



Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 24.03.2025
Kabul Tarihi : 15.12.2025

Received Date : 24.03.2025
Accepted Date : 15.12.2025

İPLİK KOMPOZİSYONUNDAKİ YÜN LİFİ ORANININ AKRİLİK İPLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EFFECTS OF WOOL FIBER RATIO IN YARN COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF ACRYLIC YARN

Ferhan GEBEŞ^{1*} (ORCID: 0000-0002-0027-2722)

*İlter SEVİLEN*¹ (ORCID: 0009-0003-3819-3995)

*Kenan YILDIRIM*² (ORCID: 0000-0002-1640-6035)

¹ Ormo Yün İplik San. Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Fatih Mahallesi Gölyolu Harmansazı Mevkii, Bursa, Türkiye

² Bursa Teknik Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ferhan GEBEŞ, fgeb@ormo.com.tr

ÖZET

Akrilik el örgü iplikleri, kumaşa dönüştürüldüğünde kullanım sırasında statik elektriklenme ve boncuklanma sorunları gösterebilmekte ve bu durum müşteri memnuniyetini olumsuz etkilemektedir. Bu problemleri azaltmak için ipliklere antistatik kimyasallar ve uzun elyaf kullanımı önerilmiş olsa da, kimyasal işlemler çevreye zarar vermekte ve yıkama ile etkisini kaybetmektedir. Bu çalışmada, yün lifinin akriliğe kıyasla daha düşük statik elektriklenme özelliğinden yararlanarak, yün-akrilik karışım iplikler alternatif bir çözüm olarak değerlendirilmiştir. Yün lifinin yüksek maliyeti dikkate alınarak, kabul edilebilir statik performansı sağlayacak optimum karışım oranı araştırılmıştır. Yün lifinin daha düşük mukavemeti nedeniyle, boncukların kumaş yüzeyinden daha kolay ayrılması ve boncuklanma davranışının iyileşmesi öngörülmüştür. Akrilik ve yün lifleri boyanmış, çekim prosesinde farklı oranlarda karıştırılmış ve dört pasajlı çekim ile homojenlik sağlanmıştır. Karışımlar, büküm miktarı, doğrusal yoğunluğu ve büküm yönü sabit tutularak ring yarı kamgarn eğirme tekniğiyle ipliğe dönüştürülmüştür. İplik ve kumaşlarda kopma mukavemeti, iplik-metal sürtünme katsayısı, statik elektriklenme, tuşe ve boncuklanma özellikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yün oranının artmasının kopma mukavemetini ve uzamayı azalttığını, tuşeyi olumsuz etkilediğini; iplik-metal sürtünme katsayısı ve yüzeysel statik direnci ise artırdığını göstermiştir. Boncuklanmada belirgin bir değişim gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Akrilik, yün, el örgü ipliği, statik elektriklenme, boncuklanma.

ABSTRACT

Acrylic hand-knitting yarns can exhibit static electrification and pilling problems when converted into fabric, negatively affecting customer satisfaction. Although antistatic chemicals and using long fibers have been proposed to reduce these problems, chemical treatments harm the environment and lose their effectiveness after washing. In this study, wool-acrylic blended yarns were evaluated as an alternative solution by utilizing the lower static electrification of wool fibers compared to acrylic. Considering the high cost of wool fibers, the optimum blend ratio providing acceptable static performance was investigated. Due to the lower strength of wool fibers, it was also anticipated that pills would detach more easily from the fabric surface, improving pilling behavior. Acrylic and wool fibers were dyed, blended in different ratios during the drawing process, and homogenized through four-pass drawing. The blends were spun into yarn using the ring semi-worsted spinning technique, with twist count, linear density, and twist direction kept constant. Tensile strength, yarn-metal friction coefficient, static electrification, handle, and pilling properties were evaluated. The results showed that increasing wool content reduced breaking strength and strain and negatively affected handle, while yarn-metal friction coefficient and surface static resistance increased. No significant change was observed in pilling.

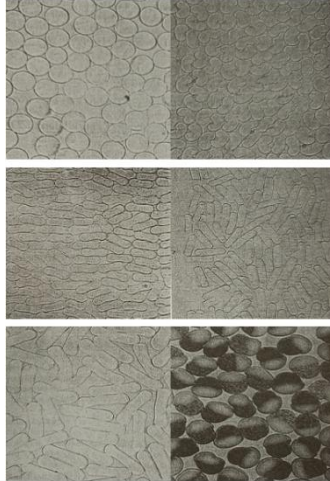
Keywords: Acrylic, wool, hand-knitting yarn, static electricity, pilling.

GİRİŞ

Akrilonitril ve poliakrilonitrilin (PAN) bilinen ilk sentezleri 1890'lı yıllara dayanmaktadır (Moureau, 1893; Mark). Ancak akrilik esaslı liflerin ticari ölçekte yaygınlaşması, ıslak çekim için uygun bir çözücü bulunamaması nedeniyle gecikmiştir. DuPont firması, PAN için uygun bir organik çözücü olan N,N-dimetilformamid (DMF)'i keşfederek bu alanda önemli bir dönüm noktası yaratmıştır (Babaoğul vd., 2010; Lukens, 1960; Houtz, 1950; Rein, 1948; Houtz, 1942; Rein, 1938; Mark). Aynı çözücü, hemen hemen aynı dönemde I.G. Farben şirketi tarafından da bağımsız olarak bulunmuştur (Rein, 1942; Mark). DuPont, DMF'yi kullanarak hazırladığı eğirme çözeltisi ile 1950 yılında kuru çekim yöntemi üzerinden Orlon ticari adıyla ilk akrilik elyafı üretmiştir. Benzer yıllarda Chemstrand (günümüzde Solutia), Monsanto'nun polimer teknolojisi ile N,N-dimetilasetamid (DMAc) çözücüsünü temel alan Amerikan Viskoz ıslak eğirme teknolojisini kullanarak Acrilan adıyla akrilik elyaf üretimine başlamıştır. Başlangıçta her iki ürün de teknik zorluklarla karşılaşmış; Orlon boyanabilirlik sorunlarıyla, Acrilan ise fibrilasyon problemleriyle gündeme gelmiş; ancak 1950'lerin sonlarına doğru bu sorunlar çözülmüş ve her iki ürün de güçlü birer pazar payı elde etmiştir (Süpüren Mengüç, 2016; Babaoğul vd., 2010; Lukens, 1960; Rein, 1938; Mark). Federal Ticaret Komisyonu akrilik lifi, *ağırlıkça en az %85 akrilonitril içeren lif* olarak tanımlamaktadır (Babaoğul vd., 2010; Dalgıç, 2009; Lukens, 1960; U.S. Fed. Tic. Kom., 1960). Modakrilik lifleri ise aynı komisyon tarafından %35-85 aralığında akrilonitril içeren lifler olarak sınıflandırmaktadır. Modakriliklerin aseton gibi daha konvansiyonel çözücülerde çözünebilmesi, bu liflerin piyasaya daha erken giriş yapmalarını sağlamıştır. Union Carbide şirketi, 1948 yılında Vinyon N ve Dynel ticari adlarıyla ilk aleve dayanıklı modakrilik liflerini piyasaya sunmuştur. Vinyon N sürekli filament formunda iken Dynel kesikli elyaf yapısındadır ve her ikisi de %60 vinilklorür-%40 akrilonitril kopolimerine dayanmaktadır (Babaoğul vd., 2010; Mark). Kesikli elyaf teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte akrilik elyaflar özellikle yünlü ürün pazarlarında önemli bir rakip haline gelmiştir. 1963 yılına gelindiğinde halı ve triko sektörleri toplam akrilik üretiminin yaklaşık %50'sini oluşturmuştur. 1970'li yıllarda ise ABD ve Batı Avrupa'da büyüme hızı yavaşlamış; bunun temel nedenleri yün ikame pazarının doygunluğa ulaşması, halıcılıkta naylon ve giyim uygulamalarında polyesterin payını artırması olmuştur. Buna karşın aynı dönemde Japonya, Doğu Avrupa ve gelişmekte olan ülkelerde akrilik elyaf üretim kapasitesinde hızlı bir artış gözlenmiştir (Mark). Bu büyüme, akrilik liflerin yün benzeri estetik özellikleri, yumuşak tuşesi, akrilonitrilin görece düşük maliyeti ve liflerin kolay boyanabilirliği gibi avantajlar tarafından desteklenmiştir (Babaoğul vd., 2010; Lukens, 1960). Türkiye'de 2003 yılı itibariyle akrilik lif üretim kapasitesi yaklaşık 277.000 ton olarak gerçekleşmiştir. Aksa, dünya akrilik lif üretiminde %9'luk payıyla ikinci sırada yer almakta olup, tek çatı altında üretim yapan en büyük akrilik lif üreticisi konumundadır (Tiyek & Bozdoğan, 2005; Bozdoğan et al., 2004; Mark). Günümüzde ise Türkiye'nin tek, dünyanın ise en büyük akrilik elyaf üreticisi olmaya devam eden Aksa, 2023 yılı için akrilik elyaf kapasitesini 355.000 ton/yıl olarak açıklamıştır. Akrilik elyafların şapel uzunlukları kullanım alanına bağlı olarak 25 ile 150 mm arasında değişmekte; lif inceliği 1 ile 22 dtex aralığında olup en yaygın olarak 1,3 dtex, 2,2 dtex ve 3,3 dtex değerleri kullanılmaktadır. Tow formu ise 2,2 milyon kilotex'e kadar paketler halinde pazarlanmaktadır (Needles, 1981; Moncrieff, 1975; Lukens, 1960; Mark).

