

SELÜLOZİK KUMAŞLARIN BURUŞMAZLIK İŞLEMLERİNDE SON GELİŞMELER

LATEST DEVELOPMENTS ON CREASE RESISTANCE PROCESSES FOR CELLULOSIC FABRICS

Buket ARIK^{1*}

¹Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
barik@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 10.03.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 27.04.2015

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2015.60565

Derleme Makalesi/Review Article

Öz

Selülozik kumaşlar, genellikle kullanım, yıkama ve kurutma işlemleri esnasında buruşma eğilimi göstermekte ve bu durum da görünüm özelliklerinin bozulmasına yol açmaktadır. Bu sorun, buruşmazlık bitim işlemi ile giderilebilmektedir. Bu amaçla pek çok kimyasal bitim işlemi maddeleri ile çalışılmaktaysa da bu kimyasallar ekonomik ve ekolojik olmamaları veya buruşmazlık sağlarken kumaşın fiziksel özelliklerine zarar vermeleri gibi sebeplerle geniş kullanım alanı bulamamaktadır. Dolayısıyla bu konudaki çalışmalara ve çözüm önerilerine halen ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, selülozik kumaşlarda uygulanan buruşmazlık işlemlerinin geçmişten günümüze olan gelişimi, karşılaşılan sorunlar ve bu sorunlara çözüm getirebileceği düşünülen yeni yaklaşımlar ele alınmaktadır. Ayrıca bu derleme çalışmasında buruşmazlık test yöntemlerinden de bahsedilmektedir.

Anahtar kelimeler: Buruşmazlık, Kolay bakım, Çapraz bağlanma, Sol-jel, Selüloz, Kumaş

Abstract

Cellulosic fabrics generally exhibit tendency to crease during usage, laundering and drying processes and this fact leads to deformation in the appearance properties of these fabrics. This problem can be eliminated by crease resistance finishing process. For this aim, various chemical finishing materials have been used, however; they may not find broad usage area due to their uneconomical, unecological nature and their damage to physical properties of fabrics while conferring anti-creasing performance. Thereby, there is still demand and need for related studies and suggestions. In this review study, development of the crease resistance processes for cellulosic fabrics from past to present, encountered problems and new approaches to solve these problems have been explored and examined. In addition to these, test methods to evaluate crease resistance have been discussed.

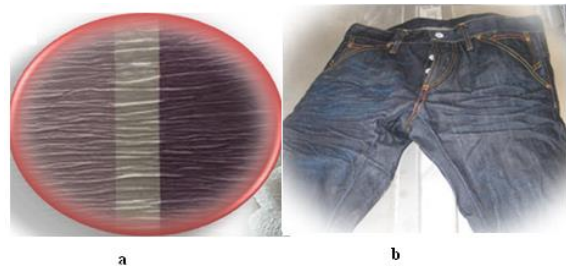
Keywords: Crease resistance, Easy care, Crosslinking, Sol-gel, Cellulose, Fabric

1 Giriş

Selüloz esaslı lifler, iyi konfor özellikleri, doğal kaynaklı, biyobozunur, sürdürülebilir ve yenilenebilir olmalarıyla yüz yıllardır tercih edilmektedir [1]-[6]. Fakat buna rağmen, buruşmuş görünümlü olarak üretilmiş özel kumaş türlerinin (bürümcük kumaşı, denim kumaşlarda krinkil efekti gibi; Şekil 1) haricinde, genel olarak kumaşlarda istenmeyen bir görünüme sebep olan çizgilerin ve kat izlerinin oluşturduğu biçimsel bir bozulma olarak tanımlanan buruşma olayı, selülozik lifli kumaşlarda karşılaşılan en önemli problemlerden biridir [2]-[7]. Kumaşların rezilyans (eski halini alabilme yeteneği) dereceleri buruşma olayında önemli bir rol oynamaktadır. Mesela dimi ve düz dokuma kumaşlar, saten ve rib dokuma kumaşlara göre; sıkı dokunmuş kumaşlar gevşek dokunmuş kumaşlara göre daha fazla; kadife kumaş, fitilli kadife kumaş, gofre kumaş ve denim kumaşlar ise diğer pamuklu kumaşlara nazaran daha az buruşmaktadır [8],[9]. Buruşma problemini azaltmak için çoğu zaman selülozik liflerin polister gibi eski halini alabilme yeteneği daha iyi olan sentetik liflerle karıştırılmaları önerilmektedir. Fakat birçok kişi, %100 pamuklu giysileri rahatlıkları açısından tercih etmekte ve bu nedenle genellikle %100 selülozik lifli kumaşlara buruşmazlık özelliği kazandırılması istenmektedir [2],[7],[10].

Selülozik liflerde buruşmanın sebebi sahip oldukları serbest hidroksil gruplarıdır. Bu serbest hidroksil grupları, selülozik liflere kuvvet uygulandığında komşu polimer zinciri ile yeni hidrojen bağları oluşturmakta ve bu durum da kumaşın görünüm özelliklerini etkileyen buruşmaya neden olmaktadır

[2],[3],[7],[13]-[15]. Hatta yıkama ve kurutma ile gerilim ortadan kaldırıldıktan sonra da buruşma efekti kalmakta, eski haline dönememektedir [2],[7],[16]. Buruşmayı engellemek ve buruşmazlığı sağlamak için kumaşlara buruşmazlık bitim işlemi uygulanabilmekte (Şekil 2) ve bu işlem genellikle kimyasal bitim işlemi maddeleri ile yapılmaktadır [1],[2],[7],[13],[17]-[20].



Şekil 1: Buruşmuş görünümlü olarak üretilmiş kumaş türleri; (a) Bürümcük kumaş [11], (b) Krinkil efektli denim [12].

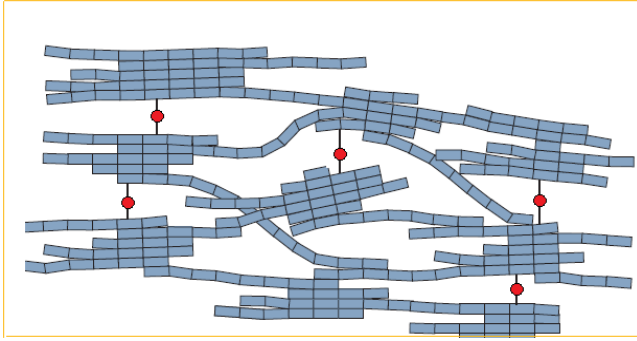
Kimyasal bitim işlemi maddelerinin genel olarak komşu selüloz molekülleri veya mikrofibrilleri arasında çapraz bağların oluşumu ile buruşmazlık kazandırdığı kabul edilmektedir [1],[2],[7],[13],[17]-[20]. Klasik bir buruşmazlık bitim işleminde bazı hidrojen bağlarının yerine çapraz bağlar geçmekte ve bu bağlar hidrojen bağlarından çok daha kuvvetli olduklarından dış gerilmelere daha çok dayanabilmekte ve selüloz mikrofibrillerinin birbiri üzerinden kaymalarını engellemektedir [2],[3],[7],[13],[16]-[18]. Buruşmazlık işleminin etkisi, genellikle buruşmazlık açısının belirlenmesi ile

test edilmektedir ve normal bir pamuklu kumaşta yaklaşık 90° olan bu açı, buruşmazlık işlemi sonrasında 120° ve üzeri değerlere çıkabilmektedir [7],[17].

Şekil 3'te selüloz mikrofibrillerinin çapraz bağlarla bağlanması şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2: Buruşmuş tekstil ürün örnekleri ve buruşmazlık işleminin etkisi [10],[21].



Şekil 3: Selüloz mikrofibrillerinin çapraz bağlanması [16].

Buruşmazlık bitim işleminin buruşmaya dayanım sağlamanın yanı sıra örme ürünlerde boyutsal stabiliteyi ve boncuklanmama özelliğini iyileştirme; havlı tekstil yüzeylerinde hav dayanımını geliştirme; pigmentlerin, boyarmaddelerin ve diğer bitim işlemlerinin fiksajını kolaylaştırma gibi pek çok avantajı da bulunmaktadır [2],[3],[7],[17],[22].

Ancak diğer taraftan buruşmazlık bitim işlemi sırasında oluşan çapraz bağlar, selüloz zinciri bileşenlerinin hareketini kısıtladığından kumaşların aşınma, yırtılma ve kopma mukavemetinde kayıplar, tutumda sertleşmeler gibi pek çok sakıncayı da beraberinde getirmektedir [2],[3],[7],[14],[17],[18],[22]-[24]. Ayrıca, bazı buruşmazlık ürünleri kanserojen etki gösterdiği bilinen formaldehit açığa çıkarabilmekte ve genellikle sararma yönünde meydana gelen renk değişimlerine sebep olabilmektedir [2],[3],[7],[17],[18],[22],[24]. Bu problemleri ortadan kaldırmak için öncelikle bilinçli madde seçimi ve gereği kadar madde kullanımına dikkat edilmelidir [22],[24]. Bunun haricinde alınabilecek iyileştirici önlemler ve yeni yöntemler detaylı olarak ilerleyen bölümlerde tartışılmaktadır. Fakat bu yöntemler her ne kadar etkili olsa da yapılan işlemler, çoklu yıkamalar ve yoğun kullanım sonunda ilk günkü etkisini kaybedebilmekte ve kumaş yine hafif bir buruşma eğilimi gösterebilmektedir.

