



TEKSTİL BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA GELİŞMELER

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. AYKUT DEMİRÇALI

DR. ÖĞR. ÜYESİ CAFER AKYÜREK

Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği Alanında Gelişmeler

Editörler

**Doç. Dr. Aykut Demirçalı
Dr. Öğr. Üyesi Cafer Akyürek**

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editörler
Doç. Dr. Aykut Demirçalı & Dr. Öğr. Üyesi Cafer Akyürek

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2024

Yayımcı Sertifika No
45813

Matbaa Sertifika No
47381

ISBN
978-625-6274-24-8

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres:Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480,
Mamak, Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118

web: www.platanuskitap.com

e-mail: platanuskitap@gmail.com



PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Aloe Vera /PVA/PLA Nanobiyokompozitlerin Temas açısı (Hidrofilite) özelliklerinin incelenmesi	
Ahmet Özgür AĞIRGAN	
BÖLÜM 2.....	25
Su İticilik Apreleri ve Seçilmiş Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi	
Gamze GÜLŞEN BAKICI	
BÖLÜM 3.....	53
Comparison the Performance Proeperties of Polyamide and Acrylic Yarns on Behalf of Knitted Outerwear	
Züleyha DEĞİRMENCİ & Ebru ÇORUH & Tuğba CAN	



BÖLÜM 1

Aloe Vera /PVA/PLA Nanobiyokompozitlerin Temas açısı (Hidrofilite) özelliklerinin incelenmesi

Ahmet Özgür AĞIRGAN¹

¹Öğr.Gör. Dr. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ/Türkiye

1.Giriş

Fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı İki malzemenin birleşerek yeni ve daha iyi özellikli madde oluşturmaları II.Dünya Savaşından beri bilinmektedir. Kompozit malzeme ismini alan bu malzemeler, endüstri devrimi ile ortaya çıkmış ve günümüzde hemen hemen tüm alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Kompozitler, önce metal alaşım olarak kullanılırken, daha sonra yerlerini hafif ve mekaniksel özellikleri yüksek olan, mühendislik polimerlerine bırakmıştır. Polimer, monomer adı verilen küçük bir molekül biriminin çok sayıda ard arda kovalent bağlarla birbirine bağlanmasıyla oluşan büyük moleküllu bileşiklerdir [1]. Polimerlerden yapılmış kompozitler, mukavemet, hafiflik, üstün termal ve mekanik karakterler gibi yüksek performans özellikleri ile malzeme biliminde ve bir çok mühendislik alanında kendilerini göstermişlerdir. Özellikle Uzay ve havacılık alanında kullanılan polimer kompozitlerin, gelişen teknoloji ile beraber daha da küçük ölçeklerde kullanılmaya başlanmasıyla, bu malzemelerin performans özelliklerini de arttırmıştır. Önceleri mikro boyutta üretilen bu malzemeler, sonraları daha da küçülerek “Nano” boyutta üretilmeye başlanmıştır. Nano kelimesi, Latince “Bodur” anlamına gelen nanos kelimesinden türemiş olup [2], metrenin milyarda biri anlamındadır [3]. Nanoteknoloji, belirtilen ölçekteki maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapılarının çoklu disiplinlerde incelendiği bilim dalı olarak tanımlanabilir. Nano boyuttaki yapıların kullanılması; elektronik, tıp ve malzeme alanlarında atom ve moleküllere şekil verilerek yeni malzemeler üretilmesini ve/veya konvansiyonel malzemelerin özelliklerinin değiştirilip, geliştirilmesini sağlamıştır. Özellikle kompozit malzemelerin nano boyutta olanları, başka bir deyişle “nanokompozitler”, 100nm den küçük bir, iki veya üç boyutlu çok fazlı katı maddeler ve/veya malzemeyi oluşturan farklı fazlar arasında nano büyüklüklerde tekrar eden yapılardır [4]. Günümüzde tüm mühendislik alanlarında kullanılan bu malzemeler, daha küçük ölçekte ve yüksek performansta olup; kendini temizleyen duvar boyaları, yapay damar üretimi, ilaç salınım sistemleri, sürtünmeyi azaltan motor yağları, Süper hızlı bilgisayar cipleri gibi farklı alanlarda ürünlerle hayatımıza girmiştir.

Elektroegirme, 50-900 nm inceliğinde nanoliflerin oluşturulması için bilinen en eski nano malzeme üretim metodudur. Elektrik akımı yardımıyla polimer çözeltinin elektriksel alanda lif haline getirilmesiyle oluşturulan nano lifler, tek bir polimerden elde edildiği gibi, iki veya daha çok nano boyuttaki polimer maddenin bileşimi olan nanokompozit şeklinde de meydana getirilirler.

Nanoteknolojinin en çok kullanım alanı bulduğu polimerler doğada biyolojik olarak bozunabilen biyopolimerlerdir. Günümüzde biyopolimerlerle; yapay or-

gan, doku, yapay deri gibi farklı vücut yapılarının yerini alabilecek veya iyileştirebilecek, kolayca dokularla uyum sağlayan ve gerektiğinde kolayca bozunabilen yapılar oluşturulmaktadır. Bu biyolojik bozunabilen polimerler, biokütle ürünleri (polisakkaritler, protein, lignin), mikroorganizmalardan elde edilenler (PHA, PHB, PHBV...), biyoteknoloji ürünü olanlar (PLA türevleri), Petro kimyasal ürünleri (PCL, aromatik ve alifatik poliester kopolimerleri) olmak üzere 4 farklı grupta toplanırlar [5]. Biyolojik polyeşter grubuna giren polilaktik asit ve türevleri, biyolojik olarak kolayca bozunabilir yapıda olmaları nedeniyle bozunabilen polimerler içerisinde en önemli gurubu oluştururlar. Bu polimerler 2-8 ay gibi kısa sürede biyolojik olarak doğal ortamda bozunabilmektedirler.

Aloevera bitkisi 30-50 cm uzunluğunda ve 10 cm genişliğinde sapsız ve etli, çok yıllık bezelye yeşili renkte, beyaz lekeli yaprakları ve 25-35 cm sarı parlak tübüler çiçeğı bulunan bir bitkidir. Bu bitkinin taze yapraklarının içerisinde bulunan parankimal hücrelerden elde edilen renksiz yapışkan bir jel olan Aloe vera jeli, yara iyileştirmeden, antiinflatuara, çeşitli hastalıkların tedavisine kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Dünyada 250-300 kadar türü olan bitkinin iyileştirme özelliğı olan türü Aloe barbadensis Miller'in jeli, medikal anlamda fonksiyonel özellikler gösterir [6]. 200 den fazla madde içeren aloe vera jel içerisinde, 18 farklı amino asit, 20 mineral 12 vitamin bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Aloe vera jel (AVG), ticari olarak üretilmiş ve Türkiye'de satılmakta olan Foreverlivingproduct firmasının Aloe Vera Barbadensis Miller tipi 500 ml lik plastik şişedeki ürünüdür.

Polilaktid veya poli (laktik asit) (PLA), talep durumu ve uygun üretim maliyetleri ile, biyoplastik pazarında lider bir konumdadır. Laktik asitten üretilen alifatik (düz zincirli) poliester olup, nispeten doğal oluşumlu asit ve gıda katkı maddesidir. PLA, polistren ve poliester e benzer sertlik ve şeffaflıkta termoplastik bir malzemedir. PLA polimerinden, esnek ve sert film ambalajları, enjeksiyon kalıpları, ekstrüzyon kaplama ve tekstil elyafı olarak farklı son kullanım ürünleri elde edilir. Endüstriyel geri dönüşüm koşulları altında, biyotabanlı, toprakta emilebilir, biyolojik olarak parçalanabilir bir polimerdir [7].

PLA üretimidir. Diğer bir metod olan ROP (Halka açılımı polimerizasyonun) yüksek moleküler ağırlıklı polimer üretimi için ticari avantaj sağlayan mısır dekstrozunun fermentasyonu ile önemli bir maliyet azalmasını sağlayan laktik asit üretimidir. Laktik asitin steroizomerleri olan L- ve D- kiral yapıdaki (ayna görüntüsündeki) yapıları yön değişimsiz karışımlarının fermentasyonu çok özel yapılar oluşturur. Sıklık laktik dimerleri üç yapıda elde edilir. DD- Laktid, LL- Laktid ve LD- ve DL- Laktit (Mezo izomer laktid) olarak isimlendirilir [8].

ROP polimerizasyonu ile elde edilen glikolit monomerleri genellikle %30-55 kristalin bölge oranına sahip, camsı geçiş ve yumuşama sıcaklıkları oda sıcaklığının üzerinde yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Yarı kristalin yapısından dolayı yüksek florlanmış organik çözücüler, özellikle HFIP (Hekza Floro İzopropanol) çözücüsü ile çözünürler. Yüksek mukavemeti, kolaylıkla biyo bozunur yapıda olması ve vücut içi medikal malzemelerde kullanımını arttırmıştır. Glikolit, kopolimer olarak diğer monomerlerle kullanılması onun kristalin bölge oranını azaltır ve esnekliğini artırır [9].

PVA, suda çözünebilir, hidrofilik yapıda bir polimer olup, dünyada en çok üretilen yapay yapıştırıcıdır. Mükemmel kimyasal direnci, fiziksel özellikleri ve biyo bozunurluk özelliği nedeniyle, birçok ticari üründe kullanılmaktadır. Tekstil ve kağıt sanayinde, haşıl maddesi, kaplama maddesi, yapıştırıcı, emülsiyon maddesi, kolloid süspansiyonlar için dengeleyici olarak kullanılmaktadır [10]. H₂O ve CO₂ gibi bozunma ürünleri oluşturan, gerçek bir biyo bozunur polimer olması, bunun yanında özellikle biyomedikal uygulamalar ve ilaç yapımında, işleme kolaylığı, toksid ve kanserojen olmaması, biyolojik yapıştırıcı olması nedeniyle çok kullanılan avantajlı bir polimerdir [11].

Çalışmada, ekstrakte edilmiş, Aloe vera Jel (AVG) %100 olarak kullanılmıştır. Taşıyıcı olarak kullanılan Polivinilalkol (PVA) ise elektroegirme işleminde optimum kullanım oranı ağırlıkça %12 miktarında alınmıştır. Bu iki hidrojel özellikli madde, farklı oranlarda (AVG %10-PVA %90, AVG %20-PVA %80, AVG %30-PVA %70, AVG %40-PVA %60, AVG %50-PVA %50) hazırlanmış ve karışımlar elektroegirme yöntemi ile nanolif haline getirilmiştir. İkinci kısımda ise, elde edilen farklı oranlardaki PVA/AVG nanolifli yüzey üzerine biyolojik olarak bozunabilen poliester esaslı Polilaktasit (PLA) kopolimerleri, yine elektroegirme yöntemiyle ilk katmanlı kompozit yapı oluşturulmuştur. %10'luk çözeltiler halinde hazırlanan Poli-L-laktasit (PLLA:100), Polilaktik-co-glikolid (PLGA75:25), Polilaktik-co-glikolid (PLGA 50:50) polimerleri, kloroform (CHCl₃), diklorometan (DCM) çözücülerinde 8:2 oranında çözündürülerek oluşturulan karışım aleovera katkılı nanolif üzerine, elektro egirme ünitesinde yeni bir tabaka oluşturularak, nanobiyokompozit malzeme elde edilmiştir. Üçüncü aşamada ise elde edilen malzemeye; CA (Temas açısı ölçümü diğer adıyla ıslanabilirlik, hidrofilite testi, yöntemleri ile belirlenmiş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Biyopolimerlere aloe vera jel ekleyerek nanokompozit oluşturmak amacıyla yapılan bu çalışmada, elektroegirme yöntemi kullanılarak, 95:05, 90:10, 80:20 oranlarında karıştırılmış Aloe vera Jel (AVG)/Polivinilalkol (PVA) polimerinin su ile oluşturulan çözeltilerinden üretilen nanolif içeren yapılara, yine aynı üretim yöntemi kullanılarak PLLA polimeri, PLGA (50:50) ve PLGA (75:25) kopolimerlerinin 1g/10 ml oranında %80CHCl₃: %20 DMF karışımlı polimer çözeltiden elde edilen nanolifin, taşıyıcı 2.katman olarak eklenmesiyle tabakalı nanobi-yokompozit yapı elde edilmiştir. Öncelikle Forever Living Products firmasından elde edilen stabilize edilmiş (ortam koşulları için kimyasal işlemle dayanımı artırılmış), AVG alınarak sokslet kartuşu kullanılarak süzme işlemi yapılmış, bitkisel artıklardan arındırılmıştır. Biyo polimerler PLLA ve kopolimerleri PLGA (50:50) ve PLGA (75:25), Sigma Aldrich firmasından satın alınmıştır. PVA polimeri, iletkenlik arttırmada kullanılan NaCl ve polimerleri çözme işleminde kullanılan kloroform çözücüsü ise Merck firmasından temin edilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar herhangi bir işleme tabi tutulmadan kendi saflıkları ile çözeltilere eklenmiştir. PVA ve AVG maddelerini çözmek için deiyonize su kullanılmıştır. NaCl eklenerek manyetik karıştırıcıda 24 saat karıştırılır. Homojeniteyi arttırmak için Ultrasonik banyoda 10 dk kahverengi kapaklı şişe içerisinde (çözeltinin uçmaması için) homojenize edilir. Polivinilalkol (PVA), ağırlıkça %12 oranında deiyonize su ile 24 saat manyetik karıştırıcıda homojen olarak karıştırılarak, çözünmesi sağlanır. Hazırlanan PVA çözeltisi, 10ml hacim içerisinde, %95, 90, 80 konsantrasyonlarda alınarak, içersine %5, 10, 20 oranlarında stabilize edilmiş AVG eklenmiştir. 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılan PVA/AVG çözeltilerinin homojeniteyi arttırmak için ultrasonik banyoda 10 dakika kavitasyon ortamında (hava içerisinde gaz baloncukları oluşturarak) homojenize edilir. Çözeltilerin karıştırma işlemlerinde, Stuart SB 162 marka manyetik karıştırıcı, sonra Everest CleaneX marka ultrasonik banyo kullanılmıştır. Tartım İçin 0.0001g hassasiyetli Precisa XB220A hassas terazi kullanılmıştır. NaCl eklenerek manyetik karıştırıcıda 24 saat karıştırılır. Homojeniteyi arttırmak için Ultrasonik banyoda 10 dk kahverengi kapaklı şişe içerisinde (çözeltinin uçmaması için) homojenize edilir. Polivinilalkol (PVA), ağırlıkça %12 oranında deiyonize su ile 24 saat manyetik karıştırıcıda homojen olarak karıştırılarak, çözünmesi sağlanır. Hazırlanan PVA çözeltisi, 10ml hacim içerisinde, %95, 90, 80 konsantrasyonlarda alınarak, içersine %5, 10, 20 oranlarında stabilize edilmiş AVG eklenmiştir. 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılan PVA/AVG çözeltilerinin homojeniteyi arttırmak için ultrasonik banyoda 10 dakika kavitasyon ortamında

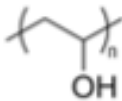
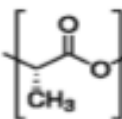
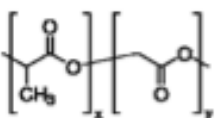
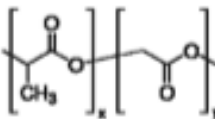
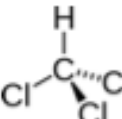
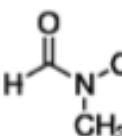
(hava içerisinde gaz baloncukları oluşturarak) homojenize edilir. Çözeltilerin karıştırma işlemlerinde, Stuart SB 162 marka manyetik karıştırıcı, sonra Everest Cleanex marka ultrasonik banyo kullanılmıştır. Tartım için 0.0001g hassasiyetli Precisa XB220A hassas terazi kullanılmıştır.

2.2. Polimer Çözeltilerin Hazırlanması

PLLA polimeri, PLGA (50:50) ve PLGA (75:25) kopolimerleri 1g/10ml oranında %80CHCl₃ %20DMF karışımli çözeltide çözüldürölerek, çözelti iletkenliğini ve dolayısıyla elektroğıirmede çözeltilinin çekim kuvvetini arttırmak için içerisine 0.1 g NaCl eklenerek manyetik karıştırıcıda 24 saat karıştırılır. Homojeniteyi arttırmak için Ultrasonik banyoda 10 dk kahverengi kapaklı şişe içerisinde (çözeltilinin uçmaması için) homojenize edilir. Polivinilalkol (PVA), ağırlıkça %12 oranında deiyonize su ile 24 saat manyetik karıştırıcıda homojen olarak karıştırılarak, çözünmesi sağlanır. Hazırlanan PVA çözeltisi, 10ml hacim içerisinde, %95, 90, 80 konsantrasyonlarda alınarak, içersine %5, 10, 20 oranlarında stabilize edilmiş AVG eklenmiştir. 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılan PVA/AVG çözeltilerinin homojeniteyi arttırmak için ultrasonik banyoda 10 dakika kavitasyon ortamında (hava içerisinde gaz baloncukları oluşturarak) homojenize edilir. Çözeltilerin karıştırma işlemlerinde, Stuart SB 162 marka manyetik karıştırıcı, sonra Everest Cleanex marka ultrasonik banyo kullanılmıştır. Tartım için 0.0001g hassasiyetli Precisa XB220A hassas terazi kullanılmıştır.