Akrilik elyafının başlıca kullanım alanları giyim, ev tekstilleri ve dış ortam kumaşlarıdır. Giyim sektöründe akrilik lifler; kazak, elbise, takım elbise, çocuk giyimi gibi çeşitli örme dış giyim ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örme ürünler kapsamında diğer önemli akrilik pazarlar ise el örgü iplikleri, derin tüylü kumaşlar ve yarım çoraplardır. Poliakrilonitril esaslı liflerin iyi ısı tutma yeteneği (yün ayarında), yüksek yaylanma yetenekleri, düşük özgül ağırlıkları ve iyi buruşmazlık özellikleri; bu liflerin battaniye, kilim ve halı üretiminde tercih edilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca bu özellikleri sayesinde akrilik lifler, yün elyafının kullanıldığı birçok uygulamada -özellikle trikotaj ürünlerinde ve perdelik kumaşlarda- başarılı bir ikame malzeme olarak kullanılmaktadır. Akrilik liflerin güneş ışınlarına karşı mükemmel dayanım göstermesi, onları açılır tavan sistemleri, çadır kumaşları, tenteler ve diğer dış mekan tekstilleri için uygun hale getirmektedir. Bunun yanı sıra oto döşemelik kumaşlar (örneğin oto koltuk kılıfları) gibi teknik tekstil alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Çolak, 2020; Yavaşcaoğlu, 2018; Süpüren Mengüç, 2016; Babaoğul vd., 2010; Bahtiyari vd., 2008; Lukens, 1960; Mark).

Akrilik lifleri, yüksek uzama ve elastik toparlanma özellikleri bakımından yün liflerine benzerlik göstermektedir. Bu elastik davranış, akrilik ve yün esaslı kumaşların yumuşak bir tutuma sahip olmasını sağlamaktadır. Akriliğin gerilme mukavemeti diğer sentetik liflere kıyasla daha düşük olmakla birlikte, yün liflerinin gerilme mukavemetinden daha yüksektir (Dalgıç, 2009; Lukens, 1960; Mark). Akrilik liflerinin enine kesit geometrisi, uygulanan eğirme ve çekim koşullarına bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte genel olarak üç temel forma sahiptir (Şekil 1): yuvarlak (ıslak eğrilmiş, yavaş koagülasyon), fasulye/böbrek formu (ıslak eğrilmiş, hızlı koagülasyon) ve köpek kemiği/yer fıstığı formu (kuru eğrilmiş) (Babaoğul vd., 2010; Dalgıç, 2009; Lukens, 1960; Mark).



Şekil 1. Akrilik lif kesitleri (Mark)

Yün, moleküler yapısı ve fiziksel özellikleri nedeniyle birçok doğal ve sentetik life kıyasla daha yüksek düzeyde statik elektriklenmeye eğilimlidir. Bunun birincil nedeni, yünün lif boyunca çok sayıda polar amino asit grubu içeren protein bazlı bir yapıya sahip olmasıdır. Bu polar fonksiyonel gruplar, lif başka bir yüzeye sürtüldüğünde yük ayrışmasını kolaylaştırarak statik elektriğin oluşmasına zemin hazırlar. İkinci olarak, yün lifleri zayıf elektrik iletkenliğine sahiptir; bu nedenle lif yüzeyinde biriken elektrik yükü kolayca dağılmaz. Yüksek polarize edilebilirlik ile düşük elektrik iletkenliğinin kombinasyonu, yünün statik yükleri hem daha kolay üretmesine hem de diğer sentetik veya bitkisel liflere göre daha uzun süre tutmasına neden olmaktadır (Quora, n.d.).

Yünün içeriğinde bulunan lanolin, statik elektrik birikimine katkıda bulunan önemli bileşenlerden biridir. Lanolin, koyunlar tarafından salgılanan ve yün liflerinin yüzeyini kaplayan mumsu bir maddedir. Bu tabaka, lifleri ek olarak yalıtarak statik yüklerin dağılmasını geciktirir ve yünün genel dielektrik özelliklerini artırır. Böylece yün liflerinin statik elektrik üretme ve bu yükleri tutma eğilimi güçlenir. Buna karşılık pamuk, keten veya polyester gibi kumaşlar; daha düşük polarize edilebilirlikleri veya daha yüksek elektrik iletkenlikleri nedeniyle statik yük biriktirmeye daha az eğilimlidir ve yükleri daha hızlı dağıtır (Quora, n.d.). Yün liflerinin dış yüzeyinde bulunan pulcuklar sürtünme katsayısının yüksek olmasına yol açsa da lifin doğal kıvrımlı (crimp) yapısı bu sürtünme etkisini belirli ölçüde dengelemektedir (Babaoğul vd., 2010). Yün lifi güç tutuşur bir polimerdir. Alevle temas ettiğinde yanmakla birlikte alev kaynağı uzaklaştırıldığında yanma durur ve lif kolayca söner. Yanma sonrası kabarık ve köpük benzeri, kolayca ufalanabilen siyah bir kül bırakır (Türk, 2019; Babaoğul vd., 2010). Yünün yüksek LOI (Limiting Oxygen Index) değeri de tutuşmanın zor gerçekleşmesine katkı sağlamaktadır. Yüksek azot içeriği (%16) ve nispeten yüksek nem içeriği (%10-14) ve makromoleküler yapısında kükürt bulunması, yünün bu aleve dayanıklı karakteristiğini güçlendirmektedir (Türk, 2019; Bahtiyari vd., 2008; Johnson et al., 2003). Akrilik liflerin aksine, yün liflerinin dış ortam dayanımı düşüktür. Uzun süre güneş ışığına maruz kalması halinde foto-oksidasyon meydana gelir ve lif yapısı zamanla dekompoze olur (Türk, 2019; Babaoğul vd., 2010; Dayıoğlu & Karakaş, 2007; Duran vd., 2006; Başer, 1992).

Hem yün lifinin hem de akrilik lifinin olumlu özelliklerinin, her bir lifin olumsuz yönlerini dengelemesi amacıyla lif karışımları uzun yıllardır uygulanan bir yöntem olmuştur. Bu konuda birçok akademik çalışma yapılmış ve çeşitli ürünler geliştirilerek pazara sunulmuştur.

Park (2005) gerçekleştirdiği çalışmada, optimum yün/akrilik karışım oranını belirlemek amacıyla yün/akrilik karışımli örgülerin mekanik ve tutum özelliklerini tekrarlı yıkama öncesi ve sonrasında incelemiştir. Bu çalışma kapsamında %100 yün, %70 yün - %30 akrilik, %50 yün - %50 akrilik, %30 yün - %70 akrilik ve %100 akrilik olmak üzere beş farklı karışım oranı kullanılmış, iplikler örülmüş ve örgü kumaşlar yıkanmıştır. Sonuçlara göre, yıkama sonrasında karışımdaki akrilik lif oranı arttıkça dökümlülük özelliği orantılı olarak azaltılmış ve yüzey özelliklerinden sürtünme katsayısı artış göstermiştir. Ayrıca, yıkama öncesi tüm örneklerin tuşeleri benzer sonuçlar verirken, yıkama sonrasında tuşe kötüleştirmiş ve yün oranı arttıkça bu kötüleştirmeye daha belirgin hale gelmiştir (Park, 2005).

Candan (2000), farklı iplik karışımlarından (%100 yün, %50 yün - %50 akrilik, %88 tiftik - %12 naylon) elde edilen kumaşların boncuklanma eğilimi ve diğer fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, %100 yünlü kumaşların boncuklanma eğilimi ile yün/akrilik karışımı kumaşların boncuklanma eğilimi arasında anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Süpüren Mengüç, 2016; Candan, 2000).

Diğer bir çalışmada, iplik yapısına akrilik lif karıştırılmasının, yün ve angora ipliğin kopma mukavemeti, ince/kalın yer sayısı ve neps sayısını arttırdığı görülmüştür. Ayrıca, akrilik lif karışımı kumaşın birim alan kütlesi ve kalınlığı artarken, hava geçirgenliği azalmıştır. Çalışmada, %70 akrilik - %10 yün - %20 angora ve %70 akrilik - %30 angora iplikler, en düşük eğilme değerine sahip olup, en yumuşak tutumlu kumaşlar olarak ortaya çıkmıştır. Öte yandan, %100 akrilik ve %70 akrilik - %10 yün - %20 angora iplikler en yüksek kopma mukavemeti değerlerini göstermiştir. Bunun yanı sıra, %70 akrilik - %20 yün - %10 angora içeren iplik, iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayısı açısından en yüksek değerlere sahip olmuştur. Buna karşılık, %70 akrilik - %30 angora ve %100 akrilik iplikler, daha düşük iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayıları sergilemiştir (Süpüren Mengüç, 2016).