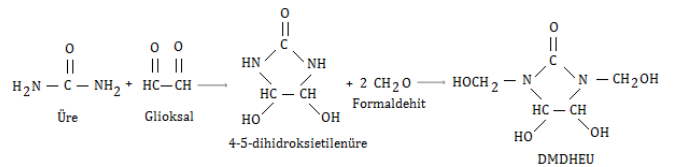
Buruşmazlık sağlamak amacıyla, literatürde en çok *N*-Metilol bileşikleri ve polikarboksilik asitler gibi çapraz bağlayıcıların tercih edildiği görülmektedir [20],[25]-[29]. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalardan, selülozik kumaşların buruşmazlık işlemlerinde kullanılan bu çapraz bağlayıcıların neden olduğu sorunların, araştırmacıları; iyonik çapraz bağlanma ve sol-jel yöntemi gibi yeni yöntemlerin önerilmesine, çapraz bağlayıcılarla birlikte değişik katkı maddelerinin ilavesine ve farklı fiksaj uygulamalarına yönelttiği anlaşılmaktadır. Bu derleme çalışmasında, geçmişten günümüze buruşmazlık işleminin gelişimi, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri bazı örnek çalışmalarla birlikte verilmektedir.

2 Geçmişten Günümüze Buruşmazlık İşlemi

Dünya tarihine geçtiği ve piyasaya sürüldüğü bilinen ilk buruşmaz tekstil ürünü, Manchester'deki Tootal Broadhurst Lee tekstil tesislerinin laboratuvarında, 1918'de Dr. R.S. Willows başkanlığında bir ekip tarafından başlatılan ve 14 yıllık araştırma-geliştirme faaliyetlerinin sonucu 1932 yılında "Tootal" kravatı adıyla İngiltere'de satışa sunulan buruşmaz kravat kumaşdır [2],[3],[30]-[32]. Daha sonra 1933 yılında buruşmaz kumaştan yapılan başka tekstil ürünleri de satılmaya başlanmıştır [2],[31],[32].

Selülozik kumaşlara buruşmazlık ve kolay bakım özelliği kazandırmanın ilk önemli bilimsel çalışmalarından biri de 1928'de reçine esaslı bitim işlemi maddelerinin uygulanması ile gerçekleşmiştir. Bu amaçla, fenol/formaldehit, melamin/ formaldehit ve üre/formaldehit reçine sistemleri kumaşlara uygulanmış ve bu sistemlerin oluşturduğu küçük moleküller liflerin içerisindeki makromoleküllere tutunarak çapraz bağları oluşturmuşlardır [1]-[3],[7],[14],[17],[20]. Ancak bu reçinelerin, hipoklorit ağartması esnasında kloru tuttuğu ve kumaş özelliklerini olumsuz etkilediği gözlenmiştir [1],[2],[7],[14],[17],[18],[20]. Bu sorunu gidermek için metilolmelaminler denenmiş ancak bunlar da sarı renkli bileşikler olduklarından hem kumaşları sarartmış hem de sert tutuma neden olmuştur [1],[2],[14],[20]. Daha sonra serbest-NH grubu içermeyen ve kloru tutmayan tetrametilolasetilen diüre ve dimetilolsetilenüre kullanılmış ve iyi buruşmazlık etkileri elde edilmiştir. Ancak bu ürünlerin de pek çok direkt veya reaktif boyarmaddelerin ışık haslığına belirgin derecede zarar verdiği gözlenmiştir. Ardından triazon reçineleri denenmiş ve bu reçineler de kötü kokuları nedeniyle kullanım alanı bulamamışlardır. Son olarak Dimetiloldihidroksietilen üre (DMDHEU) sentezlenmiş ve etkili ve ekonomik bir buruşmazlık bitim işlemi maddesi olarak geniş bir kullanım alanı bulmuştur [1]-[3],[7],[18],[20].

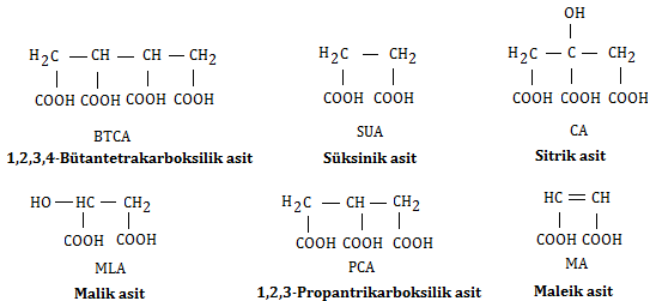
DMDHEU'nun kimyasal sentez adımları Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4: DMDHEU'nun kimyasal sentez adımları [2],[26],[33].

1980'li yılların sonuna doğru, formaldehitin kanserojen etki göstermesi nedeniyle insan sağlığına uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle de formaldehit içerikli bir kimyasal olan Dimetiloldihidroksietilenürenin yerine geçebilecek ürünlere yönelik bir arayış başlamıştır [2],[3],[14],[25],[26],

[34]-[36]. Bu durumda da düşük formaldehit içeren veya formaldehit içermeyen çapraz bağlayıcıların kullanılması gündeme gelmiştir [2],[3],[18],[20],[23],[26]-[28]. Düşük formaldehit içeren ürünler olarak α -hidroksialkilamidler, üre ve glutaraldehitten elde edilen polimerler ile diamido dihidroksietan ürünleri kullanılmıştır. Formaldehit içermeyen ürünler olarak da 1,3-dimetilüre ve glioksal karışımı ticari ürünler, 1,3-dimetil-4,5-dihidroksietilen üre (DHDMI), N,N-dimetil, 4,5, dihidroksietilen üre (DMeDHEU), glioksal ve katkı maddelerinin bulunduğu sistemler, inorganik fosfatlar, dialdehitler ve bazı polikarboksilli asitler (sitrik asit, malik asit, maleik asit, itakonik asit, süksinik asit, 1, 2, 3-propantrikarboksilik asit, 1, 2, 3, 4-bütantetrakaroksilik asit gibi) kullanılmıştır (Şekil 5) [3],[18],[20],[26]-[28]. Bunlar içerisinde 1, 2, 3, 4-bütantetrakaroksilik asit (BTCA) diğerlerine göre daha etkili buruşmazlık sağlaması, çabuk fikse olması, çoklu yıkamalara karşı dayanım göstermesi, kötü koku oluşturmaması ve çok fazla sararmaya neden olmaması nedeniyle diğerlerine göre daha geniş kullanım alanı bulmuştur [3],[7],[14],[28].



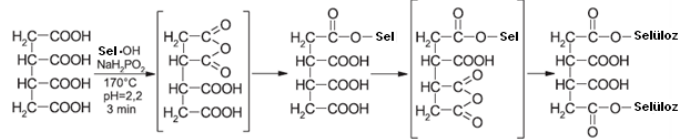
Şekil 5: Bazı polikarboksilli asitlerin kimyasal yapıları [27],[28].

BTCA'nın pamuk, viskon ve rami gibi farklı özellikteki selülozik yapılu kumaşlarda buruşmazlık sağlamak amacıyla kullanılabilirliğine ilişkin pek çok çalışma literatürde bulunmaktadır [19],[37]-[44]. Örneğin, Zhou ve diğ. 2002'de, haşılı sökülmiş, kaynatılmış ve ağartılmış rami lifi esaslı kumaşın buruşmazlık özelliklerini iyileştirmek için 1, 2, 3, 4-Bütantetrakaroksilik asidi (BTCA) kullanmışlardır. Çalışmada, kumaşların buruşmazlık açılarından yanı sıra kopma ve yırtılma mukavemetleri, kopma uzamaları, eğilme uzunlukları, nem geri kazanım ve su tutma gibi fiziksel özellikleri de incelenmiştir. BTCA konsantrasyonları arttıkça buruşmazlığın arttığı ancak fiziksel özelliklerin kötüleştiği gözlenmiştir [37]. Sauperl ve Stana-Kleinschek, 2010, 1, 2, 3, 4-Bütantetra karboksilik asit (BTCA) ve sodyumhipofosfit (SHP)'nin mercerize pamuklu kumaş ve viskon kumaşlar üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, iyi buruşmazlık etkisinin mercerize pamuklu kumaşta %7 BTCA konsantrasyonunda, viskon kumaşta ise %1 BTCA konsantrasyonunda sağlandığı ve bu konsantrasyonlarda mercerize pamukta mukavemet kaybı gözlenirken viskon kumaşlarda tam tersine artış olduğu belirlenmiştir. Çapraz bağlanma derecesinde meydana gelen bu farklılığın gözenek yapısındaki farklılıktan ve viskonun daha fazla uç gruba sahip olması sayesinde daha kolay reaksiyon verebilmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır [38].

BTCA ve selüloz arasında gerçekleşen çapraz bağlanma reaksiyonu, Şekil 6'da gösterilmektedir.

