

SİLİKON YUMUŞATICILARIN PAMUK VE VİSKON ÖRME KUMAŞLAR ÜZERİNDE ETKİLERİ

Mehmet ORHAN ^{*,**} 
Mehmet TİRİTOĞLU ^{*} 
Begüm ÖZBARUTCU ^{*} 

Alınma: 19.12.2020; düzeltme: 16.07.2020; kabul: 20.07.2020

Öz: Kumaşların tutumunu, görünümünü ve kullanım özelliklerini geliştirmek için yumuşaklık bitim işlemleri uygulanır. Kullanılacak yumuşatıcının seçimi, lif ve kumaş yapısı dikkate alınarak yapılmalıdır. Tekstil uygulamalarında en çok kullanılan yumuşatıcı tipi, silikon yumuşatıcılardır. Bu çalışmada, makro ve mikro silikonlu yumuşatıcıların selüloz esaslı örme kumaşlar üzerindeki görünüm, fiziksel ve konfor etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, süprem ve iki iplik örgü tiplerindeki pamuk ve viskon boyanmış kumaşlara emdirme-kurutma yöntemi yardımıyla makro ve mikro silikon yumuşatıcılar uygulanmıştır. İşlemler sonrası kumaşların renk değişimi, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve ısı özellik değerleri test edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda, makro ve mikro silikon yumuşatıcıların toplam renk farkı değerleri kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu tespit edilmiştir. Her iki yumuşatıcı ile işlem sonrası patlama mukavemeti ve hava geçirgenliği değerleri azalmıştır. Patlama mukavemetindeki kayıp, özellikle pamuk kumaşlarda ve makro silikon uygulamalarında daha fazladır. Makro silikon yumuşatıcı, kumaşların uzama özelliklerine katkı sağlamasına karşın, hava geçirgenliği değerlerinde daha fazla azalmaya neden olmuştur. Boyama ve silikon uygulamaları sonrası kumaş sıklığının azalması ve bünyesinde daha az hava tutar hale gelmesinden dolayı ısıl iletkenlik değerlerinin arttığı görülmüştür. Makro silikon uygulamaları sonrası ısıl iletkenlik ve kalınlık değerleri, daha yüksek ölçülmüştür. Selülozik kumaş özellikleri göz önüne alındığında, mikro silikon yumuşatıcının kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Silikon Yumuşatıcı, Pamuk, Viskon, Fiziksel ve Isıl Özellikler

Effects of Silicone Softeners on Cotton and Viscose Knitted Fabrics

Abstract: Softeners are applied to improve the handle, appearance, and usage characteristics of the fabrics. The softener should be selected by considering fiber and fabric structure. The most used type of softener in textile applications is silicone softeners. In this study, the effects of macro and micro silicon softeners were investigated on the comfort, appearance and physical effects of cellulose-based knitted fabrics. For this purpose, macro and micro silicone softeners were applied to cotton and viscose dyed fabrics such as single jersey and two-ply futter by the pad-dry method. After the treatments, color change, burst strength, air permeability, and thermal properties were tested and then compared. For both fabrics, color difference values of both micro and macro silicone softeners are within acceptable limits. The burst strength and air permeability values also decreased for all fabrics after softener applications. Loss in burst strength was higher, especially in cotton and

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye.

** Borås Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 501 902, Borås, İsveç.

İletişim Yazarı: Mehmet ORHAN, morhan@uludag.edu.tr, mehmet.orhan@hb.se.

macro silicone applications. Macro silicon softener contributed to the elongation properties of fabrics, but caused a further decrease in air permeability values. Macro silicone softeners have lower air permeability values because they form a film layer on surfaces. It was observed that the thermal conductivity values increased after dyeing and finishing processes because of the decrease in fabric density and less air in the fabric. The thickness and thermal conductivity values were measured higher after macro silicones. Finally, it is recommended to use the micro silicone softener considering cellulosic fabric properties.