Hazırlanan Polimer çözeltilerin, pH ve iletkenlik (mS/cm) değeri, WTW Cond 3110 marka El tipi pH iletkenlik ölçer cihazıyla, Viskozite değeri ise Brookfield DV-E viskozimetre cihazıyla ölçölmüştür. Viskozite ölçümünde, az miktardaki numunelerin ölçümü için küçük numune adaptörü (10ml ve altındaki hacimdeki çözeltiler için) s21 numara spindle (döner mil) kullanılmış, 100rpm de, 25⁰ C de, cp (santipoise) olarak değeri okunmuştur. Çalışmada, çözeltileri hazırlanan polimer maddelerden, içerdikleri polimerin %karışımlarına bağılı olarak 30 farklı çözelti oluşturulmuştur. Tüm çözeltilerin pH, iletkenlik ve viskozite değeri ölçöldükten sonra nanolif üretimi için enjektörlere yerleştirilmiştir. Aşağıda, Tablo 2.2’de hazırlanan çözeltiler ve karışım oranları verilmiştir

Tablo 2.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar ve Bilinen Özellikleri

Kimyasal Madde	Firma ve Kod Numarası	Formülü	Özellikleri
Aloe Vera Jel	Forever living Product	AVG	33.8 Fl. Oz. 500ml Stabilize edilmiş Tutuşma sıcaklığı >230 °C Çözünme sıcaklığı (20 °C) erime noktası 200 °C 70.000 mol yoğunluk 1.3 g/cm ³ pH 4.5 - 7.0
PVA (Polivinilalkol)	Merck 843869		
Poly (L-lactide)	Sigma Aldrich P1566 Lactel® BP-0600		85,000-160,000 mol
Poly (D,L-lactide-co-glycolide)	Sigma Aldrich P1941 Lactel® BP-0300		lactide: glycolide (75:25), 66,000-107,000 mol Saklama Isısı: -20°C
Poly (D,L-lactide-co-glycolide)	Sigma Aldrich P2191 Lactel® BP-0100		lactide: glycolide (50:50), 30,000-60,000 mol Saklama Isısı: -20°C
Kloroform (CHCl ₃)	Sigma Aldrich C2432		Kloroform %99saflıkta 100-200ppm Amilen düzenleyici içerir.
N,N-Dimetilformamit (DMF)	Sigma Aldrich 270547		Susuz %98.8 Saflıkta
Sodyum Klorit	Sigma Aldrich 13423	NaCl	%99.0-100.5 Kuru madde oranı ≤0.00002%Al

Tablo 2.2. Hazırlanan Çözeltiler ve Karışım Oranları

No	Polimer	Karışım Oranı
1	PVA (%12)	100%
2	PLLA (%10)	100%
3	PVA (%12)/AVG	%95/%5
4	PVA (%12)/AVG	%90/%10
5	PVA (%12)/AVG	%80/%20
6	PLLA (%10)/PVA (%12)	%100 & %100
7	PLLA (%10) PVA (%12)/AVG	%100 & %95/%5
8	PLLA (%10) PVA (%12)/AVG	%100 & %90/%10
9	PLLA (%10) PVA (%12)/AVG	%100 & %80/%20
10	PLGA (50/50) [%10]	100%
11	PLGA (50/50) [%10]PVA/AVG	%95/5
12	PLGA (50/50) [%10]PVA/AVG	%90/10
13	PLGA (50/50) [%10]PVA/AVG	%80/20
14	PLGA (50:50) (%10)/PVA (%12)	%100 & %100
15	PLGA (75/25) [%10]	100%
16	PLGA (75/25) [%10] PVA/AVG	%95/5
17	PLGA (75/25) [%10] PVA/AVG	%90/10
18	PLGA (75/25) [%10] PVA/AVG	%80/20
19	PLGA (75/25) [%10] PVA (%10)	%100 & %100

2.3. Elektroegirme İşlemi

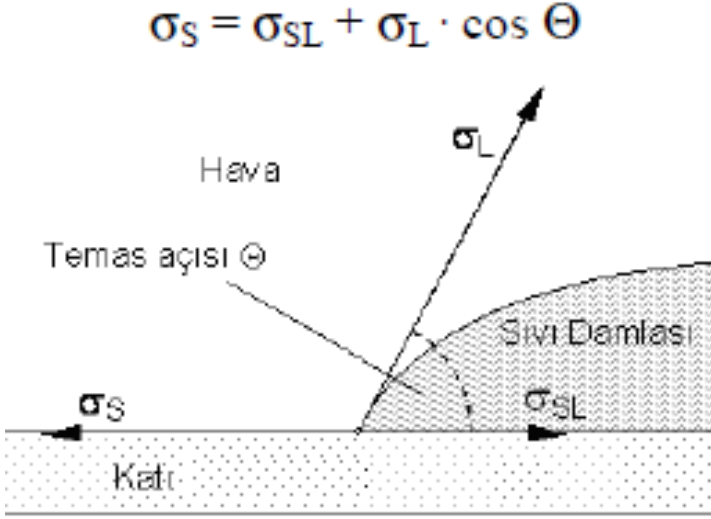
Çalışmanın yapıldığı elektroegirme cihazı, dikey üretim prensibine göre çalışan (İğne aşağıda, toplayıcı silindir yukarıda olan) Invenso firmasının NS24 laboratuvar tipi makinesiyle gerçekleştirilmiştir. Enjektöre çekilen polimer çözelti, dozajlama ünitesine yerleştirilerek, ml/dk hız ayarlı enjektör pompası yardımıyla, çapı 20 gauge olan düzeye pompalanır. Düzeden çıkan polimer jeti 35 d/dk dönüş hızında merkezden sağa ve sola doğru salınım yapan ve düzeden 15-30 cm yukarıda bulunan 8cm çapındaki toplayıcı silindire, ortalama 30 kV'lık AC alternatif akım voltajı ile oluşan elektrik alana yönlenerak nanolif li 2 katlı kompozit yapılar oluşturulmuştur. Nanokompozit üretimi, 26-30 °C de ve %30-42 bağıl nemde yapılmıştır.

Tablo 2.3. Elektro Egirme Üretim Parametreleri

POLİMER Çözeltilisi	NaCl (g)	Üretim Hızı (ml/saat)	Toplayıcı Uzaklığı (cm)	Üretim Sıcaklığı (°C)	Relatif Nem (%)	AC Akım Voltajı (kV)
PVA/AVG	-	1	15	26	40	33
PLLA	0.2	0.30	27	29	32	30
PLGA (50:50)	0.1	0.25	30	30	35	34
PLGA (75:25)	0.1	0.30	27	29	32	32

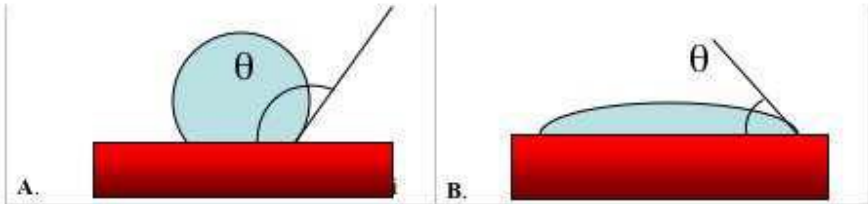
2.8. Temas Açısı Ölçümü Testi (Contact Angle Tester)

Su iticilik kavramı (Hidrofob) bir molekülün sudan kaçınma özelliğini ifade eder. Hidrofobik bir yüzey üzerine damlatılan bir su molekülü yüzey enerjisini en aza indirmek için küre şeklini alır. Oluşan bu kürenin sayısal değerini ölçmek için, temas açısı ölçümü yöntemi geliştirilmiştir. Hidrofobik bir yüzeyin üzerinde bulunan suyun temas açısı büyük olur. Bu nedenle “ıslanabilirlik” leri çok az veya yoktur.



Şekil 2.12. Katı Madde Üzerindeki Sıvı Damlasının Temas Açısı

Şekil 2.12’de, tüm vektörler sıvı, katı ve havanın temas ettiği tek bir nokta orijinlidir. Sıvının yüzey gerilimini gösteren σ_L damla yüzeyine teğettir. Katı-sıvı yüzey gerilim vektörü σ_{SL} karakteristik θ temas açısını oluşturur. Bu eşitlikte temas açısı (θ) ne kadar küçükse sıvının katı üzerindeki dağılımı o kadar iyidir.



Şekil 2.13. Hidrofobik ve Hidrofilik Yüzey Temas Açıları

Sıvının türüne göre değişen moleküller arası çekim kuvvetleri (kohezyon kuvvetleri) bulunmaktadır. Sıvının çeşitli derinliklerinde bulunan moleküller çevresindeki komşu moleküller tarafından her yönden eşit olarak çekim kuvvetlerinin etkisi altında bulunurlar. Böylece sıvı içerisindeki bir moleküle etkiyen kuvvetler birbirlerini dengeler. Oysa sıvının yüzeyinde bulunan bir molekül (sıvı-buhar ara yüzeyi göz önüne alındığında) buhar fazındaki yoğunluk sıvı fazdan düşük olduğundan, sadece yüzeyin altındaki moleküller tarafından sıvının içerisine doğru çekilirler. Sıvı içindeki moleküllere etki eden kuvvetler birbirlerini dengelerken yüzeydeki moleküllerin serbest enerjisi yüksektir. Yüzeydeki moleküller enerjilerini minimize etmek için yüzeylerini en aza indirmeye çalışırlar. Bir sıvının yüzey gerilimi; yüzey üzerinde sıvının yüzey genişlemesine zıt olan birim uzunluk başına düşen kuvvettir. Yüzey gerilimi, yüzeye paralel olarak etkir [12].

Çalışmada üretilen numunelerin ıslanma ve emiş özelliklerinin ölçümü, Thwing-Albert firmasının PGX cep tipi gonyometre temas açısı ölçüm cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Temas açısı ölçüm testinin amacı nanokompozit malzemenin hidrofil (su emici) veya hidrofob (su itici) yapıda olduğunu tespit etmektir. Cihaza bütünleşik pompa kesin dozajlı bir damlayı test yüzeyi üzerine bırakır. Cihaz içerisindeki kamera damlanın video görüntüsünü kaydeder ve sonuçlar usb kablo ile bilgisayara aktarılır. Kendi programı sayesinde alınan görüntüler sayısal veriye çevrilerek, istatistik kenar açısı veya dinamik ıslanma ve nüfuz fonksiyonları olarak grafik olarak gösterilir.



Şekil 2.14. Thwing-Albert PGX Gonyometre Cihazı ve Ölçüm Programı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çözelti Özellikleri

Elektroegirme işleminde en önemli parametre çözücü seçimidir. İyi bir çözücünden beklenen, polimer zincirlerin istenilen oranda çözülmesi, egirme jetini kolayca şarj etmesi, yüzey gerilim kuvvetlerini oluşması nedeniyle çözeltideki moleküllerin bir arada bulunması, çözücü buharlaşması sırasında polimer jetin katılma oranının uygun oluşudur. Bu durumlara göre yüzey gerilimi ve buharlaşma özelliği elektro egirmede polimer çözeltinin nanolif meydana getirmesi için en önemli parametrelerdir [67]. Çözücü elektriksel alanda çekim için yeterli gelmiyorsa, inorganik tuz olan NaCl eser miktarda eklenebilir [114]. Viskozite ve iletkenlik değerleri, çözeltide bulunan polimerin miktarına ve moleküler ağırlığına göre değişmektedir. Örnek olarak PVA/AVG çözeltilerinde AVG miktarı arttıkça viskozitede artış olduğu gözlenmiştir. AVG %5 oranında viskozite 58cP iken, konsantrasyon %20 e çıktığında 123 cP e çıkmıştır. Saf haldeki AVG nin viskozitesi 14.8cp iken, PVA/AVG karışımlarında PVA oranının artmasıyla viskozitede belirgin oranda artış gözlenmiştir. Buna doğru orantılı olarak ise iletkenlikte artış görülmektedir. %0.5 AVG içeren çözeltide iletkenlik 1020 mS/cm iken, %20 konsantrasyonda AVG karışumlu çözeltide 1216 mS/cm dir. Ayrıca pH tüm çözeltiler için 5 olup, herhangi bir değişme görülmemiştir. Daha düşük konsantrasyonlar da AVG eklenmiş önceki çalışmalarda, konsantrasyon artışıyla iletkenlikte azalma ve pH değerlerinde düşme görülmüştür [13].

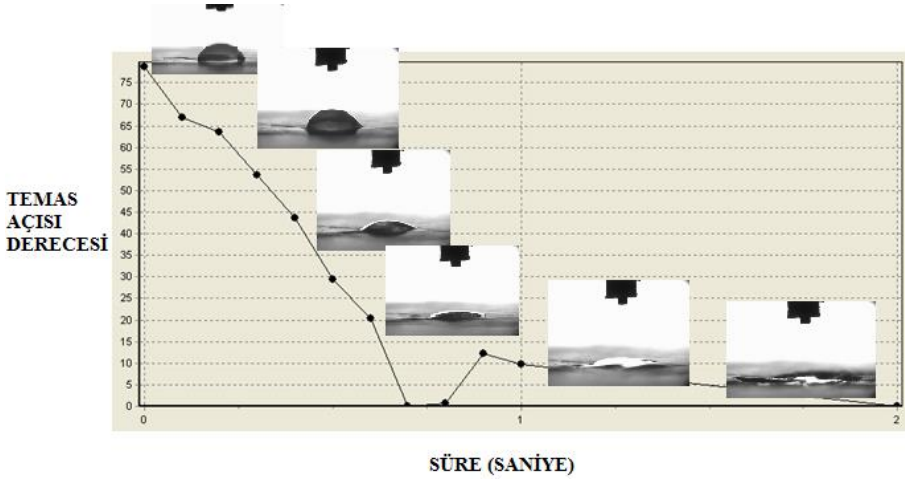
Tablo 3.1. Elektroegirme İşlemi için Hazırlanmış Polimer Çözeltilerin Özellikleri

Polimer ve çözücüsü	Karışım Oranı (%)	Viskozite (cP)	İletkenlik (mS/cm)	pH
AVG (%100)	100	14.8	3.25	5
PVA (%12)	100	215	519	5
PLLA (%10) CHCl ₃ /DMF	100	45	1,1	5
PVA (%12) + H ₂ O/AVG (%100)	95/5	58	1020	5
PVA (%12) + H ₂ O/AVG (%100)	90/10	113	1030	5
PVA (%12) + H ₂ O/AVG (%100)	80/20	123	1216	5
PLGA (%10) CHCl ₃ /DMF	100 (50:50)	86	3,6	5
PLGA (%10) CHCl ₃ /DMF	100 (75:25)	155	3,3	5

3.4. Temas Açısı Ölçüm Sonuçları

Temas açısı ölçümlerinde, biyonanokompozit yapılar yerine nanolifli yapılara test uygulanmıştır. Bunun nedeni, iki katmalı yapılarda üst tabakada yer alan po-

limer ve karışımların oluşturduğu yapının absorpsiyon özelliklerinin incelenmesidir. Alt katmanda daha çok taşıyıcı tabaka yer almaktadır. Ancak üretilen tüm nanolif bazlı tek katmanlı numunelere temas açısı ölçüm testi uygulanmıştır.

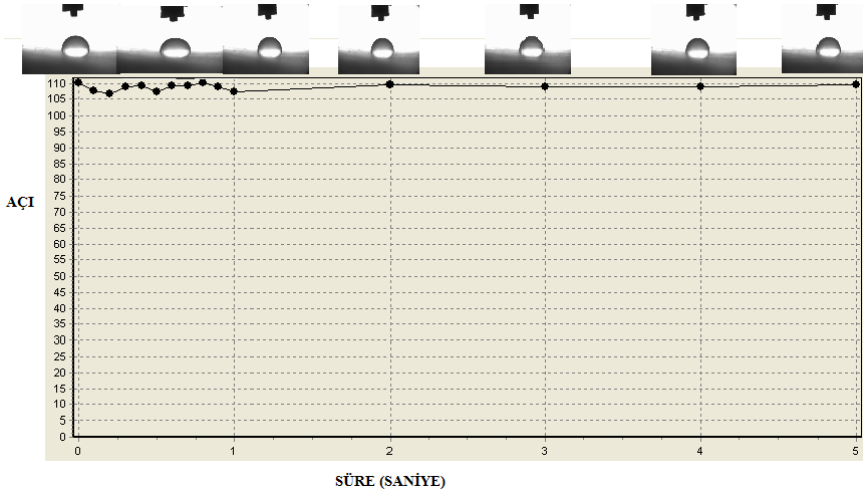


Şekil 3.11. %100 PVA Nanolifin Temas Açısı ve Emiş Özellikleri

Şekil 3.11’de %100 PVA nanolifine uygulanan temas açısı ölçüm testinde, PGX gonyometresi kullanılarak destile su ile yapılan temas açısı ölçümünde 2 saniye süren işlemde, damlanın 78.7° bir açıdan 0°’ye inmesi nanolif kumaşın emiş özelliklerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Tablo 3.3’te Temas açısıyla ilgili veriler, cihazın bilgisayar programında otomatik olarak sayısal değerlere çevrilmiştir.

Tablo 3.3. %100 PVA Nanolifin Sayısal Temas Açısı Değerleri

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.000	78.7	3.12	2.51	1.03
0.100	66.9	3.34	2.83	0.93
0.200	63.5	3.52	2.95	0.91
0.300	53.6	2.87	2.99	0.76
0.400	43.6	2.09	2.93	0.59
0.500	29.3	1.14	2.79	0.36
0.600	20.4	-0.01	0.46	-0.05
0.700	00.0	0.00	0.00	0.00
0.800	00.6	0.01	0.08	0.00
0.900	12.3	0.96	3.56	0.19
1.000	09.7	1.22	2.99	0.18
2.000	00.0	0.00	0.00	0.00



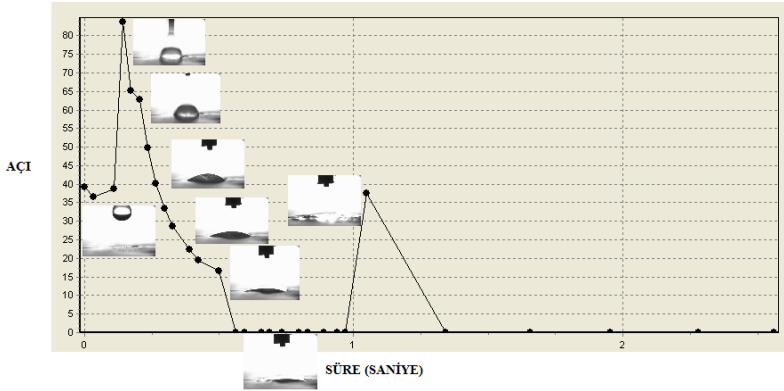
Şekil 3.12. %100 PLLA Nanolifin Temas Açısı ve Emis Özellikleri

Şekil 3.12. %100 PLLA nanolifinin temas açısı ve absorpsiyon (emis) özellikleri incelendiğinde hidrofob bir yapıda olduğu, suyu emmediği gözlenmiştir. Cihazdan çıkarılan kumaş üzerindeki damlanın nanolif yüzeyinden kolayca akıp gittiği incelenmiştir. Su damlatıldığı anda açı değeri 110.2° iken cihaz ölçümü tamamladığında 109.0° düştüğü gözlenmiştir.

Tablo 3.4. %100 PLLA Nanolifin Sayısal Temas Açısı Değerler

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.000	110.2	3.33	1.92	1.37
0.100	107.7	3.18	1.94	1.33
0.200	106.6	3.12	1.95	1.31
0.300	109.0	3.16	1.91	1.34
0.400	109.4	3.30	1.93	1.36
0.500	107.3	3.13	1.94	1.32
0.600	109.4	3.26	1.92	1.36
0.700	109.4	3.31	1.93	1.36
0.800	110.2	3.24	1.89	1.36
0.900	109.0	3.21	1.92	1.34
1.000	107.5	3.12	1.93	1.32
2.000	109.5	3.16	1.89	1.34
3.000	109.0	3.18	1.91	1.34

Literatürde, Saf PLLA'nın 88.8° temas açısı olduğunu, PLLA/PVA karışımlarında, PVA karışım oranı arttıkça bu açının 51.7° kadar düştüğü bildirilmiştir [121].