Ancak diğer taraftan BTCA'nın yüksek maliyeti, fosfor içerikli katalizörün zararlı etkisi ve mukavemet kayıpları, BTCA'nın

kullanımında da sıkıntılar yaratmıştır [3],[7],[14],[18],[26]. Daha sonraki çalışmalar, bu sorunların giderilmesi için yeni yöntemlerin önerilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu yöntemler, buruşmazlık bitim işlemi banyosuna çapraz bağlayıcılarla beraber yardımcı maddelerin ve katalizörlerin ilave edildiği yöntemler, yeni fiksaj sistemlerinin uygulandığı yöntemler, yeni çapraz bağlayıcıların sentezlendiği yöntemler, selülozik kumaş yüzeyinin iyonik hale getirilmesine dayanan iyonik çapraz bağlanma yöntemi ve metal veya yarı metal alkoksitlerin hidroliz ve kondenzasyonuna dayanan sol-jel yöntemidir.



Şekil 6: BTCA'nın selülozun hidroksil gruplarıyla çapraz bağlanma mekanizması ve anhidrit oluşumu [38].

3 Buruşmazlık İşlemlerinde Yeni Yöntemlerin Uygulandığı Bazı Çalışmalar

3.1 Buruşmazlık Bitim İşlemi Banyosuna Çapraz Bağlayıcılarla Beraber Yardımcı Maddelerin ve Alternatif Katalizörlerin İlave Edildiği Yöntemler

Buruşmazlık amacıyla kullanılan çapraz bağlayıcıların en önemli iki sakıncası, mukavemet kayıpları ve genelde sararma şeklinde görülen renk değişimleridir. Bu sorunları gidermek için yapılan çalışmalarda ya çapraz bağlayıcılarla beraber yardımcı maddeler ilave edilmekte ya da klasik katalizörlerin yerine geçebilecek alternatif katalizörler önerilmektedir.

3.1.1 Mukavemet Kayıplarının Önlenmesi için Yapılan Çalışmalar

Oh ve diğ. 2001'de, kaynatılmış ve ağartılmış rami kumaşa buruşmazlık kazandırmak ve mukavemetin korunmasını arttırmak için glioksal bitim işlemi banyosuna polietilenglikol ilavesi yapmışlardır. Bu sayede, çapraz bağlanma reaksiyonu sırasında rami lifinin şişme özelliği geliştirilmiş ve buruşmazlık-mukavemet korunumu dengesi iyileştirilmiştir. Polietilenglikol ilavesi ayrıca işlem görmüş kumaşların su absorpsiyonunu, nem kazanımını, beyazlık indeksini, renk ve çoklu yıkama dayanımını da artırmıştır [45].

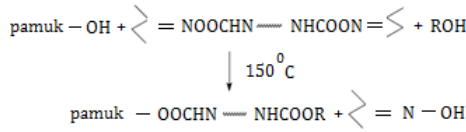
Zhou ve diğ. 2004'te, pamuklu kumaşların BTCA ile yapılan buruşmazlık işlemlerinde mukavemet kayıplarını azaltmak için işlem banyosuna polivinilalkol (PVA) ilave etmişlerdir. Çalışmada, işlem banyosuna %0.6'yı aşan konsantrasyonlarda PVA ilavesinin, kumaşların aşınma dayanımını arttırdığı ve buruşmazlık ve kopma mukavemeti özellikleri üzerinde de olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu durum PVA'nın yüksek molekül ağırlığı nedeniyle lif yüzeyinde kalarak BTCA ile birlikte yüzeyde koruyucu bir tabaka oluşturmaya ve böylece lif yüzeyinde bulunan ve mekaniksel açıdan zayıf olan noktaları güçlendirmesine bağlanmıştır [19].

Bazı çalışmalarda da aşınma dayanımını geliştirmek için PVA yerine çeşitli yumuşatıcılar ve fonksiyonel bileşikler kullanılmıştır.

Talebpour ve Holme, 2006, pamuklu kumaşın fiziksel özelliklerini korumak için kolay bakım bitim işlemi banyosuna silikon esaslı yumuşatıcı ilave ederek etkileri incelemişlerdir. Çalışmada, yumuşatıcı ilavesinin kumaşta sürtünmeyi azalttığı,

buruşmazlığı geliştirdiği ve eğilme rijitliğini azalttığı belirlenmiştir [46].

Mukavemet kaybını azaltmak için başka bir alternatif yardımcı madde olarak da poliüretan denenmiştir. Ancak daha önceki çalışmalarda, poliüretanla kalıcı ve yıkamaya dayanıklı etkilerin elde edilemediğini belirleyen Yeşil ve diğ. 2005'te, bloke poliüretanla işlemin tekrarlanması gerektiğini düşünerek, 4.4-difenilmetan diisosiyanat (MDI) ile polipropilenglikolün (PPG) reaksiyonu ve ardından metil etil ketoksim (MEKO) ilavesi ile bloke poliüretan hazırlamışlar ve bunu pamuklu kumaşlar üzerinde uygulamışlardır. Oluşan serbest isosiyanatlar, pamuklu kumaşların serbest hidroksil grupları ile reaksiyon vererek çapraz bağ oluşturmuşlardır (Şekil 7). Aynı zamanda etkinin kalıcı ve yıkamaya dayanıklı olduğu da belirlenmiştir [36].



Şekil 7: Bloke poliüretanın pamuk ile reaksiyonu [36].

Li ve diğ. 2010'da, haşılı sökülmiş ve bazik işlem uygulanmış keten, kenevir ve rami kumaşların mukavemet kaybı olmadan buruşmazlık özelliklerini geliştirmek için kumaşları sıvı amonyak ardından modifiye DMDHEU ile reaksiyona sokmuşlardır. Çalışmada, hem amonyak hem de DMDHEU ile işleme tabi tutulan selülozik kumaşların buruşmazlık, boyut değişimi ve diğer görünüm kalitelerinin iyileştiği gözlenmiştir. Ayrıca DMDHEU ile çapraz bağlama işlemi öncesinde sıvı amonyak uygulamasının kopma ve yırtılma mukavemetinin korunmasına önemli ölçüde katkıda bulunduğu belirlenmiştir [47].

Chattopadhyay ve diğ. tarafından 2010'da jüt kumaşlara ağartma işlemleri, boyama işlemleri ve reçine, yumuşatıcı ve non-iyonik yüzey aktif madde içeren bitim işlemleri uygulanmış, ardından kurutma ve fiksaj yapılmıştır. Çalışmada, kopma mukavemetinde önemli bir değişim olmaksızın iyi buruşmazlık etkisi elde edilmiştir. Ayrıca bitim işleminin kumaşta renk değişimine neden olmadığı ve yıkama hasarını etkilemediği gözlenmiştir [48].

3.1.2 Katalizör Kaynaklı Sakıncaların Giderilmesi İçin Yapılan Çalışmalar

Katalizör kaynaklı sakıncaların (renk değişimi, sararma, mukavemet kaybı) giderilmesi için ise MgCl_2 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ve NaH_2PO_2 gibi klasik katalizörlere alternatif olarak kitosan biyopolimerinin ve TiO_2 veya nano- TiO_2 ko-katalizörünün bitim işlemi banyosuna ilave edilebileceği çeşitli çalışmalarda önerilmiştir.

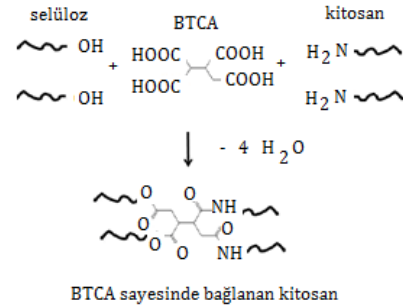
Aly ve diğ. 2004'te, kitosan ile sitrik asidi karıştırarak karboksil grubuna sahip kitosan sitratı oluşturmuşlar ve ardından bu bileşiği pamuklu kumaşlara buruşmazlık ve antimikrobiyal özellik kazandırmak için kullanmışlardır. Kitosan sitratın pamuklu kumaş yüzeyine uygulanması emdirme-kurutma-fiksaj işlemleri ile yapılmıştır. Çalışmada, bu şekilde işlem görmüş pamuklu kumaşın iyi buruşmazlık, yeterli beyazlık, yüksek kopma mukavemeti ve antimikrobiyal özellik gösterdiği belirlenmiştir [49].

Mostafa ve diğ. 2009'da, pamuklu kumaşın kolay bakım bitim işlemini persülfat ile oksitlenmiş kitosan ile $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ asit katalizörü varlığında gliksal kullanarak yapmışlardır. Çalışmada, gliksalin yalnız başına uygulandığında

buruşmazlığı arttırırken mukavemeti düşürdüğü ancak oksitlenmiş kitosan ile birlikte uygulandığında daha yüksek kopma mukavemetinin ve kabul edilebilir buruşmazlık açılarının elde edildiği belirlenmiştir. Asit katalizörünün ilavesi ve fiksaj süresinin ve sıcaklığının arttırılması ise her iki durumda da buruşmazlığı arttırırken kopma mukavemetini düşürmüştür [50].

