	●	●	●	●	●
	10 ⁵ cfu/ml	10 ⁴ cfu/ml	10 ³ cfu/ml	10 ² cfu/ml	10 ¹ cfu/ml	10 ⁰ cfu/ml
Kumaş						
1	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○

P.a	Dilüsyonlar					
K+	●	●	●	●	●	●
	10 ⁵ cfu/ml	10 ⁴ cfu/ml	10 ³ cfu/ml	10 ² cfu/ml	10 ¹ cfu/ml	10 ⁰ cfu/ml
Kumaş						
1	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●

E.c	Dilüsyonlar					
K+	●	●	●	●	●	●
	10 ⁵ cfu/ml	10 ⁴ cfu/ml	10 ³ cfu/ml	10 ² cfu/ml	10 ¹ cfu/ml	10 ⁰ cfu/ml
Kumaş						
1	●	○	○	○	○	○
2	●	○	○	○	○	○
3	●	○	○	○	○	○
4	●	○	○	○	○	○
5	●	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○

●

○

○

üreme var, etkinlik yok

üreme yok, etkinlik var

üreme azalma başlangıcı

24. saat sonunda numune kumaşlardaki üreyen organizma sayıları ve azalma % si Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Numune kumaşlarda üreyen organizma sayıları ve % azalma oranları

Kumaş	<i>S. auerous</i>		<i>E. coli</i>		<i>C. albicans</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	24.s.	% azalma	24.s.	% azalma	24.s.	% azalma	24.s.	% azalma
1	10 ²	99,99	10 ³	99,90	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0
2	10 ⁰	100,00	10 ¹	100,00	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0
3	10 ¹	100,00	10 ⁴	99,00	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0
4	10 ⁰	100,00	10 ⁴	99,00	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0
5	10 ²	99,99	10 ⁴	99,00	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0
6	10 ⁰	100,00	10 ⁰	100,00	10 ⁰	100,00	10 ⁶	0

S. auerous ile 24 saatlik temas sonunda tüm numunelerde R(%)-(oransal azalma) değeri; $R \geq 99.99$ olduğu için “mükemmel” etkinlik ortaya çıkmıştır. *E. coli* ile temas sonunda 2 ve 6 no.lu numunelerde “mükemmel” etkinlik, 1, 3, 4 ve 5 no.lu numunelerde ise; $99 < R < 99.99$ arasında olduğundan “iyi” etkinlik sonucu ortaya çıkmıştır. *C. albicans* ile muamele sonunda ise, tüm numunelerde mükemmel etki gözlenirken, *P. aeruginosa* ile muamele sonunda tüm numunelerde hiç etkinliğin olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Sonuç

Çok kullanımlık klinik sağlık giysileri üzerinde yapılan çalışmada, bu giysilerden beklenen en temel özellikler araştırılmıştır. En önemli özelliklerden biri olan antibakteriyellik özellikleri üzerinde durulmuş, seçilen çeşitli kumaşların antibakteriyellik testleri yapılmıştır. Quaterner amonyum tuzu ile apre edilmiş farklı hammaddelerdeki kumaşların, farklı organizmalarla muameleleri sonundaki antimikrobiyal etkinlikleri araştırılmıştır.

E. coli ile muamele sonunda;

%50 pamuk - %50 polyester karışımı kumaşa, ilk çözelti hariç diğerlerinde antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. Kumaşlar arasında tercih yapılması gerekirse %50 pamuk - %50 polyester karışımı kumaş karışımının **E. coli** bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikte başarılı olduğu söylenebilir.

% 65 pamuk - %35 polyester ve %100 polyester karışım kumaşlarda; 10^{0-1} cfu/ml konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, 10^{2-3} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin azalmaya başladığı, 10^{4-5} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin olmadığı belirlenmiştir. Bu iki kumaş türünün **E. coli** karşısındaki etkinlik değerleri birbirine çok benzemektedir. Bu iki türün etkinliği kabul edilebilir sınırlardadır.

% 65 polyester - %35 viskon karışım kumaşın sadece 10^0 cfu/ml konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği, 10^{1-2-3} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin azalmaya başladığı, 10^{4-5} cfu/ml konsantrasyonlarda etkinliğin olmadığı belirlenmiştir.