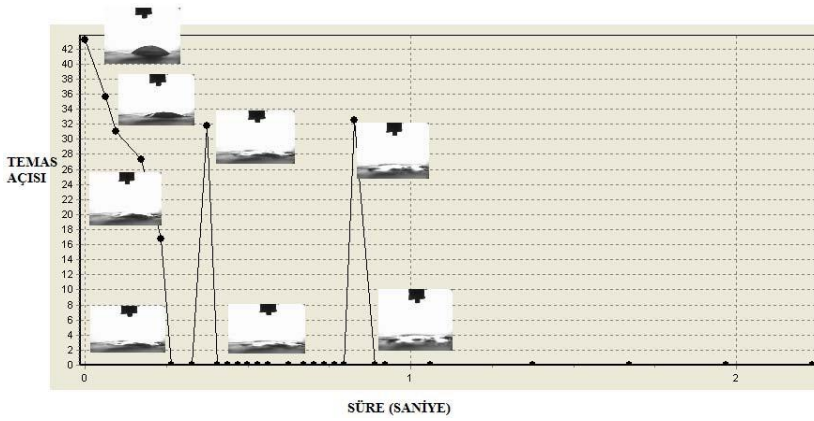


Şekil 3.13. PVA/AVG 95: 5 Nanolifinin Temas Açısı ve Emiş Özellikleri

Şekil 3.13'te ise başlangıçta oluşan pik makinanın damla düşmeden ölçüm yapması dolayısıyla oluşmuştur. Daha sonrasında 1 sn içerisinde 39° den 0° inmiştir. İkinci pik ise damlanın emilmesi sırasında hareket etmesinden kaynaklanmış olup ölçüm dışıdır. PVA/AVG 95:05 nanokompozitin temas açısının 0° inmesi tamamen absorban bir yapı olduğunu göstermektedir. Elde edilen sayısal veriler Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. PVA/AVG 95: 5 Nanolifinin Sayısal Temas Açısı Değerleri

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.000	39.2	-0.01	0.54	-0.10
0.032	36.5	-0.01	0.52	-0.09
0.110	38.8	-0.01	0.55	-0.10
0.141	83.7	2.08	2.11	0.94
0.172	65.3	2.08	2.44	0.78
0.204	62.8	3.84	3.06	0.93
0.235	49.8	4.06	3.46	0.80
0.266	40.2	3.96	3.75	0.69
0.297	33.5	3.66	3.92	0.59
0.329	28.6	3.36	4.03	0.51
0.391	22.4	2.97	4.22	0.42
0.422	19.5	2.60	4.24	0.36
0.500	16.7	2.20	4.23	0.31

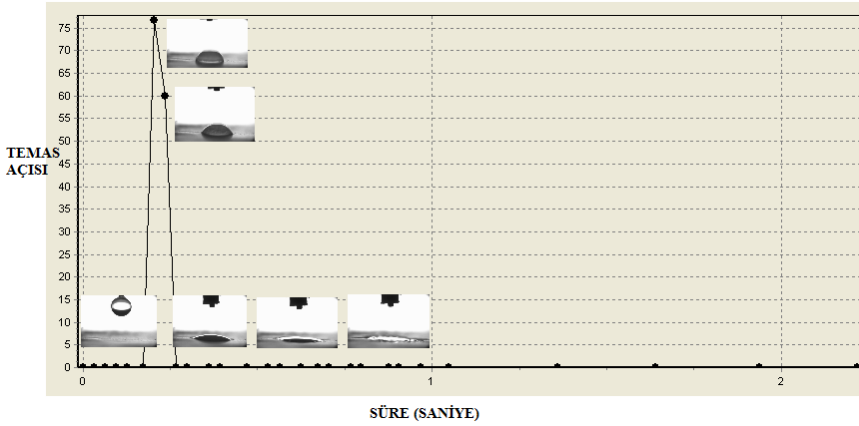


Şekil 3.14. AVG/PVA %90:10 Nanolifinin Temas Açısı ve Emis, Özellikleri

Tablo 3.6. AVG/PVA %95:10 Nanolifinin Sayısal Temas Açısı Değerleri

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.000	43.2	3.72	3.57	0.71
0.062	35.6	3.05	3.60	0.58
0.094	31.0	2.51	3.55	0.49
0.172	27.3	0.90	2.64	0.32
0.234	16.8	0.15	1.74	0.13
0.266	00.0	0.00	0.00	0.00
0.328	00.0	0.00	0.00	0.00
0.375	31.8	0.60	2.18	0.31
0.406	00.0	0.00	0.00	0.00
0.437	00.0	0.00	0.00	0.00
0.469	00.0	0.00	0.00	0.00
0.500	00.0	0.00	0.00	0.00
0.531	00.0	0.00	0.00	0.00

Şekil 3.14. ve Tablo 3.6'daki veriler incelendiğinde AVG/PVA %90:10 nanolifinin su emiş özelliklerinin yüksek olması hem PVA'nın, hem de AVG'nın, %100 suda çözünme özelliğinden dolayı temas açısının 43.2°'den 0°'ye kadar inmesi, diğer PVA/AVG karışımlarıyla birlikte bakıldığında, nanolifte içersindeki PVA polimeri ve AVG bitki özünün kimyasal yapısında hidroksil (-OH) gruplarının fazlalığıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

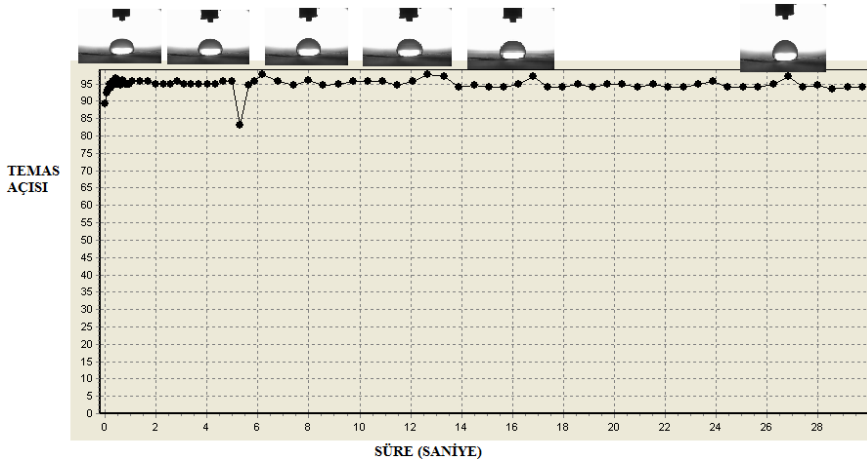


Şekil 3.15. AVG/PVA %80:20 Nanolifinin Temas Açısı ve Emiş Özellikleri

Tablo 3.7. AVG/PVA %80:20 Nanolifinin Sayısal Temas Açısı Değerleri

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.640	95.0	2.94	2.14	1.17
0.672	96.1	3.02	2.14	1.19
0.703	96.1	3.02	2.14	1.19
0.734	95.6	2.98	2.14	1.18
0.797	95.0	2.94	2.14	1.17
0.875	95.0	2.94	2.14	1.17
0.906	95.0	2.94	2.14	1.17
0.968	95.0	2.94	2.14	1.17
1.078	95.6	2.98	2.14	1.18
1.391	95.6	2.98	2.14	1.18
1.688	95.6	2.98	2.14	1.18
2.000	95.0	2.94	2.14	1.17
2.297	95.0	2.94	2.14	1.17
2.563	95.0	2.94	2.14	1.17
2.859	95.6	2.98	2.14	1.18
3.125	95.0	2.94	2.14	1.17
3.391	95.0	2.94	2.14	1.17
3.688	95.0	2.94	2.14	1.17
4.031	95.0	2.94	2.14	1.17
4.344	95.0	2.94	2.14	1.17

AVG/PVA %80:20 nanolif li numuneye bakıldığında yine absorban bir yapı görülmektedir. Saliselerle ani pik yaparak 0° temas açısına kadar düşen bir absorplama özelliği göstermiştir. Burada her iki makro molekülü bileşik içersindeki OH çözünür grupların etkisi ortaya çıkmaktığı düşünülmektedir. Şekil 3.15. ve Tablo 3.7 temas açısı ölçüm değerleri görülmektedir

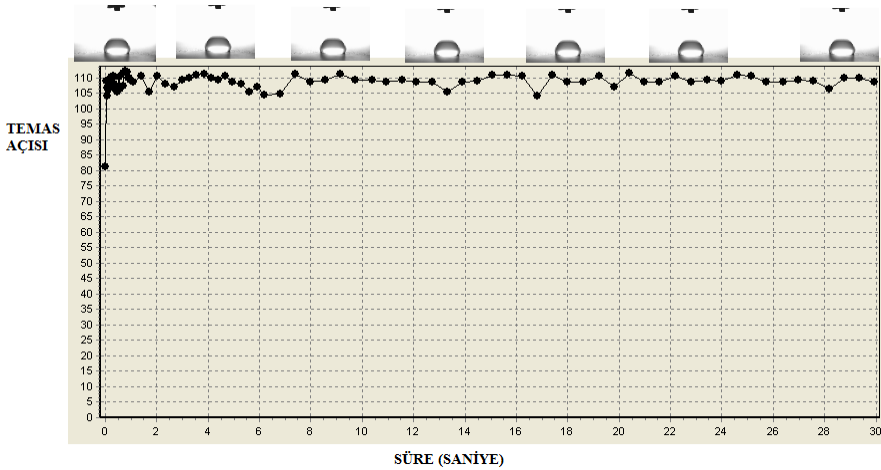


Şekil 3.16. %100 PLGA (50:50) Nanolifin Temas Açısı ve Emis, Özellikleri

Tablo 3.8. %100 PLGA (50:50) Nanolifin Sayısal Temas Açısı Değerleri

Time	Angle	Volume	Base	Height
0.640	95.0	2.94	2.14	1.17
0.672	96.1	3.02	2.14	1.19
0.703	96.1	3.02	2.14	1.19
0.734	95.6	2.98	2.14	1.18
0.797	95.0	2.94	2.14	1.17
0.875	95.0	2.94	2.14	1.17
0.906	95.0	2.94	2.14	1.17
0.968	95.0	2.94	2.14	1.17
1.078	95.6	2.98	2.14	1.18
1.391	95.6	2.98	2.14	1.18
1.688	95.6	2.98	2.14	1.18
2.000	95.0	2.94	2.14	1.17
2.297	95.0	2.94	2.14	1.17
2.563	95.0	2.94	2.14	1.17
2.859	95.6	2.98	2.14	1.18
3.125	95.0	2.94	2.14	1.17
3.391	95.0	2.94	2.14	1.17
3.688	95.0	2.94	2.14	1.17
4.031	95.0	2.94	2.14	1.17
4.344	95.0	2.94	2.14	1.17
4.656	95.6	2.98	2.14	1.18

Şekil 3.16. Tablo 3.8, Şekil 3.17. ve Tablo 3.9. Her iki polimer (PLGA (50:50), PLGA (70:30) bileşikte hidrofob karakterde bulunması, temas açısı ölçümünün yüksek olduğu önceki çalışmalarda incelenmiştir [14-15]



Şekil 3.17. %100 PLGA (70:30) Nanolifin Temas Açısı ve Emiş Özellikleri

4. SONUÇ

Çalışma sonuçlarına göre PVA/AVG karışımlarına bakıldığında İslanabilirlik genel olarak yüksek nanobiokompozit malzemeye eklenen ve taşıyıcı katman olan PLA polimer formlarından oluşan nanolifli yapının, kompozite hidrofor karakter kazandırdığı düşünülmektedir. Nanobiokompozit in absorban hidrofilik kısmı yani PVA/AVG üst temas kısmı, hidrofor karakter gösteren PLA nın iki farklı formu (PLLA ve PLGA) alt kısım (taşıyıcı) olarak, hijyenik ürünlerde kullanılabilir bir nanobiyokompozit olarak medikal alanda kullanılabilecek farklı yeni bir malzeme geliştirildiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Başer,İ.; (1991) “Elyaf Bilgisi” Marmara Üniveristesi Yayınları no:23 İstanbul,
2. Uldrich, J.; Newberry,D.; (2005) “Nanoteknoloji:Sıradaki büyük şey aslında çok küçük” Çevimen: Tolga Alıcı, Ledo Yayıncılık Türkiye, 31
3. Koo,J.H.: (2006) “Polymer Nanocomposites” McGraw Hill Nanoscience and Technology Series, McGraw Hill Comp. USA, 3.
4. Ajayan P.M., Schadler L.S., Braun. P.V., (2003) “Nanocomposite Science and Technology” Wiley. ISBN 3-527-30359-6.
5. Avérous L., Pollet E., (2012) “Green Energy and Technology: Environmental Silicate Nano-Biocomposites”, Chapter 2. Biodegradable Polymers, Springer.
6. H. Tsuji, Y. Ikada, (1996) “Crystallization from the melt of poly (lactide) s with different optical purities and their blends” Macromol. Chem. Phys. 197, 3483–3499. 1996
7. Blackburn R.S., (2005) “Biodegradable and Sustainable Fibers”, Chapter 6 PLA fibers”, p192-199 Woodheadpublishing Ltd, CRC Press, NY
8. Andrady A.L., (2008) “Science and Tecnology of Polymer Nanofibers”, A John Wiley Sons Inc., ISBN 978-0-471-79059-4
9. SinghV., Tiwari M., (2010) “Review Article: Structure-Processing-Property Relationship of Poly (Glycolic Acid) for Drug Delivery Systems 1: Synthesis and Catalysis”, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Polymer Science Volume 2010, Article ID 652719, 23 pages doi:10.1155/2010/652719
10. WHO, (1999) “ Monographs on selected medicinal plants” Volume 1 World Health Organization, ISBN 92 4 154517 8,Geneva
11. Briscoe B., Luckham, P., Zhu, S., Polymer (2000) “Positively charged amphiphilic polymers based on poly (N- isopropylacrylamide) : Phase behavior and shear-induced thickening in aqueous solution”,3851-3860 41
12. Cai W., Gupta,B.,R., (2002) “Hydrogels”, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Wiley, New York, NY Online
13. Turan,A.C., (2009),“Perfloropolieter-Poli (Bütilen-Etilen-2,2-DimetilPropilen) Tereftalat Blok Kopolimer Sentezi ve Yüzey Karakterizasyonu” Doktora Tezi, Danışman Prof. Dr. Hunay Evliya, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Adana
14. Uslu İ., Aytimur A., (2011) “Production and Characterization of Poly (vinyl alcohol)/Poly (vinylpyrrolidone) Iodine/Poly (ethylene glycol) Electrospun Fibers with (Hydroxypropyl) methyl Cellulose and Aloe Vera as Promising Material for Wound Dressing”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 000, 000–000 VC Wiley Periodicals, Inc.
15. Paragkumar N1, EdithD, Six J.L, (2006) “Surface characteristics of PLA and PLGA films”, Applied Surface Science 253 2758–2764



BÖLÜM 2

Su İticilik Apreleri ve Seçilmiş Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi

Gamze GÜLŞEN BAKICI¹

¹Çukurova Üniversitesi Adana Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
ORCID: 0000-0002-4241-7096

1. Giriş

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, tekstil sektöründe kullanılan geleneksel ürünlerin insan ihtiyaç ve beklentilerini karşılamada yetersiz kaldığı açıkça görülmüştür. Gelişen yaşam standartları ve değişen tüketici beklentileri, tekstil ürünlerinin yalnızca estetik ve konfor açısından değil, aynı zamanda işlevsellik ve çok yönlülük açısından da gelişmesini zorunlu kılmıştır. Bu durum, tekstil malzemelerine yeni ve yenilikçi fonksiyonel özellikler kazandırma gerekliliğini gündeme getirmiştir. Günümüzde tekstil ürünlerinden; su, yağ ve leke iticilik, antibakteriyel ve antimikrobiyal koruma, ısı yalıtımı, UV koruması, nefes alabilirlik, su geçirmezlik, kendini temizleme gibi ileri düzeyde performans özellikleri beklenmektedir. Bu özellikler, hem günlük yaşamda kullanılan tekstil ürünlerinde hem de endüstriyel ve teknik tekstil uygulamalarında önem kazanmaktadır.

Günümüzde tekstil malzemelerinin kalite standartları ve rekabet koşulları önemli ölçüde yükselmiştir. Bu durum, tekstil ürünlerinin performansını artırmaya yönelik yenilikçi kimyasal maddelerin ve ileri teknolojilerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Doğada lotus yaprakları ve böcek kanatlarının kendini temizleme özelliğinin keşfi, hidrofobik yüzeylere olan ilgiyi artırmıştır. Hidrofobik özellikler, günümüzde tekstil yüzey işlemlerinde en yaygın uygulamalardan biri haline gelmiş olup, katı yüzeylerde süperhidrofobiklik mekanizmalarına dair detaylı araştırmalar sürdürülmektedir (Borisova ve Reihmane, 2013). Genel olarak, koruyucu performans ile nefes alabilirlik arasında ters bir ilişki bulunmaktadır; yani, bariyer özellikleri yüksek olan kumaşlar genellikle daha düşük nefes alabilirlik sunmaktadır. Bu sebeple, kimyasal koruma ve kullanıcı konforunu bir araya getiren malzemelerin geliştirilmesi, son yıllarda hem akademik hem de endüstriyel çevrelerde yoğun ilgi görmektedir (Liu ve diğerleri, 2024).

Su geçirmezlik, temel olarak çevresel koşullar tarafından belirlenen bir gereklilik olduğundan, tekstil malzemelerinin suya karşı tepkisi değerlendirilmelidir. Bu açıdan, tekstil malzemeleri şu şekilde sınıflandırılabilir: (Williams, 2017)

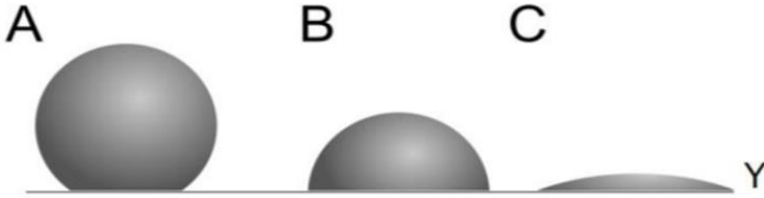
- Su emme ve tutma kapasitesine sahip malzemeler – hidrofilik malzemeler
- Suyu iten malzemeler – hidrofobik malzemeler.

Su iticilik işlemi, iki ana yöntemle gerçekleştirilir. Birinci yöntem, kumaşın tüm yüzeyinin polimer bir maddeyle kaplanarak su geçirmez özellik kazanmasıdır. Ancak bu uygulama, vücuttan su buharının atılmasını engelleyerek konforsuz bir durum yaratabilir ve bu tip kumaşlar su geçirmez kumaşlar olarak adlandırılır. İkinci yöntem ise hidrofobik yüzey işlemiyle yapılır. Bu yöntemde, her bir lif ayrı

ayrı su itici kimyasal ile kaplanarak ıslanma direnci sağlanır. Bu işlem, su buharının kumaştan uzaklaşmasına olanak tanır, böylece kumaş daha konforlu hale gelir çünkü su buharının geçişi engellenmez. Bu tip kumaşlara ise su itici kumaşlar denilmektedir (Ağırhan ve diğerleri, 2008).

Su itici kimyasallar, spor giyim, kişisel koruyucu ekipmanlar, itfaiyeci giysileri, açık hava iş kıyafetleri, araba örtüleri ve tıbbi yatak örtüleri gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır (Pektaş ve diğerleri, 2023). Bu kimyasallar, tekstil ürünlerinin suya karşı dayanıklılığını artırırken, outdoor spor giyiminde kullanıcıların kuru kalmasını sağlar. Ayrıca, hareket özgürlüğünü kısıtlamadan nemi dışarı atarak iç kısmın kuru kalmasını sağlayan özellikler önemlidir. Su itici, kir itici ve nem transferini sağlayan apreleme işlemleri, spor tekstillerinin performansını artırmak ve kullanıcı konforunu maksimize etmek için kritik öneme sahiptir (Budak, 2013).

Islanma, bir sıvının katı bir yüzeyle temas ettiği anda, sıvının o yüzey üzerinde yayılma eğilimini gösterdiği bir olaydır. Bu olay, sıvı ve katı yüzey arasındaki moleküller arası etkileşimlerin bir sonucu olarak meydana gelir. Islanma olayı, sıvının yüzeyde ne kadar yayılacağını belirleyen üç ana faktörle ilişkilidir: sıvının özellikleri (örneğin, yüzey gerilmesi), katı yüzeyin özellikleri (yüzey enerjisi ve pürüzlülüğü) ve ortamın koşulları (sıcaklık, nem vb.) (Şekil 1)



Şekil 1. Farklı akışkanların sebep olduğu farklı ıslatma kapasiteleri

(Özsevinç 2012)

Şekil 1'de A'nın ıslatma kapasitesi çok düşükken, C'nin ıslatabilme kapasitesi daha yüksektir. Tekstil elyaflarının heterojen ve karmaşık yapısı, ıslanma olayını anlamayı zorlaştırır. Ayrıca, sıvı sıcaklığı, yüzey gerilimini değiştirerek ıslatma derecesini etkiler. Sıvının katıyı ıslatabilmesi için, yüzeyler arasındaki toplam enerjinin düşmesi gerekir (Özsevinç, 2012).