Bu çalışmada, güncel literatürde düşük seviyede ele alınmış olan konu; kompozisyonundaki yün lifi oranının akrilik ipliklerin özelliklerini nasıl etkilediği üzerine odaklanılmıştır. Özellikle iplik mukavemeti, iplik-metal sürtünme katsayısı, statik elektriklenme, tuşe ve boncuklanma parametreleri bazında değerlendirmeler yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde açıklanan tüm testler uygulanmadan önce numuneler, ISO 139 standardına uygun laboratuvar koşullarında kondüsyonlanmıştır. Çalışma kapsamında, 11 farklı karışım oranına sahip olacak şekilde üretilen iplikler Tablo 1'deki gibi kodlanmıştır.

Tablo 1. İplik kodları ve özellikleri

Numune Sayısı	Numune Kodu	İplik Doğrusal Yoğunluğu (Nm)	Üretimde Ayarlanan İplik Kompozisyonu (%)	
			Akrilik(%)	Yün(%)
1	100RLX	6,8	100	0
2	90RLX10YÜN	6,8	90	10
3	80RLX20YÜN	6,8	80	20
4	70RLX30YÜN	6,8	70	30
5	60RLX40YÜN	6,8	60	40
6	50RLX50YÜN	6,8	50	50
7	40RLX60YÜN	6,8	40	60
8	30RLX70YÜN	6,8	30	70
9	20RLX80YÜN	6,8	20	80
10	10RLX90YÜN	6,8	10	90
11	100YÜN	6,8	0	100

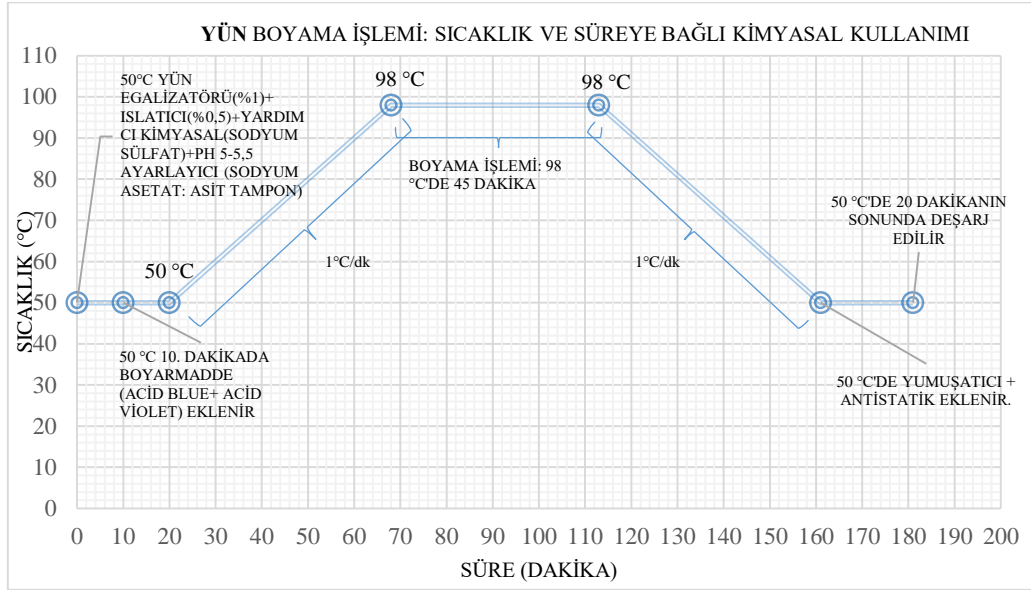
Her iki lif türü de elyaf boyama yöntemi ile renklendirilmiştir. 30 mikron Superwash tipi yün elyafı ile 5 denye Relax tipi akrilik elyafı, bams hâlinde aynı kazanda boyama işlemine tabi tutulmuştur. Elyafların bams formları Şekil 2a'da gösterilmiştir. Boyama işlemi, H. Krantz Marchinenbalt – 51 Aachen marka 2003 model bams boyama makinesinde gerçekleştirilmiş olup, makinenin görünümü Şekil 2b'de verilmiştir. Elyaf bamsları preslenerek (Şekil 2c) boyama makinesine yerleştirilmiştir. Tüm numuneler, boyama süreç değişkeninin sonuçlara etki etmemesi için tek kazanda ve aynı koşullarda boyanmıştır. Yün elyafının boyama şartları Şekil 3'te, akrilik elyafının boyama şartları ise Şekil 4'te sunulmuştur.

Boyama sonrası, Oğuz Makine marka 2000 model santrifüj makinesi kullanılarak bamsların yüzey suyu sıkma işlemi ile uzaklaştırılmıştır. Santrifüj makinesinde titreşim yoluyla 1200-1500 d/dk hızında 45 dakika süren sıkma işlemi uygulanmıştır.

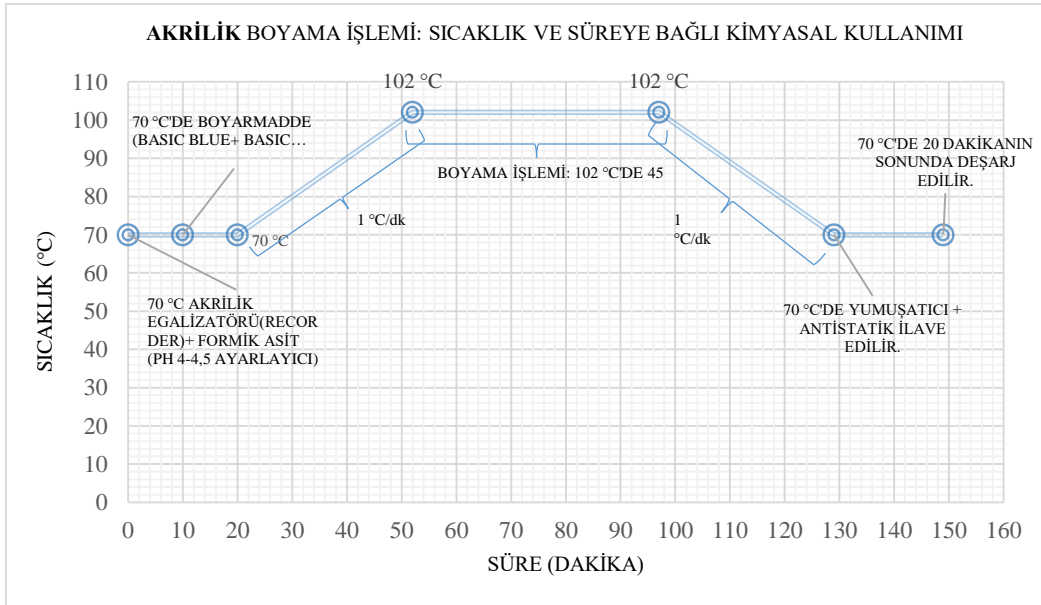
Kurutma işlemi, Sonar marka 2004 model RF kurutma makinesinde gerçekleştirilmiştir. 5 denye Relax tipi akrilik bamslar, 50 °C'de 18 m/dk hızla kurutma makinesinden geçirilmiş, yün elyafı bamsları ise açılarak band haline getirildikten sonra 90 °C'de 6 m/dk hızla kurutma işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 2. a. Bams b. Boyama kazanları c. Bams presleme



Şekil 3. Yün elyafı boyama şartları



Şekil 4. Akrilik elyafı boyama şartları

Bams formunda olan yün ve akrilik elyaflar, boyama sonrasında GC 30 [(NSC N. Scumberger) Fiber-to-Yarn] marka 2015 model çekme makinelerinde band formuna dönüştürülmüştür. Yün-akrilik karışımı çekim işlemi, karışım oranına göre besleme dublaj sayıları ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Çekim işlemi dört pasajda uygulanmıştır. Hazırlama makinelerinin ilki olan 1. çekmeye 10 dublaj beslenmiş, 30 gram girdi ve 22 gram çıktı elde edilmiş; sabit

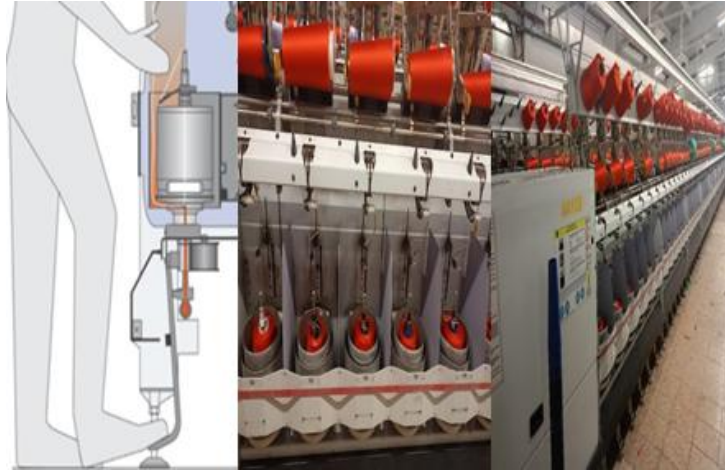
çekim oranı 3,40 olarak uygulanmıştır. İkinci ve üçüncü çekmeye 8 dublaj beslenmiş ve çıkış gramajı 20 gram olmuştur. Son çekmeye 4 dublaj beslenmiş ve 12 gram band çıktısı alınmıştır.