% 68 polyester - %31 pamuk - %1 karbon karışımı kumaşın tüm konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği tespit edilmiştir. Bu etkin sonucun karbon lifinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

C. albicans ile muamele sonucunda; 24 saat sonra tüm kumaşlarda etkinlik görülmüş olup, düşük patojen bu organizmanın üremesinin tüm kumaş türlerinde engellendiği sonucuna varılmıştır.

S. aureus ile muamele sonunda;

% 100 pamuk, % 65 pamuk - %35 polyester, %100 polyester kumaşa ilk dilüsyonda etkinliğin olmadığı, sonraki dilüsyonlarda etkinliğin olduğu tespit edilmiştir.

%50 pamuk - %50 polyester, % 65 polyester - %35 viskon ve % 68 polyester - %31 pamuk- %1 karbon karışımı kumaşlarda konsantrasyonların tamamında üremeyi inhibe ettiği tespit edilmiştir.

P. aeruginosa, patojen bir organizma olması nedeniyle hiçbir dilüsyonda hiçbir kumaşın etkili olamadığı görülmüştür. Bu nedenle sağlık personelinin bu tür patojen bakterilere maruz kalması sonunda koruyucu önlemleri alması önerilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Seventekin, N., Öktem, T., Tekeoğlu, Ş., 2001, Tekstilde Antimikrobiyal Madde Kullanımı, *Tekstil ve Konfeksiyon*, sayı: 4, 217-224.
- [2] Pamuk, O., 2006, Cerrahi Personel ve Hastanın Kullanımına Yönelik İşlevsel Medikal Ürünlerin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 233s.

- [3] Pamuk, O., Öndoğan, Z., 2007, Cerrahi Personelin Ameliyat Önlükleri ile İlgili Görüşlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Tekstil ve Konfeksiyon* 2/2008, 143.
- [4] Altınok, B.,U., 2008, Tekstil Yüzeylerinin Anti Bakteriyel Özelliklerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 204s.
- [5] Toprakkaya, D., Orhan, M., Güneşlioğlu, C., 2003, Tekstillerde Hijyen Uygulamaları, 3. *Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi*, Samsun.
- [6] Kim, Y., H. ve Sun, G., 2001, Durable Antimicrobial Finishing of Nylon Fabrics with Acid Dyes and a Quaternary Ammonium Salt, *Textile Research Journal*, 71(4), 318-323.
- [7] Mucha, H., Hofer, D., Abfalg, S., Swerev, M., 2002, Antimicrobial Finishes and Modifications. *Melliand International*, 8, 148-151.
- [8] Palamutçu, S., Keskin, R., Devrent, N., Şengül, M., Hasçelik, B., 2009, Fonksiyonel Tekstiller II: Antimikrobiyal Tekstiller, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 3, No: 3.
- [9] Zikeli, S., 2002, SeaCell® Active-A new cellulosic fiber with antimicrobial properties, *Avantex International Forum and Symposium for High-techApparelTextilesFrankfurt*, Germany, May 13–15.
- [10] Üreyen, M. , Çavdar, A., Koparalı, S., Doğan,A., 2009, Yeni Geliştirilen Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasalı ve Bu Kimyasal İle İşlem Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları, *Tekstil ve Mühendis*, sayı: 69, 26-31.
- [11] Gao,Y., Robin, C., 2008, Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles, *Textile Research Journal*, Vol 78(1): 60–72.
- [12] Balcı, H. 2006, Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Anti Bakteriyel Apre ve Performans Özellikleri., *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 271s.
- [13] Nakashima, T., Sakagami, Y., Ito, H., Matsuo, M., 2001, Antimicrobial Activity of Cellulose Fabrics Modified with Metallic Salts, *Textile Research Journal*, 71(8), 688-694.
- [14] Gang, S., 1998, Durable and Regenerable Antibacterial of Fabrics, Biocidal Properties, *Textile Chemist and Colorist*, 6, 26-30.
- [15] Shao, H., Jiang, L., Meng, W., Qing, F., 2003, Synthesis and Antimicrobial Activity of a Perfluoroalkyl-containing Quaternary Ammonium Salt. *Journal of Fluorine Chemistry*, 124, 89-91.

Mihriban Kalkancı e-posta: mkalkanci@pau.edu.tr