2. Su İticilik

Tekstil ürünlerinin kullanım performansını, dokusunu ve estetik görünümünü iyileştirmek amacıyla yapılan tüm işlemler bitim işlemleri olarak adlandırılır. Bu

işlemler, kumaşlara farklı fonksiyonel özellikler kazandırmak için uygulanır (Yıldız, 2012). Su iticilik, koruyucu giysilerde konfor ve giyilebilirlik üzerinde olumsuz etkiler yaratmadan sağlanabilen en yaygın fonksiyonel özelliklerden biridir. Su itici tekstiller, endüstriyel, tüketici ve giyim alanlarında geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır. Bu özellik, tekstil lifleri veya kumaş üzerine ince bir su itici kimyasal tabakanın uygulanmasıyla elde edilir. Bu işlem, kumaşın yüzey enerjisini değiştirerek, mukavemet, esneklik, nefes alabilirlik ve yumuşaklık gibi diğer fonksiyonel özelliklerde minimal değişiklikler yaratır (Hossain ve diğerleri, 2024).

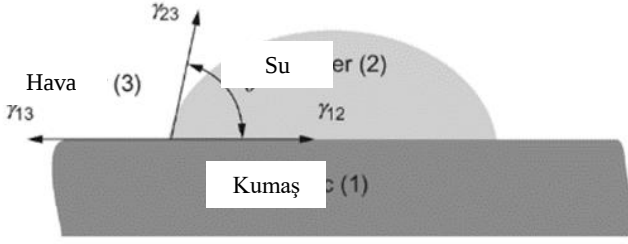
Su itici maddeler, kumaşın yüzeyinde suyun yayılmadan, yuvarlak ve küçük damlalar şeklinde tutulmasını sağlayan özel kimyasal bileşiklerdir. Bu maddeler, kumaşa nüfuz eden suya karşı direnç gösterir (Şekil 2). Su itici kumaşlar, yağmura karşı belirli bir koruma sağlasa da, yoğun ve uzun süreli yağmurlarda kumaşın gözeneklerinden su sızabilir (Yurdakul ve diğerleri, 2014)



Şekil 2. Su itici kumaş (Sapbamrer ve diğerleri, 2021)

Su iticilik özellikleri genellikle dokuma kumaşlara uygulanır, çünkü dokuma kumaşlarda örme kumaşlara kıyasla iplikler arasındaki boşluklar daha azdır. Örme kumaşlarda ise iplikler arasındaki büyük boşluklar nedeniyle suyun kumaş içine girmesi engellenemez. Ayrıca, kumaşın tüylülük oranının yüksek olması da su iticilik işleminin etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu sebeple, su iticilik işlemi uygulanacak kumaşlarda ipliklerin yüksek bükümlü olması gerekmektedir. Bir diğer önemli faktör ise kumaşın atkı/çözümlü sıklığı ve kalınlığıdır (Kartal, 2017).

Tekstil yüzeyinin suyu emme veya itme kapasitesi, su damlası ile tekstil yüzeyi arasındaki arayüzde oluşan yüzey gerilimi ile açıklanmaktadır (Şekil 3).

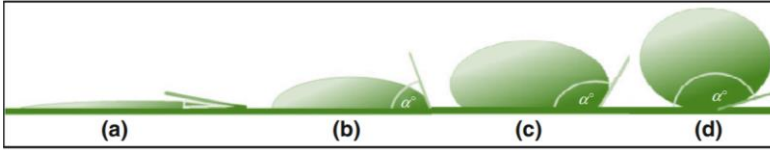


Şekil 3. Kumaş ile su damlası arasındaki temas noktasındaki yüzey gerilimleri teorik modeli (Williams, 2017)

Ara yüzde meydana gelen yüzey gerilimi (γ_{12}), tekstil malzemesinin lif yapısına, ipliğin ve malzemenin yapısal parametrelerine ve temas yüzeyinin mikro yapısına (örneğin, pürüzsüz veya mikro pürüzlü yüzeyler) bağlı olarak değişir. Bir tekstil malzemesinin suya karşı davranışı, temas açısı (θ) değerine göre aşağıdaki Young Denklemi ile değerlendirilir (Williams, 2017).

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{13}-\gamma_{12}}{\gamma_{23}} \quad (1)$$

burada γ_{12} , γ_{13} ve γ_{23} , kumaş-su (γ_{12}), kumaş-hava (γ_{13}) ve su-hava (γ_{23}) temasının yüzey (ara yüzey) gerilimlerini temsil eder. Şekil 4, bir damlanın yüzey üzerindeki konumunu, yüzeyle oluşturduğu açığı ve hidrofilitik-hidrofobiklik durumunu ifade etmektedir.



Şekil 4. (a) Süperhidrofilik, (b) hidrofilik, (c) hidrofobik, (d) süperhidrofobik (Jeevahan ve diğerleri, 2018)

Teorik olarak, temas açısının değeri 0° ve 180° açı aralığına yerleştirilir. Tekstil malzemeleri buna göre şu şekilde sınıflandırılabilir: (Williams, 2017)

- Süperhidrofilik malzemeler $\theta \rightarrow 0^\circ$
- Hidrofilik malzemeler $0^\circ < \theta < 90^\circ$
- Hidrofobik malzemeler $90^\circ \leq \theta < 150^\circ$
- Süperhidrofobik malzemeler $150^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

Süperhidrofobik yüzeyler, su temas açısı (WCA) 150° 'yi aşan yüzeylerdir. Doğada lotus yaprağında gözlemlenen süperhidrofobik olayın ilk kez tanımlanmasının ardından, bu tür yüzeyler büyük bir ilgiyle karşılanmıştır (Zhou ve diğerleri, 2021).

Süperhidrofobik yüzeylerin yüksek dayanıklılığı her zaman bir endişe kaynağı olmuştur, çünkü zayıf mekanik ve kimyasal kararlılıkları, pratik uygulamalarını

sınırlamaktadır. Dayanıklı süperhidrofobik yüzeyler hazırlamak için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir, örneğin kaplama katmanının çapraz bağlanması, alt tabakada çok ölçekli pürüzlülük oluşturulması, kaplama ve alt tabaka arasında kimyasal bağlar kurulması gibi (Zhou ve diğerleri, 2021). Süperamfifobiklik, hem süperhidrofobik hem de süperoleofobik olan özel bir yüzey etkisidir. (Liu ve diğerleri, 2022).

3. Su İtici Apre Maddeleri ve Uygulanması

3.1.Florokarbonlar

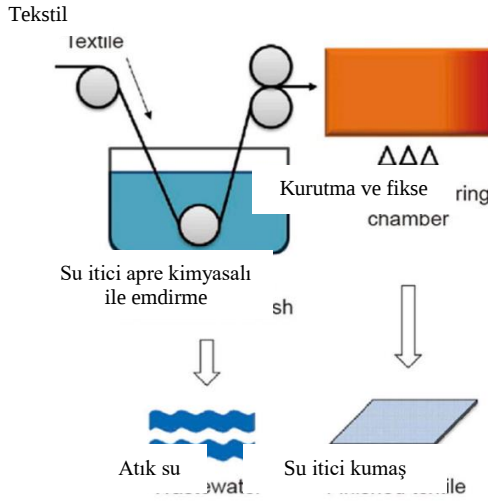
Florokarbonlar, karbon ve flor atomlarının birleşiminden oluşan sentetik bileşiklerdir ve tekstil yüzeylerine uygulandığında yağmur, kar, kir ve lekelerden koruyarak hem dayanıklılık hem de estetik faydalar sağlar. Yıkama ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı olan bu bileşikler, kumaş yüzeyinde koruyucu bir film tabakası oluşturarak renklerin canlılığını korur ve nefes alabilirlik özelliklerini muhafaza eder (Yurdakul ve diğerleri, 2014).

Hidrofobik kimyasallar arasında, florokimyasallar düşük yüzey serbest enerjileri nedeniyle en önemli su ve yağ itici apre maddelerinden biri olarak kabul edilir (Borisova ve Reihmane, 2013; Ildız ve Arık, 2024). Kumaşın yüzey gerilimini düşürmenin bir yolu, flor bakımından zengin veya florlanmış kaplamalar kullanmaktır (Pektaş ve diğerleri, 2023). Kumaşın yüzey gerilimi bir florokimyasal ile değiştirildiğinde, kumaş bir su damlasının (yüzey gerilimi 72.8 dyn/cm) kumaş yapısına nüfuz etmeden boncuklanarak yüzeyden akmasına izin verir. Yeni süperhidrofobik kimyasalların geliştirilmesine yönelik bilimsel ilerlemelere rağmen, ticari su itici kimyasallar pazarda sabit bir yer tutmaya devam etmektedir (Borisova ve Reihmane, 2013).

Florokarbon bazlı su itici kimyasallar arasında, C8 bazlı florokarbonlar tekstil ürünlerinde en yüksek ve en dayanıklı su ile yağ iticilik özelliklerini sunmaktadır. Ancak, çevresel endişeler nedeniyle, biyolojik olarak kalıcı ve toksik bileşenler olan perflorooktan sülfonik asit (PFOS) ve perflorooktanoik asit (PFOA) salınımı sebebiyle, Avrupa Birliği 30 Haziran 2020 tarihinden itibaren C8 bazlı florokarbonların kullanımını yasaklamıştır. Bunun yerine, C6 bazlı florokarbonlar geliştirilmiş olup, bu bileşikler toksik kimyasalların salınımını azaltmayı hedefler. Ancak, C6 bazlı florokarbonlar, C8 bazlı florokarbonlara kıyasla daha düşük su iticilik özelliklerine sahiptir. C6 yapısındaki perfloroheksanoik asit (PFHA), PFOA'ya göre 40 kat daha az biyolojik birikim gösterir. Ancak, aynı su iticilik performansını elde etmek için daha fazla kimyasal madde kullanımı gereklidir. Bugün, C6 teknolojisi tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Pektaş ve diğerleri, 2023; Hossain ve diğerleri, 2024).

Florokarbon dispersiyonlarındaki temel hammadde, telomerizasyon yöntemiyle üretilen perflorlanmış akrilattır (Akman, 2018). Florokarbonların su itici özellikleri, polimer zincirlerinin uzunluğuna bağlı olarak değişir. Kumaşa uygulandıktan sonra, florokarbonlar fiks edilerek bir polimer filmi oluşturur. Bu filmde, poliakrilatların perflorlanmış kısımları yüzeye yönelerek kumaşa su itici özellik kazandırır (Kartal, 2017).

Florokarbonlar tekstil materyaline; fular, spreyleme ve köpük metodu olmak üzere üç farklı metod ile uygulanır (Oğultürk, 2008). Florokarbonlar fular metoduna göre uygulanırken **pad-dry-cure** tekniği kullanılır (Şekil 5).



Şekil 5. Pad-dry-cure prosesi şematik gösterimi (Jalali ve diğerleri, 2024)

Florokarbon aprelerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, tekstil kumaşına işlem yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır. Uygulama sırasında, kumaş üzerinde florokarbonların etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilecek yüzey aktif maddeler veya silikonlar bulunmamalıdır. Fular uygulamalarında yüksek flotte alımı ile işlem yapılması önemli iken, spreyleme basıncı, köpük uygulamalarında ise homojenlik ve köpük yoğunluğu kritik faktörlerdir. Uygulama sonrası kurutma ve fiksasyon koşulları, florokarbonların performansını doğrudan etkileyen parametrelerdir. Düşük sıcaklıkta yapılan fiksasyon işlemleri, florokarbonun yıkama dayanımını azaltabilir. Kurutma ve fiksasyon koşulları, florokarbon üreticileri tarafından belirlenen verilere dayanarak uygulanmalıdır. Genel olarak, bu işlemler için önerilen kurutma ve fiksasyon sıcaklıkları şu şekildedir (Oğultürk, 2008).

Kurutma: 110–120°C ‘de

Fikse : 160°C’de 1-1,5 dk. 180°C’de 1 dk.

Piyasada florokarbon uygulamaları için tek bir genel reçete bulunmamaktadır; her bir reçete, florokarbon üreticileri tarafından özel olarak belirlenir. Reçete oluşturulurken, kumaş türü ve istenilen su, kir ve yağ iticilik özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu özellikler, giysilik kumaşlar, askeri üniformalar ve döşemelik kumaşlar gibi farklı kullanım alanlarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Oğultürk, 2008).

3.2.Silikonlu su iticilik maddeleri

Kumaşın yumuşaklığı, müşteriler için önemli bir konfor özelliğidir. Bu nedenle, yumuşatma işlemi tekstil fabrikalarında temel terbiye işlemlerinden biri olarak kabul edilir. Tekstil endüstrisinde kullanılan yumuşatıcılar, kumaşların yumuşaklık, tutum ve dökümlülük gibi istenen mekanik özelliklerini artırmak için yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, kırışıklık oluşumuna karşı direnci de artırabilirler. Ancak bazı yumuşatıcılar, örneğin amino fonksiyonel gruplar içerenler, yapılarından dolayı hidrofobik özellikler sergilerken, diğerleri ise etkili bir su iticilik özelliği göstermez (Pektaş ve diğerleri, 2023). Silikon bazlı su itici maddeler ise çevre dostu olmaları, maliyet etkinlikleri ve üstün su iticilik özellikleri ile bilinir, bu da onları piyasa uygulamaları için tercih edilen seçenek haline getirir (Hossain ve diğerleri, 2024).

Silikonların su iticilik özelliklerini kazandırmalarındaki ana etken, çapraz bağlar kurmalarıdır. Yapıda bulunan silan grupları ($\equiv\text{Si-H}$), su ile hidrolize olarak veya hava ile oksitlenerek silanol gruplarına ($\equiv\text{Si-OH}$) dönüşür. Oluşan silanol, başka bir silanol veya silan grubuna bağlanarak çapraz bağlar oluşturur. Polisilikonların su iticilik sağlama etkinliğinde genellikle katalizörlerin önemli bir rolü vardır. Katalizörler, çapraz bağlı polisilikon zincirlerinin lif yüzeyine yapışmasını artırarak, düşük yüzey enerjisine sahip hidrofobik metil gruplarının dış yüzeyde yönelmesini sağlar ve bu da su iticilik özelliklerinin gelişmesine yardımcı olur (Budak, 2013).

Silikonlu su itici kimyasallar, tekstil ürünlerine pad-dry-cure, sol-jel gibi çeşitli yöntemlerle uygulanabilir. Emdirme işlemi sırasında, kumaşın ağırlığının %1,5-2'si kadar silikon alınması hedeflenir. Flotte sıcaklığı 15–30°C arasında olup, uygun bir katalizör de içermelidir. Silikon uygulamalarında, katalizör olarak Zn, Sn, Zr tuzları veya epoksi bileşikler kullanılır. Katalizör reaksiyonu başlatarak su itici grupların lifler üzerinde düzgün bir şekilde dağılmasını sağlar. 30-50 g/L silikon ve 4-9 g/L katalizör içeren bir reçeteyle, pH 5'te oda sıcaklığında

kumaş emdirilir ve kurutulur. Ardından, 160-170°C'de 2-3 dakika boyunca kondense edilir. Bu süreçte kumaşın bol miktarda temiz hava ile temas etmesi gerekir. Selüloz elyafına uygulanan silikon apresi, iyi bir kuru temizleme dayanımı sağlarken, yıkama dayanımı daha zayıftır. Sentetik elyaflara uygulandığında ise daha yüksek dayanıklılık gösterir. Son yıllarda, reaktif gruplarla modifiye edilmiş silikonlar, daha kalıcı etkiler sağlamaktadır. Silikonlar kumaşlara elastikiyet, yumuşaklık, buruşmazlık ve dikim kolaylığı kazandırır. Tüm elyaf türleri için uygun hidrofobik maddeler olup, su iticilik yetenekleri oldukça yüksektir, bu nedenle diğer su itici aprelerden daha pahalıdır. Ancak, silikon içeren hidrofobik kaplamaların sakıncası, silikon filminin sürtünme ve buruşma gibi mekanik etkilerle kolayca bozulabilmesidir (Oğultürk, 2008).

3.3. Zirkonyum parafin emülsiyonları

Vaks ve metal tuzları içeren su itici apreler, başlangıçta selülozik elyaf ve yün üzerinde kullanılmıştır. Su iticiliği sağlamak için alüminyum tuzları kullanılmış, sonrasında zirkonil asetat veya zirkonil oksiklorid ile yıkama dayanıklılığı artırılmıştır. Bazik zirkonyum tuzları, selüloz ve hayvansal elyaf tarafından emilir. Zirkonil iyonları, parafin, mum gibi maddelerin elyafa bağlanmasını sağlayarak köprü işlevi görür. Zirkonil bileşiği kullanımı ile su itici etki, yıkama ve kullanım dayanıklılığı, hidrofobluk ve buruşmazlık daha iyi kombine edilmiştir (Ertürk, 2010).

Geçmişte, zirkonil tuzu ve parafin ayrı ayrı hazırlanıp kullanım sırasında karıştırılırken, günümüzde hazır zirkonyum emülsiyonları mevcuttur ve bu emülsiyonların pH değerleri önceden ayarlanmıştır. Parafin emülsiyonları, kumaşa yarı dayanıklı su itici özellikler kazandırırken, bu işlem kumaşın yumuşaklık ve dökümlülüğünü azaltmaktadır. Parafin yalnızca uygulandığında, elde edilen su iticilik özelliği yıkama işlemlerine karşı dayanıklı değildir. Bununla birlikte, zirkonyum içeren parafin emülsiyonları daha etkili ve kalıcı hidrofobik özellikler sunmaktadır. Alüminyum içeren parafin emülsiyonları ise yıkama ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı değildir. Türkiye’de, zirkonyum içeren parafin ürünleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Parafin emülsiyonları, özel cihazlarla emülsiyon haline getirilir. Parafin emülsiyonlarının uygulanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörler, emdirme sıcaklığının 60°C’yi geçmemesi ve ortamın hafif asidik koşullarda olmasıdır (Ertürk, 2010).

3.4. Yağ asidi+kromklorür kompleksi

Ülkemizde, özellikle askeri kumaşlara hidrofobluk kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, bu uygulamanın bazı dezavantajları bulunmaktadır. Birincisi, içeriğinde krom bulunduğundan çevreye zarar verebilir. İkincisi ise, krom

yeşil tonlar verdiği için beyaz kumaşları boyar ve özellikle açık renkler ile boyalı ve baskılı ürünlerin renk tonlarını olumsuz etkileyebilir.

Piyasada, organometalik iticiler genellikle izopropanol içinde çözülmüş olarak bulunur ve stearik asit gibi yağ asitleriyle krom kompleksinin bileşik oluşmasıyla su itici özellik kazandırır. Bu bileşikler, sodyumhidroksit veya amin içeren bileşiklerle nötralize edildikten sonra çektirme yöntemiyle kumaşa uygulanır. Krom kompleksleri, yıkamaya ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı olup, alkali lere ve bazı deterjanlara karşı hassasiyet gösterebilir. Alüminyum kompleksleri, krom komplekslerinden farklı olarak renksizdir ve kumaşa renk tonları vermez, ancak etkinlikleri krom komplekslerine göre daha düşüktür.

Organometalik komplekslerin üretimi, krom klorür ile yağ asidinin reaksiyonu sonucu oluşan bileşiğin, su eklenmesi veya pH ve sıcaklık artışıyla hidrolize uğrayarak bazik bir kompleks oluşmasıyla gerçekleşir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutmalar sırasında su açığa çıkarak bazik komplekslerin oksijen köprüleri üzerinden birbirlerine bağlanmasını sağlar. Bu polikondenzasyon reaksiyonu sonucunda yüksek moleküllü bileşik oluşur ve elyaf üzerinde hidrofobik yağ asidi kökleri dışarıya yerleşir, böylece kumaş hidrofobik özellik kazanır. Bu kompleksler suda çözünmeyen yapıda olup, krom iyonlarıyla elyafa bağlanır ve böylece elde edilen su itici etki yıkama ve kuru temizlemeye karşı dayanıklıdır. Bu tür organometalik kompleksler genellikle yünlü ve sentetik elyaflarda kullanılır (Ertürk, 2010).