Çekme (hazırlama) makinesinde çekilerek inceltilen ve karışımı sağlanan bandlar, Şekil 5'te gösterilen HDB (Houget Duesberg Bosson) Belçika yapımı 1992 model yarı kamgarn ring iplik makinesinde ipliğe dönüştürülmüştür. Karışım halinde band formundaki elyaf, tek kat 6,8 Nm doğrusal yoğunlukta ipliğe dönüştürülmüştür. Ring iplik makinesinde band; akış hızı 35 m/dk ve iğ devri 5250 dev/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Makine ayarları sırasıyla şu şekildedir: Arka çekim: 7,06; ön çekim: 9,96; toplam çekim: 81,6; fitil doğrusal yoğunluğu: 1,5 g/m; ekartman: 170; bilezik çapı: 90 mm; masura boyu: 42 cm; bilezik yüksekliği: 16,7 mm. İpliğe 150 tur/m Z yönlü büküm verilerek tek kat iplik formu elde edilmiştir.



Şekil 5. Ring iplik makinesi - yarı kamgarn hattı

Tek kat iplikler, hem bobine aktarımın sağlandığı hem de ring iplik makinesinde oluşan iplik kopuşlarının hava yolu ile birleştirilip temizlendiği 2005 model Japon Muratec marka iplik temizleme makinesi kullanılarak bobin yapılmıştır.



Şekil 6. Çok kat büküm makinesi

2021 model HMX 132 HemaksCo Textile Machinery marka otomatik katlama makinesinde, 350 devirde iplik katlama işlemi gerçekleştirilerek 3 katlı el örgü ipliği üretilmiştir. Katlı ipliklerin bükümü, Şekil 6'da verilen Volkmann marka 2002 model çok kat büküm makinesi kullanılarak two-for-one tekniği ile yapılmıştır. Bu aşamada ipliğe 100 tur/m S yönlü büküm verilmiş ve 8 inç'lik konikler üzerine 2250 m/dk hızla sarım gerçekleştirilmiştir.

Katlanmış ve bükülmüş ipliklerin fikseleme işlemi, Şekil 7'de gösterilen Superba model fikse makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Su buharı yardımıyla yapılan fikseleme işlemi (bükümün sabitlenmesi ve iplik karışımında bulunan hammaddeye bağlı olarak değişen oranlarda hacim kazandırılması) 96-104 °C sıcaklık aralığında uygulanmıştır. İplikler, su buharı ile ısıtıldıktan sonra kuka makinelerinde çalışmaya uygun 'kek' formuna getirilmiştir. Kek formundaki iplikler, Şekil 8'de gösterilen Gökhan Makine marka 2023 model kuka makinesinde kukalanmıştır.



Şekil 7. Fikse makinesi



Şekil 8. GW Kuka makinesi

İplik mukavemeti ve uzama oranındaki değişimin belirlenmesi için ORMO ARGE Merkezi'nde bulunan I.V.Calderara marka 2001 model çok amaçlı mukavemet ölçüm cihazı kullanılmıştır. İplik mukavemeti ve uzama oranı testleri tek kat iplikler üzerinden yürütülmüştür. TS EN ISO 2062 standardına göre tek kat ipliğin kopma kuvveti ve kopma anındaki uzaması belirlenmiştir. Ölçümler, her bir karışım için 10'ar numune üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İplik-metal sürtünme özelliğindeki değişimin belirlenmesi için AKKİM Laboratuvarı'nda bulunan Lawson Hemphill marka Constant Tension Transport (CTT) model test cihazı kullanılmıştır (Şekil 9). ASTM D 3108 standardına göre ipliklerin metal yüzeye sürtünmesi sırasında oluşan kinetik sürtünme katsayısı belirlenmiştir. 360° sürtünme açısı altında ipliklerin sürtünme katsayıları ölçülmüştür.



Şekil 9. CTT İplik-metal sürtünme cihazı

İpliklerin karışım oranları DSC metoduna göre belirlendiğinden, DSC analizi BUTEKOM Laboratuvarı'nda TA Instruments / DSC250 marka model cihaz ile gerçekleştirilmiştir. DSC metodu ile lif karışım oranlarının tespitine yönelik, Bursa Teknik Üniversitesi adına kayıtlı US 11,988,62382 numaralı patent ile korunan ve Kenan Yıldırım ile Seher Usul tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem, yapıdaki yün lifinin içerdiği nem miktarına bağlı entalpi değişim enerjisinin DSC analizi ile belirlenmesi ve ardından patent kapsamındaki matematiksel denklem kullanılarak lif oranının hesaplanması prensibine dayanmaktadır. DSC analizi ISO 11357 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

İpliklerin boncuklanma ve yüzey değişimi özellikleri, iplikler el örgü tekniği ile 12,5x12,5 cm² boyutlarında kumaş haline getirilmesiyle belirlenmiştir. Elde edilen el örgü kumaşın özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Boncuklanma testi, James H. Heal & Co. Ltd. marka 2000 model ICI Pilling Box test cihazında gerçekleştirilmiştir. Her bir karışımdan 2'şer numune test edilmiştir. Numuneler TS EN ISO 12945-1 standardına göre hem 7200 devirde hem de 14400 devirde boncuklanma testine tabi tutulmuştur. Test sonrasında boncuklanma ve yüzey değişim seviyeleri standart referans görüntülerle D65 ışığı altında değerlendirilmiş ve subjektif olarak derecelendirilmiştir.

Tablo 2. El örgü kumaşın özellikleri

Örgü Tipi	Ölçüm/Özellik
Örgü Tipi	RL Süprem
Örgü Alanı	12,5*12,5 cm ²
İlmek Sıra Sıklığı	≈ 24
İlmek Çubuk Sıklığı	≈ 33
Örülme Şiş No	4 veya 5

İpliklerin yüzeysel ve hacimsel statik elektriklenme direncindeki değişim, iplikler el örgü tekniği ile kumaş haline getirilerek Bursa Teknik Üniversitesi Polimer ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarı'nda bulunan Keithley marka 2004 model 'Resistivity Test Fixture' test cihazı ile ölçülmüştür. Her bir karışımdan 5'er numune üzerinden analiz yapılmıştır. Ölçümler, TS EN 1149-1 ve 2: 2006-12 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve kumaşların yüzeysel ile hacimsel statik elektriklenme dirençleri belirlenmiştir.

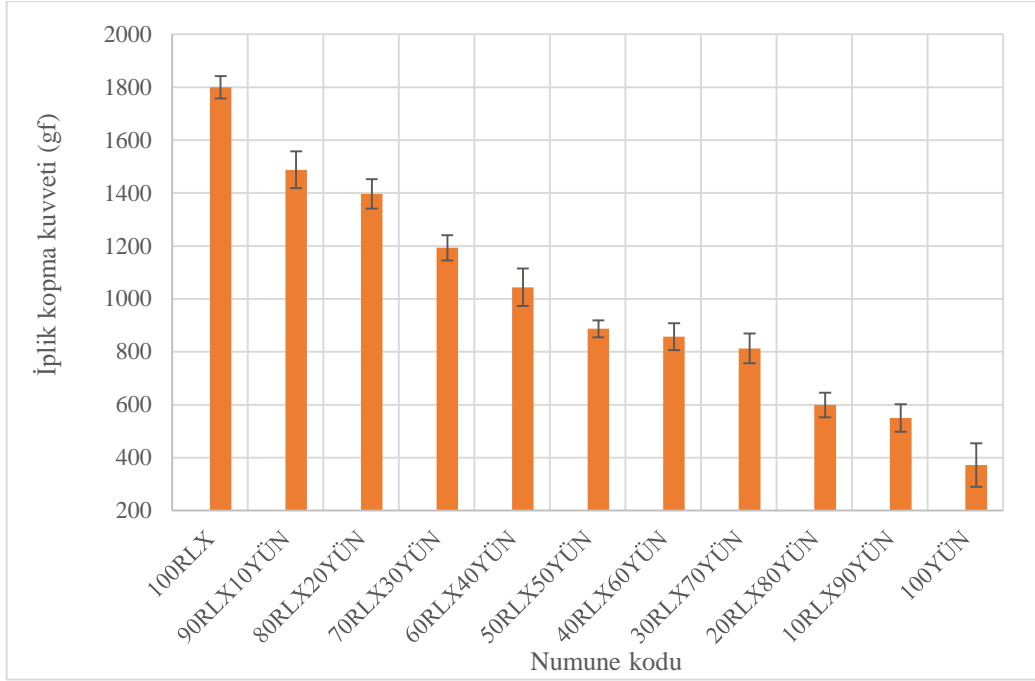
İplik tuşe analizi, yumaklar üzerinden üç eksper tarafından yürütülmüştür. Her bir karışım için 5'er yumak numunesi (100 gram, 3 X Normal) alınarak, tuşe 1 ila 5 skala aralığında değerlendirilmiştir.