Lam ve diğ. 2010'da, pamuklu kumaşlara buruşmazlık kazandırmak için BTCA çözeltisine TiO_2 veya nano- TiO_2 ko-katalizörü ilave etmiş ve numunelerin yüzey morfolojisi, moleküler yapısı ile buruşmazlık, UV-koruma, sararma, kopma ve yırtılma mukavemetlerini incelemişlerdir. BTCA'nın yanı sıra SHP (sodyumhipofosfit, NaH_2PO_2) katalizörünün ve TiO_2 /nano- TiO_2 kokatalizörünün ilave edilmesi buruşmazlığı önemli derecede iyileştirirken, TiO_2 /nano- TiO_2 kokatalizörü ayrıca UV koruma özelliği de sağlayarak çok fonksiyonlu rol oynamıştır. Üçlü kombinasyon, beyazlığın ve yırtılma mukavemetinin çok az artmasını sağlamış, ancak kopma mukavemetini çok fazla etkilememiştir [39]. Lam ve diğ. 2010'da, başka bir çalışmada da DMDHEU çözeltisine TiO_2 veya nano- TiO_2 ko-katalizörünü ilave ederek kumaşlara hem buruşmazlık kazandırmış hem de serbest formaldehit salımını azaltmışlardır [51].

Hebeish ve diğ. 2011'de, pamuklu kumaşlara kolay bakım ve antimikrobiyal özellik kazandırmak amacıyla BTCA ve farklı molekül ağırlıklarında kitosan içeren formülasyonları, emdirme-kurutma-fiksaj yöntemiyle uygulamışlardır. Çalışmada, kumaşların yüksek buruşmazlık etkisi, kabul edilebilir mukavemet kayıpları ve iyi tutum özellikleri gösterdikleri bulunmuştur. Ayrıca kitosan ilavesi sayesinde 15 yıkamaya dayanıklı antimikrobiyal aktivite de elde edilmiştir [40]. Selüloz, BTCA ve kitosan arasındaki reaksiyon, selülozik hidroksil gruplarının esterifikasyonu ve kitosanın amino grupları ile amid oluşumu sayesinde gerçekleşmektedir [26]. (Şekil 8).



Şekil 8: Kitosanın BTCA ile çapraz bağlanma mekanizması [26].

Mohsin ve diğ. 2013'te, nano TiO_2 katalizörünü sitrik asitle birlikte kullanmışlar ve emdirme-kurutma-fiksaj adımlarıyla pamuklu kumaşa uygulamışlardır. Çalışmada, tutum özelliği bozulmadan ve yüksek mukavemet kaybı yaşanmadan iyi buruşmazlık etkisi elde edilmiştir [52].

Çapraz bağlayıcılarla yapılan buruşmazlık işlemlerinde karşılaşılan başka bir sorun da sararma problemi. Bunu gidermek için Yao ve diğ. 2013'te, bitim işlemi banyosuna çeşitli poliollerin ilave edilebileceğini ifade etmiştir. Yapılan çalışmada, bu polioller içerisinde ksilitolün çapraz bağlayıcı olarak sitrik asitle birlikte uygulandığında sararmayı ve mukavemet kaybını azalttığı ve tekrarlı yıkama ve kurutma koşullarına karşı iyi dayanım sağladığı belirlenmiştir [53].

3.2 Yeni Fiksaj Sistemleri

Mukavemet özelliklerindeki değişimi azaltmak için uygulanabilecek başka bir alternatif de kullanılan fiksaj sisteminin değiştirilmesidir. Bu amaçla, klasik fiksaj sisteminin yerine geçebilecek çeşitli fiksaj sistemleri önerilmiştir [41],[42],[54]. Aşağıda bu sistemlerin uygulandığı bazı çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Fouda ve diğ. 2009'da yaptıkları çalışmada, glioksal, glutaraldehit ve 1, 2, 3, 4-bütantetrakarboxilik asit (BTCA) gibi formaldehit içermeyen buruşmazlık bitim işlemi maddelerinin pamuklu kumaşa çapraz bağlanmasını geliştirmek için fiksaj işleminde mikrodalga enerjisi kullanmışlardır. Kumaşa kolay bakım özelliklerine ek olarak antibakteriyel aktivite kazandırmak üzere bitim işlemi banyosuna suda çözünebilir kitosan ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda mikrodalga fiksaj sisteminin, geleneksel fiksaj sistemine göre mukavemet özelliklerinde yüksek kayıplar olmadan kolay bakımlı antibakteriyel özelliklere sahip pamuklu kumaşların üretiminde daha avantajlı olduğu ifade edilmiştir [41].

Nazari ve diğ. tarafından da 2009'da UV fiksajı önerilmiştir. Çalışmada, ağartılmış pamuklu kumaşlar, sodyum hipofosfit (SHP) ve UV ışık altında etkinleşen nano TiO₂ (NTO) katalizörleri eşliğinde 1, 2, 3, 4-Bütantetrakarboxilik asit (BTCA) ve sitrik asit (CA) çapraz bağlayıcıları kullanılarak buruşmazlık bitim işlemine tabi tutulmuş ve üç farklı koşulda (UV ışınlama, yüksek sıcaklık ve ikisinin kombinasyonu) fikse edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, BTCA ile daha iyi buruşmazlık etkisi sağlandığı ve kombine fiksaj yönteminin daha etkili olduğu bulunmuştur. Bu durum, hem UV hem de sıcaklık koşullarına dayanan her iki çapraz bağlama mekanizmasının da aynı anda gerçekleşmesine bağlanmıştır [42].

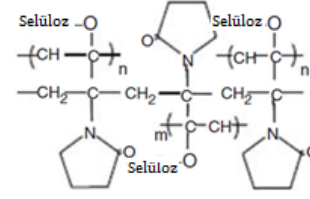
Blackburn ve diğ. ise, 2006'da tencel (lyocell) kumaşa kolay bakım özelliği kazandırmak için çapraz bağlama yöntemini ve yeni fiksaj sistemlerini uygulamışlardır. Çalışmada, çapraz bağlayıcı olarak dimetiloldihidroksietilen üre ve katalizör olarak magnezyum klorür heksahidrat kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı monomerin lif içine daha iyi penetrasyonunu sağlamak için "flaş fiksaj", "nem fiksajı", "emdirme-soğuk bekleme-fiksaj" ve "emdirme-kurutma-buharlı fiksaj" gibi klasik olmayan yöntemler uygulanmıştır. Ardından tencel kumaşların bu yöntemlerle elde edilen kolay bakım özellikleri, klasik emdirme-kurutma-fiksaj yöntemiyle elde edilen etkilerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada, klasik olmayan yöntemlerin çapraz bağlayıcının penetrasyonunda belirgin bir artış sağladığı, buruşmazlık özelliğini daha fazla geliştirdiği ve aşınma dayanımı ile kumaş tutumunu iyileştirdiği sonuçlarına ulaşılmıştır [54].

3.3 Yeni Çapraz Bağlayıcılar Olarak PVP ve PVAm'nin Kullanıldığı Çalışmalar

Poli amino karboksilik asitlerle yaşanan sorunlar nedeniyle ortaya atılan başka bir öneri de Poli (N-vinil-2-pirrolidon) (PVP) ve Polivinilamin (PVAm) in çapraz bağlayıcı olarak kullanılabilirdir.

PVP, çeşitli eczacılık uygulamalarında kullanılan, toksik özellik göstermeyen ve suda çözünebilir sentetik bir polimerdir. PVP, 150 °C'de ısıtılarak, radyasyonla ve potasyum persülfatla çapraz bağlanabilmektedir [35]. Ayrıca, PVP'nin piridil grubunun metallere karşı bir afinitesi bulunmakta ve gümüş, bakır ve çinko iyonları gibi metalleri de uzun süreli bağlayabilmektedir [55],[56].

Fahmy ve diğ. 2009'da, PVP kullanarak pamuklu kumaşı çapraz bağlamışlardır (Şekil 9).

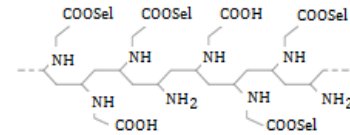


Şekil 9: PVP ile çapraz bağlanmış selüloz yapısı [55].