Yağ asidi kromklorür içeren flotte, 20–70 g/L konsantrasyonunda hazırlanarak, pH 3–3,5 aralığında tamponlanmak amacıyla üre, formik asit veya sodyumformiyat ile ilave edilir. Emdirme işleminden sonra, kumaş 120–140°C’de kurutulur ve ardından 130–180°C’de polikondenzasyon reaksiyonu gerçekleştirilir. Bu işlemin olumsuz yönü, kumaşın hafif yeşil bir renk almasıdır. Bu renk değişikliği askeri kumaşlar için önemli bir sorun teşkil etmemekle birlikte, beyaz kumaşlar üzerinde kullanılmasını engellemektedir (Oğultürk, 2008).

3.5.Reçine oluşturan su iticilik maddeleri

Bu maddelerin temel prensibi, elyafa hidrofobik gruplar içeren ve polikondenzasyon yoluyla yapay reçineler oluşturabilen monomerlerin emdirilmesi ve ısıtılarak elyaf içinde hidrofobik makromoleküllerin oluşmasının sağlanmasıdır. Bu alanda en yaygın kullanılan bileşikler üre ve melamin türevleridir. Üre-formaldehit ve melamin-formaldehit reçineleri, uzun alkil zincirleriyle modifiye edilerek hidrofobik polimerler haline getirilmiştir. Bu reçineler, suda çok az çözündüklerinden dispersiyon halinde uygulanır ve katalizör ile sıcaklık etkisiyle kumaş üzerinde polikondenzasyona uğrarlar. Alüminyum tuzları, bu reaksiyon için en etkili

katalizörleri oluşturur. Ancak reçine esaslı su itici maddelerin kullanımı, özellikle formaldehit içermeleri nedeniyle çevresel ve Ekoteks kriterlerine uyum sağlama zorluğu nedeniyle giderek azalmaktadır. Çünkü kalıcı su iticiliği elde etmek için yüksek konsantrasyonda çözelti hazırlanması gerektiğinde, formaldehit miktarı da artmaktadır (Ertürk, 2010).

Su itici apre işlemi için, 80-125 g/L üre veya melamin türevleri ile 3-5 g/L alüminyum sülfat içeren bir karışım hazırlanır. Bu karışımdan elde edilen flotte, %60-70'lik bir emdirme oranı (pick-up) ile kumaşa uygulanır. Kumaş, emdirme işleminden sonra 100°C'de kurutulur ve ardından 120-130°C sıcaklıkta 3-5 dakika süreyle kondenzasyon işlemi gerçekleştirilir.

Su itici apre uygulamaları, kumaşa yumuşak bir tutum kazandırırken, yıkama ve kuru temizlemeye karşı dayanıklılık, kullanılan apre çözeltisine (flotte) eklenen kimyasalların konsantrasyonlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Ertürk, 2010). Su iticilik etkisinin dayanıklı olabilmesi için, işlemin hafif asidik bir ortamda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu koşul, tüm su iticilik işlemleri için geçerlidir ve hafif asidik ortam, 0,5–1 mL/L asetik asit ile sağlanarak pH değeri 4–4,5 arasında tutulur (Oğultürk, 2008).

3.6.Yenilikçi Yöntemler

Yüzey aşındırma, kimyasal buhar biriktirme, katman katman kaplama (LbL), sol-jel, köpük ile aplikasyon gibi yöntemler süperhidrofobluk elde etmek için araştırılan tekniklerdir. Bunlar içerisinde katman katman kaplama (LbL), büyük ölçekte bile verimliliği ve dayanıklılığı nedeniyle vurgulanmaktadır (Shahzadi ve diğerleri, 2024; Jeevehan ve diğerleri, 2018).

Plazma/Lazer/Kimyasal Aşındırma

Bir yüzey, aşındırıcı bir ortamla etkileşime girdiğinde, kimyasal reaksiyonlar malzemeyi seçici olarak aşındırır. Bu işlem plazma aşındırma, lazer aşındırma ve kimyasal aşındırma olarak yapılabilir. Polimerler plazma ya da lazer işlemiyle işlendiğinde, pürüzlü yüzeylerin ortaya çıkmasına neden olur. Aşındırma yöntemi, mikro desenli yüzey pürüzlülüğü yaratmak için kullanılabilir. Materyalin özelliklerine bağlı olarak, işlem sonunda hidrofobik bir kimyasalla son işlem uygulanması gerekebilir (Jeevehan ve diğerleri, 2018).

Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD)

Kimyasal Buhar Biriktirme(CVD) yöntemi, bir öncül maddenin buhar fazında yüzeye uygulanarak doğrudan polimerizasyon yoluyla kaplama oluşturulmasını sağlar. Bu yöntem, pürüzlü yüzeyler üretmek veya pürüzlü bir yüzey üzerinde ince bir hidrofobik tabaka oluşturmak için kullanılabilir. Ancak, CVD yöntemi

büyük nesneler (örneğin, çatılar, duvarlar veya arabalar) üzerinde süperhidrofobik yüzeyler üretmek için uygun değildir (Jeevahan ve diğerleri, 2018).

Katman-Katman Kaplama (LbL)

Bu yöntemde yüzey pürüzlülüğü ve desen oluşturmak amacıyla bir materyal, zıt yüklü malzemelerin sırasıyla sıvı çözeltilerine daldırılarak çok katmanlı bir film oluşturulur. Her daldırma işleminden sonra kaplanan film su ile durulanır ve kurutulur. LbL yöntemi, oda sıcaklığında gerçekleştirilir. (Jeevahan ve diğerleri, 2018).

Son yıllarda araştırmacılar, doğal ve sentetik lifler içeren kumaşlara birçok özellik kazandırmak için Katman-Katman kaplama (Layer-by-Layer, LbL) yöntemini kullanmışlardır. Bu özellikler arasında boyanabilirlik, kir itici özellikler, elektromanyetik koruma ve elektriksel iletkenlik, antimikrobiyal özellikler, alev geciktiricilik, UV koruması, su ve yağ iticilik, kendi kendini temizleme, dayanıklılık gibi işlevler bulunmaktadır (Uğur, 2023).

Sol-Jel Yöntemi

Son yıllarda, sol-jel yöntemi, büyük alan yüzeylerini düşük maliyetle kapladığı ve artırılmış dayanıklılık sağladığı için büyük ölçekli endüstriyel uygulamalara uyarlanmış kolay ve etkili bir tekniktir. Bu nedenle, sol-jel kimyası genellikle kumaşlara hidrofobik kaplama uygulamak için araştırılmaktadır. Reaksiyonlar üç adımdan oluşur: (1) Asidik/ bazik koşullarda öncül kaynağının hidrolizi, (2) alkol kondenzasyonu ve (3) su kondenzasyonu. Kondenzasyon işleminden sonra, parçacıklar kumaş yüzeyine eklenir. Hidrofobik sol-jel çözeltileri, sprey kaplama, daldırma kaplama ve termal kürlenme adımı yoluyla yüzeye uygulanabilir. Gerçekten de, sol-jel reaksiyonlarıyla düşük enerjili yüzeyler, silika nanoparçacıkları, florlanmış alkilsilanlar ve perfloroalkil bileşenleri gibi itici malzemeler kullanılarak hazırlanabilir. Silika tabanlı nanosollarla kumaş kaplama, süperhidrofobik ve oleofobik fonksiyonel özellikler elde etmek için kullanılmıştır (Kwon ve diğerleri, 2020).

Sol-jel yöntemi, silikon su itici maddelerinin hazırlanması için en basit ve en verimli yaklaşım olarak geniş çapta kabul edilmektedir. Bu yöntem, büyük bir temas yüzeyi elde etme, kaplamaların morfolojisini kontrol etme ve daha kısa işlem süreleri gibi birkaç avantaj sunar (Hossain ve diğerleri, 2024). Sol-jel yönteminde genellikle son bir işlem (hidrofobik hale getirme) yapılmasına gerek yoktur, çünkü işlem sırasında zaten düşük yüzey enerjisine sahip malzemeler kullanılır (Jeevahan ve diğerleri, 2018). Sonuç olarak, sol-jel yöntemi önemli bir ekonomik potansiyele sahiptir (Hossain ve diğerleri, 2024).

Köpük ile Aplikasyon

Köpük aplikasyonu, su itici özelliklerin tekstil kumaşlarına uygulanmasında etkili bir yöntem olup, geleneksel sıvı uygulamalara kıyasla pek çok avantaj sunar. Bu yöntem, su itici kimyasalların kumaş yüzeyine köpük formunda uygulanmasını içerir ve genellikle çevre dostu bir seçenek olarak öne çıkar. Köpük ile aplikasyon, konvansiyonel yöntemlere göre daha düşük emdirme oranı (pick-up) ile, istenilen kimyasal veya boyarmaddenin kumaş yüzeyine veya içine köpük formunda, kontrollü bir şekilde uygulanmasını sağlar. Tekstil endüstrisinde kullanılan köpüklerde, sıvı olarak normal aplikasyon yöntemlerinde kullanılan sulu flotteler ve gaz olarak hava kullanılır (Akman, 2018).

Kombine Yöntemlere Örnek Çalışmalar

Park ve diğerleri, (2016) oksijen plazma aşındırma ve hekzametildisiloksan (HMDSO) ile plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (PECVD) kullanılarak süper itici bir kumaş üretmişlerdir.

Zhao ve diğerleri (2021), katman-katman (LbL) birleştirme ve floroalkilsilan işlemi kullanarak süperhidrofobik yüzeyler üretmiştir. Jeevahan ve diğerleri (2018), poliamid bir materyal üzerine silika nanopartiküller kaplamış ve ardından hidrofobikleştirme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Floroalkilsilan işlemi sayesinde temas açısı 153.9°'dan 157.7°'ye yükselmiştir.

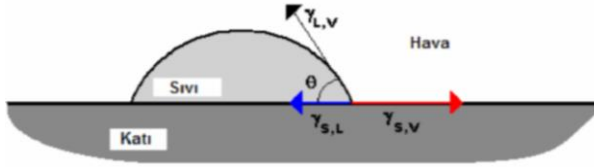
Malshe ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada, naylon-pamuk kumaşın ön yüzeyine, antibakteriyel özellikler için polidiallyldimetilamonyum klorür (poly-DADMAC) ile önceden aşılınmış bir tabaka üzerine, C6 florokarbon monomeri olan 2-(perfloroheksil)etil akrilatın plazma ile aşı polimerizasyonunu gerçekleştirmiş ve kumaş yüzeyinde 144 derece gibi yüksek bir su temas açısı elde etmişlerdir.

Su İticilik Test Yöntemleri

Su iticilik işlemi uygulanmış kumaşların su iticilik derecelerinin tayininde kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır.

4.1.Temas Açısı Ölçümü

Numune kumaşların su iticilik özellikleri, “TS EN 828: 2002 Yapıştırıcılar-İslanabilirlik-Katı yüzeyin temas açısının ve kritik yüzey geriliminin ölçülmesi yoluyla tayini” standardına göre, Tetha Attension Optical Tensiometer test cihazında, her bir kumaş tipinden üçer ölçüm alınmak suretiyle, temas açısı ölçülerek tespit edilmektedir. Temas açısı ölçümünde, kumaşa damlatılan saf su ile kumaş arasında kalan açı ölçülmektedir (Akıncı, 2017). Katı bir yüzeyle temas halindeki herhangi bir sıvı 0° ile 180° arasında bir açı oluşturur ve bu açıya temas açısı denir (Şekil 6).



Şekil 6.Temas açısı (Oğultürk, 2008)

Katı bir yüzeyde bir sıvı damlasının şekli, yüzey ile sıvı arasındaki etkileşimlerin bir göstergesi olarak, temas açısı “ θ ” üzerinden ölçülür. Temas açısı, sıvının yüzeydeki ıslanma durumunu belirler ve yüzeyin hidrofobik veya hidrofilik özelliklerini anlamak için kritik bir parametredir. Yüksek temas açıları (örneğin, 90° 'den büyük ve 150° 'ye yakın açılar), yüzeyin hidrofobik özellik taşıdığını ve sıvının yüzeyde dağılmadan damla şeklinde kaldığını gösterir. Süperhidrofobik yüzeylerde bu açı 150° 'nin üzerine çıkar ve sıvı, yüzeyle minimum temas kurarak adeta yuvarlanır. Düşük temas açıları (örneğin, 90° 'den küçük açılar), yüzeyin hidrofilik olduğunu ve sıvının yüzeye yayılarak genişlediğini ifade eder. Bu durum, yüzey ile sıvı arasındaki etkileşimin kuvvetli olduğunu gösterir. Teorik olarak, tamamen su itici bir yüzeyde, yani ideal bir durumda, temas açısının 180° olması beklenir. Mikro ve nano ölçekli pürüzler, yüzeyde düzensizliklere neden olarak sıvı damlasının şeklini bozar ve temas açısının teorik değerinden sapmasına yol açar. Yer çekimi etkisiyle sıvı damlası, ağırlığı nedeniyle bir miktar yas-sılaşır ve bu durum temas açısının küçülmesine neden olur. Yüzey malzemesinin kimyasal veya fiziksel olarak homojen olmaması ise sıvı ile yüzey arasındaki etkileşimlerin farklılaşmasına ve temas açısının yüzey boyunca değişiklik göstermesine sebep olur. Ayrıca, sıvının yoğunluğu, yüzey gerilimi ve viskozite gibi özellikleri de temas açısını doğrudan etkileyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle, pratikte ölçülen temas açısı her zaman 180° 'den düşük olur. Süperhidrofobik yüzey tasarımı gibi uygulamalarda, gerçekçi hedefler koyabilmek için bu sınırlamalar dikkate alınmalıdır. (Oğultürk, 2008).

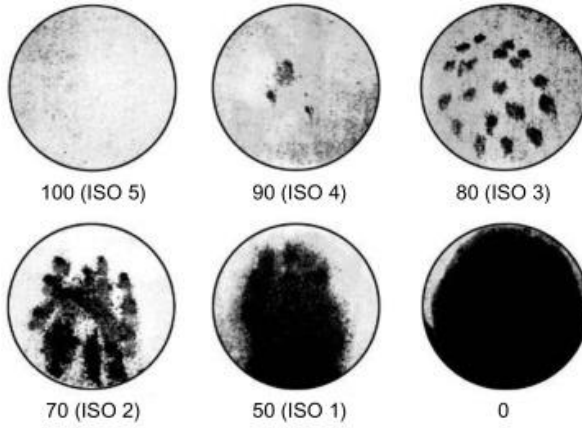
4.2.Sprey Test Yöntemi (Püskürtmeli Su İticilik Testi)

Su itici bitim işlemi uygulanmış kumaşların yüzey ıslanma direnci, “TS EN ISO 4920:2013; Tekstil - Kumaşlar - Yüzey ıslanmasına karşı direncin tayini (püskürtme deneyi)” standardına göre test edilmektedir. Test sırasında, numune kumaş yuvarlak bir kasnağa sıkıca gerilerek kırışksız ve gergin bir yüzey elde edilir. Kasnak, kumaş üstte kalacak şekilde test cihazına yerleştirilir. Test sırasında, 250 ml su, 150 mm yükseklikten ve 45° açıyla, belirli sayıda deliğe sahip bir huniden geçirilerek kumaş yüzeyine 30–35 saniye boyunca püskürtülür. Ardından, kasnak bir kenarından tutularak diğer kenarı sert bir yüzeye vurulur. Kasnak 180° döndürülerek aynı işlem diğer kenar için tekrar edilir. Sonuçlar, kumaş yüzeyinde kalan su damlalarının tutunma ve ıslanma durumuna göre değerlendirilir (Özsevinç, 2012). Testte kullanılan püskürtmeli su iticilik test cihazı, Şekil 7’de gösterilmektedir



Şekil 7. Püskürtmeli su iticilik test cihazı

Püskürtme deneyi sonrası değerlendirme; test sonrası numune görüntüsünün Şekil 8’de görülen standart fotoğraflar ile karşılaştırılması suretiyle görsel olarak yapılmaktadır. Bu değerlendirme subjektif bir değerlendirme olup su iticilik derecesini belirli aralıklara bölünmüş sınıflar içinden seçmeyi gerektiren bir değerlendirme şeklidir.



Şekil 8.Su İticilik özelliğinin değerlendirilmesinde kullanılan skala ve standart fotoğraflar (Oğultürk, 2008)

AATCC 100 /ISO 5:Numune yüzeyinde hiç yapışma ve ıslanma olmaması

AATCC 90 /ISO 4:Numune yüzeyinde hafif düzensiz yapışma ve ıslanma

AATCC 80 /ISO 3:Numune yüzeyinin püskürtme noktalarında ıslanması

AATCC 70 /ISO 2:Numune yüzeyinin püskürtme noktalarının dışında kıymen ıslanması

AATCC 50 /ISO 1:Numune yüzeyinin tamamının püskürtme noktalarının dışında tamamen ıslanması

0:Numune yüzeyinin tamamının ıslanması (Akıncı, 2017).

4.3.Bundesman Yağmurlama Test Yöntemi

Kumaşların su iticilik özellikleri, “TS EN 29865: 1996 Tekstil Mamulleri - Kumaşlarda Su İticiliği Tayini - Bundesmann Yağmur-Duş Metodu” standardına göre yağmur düş testiyle belirlenir. Bu yöntem, kumaşın yağmur altında maruz kaldığı ıslanma durumunu değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Test sırasında, numune standart koşullarda yağmurlamaya tabi tutulur. Su, boru aracılığıyla beslenerek filtreleme işleminden geçtikten sonra bir su haznesine ulaşır. Hazne içerisinde, suyun basıncıyla çalışan jetler bulunmaktadır. Bu basınç, suyun jetlerden dışarı akmasını sağlayarak yapay yağmur damlalarının oluşumuna neden olur. Yağmurlama işlemi 10 dakika sürer. Cihaz, aynı anda dört örnek test edebilen tutuculara sahiptir. Kumaş numuneleri, dört adet örnek tutucuya yerleştirilir ve sıkıca sabitlenir. Deney sırasında, numunelerin alt kısmında, kullanım sırasında giysiyi giyen kişinin hareketleriyle oluşabilecek sürtünmeyi taklit etmek amacıyla ovalama hareketi gerçekleştirilir. Kumaştan geçen su damlaları, alt kısımda bulunan musluklu bir toplama haznesine yönlendirilir. Bu haznede biriken su, musluk aracılığıyla dışarıya alınarak hacmi ölçülür. Testte kullanılan damla çapı 0,07 mm’dir; 100 cm²’lik bir alana düşen yağmur miktarı 100 ± 5 mL

olarak ayarlanır. Yağmur damlaları, 1500 mm yükseklikten düşer ve gerilmiş numune ile yatay düzlem arasında 50°'lik bir açı oluşturacak şekilde yerleştirilir. Şekil 9'da Bundesmann su iticilik test cihazı gösterilmektedir (Özsevinç, 2012).



Şekil 9. Bundesmann su iticilik test cihazı (Özsevinç, 2012).

Testin başında ve sonunda numuneler hassas terazide tartılır. Bu yöntemle, kumaştan geçen su miktarı ve kumaşın emdiği su miktarı ölçülebilir. Kumaş tarafından geçirilmeyen suyun oranı ise kütle prensibine dayalı olarak hesaplanır (Özsevinç, 2012).

5. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, %100 polyester esaslı kumaşlara çeşitli su itici apre maddeleri kullanılarak emdirme (pad-dry-cure) metodu ile su itici apre işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, farklı su itici aprelerin kumaşların su iticilik, dikilebilirlik ve eğilme dayanımı üzerindeki etkilerini sistematik bir şekilde incelemektir. Bu bağlamda, her bir apre uygulamasının kumaşların performans özelliklerine olan etkisi, su iticilik, dikilebilirlik ve eğilme dayanımı testleri ile kapsamlı bir şekilde değerlendirilecektir.