BULGULAR

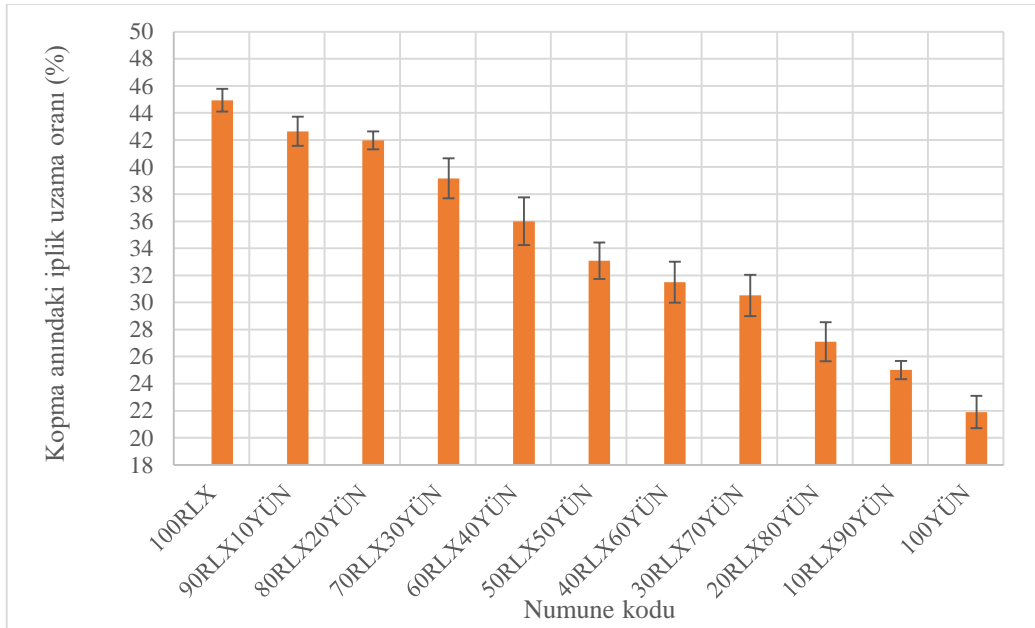
İpliklerin kopma mukavemeti ve kopma anındaki uzama oranlarına ait veriler Şekil 10 ve Şekil 11'de sunulmuştur. Şekillerden görüldüğü üzere, iplik yapısındaki yün oranı arttıkça hem kopma mukavemeti hem de kopma anındaki uzama oranı azalmaktadır. Bu düşüş beklenen bir durum olup literatürle de uyumludur. Literatürde yer alan akrilik/yün/angora lifi karışımlarından üretilen iplikler ile yapılan çalışmada da %100 akrilik ipliklerin en yüksek kopma mukavemeti değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Süpüren Mengüç, 2016).

İplikteki bu mukavemet düşüşü, ipliği oluşturan liflerin mukavemet özellikleri ile uyumludur. Yün ve akrilik liflerin kopma-uzama eğrileri incelendiğinde, akrilik lifinin hem kopma anındaki uzama oranının hem de kopma mukavemetinin yün lifinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Mark). Bu nedenle düşük mukavemetli lif olan yün oranı iplik yapısında arttıkça hem iplik mukavemeti hem de kopma anındaki uzama oranı düşmektedir.

İplik-metal sürütünme katsayısına ait veriler Şekil 12'de sunulmuştur. Şekilden de görüleceği üzere, genel eğilim olarak iplik yapısındaki yün oranı arttıkça iplik sürütünme katsayısı yükselmektedir. Bu sonuç literatürle uyumludur. Literatürde yer alan akrilik/yün/angora lifi karışımları ile yapılan çalışmada da %100 akrilik ipliklerin daha düşük iplik-metal ve iplik-iplik sürütünme katsayılarına sahip olduğu bildirilmiştir (Süpüren Mengüç, 2016). Yün liflerinin dış yüzeyinde bulunan pulcuklar, lif yüzeyini daha pürüzlü hale getirdiğinden sürütünme katsayılarını artırmaktadır (Babaoğul vd., 2010). Bu çalışmada da en yüksek sürütünme katsayısı %100 yün karışımında, en düşük sürütünme katsayısı ise % 100 akrilik karışımında gözlenmiştir. Ayrıca, % 70-30 ve % 30-70 akrilik yün karışımlarında sürütünme katsayısının %100 akrilik iplik ile benzer olması, yün liflerinin iplik iç kısmında, akrilik liflerinin ise dış kısmında konumlanmasından kaynaklanıyor olabilir. İplik kesitindeki lif konumlanmasının, ipliğin sürütünme davranışını etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 10. Yün-akrilik karışım oranına göre iplik kopma kuvveti (gf)

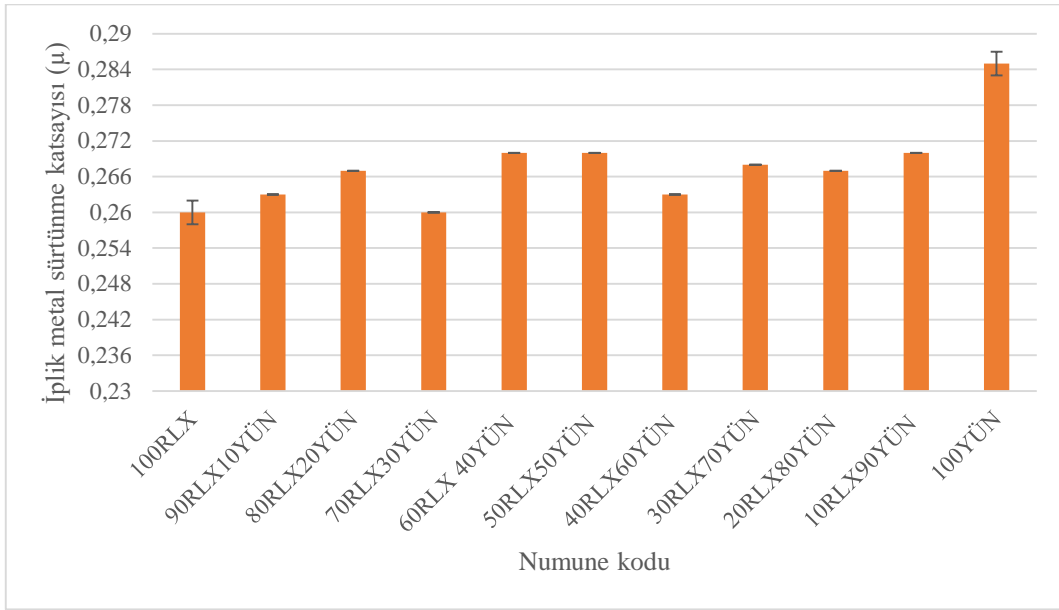


Şekil 11. Yün-akrilik karışım oranına göre iplik kopma uzaması (%)

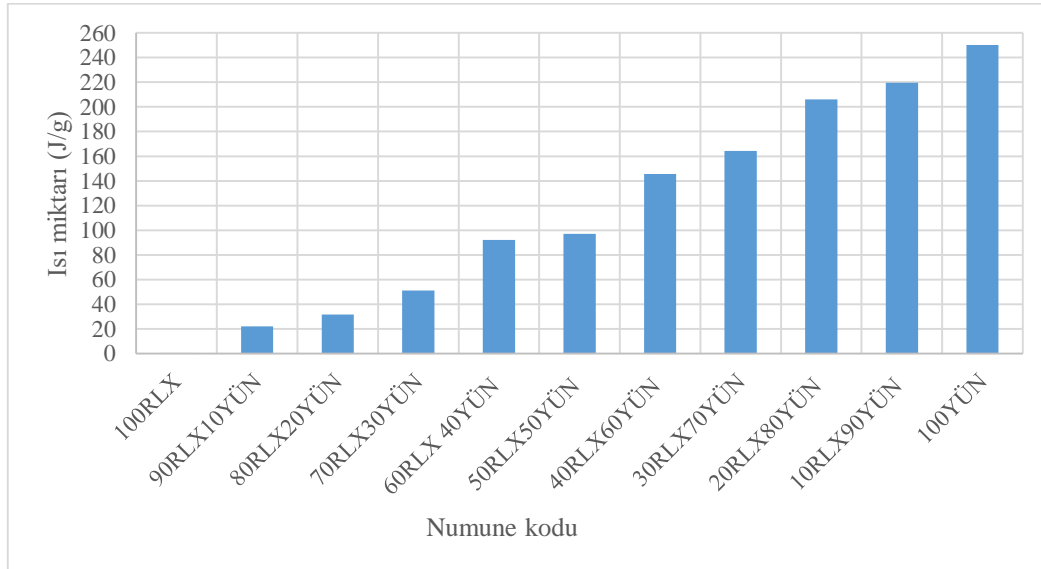
Şekil 13'te iplik kompozisyon analizinde kullanılan entalpi enerjileri grafiksel olarak gösterilmiştir. Bilindiği gibi, yün su içeren bir lif iken, akrilik su bulandırmayan bir lifdir. DSC analizinde su çıkışı bir entalpi değişimi oluşturur ve bu değişim için gerekli ısı enerjisi ölçülebilmektedir (Yıldırım & Usul, 2022). Yün-akrilik karışımı iplikte, su çıkışı yalnızca yün lifindeki suyun kaybına bağlı olduğundan, bu enerji değişimi kullanılarak iplik kompozisyonundaki yün lif oranı tespit edilebilmektedir. DSC analizindeki su çıkışı entalpi değerleri Şekil 13'te, patentlenen kompozisyon analiz metoduna göre hesaplanan lif oranı ise Tablo 3'te verilmiştir.