Çalışmanın sonucunda; PVP'nin %4'lük sulu çözeltisiyle işlem gören pamuklu kumaşlarda çapraz bağlanma artarken aynı zamanda kumaşların esneklik, kopma mukavemeti ve asidik boyanabilirlik gibi bazı performans özelliklerinde de gelişme sağlandığı ifade edilmiştir. PVP, ayrıca pamuklu kumaşların N, N-dimetilol 4.5-dihidroksietilen üre veya sitrik asit içeren kolay bakım bitim işlemi banyolarına da ilave edilmiş ve bu sayede kopma mukavemeti ve beyazlık özellikleri gibi kumaşların kolay bakım koşullarından olumsuz etkilenen özelliklerinde gelişme sağlanmıştır [35]. Fahmy, 2009 diğer çalışmasında da kolay bakım bitim işleminin ardından gümüş nitrat sulu çözeltisi ile işleme tabi tutarak kumaşlara antimikrobiyal özellik de kazandırmıştır [55]. 2010 yılındaki diğer çalışmasında ise bakır asetat ve çinko asetat ile ard işlem uygulamış, kolay bakım bitim işlemine ek olarak kumaşlara UV koruyucu özellik de kazandırmıştır [56]. Fahmy ve diğ. ise, 2013 yılında viskon kumaşların fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için çeşitli kolay bakım bitim işlemi banyoları denemişlerdir. Çalışmada, 10 g/l triklosan esaslı ticari ürün ve 60 g/l DMDHEU kullanılarak viskon kumaşlara buruşmazlık ve antibakteriyel özellik kazandırılmıştır. Ardından bu banyoya TiO₂ nanopartikülleri katılarak UV koruyucu özellik elde edildiği ve PVP katılarak ise bu fonksiyonel özelliklerin yıkamaya karşı dayanıklı olmasının sağlandığı belirtilmiştir [57].

Polivinilamin (PVAm) ise lineer katyonik bir polimer olup, polivinilaminin molekül zincirinde bağlı bulunan primer amino grupları kolaylıkla fonksiyonel hale getirilebilmektedir. Örneğin polivinilaminin karboksillenmesiyle poliamino karboksilik asit elde edilebilmekte bu da selüloz molekülünün hidroksil grupları ile reaksiyon vererek buruşmazlık sağlayabilmektedir [27],[29].

Dehabadi ve diğ. 2012'de, pamuklu kumaşa liflerin çapraz bağlanması için reaksiyon ürünü olarak ticari polivinilamin ve bromoasetik asit kullanarak elde ettikleri poliamino karboksilik asidin etkisini incelemişlerdir. Çapraz bağlanma reaksiyonu; poliamino karboksilik asidin karboksil grupları ve selülozun hidroksil grupları arasında ester bağlarının oluşumu sayesinde gerçekleşmiştir (Şekil 10).



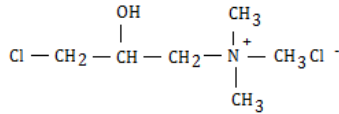
Şekil 10: Karboksillenmiş PVAm ile çapraz bağlanmış selüloz yapısı [29].

Çalışmada elde edilen buruşmazlık etkisinin yıkamaya dayanıklı olduğu ve yumuşaklık, beyazlık, kopma mukavemeti gibi özelliklerin önemsenecik bir değişim göstermediği belirtilmiştir [29]. 2013 yılında yaptıkları diğer çalışmada da pamuklu kumaşa kolay bakım ve biyostatik özellikler

kazandırmak için; polivinilaminin, bromoasetik asit ve 3-bromopropiyonik asit ile karboksillenmesi yoluyla elde ettikleri poliamino karboksilik asidi kullanmışlardır. Poliaminokarboksilik asit, pamuklu kumaşlara çoklu yıkamalara karşı dayanıklı buruşmazlık etkisi ve biyostatik özellik kazandırmış, kopma mukavemeti ve beyazlık özelliklerini ise çok fazla etkilememiştir [27].

3.4 İyonik Çapraz Bağlanma Yöntemi

Pamuklu kumaşlara formaldehidsiz kolay bakım özelliği kazandırmak için uygulanabilecek başka bir yöntem de iyonik çapraz bağlanmadır [14],[20],[25],[34],[58]. İyonik çapraz bağlanma, polimer endüstrisinde çeşitli uygulamalarda kullanılan ve çapraz bağlanmaya alternatif bir yöntemdir. Bu yöntemde, pamuklu kumaş, birinci adımda monokloroasetik asit (CAA) ile karboksimetilleme yoluyla anyonik veya 3-kloro-2-hidroksi-propiltrimetil amonyum klorür (CHTAC) veya ticari adı Quat-188 (Şekil 11) olan ürün ile katyonik hale getirilmekte ardından bu ürünlerden biriyle iyonik hale getirilen kumaş, ikinci adımda zıt yüklü bir madde ile reaksiyona tabi tutularak çapraz bağlanmaktadır [14],[58],[59]. İlk adımda eğer kumaş anyonik hale getirildiyse ikinci adımda polikasyon olarak katyonik kitosan, katyonik gliserin, katyonik etilen glikol, katyonik dekstroz, katyonik D-sellobioz veya Quat-188; eğer kumaş ilk adımda katyonik hale getirildiyse ikinci adımda polianyon olarak 1, 2, 3, 4-bütantetrakarboksilik asit (BTCA), etilendiamintetraasetik asit (EDTA), nitrilotriasetik asit, oksalik asit, sitrik asit veya malik asit gibi bileşikler kullanılmaktadır [14].



Şekil 11: 3-kloro-2-hidroksi-propiltrimetil amonyum klorür (CHTAC) [Quat-188] [34].

İyonik çapraz bağlama yönteminin uygulandığı bazı buruşmazlık çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Bilgen 2005, pamuklu kumaşları, anyonik veya katyonik hale getirdikten sonra zıt yüklü polielektrolit uygulayarak iyonik çapraz bağlamayı sağlamıştır. Çalışmada, anyonik selüloza polikasyonlarla yapılan işlemlerin daha iyi buruşmazlık etkisi sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, iyonik materyali, zıt yüklü polielektrolite ilave ederek bir bileşik oluşturmak ve bu bileşiği kumaşla reaksiyona sokmak suretiyle gerçekleştirilen tek adımlı işlem de denenmiştir. Bu yöntemin hem daha kolay hem daha hızlı olduğu ve klasik yöntemle benzer etkiler elde edilebildiği ifade edilmiştir [14].

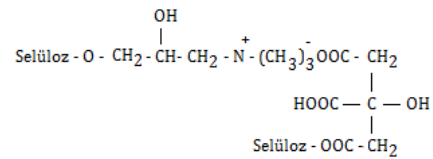
Hashem ve diğ. 2005'te, pamuklu kumaşa formaldehidsiz kolay bakım özelliği kazandırmak için iyonik çapraz bağlama yöntemi üzerine çalışmışlardır. Bu amaçla, pamuklu kumaş ilk olarak sodyum hidroksit ve monokloroasetik asit ile reaksiyona sokularak kısmen karboksimetillendirilmiştir. İkinci adımda ise katyonik bir madde olan 3-kloro-2-hidroksi-propiltrimetil amonyum klorür (Quat-188) ile katyonikleştirilmiştir. Çalışmada, işlem görmüş kumaşların çapraz bağlanma derecesi ile kolay bakım özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kolay bakım özellikleri olarak buruşmazlık açıları, kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları incelenmiştir. İşlemsiz kumaşlarla kıyaslandığında, yapılan işlemlerin iyonik çapraz bağlanmayı arttırarak kumaşların kolay bakım özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir [34].

Hebeish ve diğ. 2006'da, Quat-188 ile katyonikleştirilmiş pamuklu kumaşa kolay bakım özelliği kazandırmak için sitrik asit (CA) ve 1, 2, 3, 4-bütantetrakarboksilik asit (BTCA) ile ard işlem uygulamışlardır. Kumaşların mukavemet özellikleri, buruşmazlık açıları, beyazlık indeksleri ve reaktif boyarmaddelerle boyanabilirlik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, yapılan işlemlerin kumaşların buruşmazlık açısını arttırdığı, kopma mukavemetini ve beyazlık indekslerini azalttığı belirlenmiştir. Katyonikleştirme işlemi boyanabilirliği geliştirirken, polikarboksilli asitler boyanabilirliği azaltmıştır. Ancak çapraz bağlayıcı olarak BTCA kullanıldığında daha iyi renk verimleri elde edilmiştir. Buradan da BTCA'nın daha avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır [43].

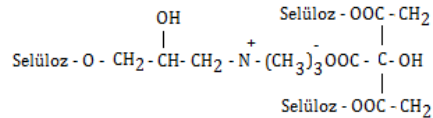
Hashem ve diğ. 2009'da, pamuklu kumaşların buruşmazlık ve tutum özelliklerini geliştirmek ve aynı zamanda mukavemet özelliklerini olumsuz yönde etkilememek için uygulanabilecek ekolojik yöntemler üzerine çalışmışlardır. Bu amaçla, kumaşın performans özelliklerini etkileyen ön işlemler (karboksimetilleme veya iyonik çapraz bağlanma), bitim işlemleri (amino fonksiyonel silikon yumuşatıcı ile ard işlem) ve termofiksaj koşulları incelenmiştir. Çalışmada, modifiye selüloz yüzeyine yumuşatıcı uygulamasının kumaş esnekliğini ve yumuşaklık derecesini arttırdığı, ancak mukavemet özelliklerini düşürmediği gözlenmiştir [59].