5.1. Materyal ve metot

Çalışmada kullanılan kumaş, %100 polyester esaslı olup 160 g/m² ağırlığa sahiptir. Kumaşın atkı sıklığı 25 tel/cm, çözgü sıklığı ise 56 tel/cm olup, atkı lineer yoğunluğu 300 denye, çözgü lineer yoğunluğu ise 100 denye olarak belirlenmiştir. Kumaş, apre işlemlerine hazır hale getirilmeden önce önyıkama ve termofikse işlemlerine tabi tutulmuştur ve beyaz haldedir.

%100 polyester esaslı kumaşlara su itici apre işlemi, emdirme (pad-dry-cure) metoduna uygun olarak laboratuvar tipi dikey fular makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu metotta, kumaşlar apre maddesi içeren flotte ile emdirilerek fazla apre çözeltisi, sıkma silindirleri yardımıyla kumaş yüzeyinden alınır. Bu

sayede kumaşın her iki yüzeyine homojen bir şekilde apre maddesi uygulanması sağlanır. Emdirme oranı (pick-up) %50 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Su itici apre reçetesi, kullanılan kimyasal maddeleri ve oranlarını belirtmektedir (Tablo 1). Reçeteye uygun olarak hazırlanan flottelerin pH değeri 5'e ayarlanmış, bu da uygulanan apre maddelerinin kumaş üzerinde en iyi etkinin sağlanması için optimum pH seviyesidir.

Tablo 1.Su itici apre reçetesi

Proses No	Apre Maddesi	Miktar (g/L)
1	Florokarbon (Mithril SFC)	50
	Çapraz bağlayıcı (Mithril EXT)	10
2	Florokarbon (Mithril SFC)	50
3	Makrosilikon (Linusil SMC EXTRA)	50
4	Mikrosilikon (Linusil SLP EXTRA)	50

Emdirme işleminden sonra, kumaşlar 120°C'de 3 dakika süreyle kurutulmuştur. Bu işlem, apre maddesinin kumaşın yüzeyine tutunmasını sağlayacak şekilde yapılan ısı işlem olup kurutulan kumaşlar 160°C'de 2 dakika süreyle fikse edilmiştir. Fikse işlemi, apre maddelerinin kumaş liflerine kalıcı olarak bağlanmasını sağlamak için gereklidir ve kumaşın su itici özelliğinin kalıcılığını artırır.

Spray Su İticilik Testi

Farklı konsantrasyonlarda su itici apre uygulanan %100 polyester esaslı kumaşların yüzey ıslanmasına karşı direnci, TS EN ISO 4920 standardına uygun olarak püskürtmeli su iticilik test cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Bu test, kumaşların yüzeylerinin su ile etkileşimi sonucunda ortaya çıkan ıslanma davranışlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Testin değerlendirilmesinde, her bir numunenin yüzey ıslanmasına karşı direnci, test sonrasında elde edilen numune görüntüsü, standart fotoğraflar ile karşılaştırılmıştır. Bu test, ıslanma derecesinin subjektif bir şekilde ölçülmesini sağlayan bir yöntemdir.

L&M Dikilebilirlik Testi

Kumaşların iğne batış kuvvet değerleri, Şekil 11'de gösterilen L&M Dikilebilirlik Test Cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu cihaz, dikiş ipliği kullanılmadan, yalnızca dikiş iğnesinin kumaşa batışı için gerekli olan kuvveti gram cinsinden (gf) ölçmektedir. L&M Dikilebilirlik Test Cihazı, kumaşların dikilebilirlik özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bir test cihazıdır ve kumaşın dikiş iğnesine karşı gösterdiği direnç ile kumaşın işlenebilirliği hakkında bilgi sağlar (Doba Kadem ve Gülşen Bakıcı, 2016)



Şekil 11.L&M dikilebilirlik test cihazı

Bu çalışmada, farklı apre uygulamaları yapılmış polyester esaslı kumaşlardan her biri için dikilebilirlik testi gerçekleştirilmiştir. Her bir kumaş tipi için, atkı yönünde ve çözgü yönünde olmak üzere toplamda 5'er adet numune alınmış ve her bir numune için iğne batış kuvveti ölçülmüştür. Numuneler, kumaşın farklı yönlerinden alınarak, kumaşın her iki yönde de dikilebilirlik özellikleri karşılaştırılmıştır. Sonuçları karşılaştırmak amacıyla, apre uygulanmamış bir referans kumaş da hazırlanmış ve aynı testlere tabi tutulmuştur. Bu referans kumaş, aprelerin kumaşın dikilebilirlik özellikleri üzerindeki etkisini anlamak için temel bir karşılaştırma noktası sağlamaktadır. Test sonuçları, farklı aprelerin kumaşın iğne batış kuvvetini nasıl değiştirdiğini ve bunun kumaşın dikilebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Eğilme Dayanımı Testi

Eğilme dayanımı testi, TS 1409 numaralı standarda uygun olarak eğilme dayanımı test aparatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu test, kumaşın eğilme sırasında gösterdiği davranışı incelemek amacıyla yapılmaktadır. Eğilme dayanımı, kumaşın kullanım ömrü, dayanıklılığı ve fonksiyonelliği açısından önemli bir parametredir.

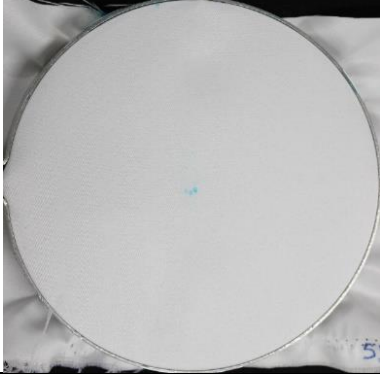
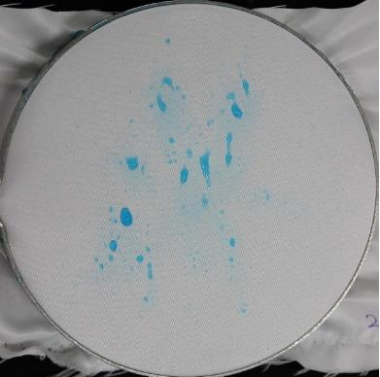
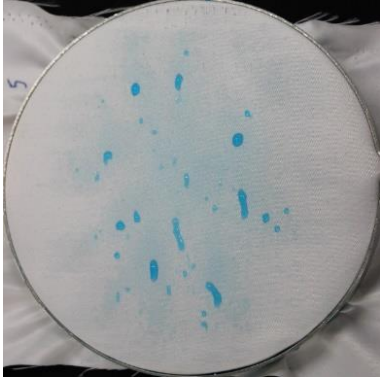
Çalışmada, her kumaştan atkı yönünde 4 adet ve çözgü yönünde 4 adet numune alınarak, her iki yönde de kumaşın eğilme dayanımı değerlendirilmiştir. Atkı yönü ve çözgü yönü arasındaki farklar, kumaşın yapısal özelliklerine bağlı olarak eğilme dayanımını etkileyebilir. Testin sonucunda, her bir numune için eğilme dayanımı değeri hesaplanır ve kumaşların dayanıklılığına dair objektif veriler elde edilir (Gülşen Bakıcı ve Doba Kadem, 2015).

5.2.Bulgular

Spray Su İticilik Test Bulguları

Farklı özelliklere sahip su itici apre işlemleri uygulanmış numuneler, püskürtmeli su iticilik testine tabi tutulmuş; bu testten elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2.Püskürtmeli su iticilik test sonuçları

Referans Numune	
	
ISO 0	
Florokarbon ve çapraz bağlayıcı	Florokarbon
	
ISO 5	ISO 5
Makrosilikon	Mikrosilikon
	
ISO 2	ISO 2

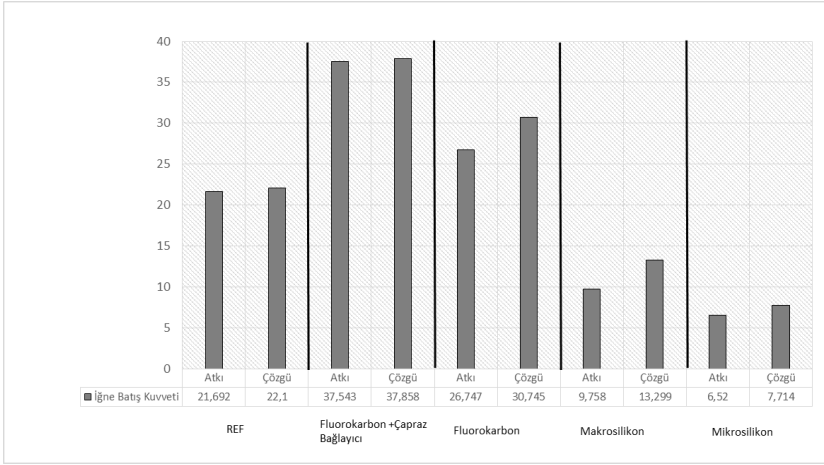
Su itici apre işlemleri uygulanmamış referans numunesi, tüm yüzeyinin tamamen ıslanması sonucu en düşük performansı sergileyerek ISO 0 değeriyle derecelendirilmiştir. Bu durum, kumaşın doğal yapısının su iticilik açısından yetersiz olduğunu ve bu özelliklerin geliştirilmesinde apre işlemlerinin kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar, her bir apre maddesinin kumaşın su iticilik performansı üzerinde farklı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Florokarbon içeren apre maddelerinin, su iticilik konusunda en yüksek başarıyı sağladığı görülmüş; bu maddelerle işlem görmüş numuneler, yüzeylerinde hiçbir su damlası tutunmadığından maksimum değer olan ISO 5 ile derecelendirilmiştir. Bu durum, florokarbon bileşiklerinin üstün su itici özellikler sunduğunu ve hidrofobik yüzey oluşturmada etkili bir çözüm olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, makro silikonlu ve mikro silikonlu apre maddeleriyle işlem görmüş numunelerde gözle görülür bir yüzey ıslanması meydana gelmiştir. Standart test fotoğraflarıyla karşılaştırıldığında, bu numunelerin ISO 2 ile sınıflandırıldığı belirlenmiştir. Bu bulgu, silikon bazlı aprelerin su iticilik performansının florokarbon bazlı maddelere kıyasla daha sınırlı olduğunu, ancak yine de belirli bir düzeyde su iticilik sağlayabildiğini göstermektedir.

L&M Dikilebilirlik Test Bulguları

Bu çalışmada, florokarbon ve çapraz bağlayıcı kimyasalların birlikte kullanımı, yalnızca florokarbon, makrosilikon ve mikrosilikon bazlı aprelerin ayrı ayrı uygulanması durumunda kumaşın dikilebilirlik özelliği üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada kullanılan test cihazı, kumaşın atkı ve çözgü yönlerinde iğnenin nüfuz etmesi sırasında ortaya çıkan kuvveti hassas bir şekilde ölçerek dikilebilirlik performansını nicel olarak belirlemiştir. Elde edilen iğne batış kuvveti değerleri Şekil 12’de sunulmuştur.



Şekil 12.L&M dikilebilirlik test sonuçları

Referans kumaş, herhangi bir apre işlemi uygulanmamış ham kumaş olarak tanımlanmaktadır. Çalışma sonuçları, florokarbon ve çapraz bağlayıcı kimyasalın bir arada kullanıldığı durumda, hem atkı hem de çözgü yönlerinde en yüksek iğne batış kuvveti değerlerinin elde edildiğini göstermiştir. Bu durum, florokarbon ve çapraz bağlayıcı kimyasalların kumaşın yüzey ve yapısal özelliklerini değiştirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu etkinin, florokarbon içeren aprelerin kumaş yüzeyinde sertleşmeye yol açması sonucu iğnenin kumaşa nüfuz etmesi için daha fazla kuvvet gerektirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Florokarbon bazlı apre işlemlerinin, referans kumaşa kıyasla kumaşın dikilebilirlik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

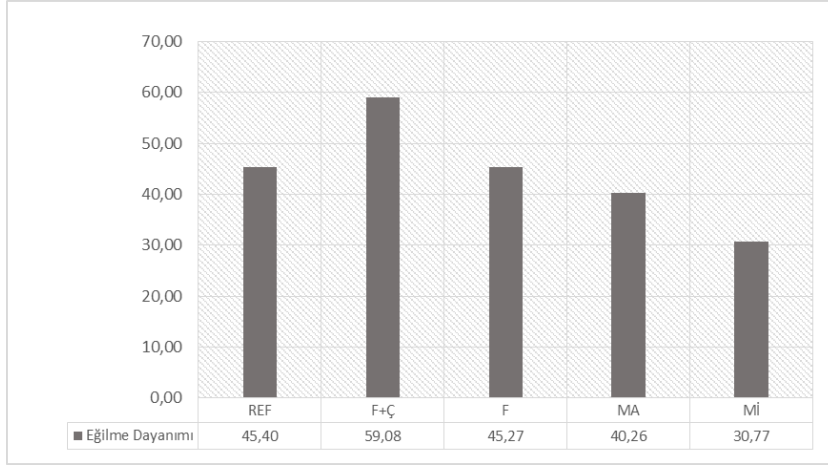
En düşük iğne batış kuvveti değeri ise mikro silikon bazlı apre uygulaması sonucunda elde edilmiştir. Bu sonuç, mikro silikonun kumaş yüzeyinde daha esnek bir yapı oluşturduğunu ve bu sayede iğne batışı sırasında daha düşük direnç sağladığını göstermektedir. Mikro silikonlu apre işlemlerinin kumaşın dikilebilirliğini iyileştirdiği ve kullanım kolaylığı açısından avantaj sunduğu söylenebilir.

Çözgü yönündeki iğne batış kuvveti değerlerinin, atkı yönüne göre daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir. Bu durum, kumaşların çözgü sıklığının atkı sıklığına kıyasla daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çözgü yönünde daha sık ipliklerin bulunması, iğnenin kumaş yüzeyine nüfuz ederken karşılaştığı direnç artırmakta ve bu yöndeki kuvvet değerlerini yükseltmektedir.

Eğilme Dayanımı Test Bulguları

Bu çalışmada, florokarbon ve çapraz bağlayıcı kombinasyonu, yalnızca florokarbon, makrosilikon ve mikrosilikon kullanılarak uygulanan apre işlemlerinin

kumaşın eğilme dayanımı özelliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kumaşların eğilme dayanımı, yatay bir düzlem üzerinde konumlandırılan kumaşın kendi ağırlığı altında yatay düzlemde sapmaya (eğilmeye) karşı gösterdiği direnci ifade eden bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Bu değer, kumaşın yumuşaklığıyla doğrudan ilişkilidir ve apre işlemlerinin kumaşın mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini anlamak açısından önemli bir gösterge sunmaktadır. Eğilme dayanımı test sonuçları, Şekil 13’de sunulmuştur.



Şekil 13.Eğilme dayanımı test sonuçları

Çalışmada elde edilen sonuçlar, eğilme dayanımı açısından en yüksek değer, florokarbon ve çapraz bağlayıcı kimyasalın birlikte kullanıldığı apre işlemi uygulanmış kumaşa kaydedildiğini göstermiştir. Bu durum, söz konusu kimyasalların kumaş yapısında sertlik ve yoğunluk artışına neden olarak eğilmeye karşı direnci önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Florokarbon ve çapraz bağlayıcı kombinasyonunun oluşturduğu bu etki, kumaşın mekanik özelliklerinin sert bir karakter kazanmasına yol açmıştır.

Diğer yandan, en düşük eğilme dayanımı değeri, mikrosilikon bazlı apre işlemi uygulanmış kumaşa gözlemlenmiştir. Mikrosilikon, kumaş yüzeyinde daha yumuşak ve esnek bir yapı oluşturarak eğilmeye karşı direnci azaltmıştır. Bu özellik, mikrosilikonun kumaşın yumuşaklık ve hareket kolaylığı gerektiren uygulamalar için daha uygun bir apre maddesi olduğunu göstermektedir.

5.3.Tartışma

Bu çalışmada, %100 polyester esaslı kumaşlara farklı su itici apre maddeleri kullanılarak emdirme yöntemi (pad-dry-cure) ile su itici apre işlemleri uygulan-

miştir. Çalışmanın amacı, kullanılan farklı apre maddelerinin kumaşların su iticilik, dikilebilirlik ve eğilme dayanımı gibi temel performans özellikleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemektir.

Su iticilik test sonuçları, florokarbon içeren apre flotteleri ile işlem görmüş numunelerin su iticilik derecelerinin ISO 5 seviyelerinde olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, florokarbon bazlı kimyasalların kumaş yüzeyinde güçlü bir hidrofobik etki yarattığını göstermektedir. Buna karşılık, silikon bazlı apre flotteleri ile işlem görmüş numunelerin su iticilik dereceleri ISO 2 seviyelerinde ölçülmüştür, bu da silikon bazlı kimyasalların su iticilik performansı açısından florokarbonlara kıyasla daha düşük bir etkinlik sunduğunu göstermektedir.

L&M dikilebilirlik testi sonuçlarına göre, florokarbon içeren aprelerin kumaşların iğne batış kuvvet değerlerini referans kumaşa göre artırdığı belirlenmiştir. Bu artış, florokarbon bazlı aprelerin kumaş yüzeyinde sertleşme etkisi yaratarak iğnenin nüfuz etmesini zorlaştırmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, makrosilikon ve mikrosilikon bazlı aprelerin kullanıldığı işlemler, iğne batış kuvveti değerlerini referans kumaşa kıyasla azaltmış ve dolayısıyla dikilebilirlik özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir.

Eğilme dayanımı test sonuçları, florokarbon bazlı aprelerin uygulanmasıyla kumaşların eğilme dayanımının referans kumaşa eşit veya daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum, florokarbon bazlı aprelerin kumaşı sertleştirici etkisinden kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, makrosilikon ve mikrosilikon bazlı apre işlemleri, kumaşların eğilme dayanımını düşürmüştür. Silikon bazlı aprelerin kumaş üzerinde daha yumuşak ve esnek bir yapı oluşturarak eğilmeye karşı direnci azalttığı görülmüştür.

Sonuç olarak, florokarbon bazlı apre maddelerinin polyester kumaşların su iticilik performansını silikon bazlı apre maddelerine kıyasla daha olumlu bir şekilde geliştirdiği tespit edilmiştir. Ancak, florokarbon bazlı aprelerin, kumaşın dikilebilirlik ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerini negatif yönde etkilediği belirlenmiştir. Silikon bazlı apre maddeleri ise dikilebilirlik ve yumuşaklık gibi özellikler açısından avantaj sunarken, su iticilik performansı bakımından sınırlı bir etki göstermektedir. Bu çalışma, farklı apre maddelerinin kumaş performansı üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, kullanım amacına uygun apre maddesi seçiminin önemini vurgulamaktadır.

6.Sonuç

Sıvı itici yüzeyler ve kendi kendini temizleme özellikleri, lotus yaprağından ilham alınarak geliştirilen önemli bir araştırma konusudur. Lotus etkisi, yaprağın yüzeyindeki mikro/nanostrüktürlerin su itici balmumlarıyla kaplanmasıyla oluşur. Bu yapı, düşük yüzey enerjisi sağlayarak su damlacıklarının yüzeyden kolayca itilmesini ve yuvarlanırken toz parçacıklarını toplamasını sağlar. Bu doğal mekanizmanın taklit edilmesi, kimyasal koruyucu giysiler için büyük potansiyele sahiptir, çünkü bu tür giysiler daha az veya hiç yıkama gerektirmeyebilir ve giysilerin kullanım ömrü, raf ömrü ve koruyucu performansını artırabilir (Kwon ve diğerleri, 2020).