Şekil 14'te, yumak tuşe sonuçlarına ait grafik sunulmuştur. Pulcuk tabaka görünümündeki pulların serbest uçları dışarıya doğru çıkıntı yaparak yün lifinin yüzeyine belirli bir yönde pürüzlülük kazandırmakta ve bu pürüzlülük liflere bir miktar sertlik vermektedir. Bu nedenle, sonuçlar literatürle uyumlu olarak yün lif oranı arttıkça tuşenin olumsuz yönde (yumuşaktan serte doğru) değiştiğini göstermektedir (Türk, 2019; Babaoğlu vd., 2010; Kaveloğlu, 2010; Yüce, 2010; Işıktaş, 2009; Dayıoğlu & Karakaş, 2007; Başer, 1992; Lukens, 1960; Mark; Pierlot). %30 yün

karışımına kadar tuşede önemli bir değişim gözlenmezken, en belirgin değişim %50 yün karışımından sonra ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, tuşe değişiminin yün oranındaki %20 ve üzerindeki artışlarda gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 12. Yün-akrilik karışım oranına göre iplik metal sürtünme katsayısı



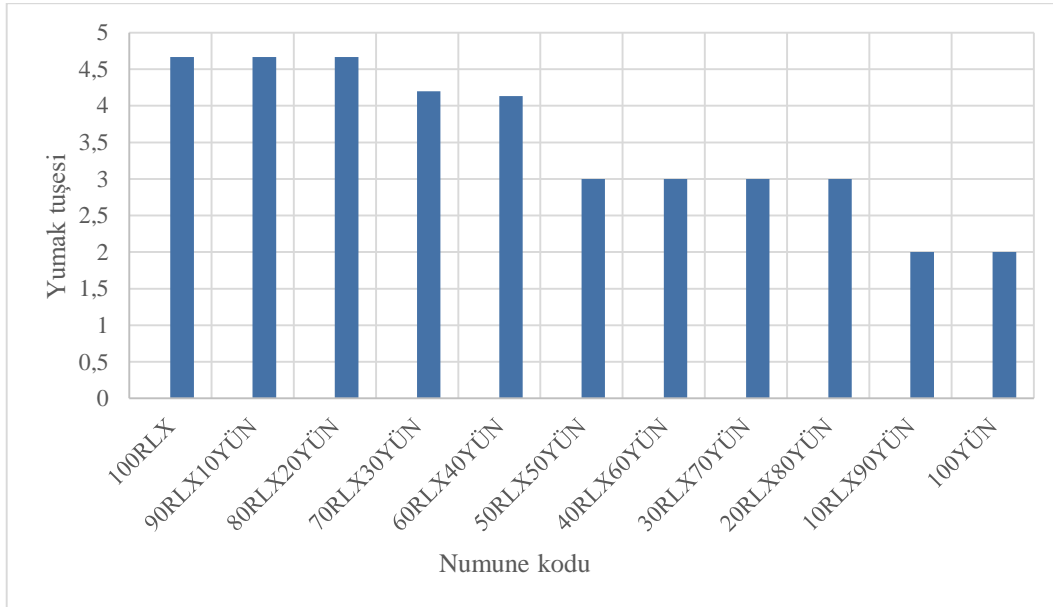
Şekil 13. Yün-akrilik karışım oranına göre su çıkışı enerjisi (J/g)

Kumaşların boncuklanma davranışları Şekil 15 ve Şekil 16’da sunulmuştur. Candan (2000) tarafından yün ve akrilik karışımli ipliklerle yapılan çalışmada, yün oranının kumaşların boncuklanma davranışı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Süpüren Mengüç, 2016; Candan, 2000). Bu çalışmada yapılan boncuklanma test sonuçları incelendiğinde, her iki devirde (7200 ve 14400 devir) yün oranındaki değişimin kumaşın boncuklanma derecesi ve boncuk sayısı ile doğrusal bir ilişki göstermediği; ancak belirli yün oranlarında boncuklanmanın arttığı görülmüştür. Özellikle %30-%70 yün oranı aralığında ipliklerin boncuklanma derecesi kötüleşmiş ve en belirgin artış ise %30 yün oranında gözlenmiştir. Kumaş yüzeyinde oluşan boncuklanma, yüzeye göç eden lif uçlarının birbirine karışarak lif topakları oluşturması ile meydana gelir. Boncukları yüzeyde tutan, topakları oluşturan liflerin diğer uçlarının iplik yapısında kalmasıdır. Lif topaklarındaki liflerin uçları iplikten çıkması veya kopması durumunda, boncuklar yüzeyden uzaklaşır (dökülür). Bu süreç üzerine birçok teori geliştirilmiştir; en önemlileri Brand ve Bohmfalk, Conti ve Tassinari, Gintis ve Mead tarafından önerilen modellerdir. Bu modellerde, liflerin yüzeye çıkması, mekanik

etkilerle birbirine karışarak topak oluşturması ve belirli bir büyüklüğe ulaştığında lifleri tutan iplik uçlarının kopması sonucu boncukların yüzeyden uzaklaşması döngüsü açıklanmaktadır. Ayrıca, lif karışımlarının ipliklerin boncuklanma davranışını değiştirdiği de belirtilmiştir (Ukponmwan et al., 1998; Conti & Tassinari, 1974; Brand & Bohmfalk, 1967).

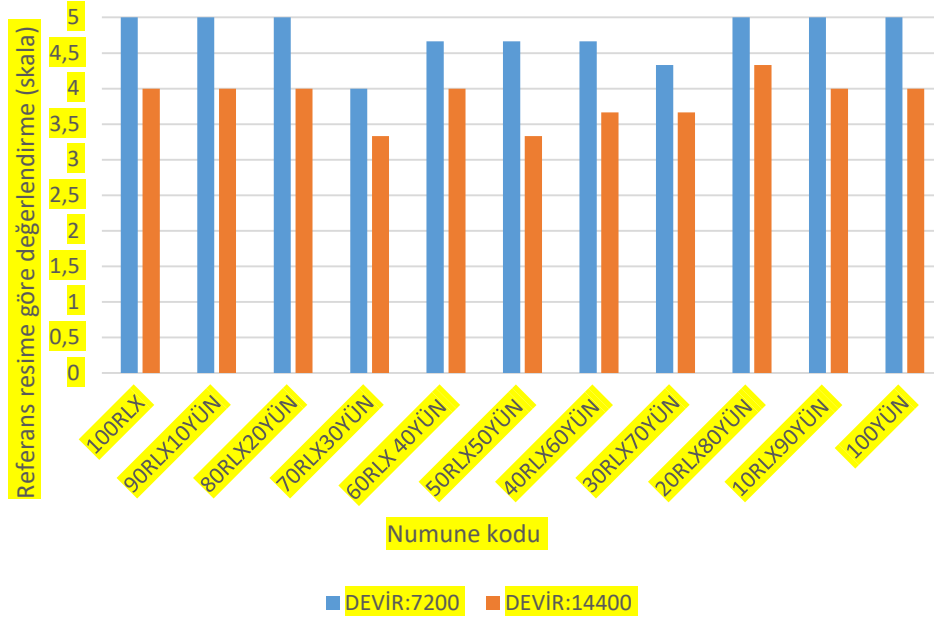
Tablo 3. DSC Entalpi enerjisine dayalı hesaplanan iplik kompozisyonu