Hashem ve diğ. 2011'de, pamuklu kumaşın kolay bakım özelliklerini geliştirirken mekanik özelliklerini korumak için iyonik çapraz bağlanmaya dayanan bir yöntemi uygulamışlardır. Bu amaçla, katyonikleştirilmiş pamuklu kumaş, sodyum hipofosfit ile birlikte amonyum sitrat kullanılarak 180 °C'de 90 saniyelik bir işlemle çapraz bağlanmıştır. Çalışmada, %0.09 azot içerikli pamuklu kumaşın katyonikleştirilmesinin ve ardından %6 amonyum sitrat ile çapraz bağlanmasının hem kuru hem de yaş buruşmazlık açılarını geliştirirken kopma mukavemetini de çok fazla etkilemediği belirtilmiştir. Hatta kopma mukavemetinde çok az bir artış meydana geldiği ve bu artışın katyonikleştirme seviyesine paralel olarak artmaya devam ettiği de ifade edilmiştir [25].

Aşağıdaki şekillerde (Şekil 12 ve 13) selülozun iyonik çapraz bağlanma reaksiyonları verilmiştir.



Şekil 12: İyonik çapraz bağlanmış selüloz yapısı [43].

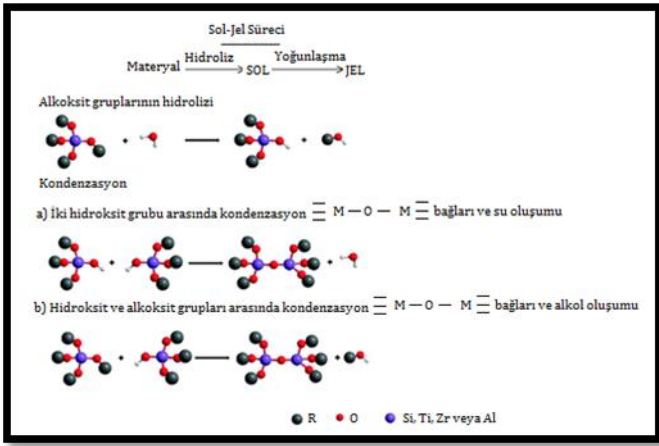


Şekil 13: Ester ve iyonik çapraz bağlanmış selüloz yapısı [25],[43].

3.5 Sol-Jel Yöntemi

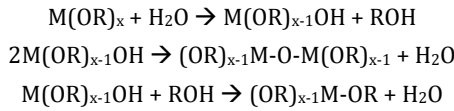
Sol-jel yöntemi, tekstil materyallerinin modifiye edilmesinde gittikçe önem kazanan bir yöntemdir. Bu yöntem, tetraetoksilan (TEOS) veya glisidiloksi-propiltrimetoksilan (GPTMS) gibi metal veya yarı metal alkoksitlerin hidroliz ve kondenzasyonuna dayanmaktadır [60],[61]. Bu silikon alkoksitlerin reaksiyonları, genellikle düşük sıcaklıklarda

gerçekleşmekte ve amorf üç-boyutlu silikon oksit ağının oluşumuyla sonuçlanmaktadır [44],[60]. Tekstil materyalleri hidrolize metal alkoksit çözeltisiyle emdirilmekte ve ardından belirli bir sıcaklıkta kurutma ve fiksaj işlemlerine tabi tutulmaktadır. Böylece uygulanan materyallerin yüzeyi ince bir kaplamayla kaplanmakta ve silan esaslı bağlayıcı maddelerle lif yüzeyi modifiye edilmiş olmaktadır [60],[62]. Bu bağlayıcı maddeler genellikle lif-matris ara yüzey bölgesindeki hidroksil grubu sayısını azaltarak ve çapraz bağlanma derecesini artırarak mükemmel bir tutunma sağlamaktadırlar. Nem varlığında, hidrolize olabilen alkoksit grubu silanollerini oluşturmakta, silanol grupları da lifin hidroksil grupları ile reaksiyona girerek çapraz bağları meydana getirmektedir. Bu esnada, sol-jel yönteminde olan hidroliz ve kondenzasyon (yoğunlaşma) reaksiyonları gerçekleşmektedir [26],[63],[64] (Şekil 14).



Şekil 14: Sol-jel reaksiyonunun şematik gösterimi [26],[65].

Hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonlarının kinetiği, aşağıdaki denklemler yardımıyla ifade edilmektedir.



Burada M, metal cinslerini (Ti, Si, Al, Zr, vs.) ve R, alkil gruplarını (metil, bütil, etil vs.) göstermektedir [26].

Selülozik kumaşlara bu yöntemle göre buruşmazlık kazandırılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmektedir.

Schramm ve diğ. 2004'te, pamuklu kumaşlara ilk adımda BTCA ve SHP içeren çözeltiler; ikinci adımda ise GPTMS ve TEOS esaslı çözeltiler ile olmak üzere iki adımlı işlem uygulamışlardır. Numunelerin buruşmazlık değerleri ve sürtünme dayanımları değerlendirilmiştir. Buruşmazlığın kısmen geliştiği, sürtünme dayanımının ise belirgin bir artış gösterdiği belirlenmiştir [44].

Schramm ve diğ. 2005'te, formaldehit salımını azaltmak için DMDHEU ile işlem görmüş pamuklu kumaşları hidrolize TEOS veya GPTMS çözeltileri ile iki adımlı kaplama işlemine tabi tutmuşlardır. Ayrıca DMDHEU ve TEOS veya GPTMS'nin kombinasyonu ile tek adımlı işlem de uygulamışlardır. Çalışmada, DMDHEU ve GPTMS çözeltileri ile iki adımlı işlem gören pamuklu kumaşlarda formaldehit salımının azaldığı ve buruşmazlık etkisinin iyileştiği gözlenmiştir. Ancak DMDHEU'nun varlığında GPTMS'nin tek adımda hidroliz işlemi esnasında GPTMS'nin epoksit grubu ile DMDHEU'nun

hidroksimetil grubu reaksiyon verdiğinden buruşmazlık etkisi elde edilemediği ifade edilmiştir. Diğer taraftan DMDHEU'nun TEOS çözeltisi ile iki adımlı işlemde önemli bir değişim olmazken tek adımlı işlemde üstün buruşmazlık etkisi elde edildiği gözlenmiştir [60].

Huang ve diğ. 2006'da, buruşmazlık bitim işlemi maddesi dimetiltolilenüre (DMEU) ile farklı konsantrasyonlardaki tetraetoksisilan (TEOS) ve farklı hacimlerdeki isopropanolü (IPA) kombine ederek emdirme-kurutma-fiksaj yöntemiyle pamuklu kumaşlara uygulamışlardır. Çalışma, TEOS'un kumaşların buruşmazlık özelliğini geliştirirken kopma mukavemetini koruduğunu, yumuşaklığını da çok az değiştirdiğini göstermiştir. IPA çözgeni, kumaşların buruşmazlığını arttırmış ancak kopma mukavemetini azaltmıştır. Bu nedenle iyi buruşmazlık ve kopma dayanımı elde etmek için IPA çözgeninin düşük miktarda kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır [66].

Huang ve diğ. 2007'de, DMDHEU (dimetildihidroksi etilenüre) ve TEOS/TTB'nin (tetraetoksisilan/titanyum(IV) n-butoksit) farklı mol oranlarındaki karışımlarını pamuklu kumaşa uygulamış ve işlemin kumaşın kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, SiO₂ ve DMDHEU arasında hidrojen bağlarının oluştuğu, TEOS oranı arttıkça buruşmazlık, mukavemetin korunması ve sararmanın azalması özelliklerinin geliştiği, yumuşaklığın ise azaldığı gözlenmiştir. Ancak, TEOS/TTB oranı 10/1 olduğunda buruşmazlık da önemli derecede azalmıştır. Bu nedenle daha iyi fiziksel özelliklerin sağlanması için TEOS/TTB oranının 2.5/1 veya 5/1 ve DMDHEU konsantrasyonunun %10 olması gerektiği ifade edilmiştir [67].

Huang ve diğ. 2007'de, 1, 2, 3, 4-bütantetrakarboxilik asit (BTCA)/maleik anhidrit (MAH) ile tetraetoksisilanı (TEOS) çeşitli konsantrasyonlarda karıştırarak çözeltiler hazırlamışlar ve emdirme-kurutma-fiksaj yöntemiyle pamuklu kumaşlara uygulamışlardır. Çalışmada, SiO₂ ve BTCA/MAH arasında hidrojen bağlarının oluştuğu, kumaşların buruşmazlık, kopma mukavemeti ve sararma özelliklerinin iyi olduğu, ancak yumuşaklığın olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir [68].

4 Buruşmazlığın Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Test Yöntemleri

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda buruşmazlığın değerlendirilmesi için genellikle kuru ve yaş halde buruşmazlık açısının ölçülmesi test yöntemi kullanılmıştır. Bunun haricinde kullanılabilecek birkaç test yöntemi daha bulunmaktadır [3],[7],[33] ve bu yöntemler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: Buruşmazlık test yöntemleri.

Test Yöntemi Standardı	Test Yöntemi Adı	Açıklama
AATCC 124	Tekrarlı Ev Yıkamaları Sonrası Kumaşın Görünümü	Kumaş, özel yöntemlerle yıkanır ve kurutulur. Kumaşın görünümü, skala yardımı ile 1-5 arasında değerlendirilir. Bu değer 3.5'ten büyük olursa buruşmaz kabul edilir.
AATCC 128	Kumaşların Kırışık Düzelmeleri Görünüm Yöntemi	Kumaşın özel bir aletle kırışması sağlanır ve görünümü, skala yardımı ile 1-5 arasında değerlendirilir.