Ancak, kullanılan apre kimyasalları, üretim aşamasında atık sulara karışarak, kullanım sırasında insan cildine temasla, hava ile etkileşime girerek ve yıkama esnasında suya karışarak çevre ile de ilişki kurmaktadır. Bu nedenle, aprelemede kullanılan kimyasalların çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri büyük bir öneme sahiptir. Florokarbonlar, biyobozunur olmamaları ve toksik yan ürünler üretmeleri nedeniyle çevre ve sağlık açısından risk taşımaktadır. Buna rağmen florokarbonların kullanım oranı oldukça yüksektir (Budak, 2013).

Konvansiyonel apre işlemlerinde, yüksek miktarda kimyasal ve su tüketimi gerçekleşmekte ve bu süreçler sonucunda büyük miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, kimyasal ve su tüketimini azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Ağırgan ve diğerleri, 2008). Günümüzde araştırmacılar, yüzeylerin su gibi yüksek yüzey gerilimine sahip sıvılar ve yağ gibi düşük yüzey gerilimine sahip sıvılara karşı ıslanma direncini değiştirmek için konvansiyonel yöntemlerin dışında, plazma işlemi, litografi, şablonlama, kimyasal buhar biriktirme, layer-by-layer (LbL) uygulamaları, polimerizasyon reaksiyonları, sol-jel reaksiyonları gibi alternatif yöntemler üzerinde yoğunlaşmaktadır (Kwon ve diğerleri, 2020; Borisova ve Reihmane, 2013; Erayman, 2016). Bu yeni teknolojiler, çevresel etkileri minimize etme ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

Teşekkür

Kimyasal temini konusunda desteklerinden dolayı Ecopol Kimya A.Ş.'ye ve Sn. A. Oğuz Alper'e teşekkürlerimi sunarım.

Referanslar

- Ağırgan, A. Ö., Kanat, Z. E., & Özek, H. Z. (2008). Nano partiküllü su iticilik maddele-riyle işlem görmüş pamuk ve polyester dokuma kumaşların karşılaştırması. *Tekstil ve Mühendis*, 15(69), 7-13.
- Akıncı, C. F. (2017). Mikrofilament inceliğinin ve atkı sıklığının su iticilik bitim işlemi görmüş bezayağı ve panama kumaşların performans özelliklerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş).
- Akman, İ. (2018). Köpük aplikasyon tekniği ile su iticilik apresi uygulanması ve denim kumaş performansına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kahraman-maraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Borisova, A. ve Reihmane, S. (2013). Hydrophobic treatment of blended fabric's surface. *Materials Science*, 19(2), 169-173.<https://doi.org/10.5755/j01.ms.19.2.1139>
- Budak, H. E. (2013). Ev Tipi Çamaşır Makinelerinde Su İticilik Sağlayan Apre Uygula-maları. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ensti-tüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Doba Kadem, F., & Bakıcı, G. G. (2016). Denim kumaşların dikiş performansları üzerine deneysel bir çalışma. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 143-148.<https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.317747>
- Erayman, Y. (2016). Spor teknik tekstillerine uygulanan su iticilik bitim işleminin kumaş tutum özellikleri ve dikilebilirliği üzerindeki etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Ertürk, N. (2010). Farklı florkarbon bileşiklerinin performans değerleri üzerine bir araş-tırma. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Gülşen Bakıcı, G. ve Doba Kadem, F. (2015). An Experimental Study About Sewability and Bending Strenght Properties of Cotton Fabrics. *Çukurova Üniversitesi Mü-hendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 177-182
- Hossain, M. R., Newby, S. ve Ahmed, M. R. (2024). Optimised fluorine free polysi-loxane based water repellent for cellulosic fabric. *The Journal of The Textile Institute*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/00405000.2024.2351242>
- Ildız, D. ve Arık, B. (2024). Tenceltm kumaşların su ve yağ iticilik özelliklerinin iyileş-tirilmesinde siklodekstrin ve çapraz bağlayıcı etkisinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 29(2), 463-478.
- Jalali, E., Erasmus, E., Schutte-Smith, M. Ve Visser, H. G. (2024). Fixation of nanopar-ticles on fabric: Applications in general health management. *Materials Today Communications*, 41, 110577. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.110577>

- Jeevahan, J., Chandrasekaran, M., Britto Joseph, G., Durairaj, R. B., ve Mageshwaran, G. (2018). Superhydrophobic surfaces: a review on fundamentals, applications, and challenges. *Journal of Coatings Technology and Research*, 15, 231-250. <https://doi.org/10.1007/s11998-017-0011-x>
- Kartal, B. (2017). Şönil döşemelik kumaşlarda konstrüksiyonun ve su iticilik apresinin performans özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Kwon, J., Jung, H., Jung, H. ve Lee, J. (2020). Micro/nanostructured coating for cotton textiles that repel oil, water, and chemical warfare agents. *Polymers*, 12(8), 1826. <https://doi.org/10.3390/polym12081826>
- Liu, X., Cao, J., Chen, J., Gao, Q., Zheng, H., Gao, M. ve Yu, W. (2024). Mechanically robust superhydrophobic and oleophobic nanofiber membranes with breathability, solvent-resistance, and high-temperature-resistance. *Materials & Design*, 244, 113153. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2024.113153>
- Liu, X., Shao, Q., Cao, J., Du, Z. Ve Yu, W. (2022). Superamphiphobic and flame-resistant cotton fabrics for protective clothing. *Cellulose* 29,619–632. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04212-y>
- Malshe, P., Mazlumpour, M., El-Shafei, A. ve Hauser, P. (2013). Multi-functional military textile: Plasma-induced graft polymerization of a C6 fluorocarbon for repellent treatment on nylon–cotton blend fabric. *Surface and Coatings Technology*, 217, 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.11.081>
- Oğultürk, G. (2008). Dokuma kumaşlarda su iticilik ve buruşmazlık özelliklerinin tek adımda iyileştirilmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özsevinç, A. (2012). Konvansiyonel ve nanoteknoloji esaslı su iticilik bitim kimyasalları kullanılarak farklı yapıdaki tekstil malzemelerinin su geçirmezlik özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri.
- Pektaş, K., Balcı, O. ve Ibis, A. (2023). Investigation on comfort and water repellent properties of the Rtv-2 (Bi-component room temperature vulcanizing silicone) silicone coated woven fabric. *Journal of Industrial Textiles*, 53, 15280837231205032. <https://doi.org/10.1177/15280837231205032>
- Park, S., Kim, J., & Park, C. H. (2016). Analysis of the wetting state of super-repellent fabrics with liquids of varying surface tension. *RSC advances*, 6(51), 45884-45893. <https://doi.org/10.1039/C5RA27281E>
- Sapbamrer, R., Naksata, M., Hongsisong, S., Wunnapuk, K., Watcharapasorn, A. ve Chittrakul, J. (2021). How to protect agricultural workers from exposure to pesticides: Effectiveness of woven and natural resin-coated fabrics. *Cogent Engineering*, 8(1), 1932241. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1932241>

- Shahzadi, S., Nadeem, N., Javid, A., Nawab, Y., & Zubair, U. (2024). Strategic insights into realizing superhydrophobic surfaces on cellulosic substrates through conventional and sustainable technologies. *Surfaces and Interfaces*, 53, 105034.<https://doi.org/10.1016/j.surfin.2024.105034>
- Uğur, Ş.S. (2023). Sustainable dyeing and finishing of cotton fabrics with layer-by-layer technique. *Coatings*, 13(6), 1129.<https://doi.org/10.3390/coatings13061129>
- Williams, J. T. (Ed.). (2017). *Waterproof and water repellent textiles and clothing*. Woodhead Publishing.
- Yıldız, Ü.Y. (2012). Tekstil kumaşlarına uygulanan su, yağ ve kir itici aprelerin antimikrobiyal etkinliklerinin mikrobiyolojik olarak araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Eskişehir.
- Yurdakul, B., Özçelik, E. ve Sakin, S. (2014). Kimyasal işlem ve membran yapıların kombinasyonu ile su itici spor giyim ürünlerinin geliştirilmesi. XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu
- Zhou, H., Wang, H., Lin, T., Xu, H. ve Niu, H. (2021). Super-robust self-healing superhydrophobic coating with triboelectrification induced liquid self-repellency. *Materials & Design*, 211, 110145.<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110145>



BÖLÜM 3

Comparison the Performance Proeperties of Polyamide and Acrylic Yarns on Behalf of Knitted Outerwear

***Züleyha DEĞİRMENCİ¹ & Ebru ÇORUH² &
Tuğba CAN³***

¹Gaziantep University, Faculty of Engineering, Textile Engineering Department, Gaziantep

² Gaziantep University, Faculty of Fine Art, Textile and Fashion Design Department, Gaziantep

³ Gaziantep University, Faculty of Engineering, Textile Engineering Department, Gaziantep

1. Introduction

Polyamide is used widely in hosiery, lingerie, and household furnishings in fabrics, blends, and combinations. Fabric types cover a wide range of woven and knitted goods including suiting blends, washable fleeces, and novelties. Polyamide is a very strong, quick-drying fiber with high wet strength, which is important in outerwear and swimwear fabrics. It resists non-oily stains. Polyamide is a resilient and heat-sensitive fiber. It can be heat set to be dimensionally stable. Durable crease pleat retention can be obtained by heat setting the fabric. Polyamide blends well with other fibers and adds strength to such blends (15 to 20 percent nylon is needed to give additional strength to most fabrics). It is resistant to mildew and insect damage; it also resists alkaline substances (Lawrence, C. 2015). In weaving, the main end use of polyamide is for outerwear and technical fabrics, such as airbags and cap piles for tires. In knitting, stockings, hosiery, tights, and outerwear are important outlets for polyamide. Carpets and ropes are also important sectors. (McCarthy, B. J. 2016). However, the preferences of the consumer from polyamide is not as same as those of acrylic because of the non-voluminous structure of polyamide. Certain desired properties can be built into polyester and polyamide fibers during production. However, polyamide seems to be losing its share to polyester, overwhelmed by sheer volume if not performance. Many woven industrial and apparel fabrics seem to favor polyester. Polyamide's dyeability is an advantage, but not sufficiently so to overcome the supply and variants available in polyester. (Kothari, V. K. 2008). Acrylic fibers are used to knit casual clothes for winter because of wool-like properties. Actually, acrylic fiber is made in a similar way to the production of polyamide fiber by polymerization of fossil fuel. Therefore, both of them have same origin and are synthetic fibers but consumers select to buy acrylic garments more than polyamide ones to use especially in winter season.

Yanılmaz and Kalaoğlu (2012), investigated the wetting, wicking and drying properties of acrylic knitted fabrics produced by different patterns. They found that the effect of knitted structure is significant on water evaporation rate and wicking ratios. According to the study, the tightness of the structure is more decisive than the pattern. (Yanılmaz, M., & Kalaoğlu, F. (2012). Çil et al (2009) tested the comfort-related properties of acrylic and acrylic blended knitted fabrics. They varied both the fineness of yarn and tightness of the fabric. Results showed that while wicking ability increased the drying rate decreased for the fabrics knitted by coarse yarns. Moreover, with the increasing acrylic ratio both wicking ability and drying rate increased. (Çil, M. G., Nergis, U. B., & Candan,

C. 2009). Bakhtiari et al (2006) investigated the physical properties and compression behavior of knitted fabrics produced by high bulk worsted yarns with different shrinkable and non-shrinkable acrylic fibers. The results show that higher yarn bulk, shrinkage, abrasion resistance and minimum yarn strength are obtained by 40% acrylic ratio. Also they proved knit-tuck structures have lower softness and compression rigidity than plain and knit-miss structures. (Bakhtiari, M., Najari, S. S., Etrati, S. M., & Toosi, Z. K. 2006). Erdumlu and Sarıçam (2016) studied on the thermal comfort properties of acrylic knitted fabrics which have different tightness, thickness and porosity. They investigated the usage of these fabrics for winter wear. The thermo-regulation, breathability and water-vapor permeability of the samples were compared. They concluded that 2X2 rib structures were the most convenient one in terms of these comfort-related properties by adjusting the thickness. (Erdumlu, N., & Sarıcam, C. 2017). Öner and Okur (2013) investigated the effect of knitted fabric structure on the moisture transport properties. At the end of the study, they concluded that the increase in the fabric tightness decreases the air permeability and increases the wicking ability especially in 60 min measurements. The fabric tightness has also different effects on different knitting types in terms of moisture management properties. It is observed that structures with float stitches show high wicking ability and moisture management properties in terms of plain, tuck and float stitches combinations. (Öner, E., & Okur, A. 2013). Emirhanova and Kavuşturan (2008) investigated the effect of knit structure on the physical properties of lamswool-polyamide fabrics. They proved that knit structure is a significant factor on physical properties. The results of the study showed that tuck stitch fabrics have the lowest resistance to abrasion; purl and moss stitch fabrics have the highest pilling resistance while lacoste and cardigan fabrics have the lowest. Cardigan and moss stitch fabrics are more permeable and their strength bursting is lowest. (Emirhanova, N., & Kavuşturan, Y. 2008). Polyamide is generally used in technical knitted fabrics. Mihailovic et al (2006) investigated on a polyamide/elastane weft knitted fabric to detect the suitability as a compression material by treating with gentamicin sulfate. (Mihailovic, T., Asanovic, K., Simovic, L., & Skundric, P. 2007). Umar et al (2015) studied on the effect of elastane linear density and loop length on the stretch, recovery, and compression properties of the weft-knitted polyamide/elastane (PA/EL) stretchable fabrics used in sportswear. they found that with the increase in elastane linear density there is an increase in fabric course density, areal density, recovery percentage, and compression, and fabric stretch percentage and elongation percentage decreased in both course and wale direction. (Umar, J., Hussain, T., & Maqsood, M. 2016). In this paper the usability of polyamide fibers as garments is

investigated in terms of performance properties by comparing acrylic fibers; also ten popular knitted structures are produced to increase the importance of the study.

2. Experimental Part

2.1. Production of samples

In this study by using acrylic and polyamide yarns with same number ten different knitted patterns (Single jersey, ribana, interlock, purl, half cardigan, full cardigan, single lacoste, double lacoste, lace and moss stitch) are obtained via E:7 Stoll flat knitting machine. The needle diagrams and photographic views of the samples are presented in Table 1 and Table 2 respectively.

Table 1.Needle diagram of the samples

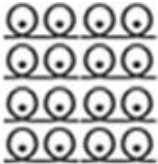
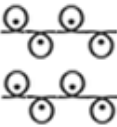
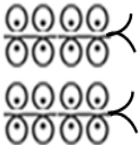
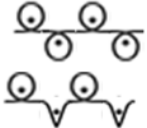
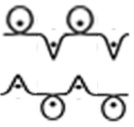
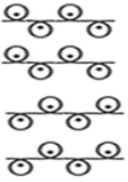
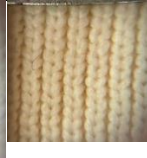
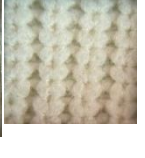
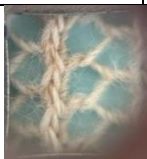
Single Jer-	1*1Rib	Interlock	Purl	Half cardigan
				
Full cardi-	Single la-	Double la-	Lace	Moss stitch
				

Table 2. Photographic views of the samples

Pattern	Acrylic	Polyamid	Pattern	Acrylic	Polyamid
Single Jersey			1*1 Rib		
Inter-lock			Purl		
Half Cardigan			Full Cardigan		
Single Lacoste			Double Lacoste		
Lace			Moss Stitch		

As seen from Table 2 fabrics knitted by polyamide yarns tend to be tighter and more elastic than those of acrylic yarns.

2.2.Test methods and standards

The number of loops was counted via a loupe from 5 different areas, and an average value was used to detect the wale and course number in accordance with ASTM D8007-15(2019). Five specimens were cut diagonally from each sample, each with a diameter of 10 cm. The weight of these specimens was measured using a precision balance, and the average value was calculated to determine the unit weight, following the ISO 12127:1999 standard. Similarly, the thickness of

five specimens from each sample was measured using a Schmidt thickness measuring apparatus, and the average value was determined in accordance with ASTM D1777-96(2019). Air permeability of the samples was measured via SDL Atlas machine from ten different areas by 100 Pa pressure difference with 20-cm head, and the average value was used with ASTM D737-18. The bursting strength test was applied via Truburst test machine by 50-mm head from 5 samples with diaphragm correction and the average value was used according to ASTM D3786/D3786M-18. Abrasion resistance test was applied via Martindale test machine, and the assessment was done when the first hole was seen from 3 specimens and the average value was used in accordance with ISO 12947-2:2016. Pilling resistance test was applied via Martindale test machine, and the assessments were done by comparing the specimen with standard photographs up to 7000 cycles according to ISO 12945-2:2000. Drapeability test was done by Cusick test machine with two specimens and the average value was used with BS 5058:1973. The bending rigidity test was done by Wira Rigidity tester with five specimens and the average value was used in accordance with BS 3356:1990. The wrinkle recovery test was done via AATCC wrinkle recovery tester, and the assessments were done by comparing the test results with standard photographs according to AATCC-128.

3. Results and Discussion

The knitted fabric's geometry is related to the structural properties of it. Every performance result of knitted fabric changes according to the structural characteristics of the samples. Therefore, the weight, thickness, wale and course fineness, stitch density and porosity of the samples are measured and shown in Table 3. This table will be used to comment on the performance test results of the study.

Table 3.Structural properties of the samples

Raw Mate- rial/Pattern	Co- urse/cm		Wale /cm		Thickness (mm)		Unit we- ight (g/m2)		Stitch Density (wpc*cpc)		Porosity	
Raw mate- rial*	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A
Single Jersey	13	9	9	7	1.27	1,2	280	214	117	63	77	85
Ribana	13	8	10	10	1.49	2,41	329	363	130	80	81	87
Interlock	12	8	13	11	1.41	2,04	351	373	156	88	78	85
Purl	7	11	12	6	1.50	1,96	247	255	84	66	86	89
Half Cardi- gan	7	5	8	6	1.69	2,58	285	297	56	30	86	90
Cardigan	8	6	7	5	2	2,59	296	317	56	30	87	90
Single La- coste	10	7	6	11	1.12	1,73	280	259	60	77	78	87
Double La- coste	10	6	7	9	1.37	2,01	277	303	70	54	82	87
Lace	10	7	8	6	1.25	1,73	221	159	80	42	85	92

*Raw material Polyamid is shown as P, Acrylic is shown as A.

For outerwear wear acrylic yarns are preferred for especially winter season. Not only the reason of this preference is related to the warm effect but also the durability of the yarns. Durability means the beneficial using time of the products. For the knitted fabrics durability is measured by testing the bursting strength, pilling and abrasion resistance of the products. Bursting strength test measures the total pressure up to breaking a yarn inside the sample within the determined time. Bursting strength test results of the samples are emphasized in Figure 1.