DSC SONUÇLARI			
Üretimdeki lif kompozisyonu	Su çıkışı entalpi enerjisi (J/g)	Ölçülen lif kompozisyonu	
		Yün (%)	Akrilik (%)
%100 AKRİLİK	0	0	100
%10 YÜN - %90 AKRİLİK	14,8	11,7	88,3
%20 YÜN - %80 AKRİLİK	31,61	22,0	78,0
%30 YÜN - %70 AKRİLİK	54,9	30,3	69,7
%40 YÜN - %60 AKRİLİK	92,1	39,6	60,4
%50 YÜN - %50 AKRİLİK	97,02	49,3	50,7
%60 YÜN - %40 AKRİLİK	145,6	60,9	39,1
%70 YÜN - %30 AKRİLİK	164,2	68,3	31,7
%80 YÜN - %20 AKRİLİK	206,1	84,9	15,1
%90 YÜN - %10 AKRİLİK	224,8	90,3	9,7
%100 YÜN	250,3	100	0



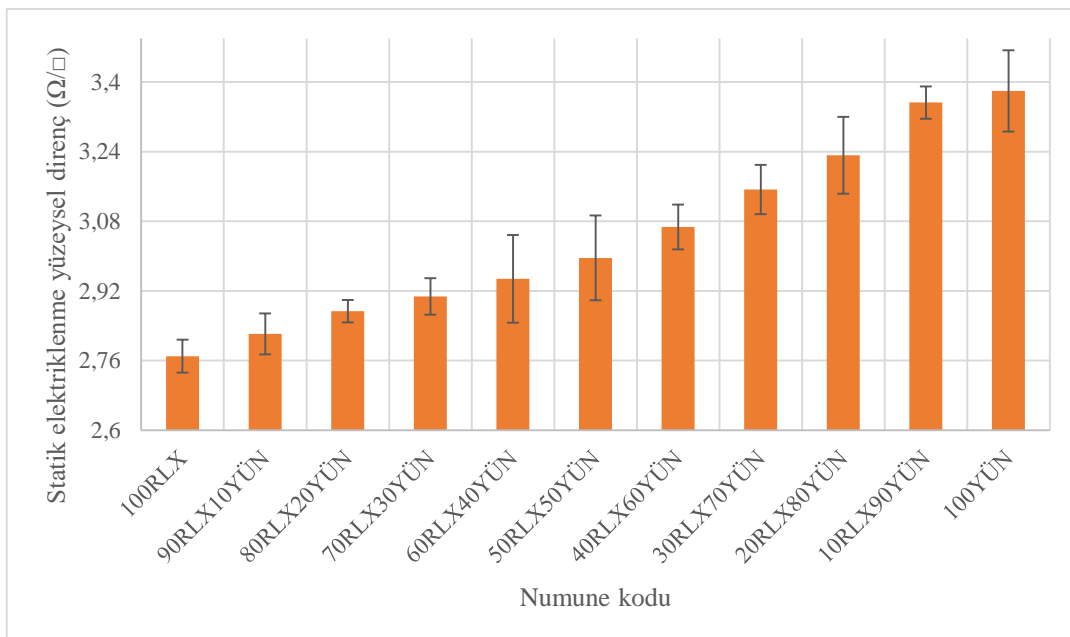
Şekil 14. Yün-akrilik karışım oranına göre yumaktaki tuşe sonuçları

Bu döngüde, lif mukavemeti, lif esnekliği ve lif yüzey özellikleri önemli rol oynamaktadır. Lif mukavemeti arttıkça, kumaş yüzeyinde oluşan boncukları tutan liflerin kopması zorlaşacağından, boncukların yüzeyden uzaklaşma süresi uzamaktadır; bu durum, yüzey boncuklanmasının artmasına neden olmaktadır. Akrilik lif sert bir yapı gösterirken, yün lifleri yüksek yüzey sürtünme katsayısına sahiptir; bu nedenle her iki lif türü de iplik yapısından yüzeye geç ederek topaklanmaya daha dirençlidir. Sonuç olarak, saf yün veya saf akrilik liflerinden oluşan ipliklerde boncuk sayısı, yüksek oranda ikili lif karışımı içeren ipliklere göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 15). Özellikle %30 yün içeren iplikler olmak üzere, %30-%70 yün karışimli ipliklerde boncuklanmanın arttığı gözlenmiştir. İpliğin tuşesinde olduğu gibi, %30 yün oranından sonra boncuklanma davranışı belirgin şekilde değişmiştir. Bu değişim, yün liflerinin esnek yapısı nedeniyle yüzeydeki lif çıkıntılarının daha kolay topaklanması ve akrilik liflerinin yüksek mukavemeti nedeniyle oluşan boncukların yüzeyden uzaklaşmasının zorlaşmasından kaynaklanmaktadır (Göksel vd., 2002; Yıldırım, 1995).



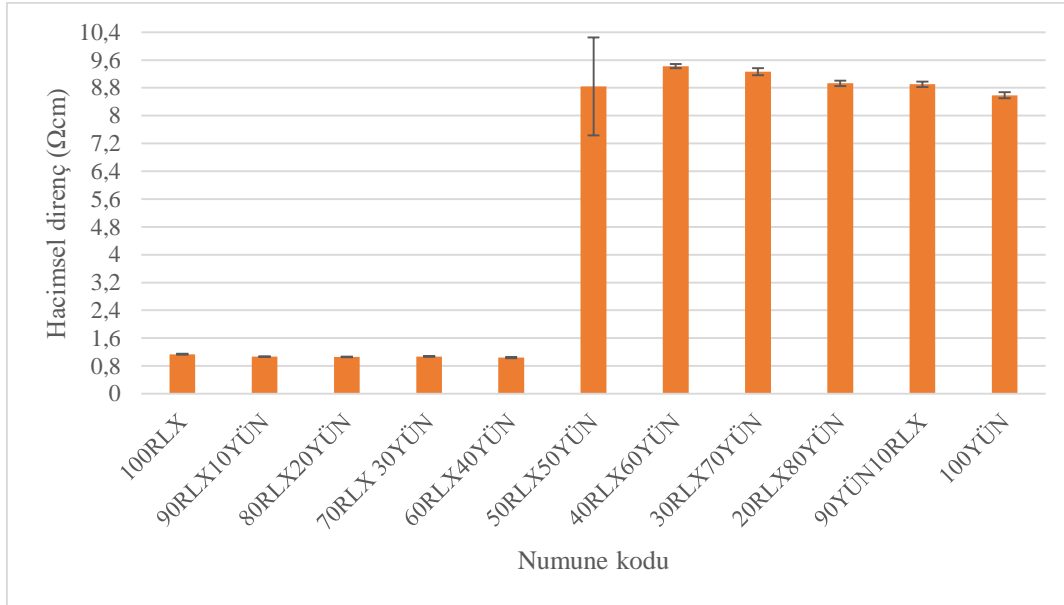
Şekil 15. Yün-akrilik karışım oranı ve devir sayısının kumaş boncuklanmasına etkisi

Şekil 16’da, karışım oranına bağlı olarak kumaşlardaki yüzeysel statik elektriklenme direnç değerleri sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, iplik kompozisyonundaki yün oranı arttıkça yüzeysel statik elektriklenme direncinin de arttığı gözlenmiştir. Bu durum, Zhao’nun belirttiği gibi, yün lifinin statik elektrik deşarj potansiyelinin sentetik liflere göre daha yüksek olması nedeniyle beklenen bir sonuçtur (Zhao, 2003). Benzer şekilde, Reischl ve Mijovic’in çalışmalarında, doğal liflerin elektrostatik yük birikiminin sentetik liflere göre daha düşük olduğu belirtilmiş olup, bu durum literatürle uyumludur (Reischl & Mijovic, 2021). Sular ise yünün yüksek polarize edilebilirliği ve düşük iletkenliği sayesinde, statik yükleri diğer sentetik veya bitki bazlı liflerden oluşan kumaşlara kıyasla daha kolay biriktirdiğini ve tutabildiğini ifade etmiştir (Sular, 2005). Ayrıca, yün lifini kaplayan ve koyunlar tarafından salgılanan mumsu madde lanolin, lifin dielektrik (yalıtkan) özelliklerini artırarak statik elektriği oluşturma ve tutma kapasitesini güçlendirmektedir (Quora, n.d.). Hacimsel elektrik direncinin aksine, yüzeysel elektrik direncinde yün oranı ile elektrik direnci arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu farklılık, testlerin uygulanma yönteminden kaynaklanmaktadır; yüzeysel elektrik direnci testinde elektrik akımı lif boyunca iletilirken, hacimsel elektrik direnci testinde akım iplik kesiti boyunca iletilmektedir.



Şekil 16. Yün-akrilik karışım oranına göre kumaş yüzeysel statik elektriklenme direnci (Ω/□)

Şekil 17’de, karışım oranına bağlı olarak kumaşlardaki hacimsel statik elektriklenme direnç değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hacimsel elektrik direncinde %50 yün lif karışımına kadar belirgin bir değişim gözlenmezken, %50 yün lif ve üzerindeki karışımlarda elektrik direncinde artış görülmüştür. Yüzeysel elektrik direncinin aksine, hacimsel elektrik direncindeki bu kademeli artış, iplik yapısındaki yün liflerinin elektrik deşarj özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu metotta elektrik iletimi lif kesiti boyunca gerçekleştiğinden, belirli bir yün lif oranından sonra ipliğin kesit boyundaki iletkenlik değişmekte ve direnç artmaktadır. Söz konusu artış, Zhao’nun çalışmasında belirtildiği gibi, yün lifinin yüksek elektrik depolama kapasitesine sahip olması ve deşarj özelliğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Zhao, 2003).