Tablo 1: Buruşmazlık test yöntemleri. (devamı)

Test Yöntemi Standardı	Test Yöntemi Adı	Açıklama
AATCC 66	Dokuma Kumaşların Kırışık Düzelmeye Açısı (Buruşmazlık Açısı)	Düz kumaş, kuru veya yaş halde özel bir aletle kırıştırılır. Ardından serbest bırakılarak kuru veya yaş halde düzelme açısı ölçülür.
AATCC 88C	Tekrarlı Ev Yıkamaları Sonrası Kumaşlarda Kırışık Kalıcılığı	Kırışık kumaş, özel yöntemlerle yıkanır ve kurutulur. Kumaşın kırışık görünümü, skala yardımı ile 1-5 arasında değerlendirilir.
ISO 2313	Kırışık Düzelmeye Belirlenmesi	Kumaş numunesi yatay olarak kenarlarından katlanır ve serbest bırakılır.
TS 390 EN 22313	Yatay olarak katlanmış kumaşta katın açılmasının kat düzelme açısının ölçülmesi yolu ile tayini	Kumaş numunesi, özel bir aletle yük altında katlı halde bekletilir. Ardından serbest bırakılarak katın açılması beklenir ve kat düzelme açısı ölçülür.

5 Sonuç

Selüloz esaslı liflerden elde edilen kumaşlarda buruşma önemli bir problemdir. Bu sorunu gidermek için buruşmazlık veya easy care (kolay bakım) bitim işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem, yaygın olarak çapraz bağlayıcılarla yapılmakta ancak çapraz bağlayıcıların kullanımı ile ilgili ekonomik, ekolojik ve kumaşlarda yıpranma (mukavemet kayıpları, sararma vb) gibi çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar da günümüzde buruşmazlık konusunda yapılan araştırmaları, yeni yöntemlerin önerilmesine, var olan yöntemlerin iyileştirilmesine ve yeni çapraz bağlayıcıların sentezlenmesine yönelmektedir. Alternatif yöntemler olarak, buruşmazlık bitim işlemi banyosuna çapraz bağlayıcılarla beraber yardımcı maddelerin ve alternatif katalizörlerin ilave edilmesi; mikrodalga, UV ve nem fiksaj sistemlerinin uygulanması; PVP ve PVAm kimyasal maddelerinin çapraz bağlayıcı olarak kullanılması; iyonik çapraz bağlama ve sol-jel gibi yeni yöntemlerin buruşmazlık işlemlerinde kullanılması önerilmektedir. Bu konularda yapılan çalışmaların sonuçları, mukavemet kayıplarının önlendiğini, renk değişimlerinin azaldığını, işlemlerin yıkamalara olan dayanımının arttığını ve kumaşların tutumlarında meydana gelen sertleşmelerin azaldığını göstermektedir.

6 Kaynaklar

- [1] Needles HL. *Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes, A Concise Guide*. 1st ed. New Jersey, USA, Noyes, 1986.
- [2] Carty P, Byrne MS. *The Chemical and Mechanical Finishing of Textile Materials*. 2nd ed. Newcastle, UK, Newcastle upon Tyne Polytechnic Products Ltd, 1991.
- [3] Sharpe G, Mallinson P. *Easy-Care Finishing of Cellulosics*. Editor: Heywood D. Textile Finishing, 337-350, Society of Dyers and Colourists, Hampshire, UK, 2003
- [4] Kim E, Csiszar E. "Chemical Finishing of Linen and Ramie Fabrics". *Journal of Natural Fibers*, 2(3), 39-52, 2005.
- [5] Tavcer PF, Kosir S, Csiszar E. "Properties of Differently Printed and Easy-Care Finished Linen Fabrics". *Coloration Technology*, 127(3), 194-199, 2011.

- [6] Dalbaşı ES, Çoban S, Bahtiyari Mİ. "An Optimization Study on Crosslinking of Linen and Cotton Fabrics". *Industria Textila*, 64(5), 235-240, 2013.
- [7] Perkins WS. *Textile Coloration and Finishing*. 1st ed. North Carolina, USA, Carolina Academic Press, 1996.
- [8] Parker J. *All About Cotton: A fabric Dictionary and Swatchbook*. Fabric Reference Series 2nd Vol. Seattle, USA, Rain City Publishing, 1998.
- [9] Harmon S. "Project Cotton, Cotton Classroom, Appearance Retention Properties of Cotton". Department of Textile and Apparel Management University of Missouri, 2008. <http://cotton.missouri.edu/Classroom-Appearance.html> (28.03.2014).
- [10] Fibre2fashion. "Wrinkle resistant cotton fabrics". <http://www.fibre2fashion.com/industryarticle/13/1284/wrinkle-resistant-cotton-fabrics1.asp> (30.07.2008).
- [11] Herekeli.com - Herekeli Buluşma Noktası. "Hereke Masalı". <http://www.herekeli.com/tr> (28.03.2014).
- [12] Metod Makina San. ve Tic. Ltd. Şti. "Krinkil Efekt Makinaları". <http://www.metodmakina.com/krinkil-efekt-makinasi.html> (28.03.2014).
- [13] Fiscus G, Grunenwald D. *Textile Finishing, A Complete Guide*. 1st ed. Sausheim, France, Editions High Textil, 1995.
- [14] Bilgen M. Wrinkle Recovery for Cellulosic Fabric by Means of Ionic Crosslinking. MSc Thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University, North Carolina, USA, 2005.
- [15] Ammayappan L, Nayak LK, Ray DP, Das S, Roy, AK. "Functional Finishing of Jute Textiles-An Overview in India". *Journal of Natural Fibers*, 10(4), 390-413, 2013.
- [16] Tegewa, "FCI Fonds der Chemischen Industrie, Informationsserie Textilchemie". <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/textilchemie-textheft.pdf> (27.03.2014).
- [17] Hill DJ, Hall ME, Holmes DA, Lomas M, Padmore K. *An Introduction to Textiles, Volume IV, Textile Wet Processing*. Bolton, UK, Comett Eurotex, 1993.
- [18] Lacasse K, Baumann W. *Textile Chemicals, Environmental Data and Facts*. 1st ed. Heidelberg, Germany, Springer, 2004.
- [19] Zhou W, Yang CQ, Lickfield GC. "Mechanical Strength of Durable Press Finished Cotton Fabric Part V: Poly (vinyl alcohol) as an Additive to Improve Fabric Abrasion Resistance". *Journal of Applied Polymer Science*, 91(6), 3940-3946, 2004.
- [20] Harifi T, Montazer M. "Past, Present and Future Prospects of Cotton Cross-linking: New Insight into Nanoparticles". *Carbohydrate Polymers*, 88(4), 1125-1140, 2012.
- [21] Eligible Magazine. "Wrinkled Clothes". <http://www.eligiblemagazine.com/wp-content/uploads/2012/08/WrinkledClothes1.jpg> (28.03.2014).
- [22] Das S. "Important Aspects of Wrinkle Free Finish". *Asian Dyer*, June-July, 39-42, 2013.
- [23] Gürsoy NÇ, Armağan OG, Şahin UK, Gül M. "Farklı Ön Terbiye İşlemlerinin Buruşmaz Kumaş Performansına Etkileri". *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(4), 336-342, 2010.
- [24] Çoban S. *Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri*. 1. Baskı. İzmir, Türkiye, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi, Yayın No: 10, 1999.
- [25] MMGM M, Elshakankery MH, Abd El-Aziz SM, Fouda HAHM, Fahmy, HM. "Improving Easy Care Properties of Cotton Fabric via Dual Effect of Ester and Ionic Crosslinking". *Carbohydrate Polymers*, 86(4), 1692-1698, 2011.