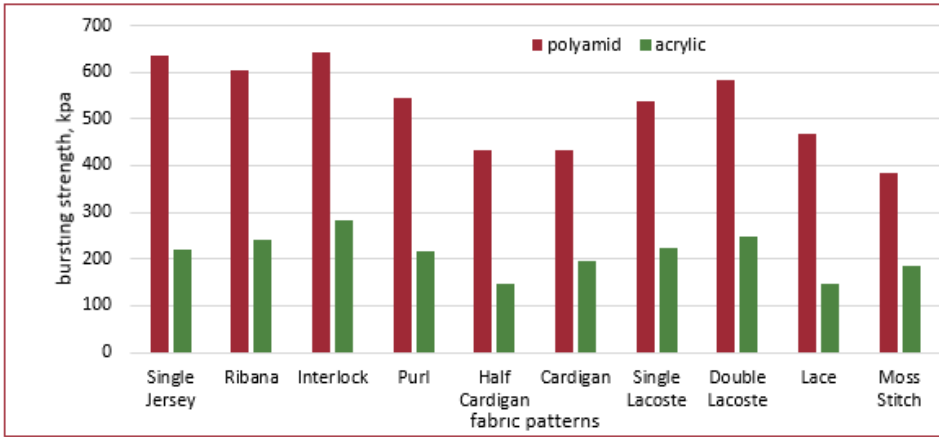


Figure 1. Bursting strength test results

It is apparent that the bursting strength results of the polyamid fabrics are higher than those of acrylic fabrics for all patterns. This result verified the phenomenon that bursting is related to the elastic behavior of the yarns more than the strength of the yarns. It is known that polyamide yarns are more elastic and stronger than acrylic yarns. High-tensioned yarn tends to break quickly so patterns including tuck stitch show lower strength. The hypothesis of this study is “Can the polyamide yarns be used for outerwear like acrylic yarns?” Therefore, in accordance with the bursting strength results polyamide knitted fabrics can be used as outerwear.

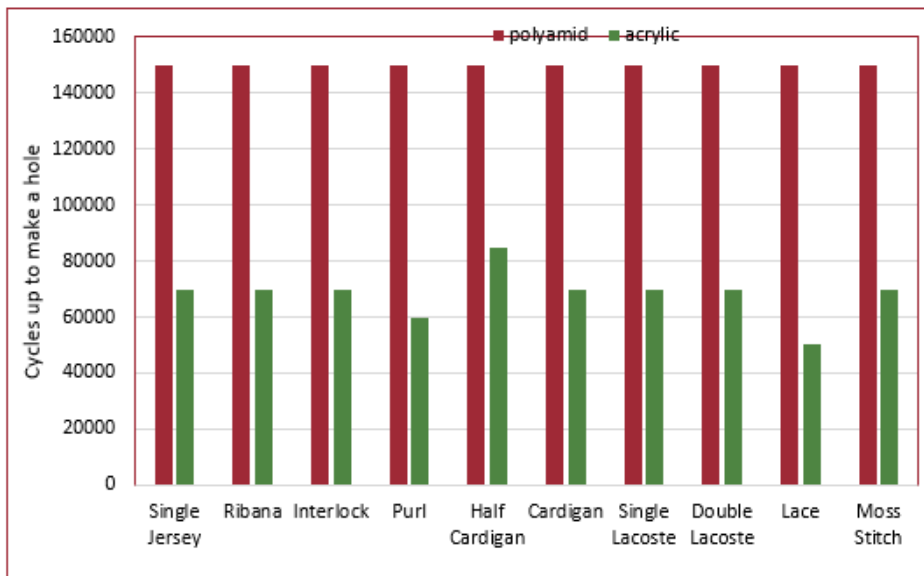


Figure 2. Abrasion resistance test results

Abrasion means the wear of the samples because of friction between two textile materials and/or between a textile and a foreign material. In daily life, the garments are exposure to this friction during use and laundering. The assessment method of this abrasion is as important as the resistance to abrasion. In this study, the cycles up to make a hole method is chosen because anybody does not want to use a garment when a hole is formed. Samples produced by polyamide yarns are resistant to abrasion more than 150000 cycles. The test is completed after 150000 because this time is very long and when the results of the samples produced by acrylic yarns are examined even the most resistant one makes a hole after 85000 cycles. In accordance with the hypothesis of the study, polyamide yarns can be used instead of acrylic yarns. The weakest pattern type is lace for acrylic yarns so it is concluded that the floats inside this pattern decreases the resistance to abrasion.

Pilling means entangled fibers over the fabric formed by friction during using of the garment. Pilling is tested by rubbing the sample fabric to the same type of knitted fabric. Assesments is made by comparing the fabrics with standard pilling photograpgs after predetermined cycles. Pilling was measured after 125, 500,1000,2000,5000,7000 cycles but the results of 7000 cycles are given in Figure 3. (1 is the worst 5 is the best)

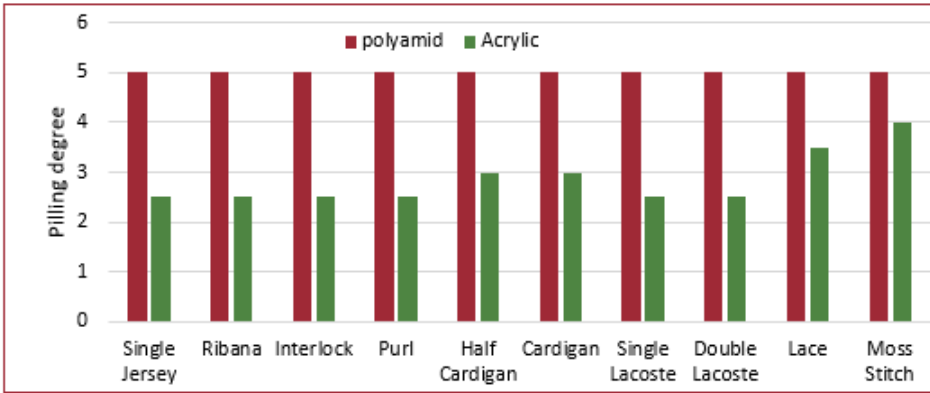


Figure 3. Pilling degree of samples

Pilling is a problem for the user so many clothes become out of use because of the pills over the samples. According to the pilling degree results after 7000 cycles there is no pilling with polyamide fabrics while the results of acrylic fabrics varied moderate to bad. According to the hypothesis polyamide fabrics can be used as an alternative to acrylic fabrics as an outerwear.

Wrinkles over a garment is also a problem for users, especially during daily life. After sitting over the clothes because of the weight of the body, the wrinkles become prominent. Among the selection reasons of a garment wrinkle recovery behavior is quite important. Wrinkle recovery test results are shown in Figure 4.

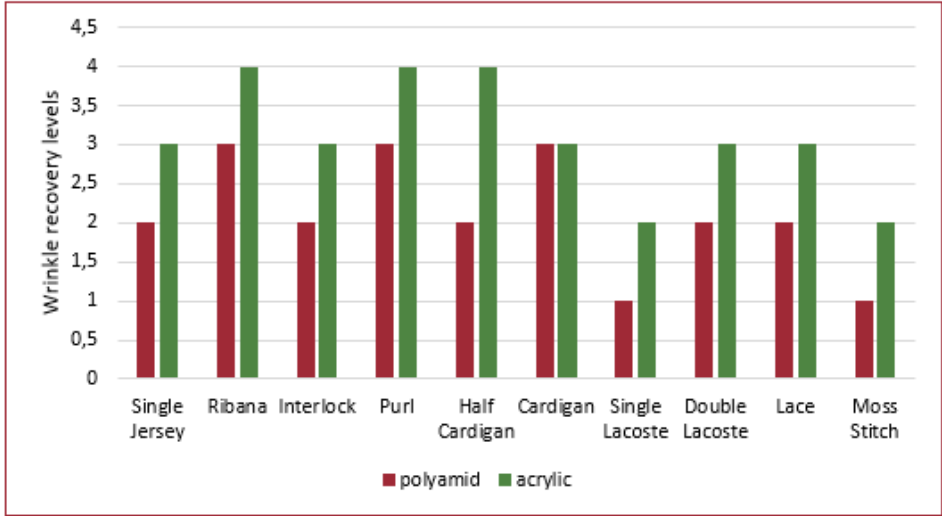


Figure 4. Wrinkle recovery test results

In accordance with the measured test results wrinkle recovery of polyamide fabrics are worse than that of acrylic fabrics. According to the AATCC 128 standard after wrinkling by the apparatus the fabric is hung and by the effect of gravity the wrinkles straighten by oneself; the number between 1 to 5 varied from the worst to the best. Any sample type is not very resistant to wrinkle but the bad results of polyamide is quite interesting because it is known that elastic materials are more resistant to wrinkle and polyamide is very elastic fiber so it is hoped to obtain this property. The pattern type is seen very effective parameter but this effect is not same for both two raw materials.

Drapeability property is related to the softness and flexibility behaviors of the fabrics. The high drapeability means high covering so to produce a fabric suitable for outerwear high drapeability should be preferred. The weight and thickness of fabric are important characteristics on drapeability property so any property changes the weight and/or thickness of the fabric, the drapeability changes at the same time. The drapeability test results are presented in Figure 5.

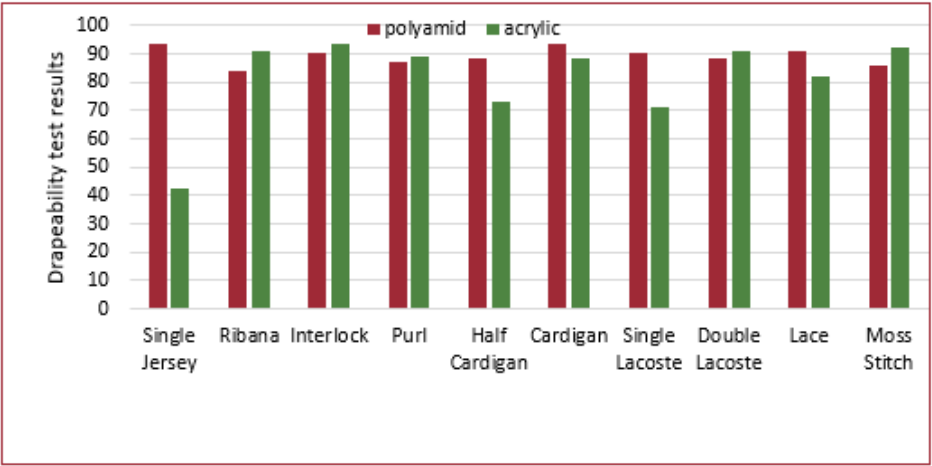


Figure 5.Drapeability test results

According to Figure 5, the raw material is not a distinguishing feature for comparing polyamide and acrylic fabrics. However, it is clear that the drapeability of the polyamide fabrics is closer to each other and so any pattern can be selected to produce outerwear.

Air permeability is also very important for the selection of a fabric for a determined season. For producing winter clothes the fabrics should not penetrated the air easily. Air permeability test show the the amount of air within 1 mm in 1

second with 100 Pa pressure drop. Air permeability test results are given in Figure 6.

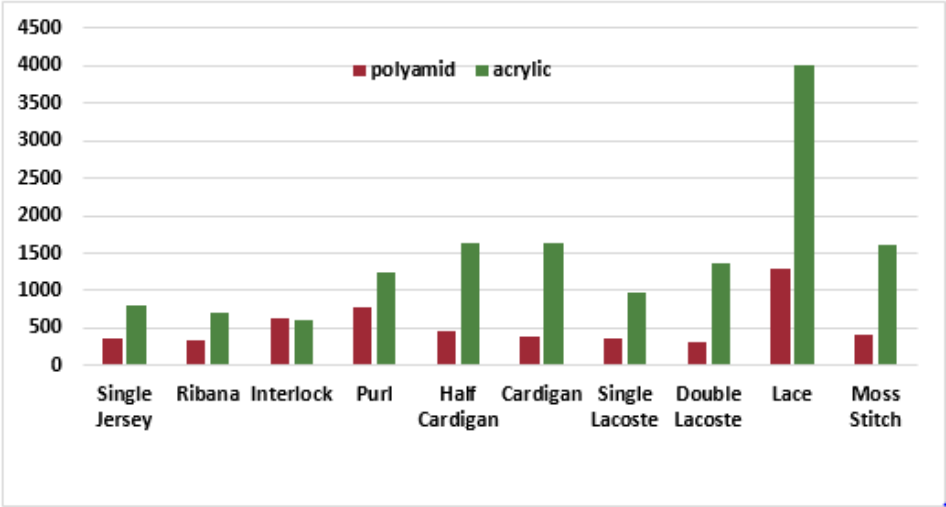


Figure 6. Air permeability test results

Lace is the pattern with many holes so the high result is related to the holes. In many patterns the air permeability of polyamid fabrics is lower than that of acrylic fibers so this result verified the hypothesis of the study. Fabrics produced by polyamide yarns may be used as an alternative to the fabrics produced by acrylic yarns to knit outerwear for especially winter season.

3.3.Statistical analyses

In this study to observe the responses ANOVA test is applied by Design Expert 13 package program. Knitting structure and raw materials are selected as categoric variables and effective model terms. **P-values** less than 0,0500 indicate model terms are significant. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. The results are presented in Table 4.

Table 4. One-way ANOVA test results

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model-Air permeability	7,95	10	0,7952	6,75	0,0042	Significant
A-Knitting structure	3,37	9	0,3741	3,18	0,0499	Significant
B-Raw material	4,58	1	4,58	38,94	0,0002	Significant
Model-Bursting strength	406,57	10	40,66	51,42	< 0.0001	Significant
A-Knitting structure	49,99	9	5,55	7,02	0,0039	Significant
B-Raw material	356,59	1	356,59	450,99	< 0.0001	Significant
Model-Abrasion resistance	3,356E+10	10	3,356E+09	86,00	< 0.0001	Significant
A-Knitting structure	3,513E+08	9	3,903E+07	1,00	0,5000	Not significant
B-Raw material	3,321E+10	1	3,321E+10	850,96	< 0.0001	Significant
Model-Pilling degree	24,38	10	2,44	17,38	0,0001	Significant
A-Knitting structure	1,26	9	0,1403	1,0000	0,5000	Not significant
B-Raw material	23,11	1	23,11	164,76	< 0.0001	Significant
Model-Drapeability	1254,42	10	125,44	0,8131	0,6262	Not significant
A-Knitting structure	946,62	9	105,18	0,6818	0,7113	Not significant

B-Raw material	307,80	1	307,80	2,00	0,1914	Not significant
Model-Wrinkle recovery	13,80	10	1,38	12,42	0,0004	Significant
A-Knitting structure	8,80	9	0,9778	8,80	0,0017	Significant
B-Raw material	5,00	1	5,00	45,00	< 0.0001	Significant

Table 4 shows that changing raw material and variations in knitting structure are significant variables on air permeability, bursting strength and wrinkle recovery. On abrasion resistance and pilling degree, changing the raw material is also a significant model term while knitting structure is not. Both the knitting structure and raw material are not significant model terms on drapeability. Based on the test results, the knitting structure and raw material must be evaluated collectively to identify the optimal sample type. The selection process considers constraints ensuring that the knitting structure and raw material remain within acceptable ranges. The objective is to minimize air permeability while maximizing bursting strength, pilling resistance, drapeability, abrasion resistance, and wrinkle recovery. From the initial 20 solutions generated, the 5 most desirable results are presented in Table 5.

Table 5. Solutions for 5 combinations of categoric factor levels

Sample	Air permeability	Bursting strength	Abrasion resistance	Pilling resistance	Drapeability	Wrinkle recovery	Desirability
Ribana of polyamide	329.305	589.773	150750	4.825	91.358	3.000	0.902
Purl of polyamide	650.147	540.497	145750	4.825	92.123	3.000	0.840
Cardigan of polyamide	525.348	469.833	150750	5.075	95.208	2.500	0.815
Interlock of polyamide	412.329	639.150	150750	4.825	95.973	2.000	0.808
Double lacoste of polyamide	422.699	584.410	150750	4.825	93.923	2.000	0.795

As observed from the table, the top five desired fabrics are produced using polyamide fiber, with the ribana structure emerging as the most optimal. The desirability of this sample is 0.902, which is notably close to 1. This indicates that, among the evaluated samples, this fabric is highly suitable for meeting various performance expectations for winter outerwear.

4. Conclusion

Although manufacturers are well-acquainted with the properties of fabrics and raw materials, there is a continuous effort to identify new, suitable fiber types for garment production. This effort is largely driven by evolving fashion trends, as consumer preferences heavily influence the development of innovative textiles. Polyamide fibers, in particular, have gained popularity in garment manufacturing due to their versatility and performance characteristics. However, there remains a degree of consumer prejudice against polyamide, primarily due to misconceptions regarding its suitability and comfort.

The objective of this study is to evaluate the performance of knitted structures made from polyamide fibers and to test the hypothesis that polyamide fibers can

serve as effective materials for winter garments. To achieve this, the study compares the performance of polyamide-knitted fabrics with those produced from acrylic fibers across several key parameters.

Experimental results demonstrate that knitted fabrics made from polyamide fibers exhibit superior bursting strength, abrasion resistance, pilling resistance, and air permeability compared to those made from acrylic fibers. Drapeability results were found to be comparable between the two fiber types. However, the wrinkle recovery behavior of polyamide fabrics was observed to be inferior to that of acrylic fabrics. Despite this, the inherent stretchability of polyamide garments minimizes visible wrinkling during wear, thus mitigating this drawback.

Statistical analysis corroborates the observed trends, affirming the reliability of the experimental findings. Among the tested samples, ribana, interlock, cardigan, and moss stitch structures emerged as the most favorable options for winter garments. These structures, when produced with polyamide fibers, combine high durability, excellent drapeability, and reduced air permeability, making them well-suited for winter wear applications.

5. Acknowledgment

This study was supported by Gaziantep University with the project number MF.YLT.17.0918889489

References

- Lawrence, C. (2015). Fibre to yarn: filament yarn spinning. In *Textiles and fashion* (pp. 213-253). Woodhead Publishing, <https://doi.org/10.1016/b978-1-84569-931-4.00010-6>
- McCarthy, B. J. (2016). An overview of the technical textiles sector. *Handbook of technical textiles*, 1-20, <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-458-1.00001-7>
- Kothari, V. K. (2008). Polyester and polyamide fibres—apparel applications. In *Polyesters and polyamides* (pp. 419-440). Woodhead Publishing, <https://doi.org/10.1533/9781845694609.3.419>
- Yanilmaz, M., & Kalaoğlu, F. (2012). Investigation of wicking, wetting and drying properties of acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 82(8), 820-831, <https://doi.org/10.1177/0040517511435851>
- Cil, M. G., Nergis, U. B., & Candan, C. (2009). An experimental study of some comfort-related properties of cotton—acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79(10), 917-923, <https://doi.org/10.1177/0040517508099919>
- Bakhtiari, M., Najar, S. S., Etrati, S. M., & Toosi, Z. K. (2006). Compression properties of weft knitted fabrics consisting of shrinkable and non-shrinkable acrylic fibers. *Fibers and Polymers*, 7(3), 295-304, <https://doi.org/10.1007/bf02875687>
- Erdumlu, N., & Saricam, C. (2017). Investigating the effect of some fabric parameters on the thermal comfort properties of flat knitted acrylic fabrics for winter wear. *Textile Research Journal*, 87(11), 1349-1359, <https://doi.org/10.1177/0040517516652347>
- Öner, E., & Okur, A. Y. Ş. E. (2013). The effect of different knitted fabrics' structures on the moisture transport properties. *Journal of the Textile Institute*, 104(11), 1164-1177, <https://doi.org/10.1080/00405000.2013.782214>
- Emirhanova, N., & Kavusturan, Y. (2008). Effects of knit structure on the dimensional and physical properties of winter outerwear knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(2), 67, http://www.fibtex.lodz.pl/67_17_69.pdf
- Mihailovic, T., Asanovic, K., Simovic, L., & Skundric, P. (2007). Influence of an antimicrobial treatment on the strength properties of polyamide/elastane weft-knitted fabric. *Journal of applied polymer science*, 103(6), 4012-4019, <https://doi.org/10.1002/app.25626>
- Umar, J., Hussain, T., & Maqsood, M. (2016). Modeling the mechanical and compression properties of polyamide/elastane knitted fabrics used in compression sportswear. *The Journal of The Textile Institute*, 107(10), 1240-1252, <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1100805>