Şekil 17. Yün-akrilik karışım oranına göre kumaş hacimsel statik elektriklenme direnci (Ωcm)

TARTIŞMA VE SONUÇ

% 100 akrilik iplikler, en yüksek kopma mukavemeti değerine sahip olup, çalışma kapsamında yün lifi oranı arttıkça kopma mukavemeti ve kopma anındaki uzama oranı değerlerinde azalma gözlenmiştir. Karışım ipliklerde yapıdaki yün oranı arttıkça iplik-metal ve iplik-iplik sürtünme katsayısı yükselmiştir; en yüksek sürtünme katsayısı %100 yün karışımında, en düşük sürtünme katsayısı % 100 akrilik karışımında elde edilmiştir. Pulcuk tabaka görünümündeki pulların serbest uçlarının dışarıya doğru çıkıntı yapması, yün lifinin yüzeyine belirli bir yönde pürüzlülük kazandırmakta ve liflere bir miktar sertlik vermektedir. Bu nedenle karışım oranındaki yün lif oranı arttıkça tuşe olumsuz yönde etkilenmiştir. Yün oranı ile boncuklanma ve yüzey değişimi arasında doğrusal bir ilişki gözlenmemiştir; ancak %30 yün oranından sonra boncuklanma davranışının belirgin şekilde kötüleştiği tespit edilmiştir. Yün oranı ile yüzeysel statik elektriklenme direnci arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüş ve yüzeysel elektrik direncinin iplik kompozisyonundaki yün oranı arttıkça yükseldiği belirlenmiştir. Buna karşın, hacimsel statik elektriklenme direnci ile yün oranı arasında doğrusal bir ilişki gözlenmemiş, ancak belirli bir yün oranından sonra elektrik direncinde keskin bir artış meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

- Babaoğul, M., Şener, A., & Öztop, H. (2010). Tekstil lifleri: Temel özellikleri, kullanım ve bakım (s. 111-145, 209; s. 235-240). [Kitap bölümleri: Yün; Akrilik ve Modakrilik lifler].
- Bahtiyari, İ., Akça, C., & Duran, K. (2008). Yün lifinin yeni kullanım olanakları. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(1), 4-8.
- Başer, İ. (1992). Elyaf bilgisi (s. 173). İstanbul: Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi.
- Bozdoğan, F., Karacan, İ., & Tiyek, İ. (2004). Characterisation of structure and properties of a selection of polyacrylonitrile (PAN) based acrylic fibers produced in Turkey. İzmir: Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları.

- Brand, R. H., & Bohmfalk, B. M. (1967). A mathematical model of pilling mechanisms. *Textile Research Journal*, 37(6), 467-476. <https://doi.org/10.1177/004051756703700605>
- Candan, C. (2000). Yünlü örme kumaşlarda boncuklanmaya tesir eden faktörler. *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 24(1), 37-46.
- Conti, W., & Tassinari, E. (1974). A simplified kinetic model for the mechanism of pilling. *The Journal of the Textile Institute*, 65(3), 119-125. <https://doi.org/10.1080/00405007408630358>
- Çolak, S. S. (2020). Kesikli akrilik lif ve karışımli ipliklerin üretim parametrelerinin iplik ve kumaş özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 176s.
- Dalgıç, D. (2009). High-bulk ve relax akrilik iplikler ile yün karışımli ipliklerin kumaş performansları. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon 91s.
- Dayıoğlu, H., & Karakaş, H. (2007). Elyaf bilgisi (s. 185). İstanbul: Ajans Plaza.
- Duran, K., Namlıgöz, E.S., & Özdemir, D. (2006). Yünün ağartılmasındaki güncel gelişmeler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 262-267.
- Göksel, F., Ogan, N., Köstem, A. M., Yıldırım, K., & Güçer, Ş. (2002). Kumaş kalitesi ile ilgili performans testleri: Boncuklanma ve yüzey değişimi. *Kimya Teknolojileri*, 5(1), 64-71.
- Houtz, R. C. (1950). "Orlon" acrylic fiber: Chemistry and properties. *Textile Research Journal*, 20(11), 786-801. <https://doi.org/10.1177/004051755002001107>
- Houtz, R. C. (1942). Acrylonitrile Polymer Solutions. *Du Pont*, 2, 404, 414, 714, 717, 720.
- İşıktaş, H. (2009). Geri kazanılan yünlerden elde edilen kumaşların ıslak haldeki konfor özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir 113s.
- Johnson, N. A. G., Wood, E. J., Ingham, P. E., McNeil, S. J., & McFarlane, I. D. (2003). Wool as a technical fiber. *The Journal of The Textile Institute*, 94(3), 26-40. <https://doi.org/10.1080/00405000308630626>
- Kaveloğlu, S. (2010). Yün-akrilik ve yün-polyamid karışımı oranlarının, iplik mekanik özellikleri, halı ipliği kalite değerleri ve eğirme işlenebilirliği üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ömer Halis Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde 93s.
- Lukens, R. P. (1960). Polymers: Fibers and textiles, a compendium, (pp. 1-45; 505-536).
- Mark, H. F. (n.d.). Acrylic fibers. Encyclopedia of polymer science and technology. (3rd ed.) (Vol 1, pp. 135-136), (Vol 9, pp. 1-35), (Vol 10, pp. 616-617). Wool. (3rd ed.) (Vol 12, pp. 546-580).
- Moncrieff, R. W. (1975). Man-made fibers.
- Moureau, C. (1893). Annals of Chemistry and Physics, 2(7), 186.
- Needles, H. L. (1981). Dyes and Finishes. *Hanbook of Textile Fibers*.
- Park, M. J. (2005). Blending effect on the mechanical and hand properties of wool/acrylic blend knits. *The International Journal of Costume Culture*, 8(1), 23-31.
- Pierlot, T. (n.d.). Lighterweight wool structure and properties presentation. Australian Wool Textile Training Centre (AWTTC). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).
- Quora. (n.d.). Why does wool conduct more static electricity than other fabrics? <https://www.quora.com/Why-does-wool-conduct-more-static-electricity-than-other-fabrics> Accessed 21.08.2024.
- Rein, H. (1948). Polyacrylnitril-Fasern Eine Neue Gruppe Von Synthetischen Fasern. *Angewandte Chemie*, 60, 159.
- Rein, H. (1942). DPA 72, 024 IVC/39b, I. G. Farbenindustrie.
- Rein, H. (1938). Manufacture of Shaped Articles of Polymeric Acrylic Acid Nitrile. *I. G. Farbenindustrie*. 2, 117, 140, 210, 921.

- Reischl, U., & Mijovic, B. (2021). Assessment of electrostatic potential resulting from friction between fabric samples made of natural and synthetic fibers. In *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings 2021: 14th Textile Bioengineering and Informatics Symposium (TBIS 2021)* (pp. 340-344).
- Sülar, V. (2005). Kumaş tutumunun ölçülebilir kumaş özelliklerinden tahminlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Süpüren Mengüç, G. (2016). A research on yarn and fabric characteristics of acrylic/wool/angora blends. *Journal of Textile and Apparel*, 26(1), 40-47.
- Tiyek, İ., & Bozdoğan, F. (2005). Akrilik lif üretiminde koagülasyon banyosunun önemi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 11(3), 319-323.
- Türk, M. (2019). Yün ve meta-aramid ipliklerinden oluşan dokuma kumaşların özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 129s.
- Ukponmwan, J. O., Mukhopadhyay, A., & Chatterjee, K. N. (1998). Pilling. *Textile Progress*, 28(3), 1-44. Manchester, UK. <https://doi.org/10.1080/00405169808688874>
- U. S. Federal Trade Commission. (1960). *Rules and Regulations Under the Textiles Fiber Products Identification Act.*, pp. 4.
- Yavaşcaoğlu, A. (2018). Akrilik karışımı ipliklerden dokunmuş kumaş özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 226s.
- Yıldırım, K., & Usul, S. (2022). *U.S. Patent No. G01N 25/20, TR 2018 12422, US 11,988,623B2*, A quantitative analysis method for fiber compositions. (22.08.2022).
- Yıldırım, K. (1995). Pamuklu RL-single jersey yuvarlak örme kumaşların fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa 228s.
- Yüce, İ. (2010). Poliester/yün iplik karışımlarının boyanması. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 119s.
- Zhao, J. (2003). Study of the effect of rubbing materials on the tribo-electrification of textile materials. Master of Science. University of Manitoba Faculty of Graduate Studies Department of Clothing and Textiles, Manitoba 84pp.