- [26] Arik B. Kitosanın Farklı Aplikasyon Yöntemleri Uygulanarak Medikal Tekstillerde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 2013.
- [27] Dehabadi VA, Buschmann HJ, Gutmann JS. "Study of Easy Care and Biostatic Properties of Finished Cotton Fabric with Polyamino Carboxylic Acids". *The Journal of the Textile Institute*, 104(4), 414-418, 2013.
- [28] Bajaj P. "Finishing of Textile Materials". *Journal of Applied Polymer Science*, 83(3), 631-659, 2002.
- [29] Dehabadi VA, Buschmann HJ, Gutmann JS. "Durable Press Finishing of Cotton Fabrics with Polyamino Carboxylic Acids". *Carbohydrate Polymers*, 89(2), 558-563, 2012.
- [30] Tootal. "The Company History and its Products (ties, scarves etc) The Fedora Loungue". [http://www.thefederalounge.com/showthread.php?64730-Tootal-The-Company-History-and-its-products-\(ties-scarves-etc\)](http://www.thefederalounge.com/showthread.php?64730-Tootal-The-Company-History-and-its-products-(ties-scarves-etc)) (28.03.2014).
- [31] İlk kim neyi buldu. "Buruşmaz Kumaşı Kim Buldu". <http://www.ilkkimbuldu.com/burusmaz-kumasi-kim-buldu> (28.03.2014).
- [32] Elektromania.net. "İlk Buruşmaz Kumaş - Tarih Boyunca ilk icatlar." <http://www.elektromania.net/default.asp?tid=1117> (28.03.2014).
- [33] Schindler WD, Hauser, PJ. *Chemical Finishing of Textiles*. 1st ed. Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited, 2004.
- [34] Hashem M, Refaie R, Hebeish A. "Crosslinking of Partially Carboxymethylated Cotton Fabric via Cationization". *Journal of Cleaner Production*, 13(9), 947-954, 2005.
- [35] Fahmy HM, Abo-Shosha MH, Ibrahim NA. "Finishing of cotton fabrics with poly (N-vinyl-2-pyrrolidone) to Improve Their Performance and Antibacterial Properties". *Carbohydrate Polymers*, 77(4), 845-850, 2009.
- [36] Yeqiu L, Jinlian H, Yong Z, Zhuohong Y. "Surface Modification of Cotton Fabric by Grafting of Polyurethane". *Carbohydrate Polymers*, 61(3), 276-280, 2005.
- [37] Zhou LM, Yeung KW, Yuen CWM, Zhou X. "Effect of Mercerization on the Crosslinking of Ramie Fabric using 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic Acid: Physical Properties and Crosslink Distribution". *Textile Research Journal*, 72(9), 795-802, 2002.
- [38] Sauperl O, Stana-Kleinschek K. "Differences between Cotton and Viscose Fibers Crosslinked with BTCA". *Textile Research Journal*, 80(4), 383-392, 2010.
- [39] Lam YL, Kan CW, Yuen, CWM. "Wrinkle-Resistant Finishing of Cotton Fabric with BTCA-the Effect of Co-Catalyst". *Textile Research Journal*, 81(5), 482-493, 2010.
- [40] Hebeish A, Abdel-Mohdy FA, Fouda MMG, Elsaid Z, Essam S, Tammam GH, Drees EA. "Green Synthesis of Easy Care and Antimicrobial Cotton Fabrics". *Carbohydrate Polymers*, 86(4), 1684-1691, 2011.
- [41] Fouda MMG, El Shafei A, Sharaf S, Hebeish A. "Microwave Curing for Producing Cotton Fabrics with Easy Care and Antibacterial Properties". *Carbohydrate Polymers*, 77(3), 651-655, 2009.
- [42] Nazari A, Montazer M, Rashidi A, Yazdanshenas M, Anary-Abbasinejad M. "Nano TiO₂ Photo-Catalyst and Sodium Hypophosphate for Cross-Linking Cotton with Poly Carboxylic Acids under UV and High Temperature". *Applied Catalysis A: General*, 371(1-2), 10-16, 2009.
- [43] Hebeish A, Hashem M, Abdel-Rahman A, El-Hilw ZH. "Improving Easy Care Nonformaldehyde Finishing Performance using Polycarboxylic Acids via Precationization of Cotton Fabric". *Journal of Applied Polymer Science*, 100(4), 2697-2704, 2006.
- [44] Schramm C, Binder WH, Tessadri R. "Durable Press Finishing of Cotton Fabric with 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic Acid and TEOS/GPTMS". *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 29, 155-165, 2004.
- [45] Oh KW, Jung EJ, Choi H-M. "Nonformaldehyde Crease-Resistant Finishing of Ramie with Glyoxal in the Presence of a Swelling Agent". *Textile Research Journal*, 71(3), 225-230, 2001.
- [46] Talebpour F, Holme I. "Effects of Silicone-Based Softener on the Easy-Care Finished Cotton Fabric". *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 31(3), 444-449, 2006.
- [47] Li J, Feng J, Zhang H, Zhang J. "Wear Properties of Hemp, Ramie and Linen Fabrics After Liquid Ammonia/Crosslinking Treatment". *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(5), 81-85, 2010.
- [48] Chattopadhyay SN, Pan NC, Roy AK, Khan A. "Finishing of Jute Fabric for Value-Added Products". *Journal of Natural Fibers*, 7(3), 155-164, 2010.
- [49] Aly AS, Hashem A, Hussein SS. "Utilization of Chitosan Citrate as Crease-Resistant and Antimicrobial Finishing Agent for Cotton Fabric". *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 29(2), 218-222, 2004.
- [50] Mostafa KhM, Samarkandy AR, El-Sanabary AA. "Using Persulfate Oxidized Chitosan as a Novel Additives in Easy-Care Finishing for Cotton Textiles". *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 48(2), 130-135, 2009.
- [51] Lam YL, Kan CW, Yuen CW. "Wrinkle-Resistant Finishing with Dimethyloldihydroxyethyleneurea (DMDHEU)-the Effect of Co-Catalyst". *Textile Research Journal*, 81(14), 1419-1426, 2010.
- [52] Mohsin M, Carr CM, Rigout M. "Development of Zero Formaldehyde Easy Care Finishing System by Using Nano Titanium Dioxide with Citric Acid and Its Impact on Physical Properties". *Fibers and Polymers*, 14(9), 1440-1444, 2013.
- [53] Yao W, Wang B, Ye T, Yang Y. "Durable Press Finishing of Cotton Fabrics with Citric Acid: Enhancement of Whiteness and Wrinkle Recovery by Polyol Extenders". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(46), 16118-16127, 2013.
- [54] Blackburn RS, Abdullah I, Russell SJ, Taylor J. "Mechanism of Cross-linking of Tencel Woven Fabric for Superior Easy-Care Properties and Analysis Using Fluorescence Microscopy". *Lenzinger Berichte*, (85), 113-123, 2006.
- [55] Fahmy HM. "Utilization of Poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) in Easy Care Finishing of Cotton Fabrics to Improve their Performance Properties and Antibacterial Activities". *Journal of Industrial Textiles*, 39(2), 109-122, 2009.
- [56] Fahmy HM, Abdel-Halim ES. "Utilization of Poly (N-vinyl-2-pyrrolidone) to Enhance the Performance Properties as well as UV Protection of Ester Crosslinked Cotton Fabrics". *Journal of Industrial Textiles*, 40(2), 109-121, 2010.
- [57] Fahmy HM, Eid RAA, Hashem SS, Amr A. "Enhancing Some Functional Properties of Viscose Fabric". *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1539-1545, 2013.
- [58] Refai R, Hashem M, Hebeish A. "Inducing Durable Press in Ionically Crosslinked Cotton Fabric". *RJTA*, 9(2), 47-63, 2005.

- [59] Hashem M, Ibrahim NA, El-Shafei A, Refaie R, Hauser P. "An Eco-Friendly-Novel Approach for Attaining Wrinkle-Free/Soft-Hand Cotton Fabric". *Carbohydrate Polymers*, 73(4), 690-703, 2009.
- [60] Schramm C, Rinderer B, Binder WH, Tessadri R, Duelli H. "Treatment of 1,3-dimethylol-4, 5-dihydroxyimidazo Lidine-2-one Finished Cellulosic Material with Tetraethoxy Silane or Glycidylxypropyl-Trimethoxysilane Solutions". *Journal of Materials Science*, 40(8), 1883-1891, 2005.
- [61] Brzezinski S, Kowalczyk D, Borak B, Jasierski M, Tracz A. "Applying the Sol-Gel Method to the Deposition of Nanocoats on Textiles to Improve Their Abrasion Resistance". *Journal of Applied Polymer Science*, 125(4), 3058-3067, 2012.
- [62] Roe BG. Durable Non-Fluorine Water-Repellent Fabric Finishing: Surface Treatment using Silica Nanoparticulates and Mixed Silanes. MSc Thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA, 2008.
- [63] Kalia S, Kaith BS, Kaur I. "Pretreatments of Natural Fibers and their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites-A Review". *Polymer Engineering & Science*, 49(7), 1253-1272, 2009.
- [64] Xie Y, Hill CAS, Xiao Z, Militz H, Mai C. "Silane Coupling Agents Used for Natural Fiber/Polymer Composites: A Review". *Composites: Part A*, 41(7), 806-819, 2010.
- [65] Pardo R, Zayat M, Levy D. "Photochromic Organic-Inorganic Hybrid Materials". *Chemical Society Reviews*, 40, 672-687, 2011.
- [66] Huang KS, Nien YH, Hsiao KC, Chang YS. "Application of DMEU/SiO₂ Gel Solution in the Antiwrinkle Finishing of Cotton Fabrics". *Journal of Applied Polymer Science*, 102(5), 4136-4143, 2006.
- [67] Huang KS, Yang KL, Lin SJ, Lian WT. "Antiwrinkle Treatment of Cotton Fabric with a Mixed Sol of TEOS-TTB/DMDHEU". *Journal of Applied Polymer Science*, 106(4), 2559-2564, 2007.
- [68] Huang KS, Hwang MC, Chen JS, Lin SJ, Wang SP. "Application of Mixed Gel Solution in the Anti-Wrinkle Finishing of Cotton Fabrics". *The Textile Institute*, 98(2), 169-176, 2007.