Keywords: Silicone Softener, Cotton, Viscose, Physical and Thermal Properties

1. GİRİŞ

Örne kumaşlar iyi elastikiyet, vücut hareketlerine kolay uyum sağlama, genişleyip daralarak vücudu sarma, az buruşma, iyi hava geçirgenlikleri, rahat, kullanışlı, kolay bakım, hafif, yumuşak, hacimli ve dökümlü bir yüzeye sahip olma gibi birçok avantajlı özelliğe sahiptir. Tüketiciler, yukarıda belirtilen özelliklerden dolayı örne kumaşları daha fazla tercih ederler (Gülsevin, 2005). Bu kumaşların tutumunu, görünümünü ve kullanım özelliklerini geliştirmek için yumuşaklık bitim işlemleri uygulanır. Lif özelliklerini dikkate alarak doğru yumuşatıcı tipinin seçilmesi çok önemlidir. Tekstil uygulamalarında yumuşatıcı dendiğinde ilk aklımıza gelen silikon yumuşatıcılardır (Paul, 2015). Silikon yumuşatıcılar yumuşaklık, hidrofilitik ve kırışıklık gibi kumaşların temel özelliklerini etkilerler (Wei ve diğ., 2019). 1941’de Rochow ve 1942’de Müller tarafından ayrı ayrı sentezlenmesinden günümüze kadar geçen süre içerisinde, silikon yapısında -Si-O-Si-O- ana molekül zinciri kullanılmaktadır. Dimetilpolisiloksanın monomerik biriminin (Me_2SiO) ampirik formülü, asetona benzediğinden silikon terimi, silikonların ana molekül zincirlerinde çift bağ bulunmadığını ve hiç okso-bileşik olmadıkları gerçeğini göz ardı ederek siliko-ketondan gelir (Habereder ve Bereck, 2002). Uzun Si-O ve Si-C bağları, moleküle dönme serbestliği (düşük enerji bariyeri) sağlar. Bu durum düşük entropili konformasyonel değişimlere, silikon zincirinde düşük yüzey etkileşimlerine, moleküller arası kuvvetlerin azalmasına, kristalin erime noktasının, camsı geçiş sıcaklığının, viskozitenin ve yüzey geriliminin (hidrofobik karakterin artmasına) azalmasına, yağlama etkisinin (düşük yüzey sürtünmesi) artmasına neden olur (Koerner ve diğ., 1989).

Silikon bileşikleri, birçok yüzey üzerinde yüksek substantiviteye ve adsorbsiyona sahiptir, Si-OH veya Si-OR grupları üzerinden çapraz bağ yapabilirler. Son 30 yılda koruma, hidrofob özellik, yapıştırma ve yağlama amaçlı olarak otomotiv, cam, mobilya, taş, kağıt ve tekstil sanayi gibi farklı birçok alanda kullanılmaktadır (Habereder ve Bereck, 2002). Aminossilikonlar, katyonik amino (-NH₂) gruplarına sahip olduklarından anyonik yüzeyler tarafından rahatlıkla alınırlar. Katyonik gruplar, lif yüzeyine doğru mükemmel oryantasyonla yönelirken, polar olmayan gruplar ise lif yüzeyinden dışa doğru yerleşim gösterir. Bu nedenle aminossilikonlar, tekstil yumuşatıcıları arasında en iyi yumuşatma etkisine sahip olan yumuşatıcı grubudur (Paul, 2015; Wei ve diğ., 2019; Çoban, 1999; Weber, 1999; Schindler ve Hauser, 2004; Matusiak, 2006).

Parçacık büyüklüğüne göre silikonlar makro, mikro ve nano olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Atav ve diğ., 2003). Parçacık boyutu, silikonun yüzey üzerindeki dağılımını etkiler. Makro silikonlar, büyük molekülü oldukları için yüzeyde kalma eğilimindeyken, mikro silikonlar lifler arasındaki boşluğa daha iyi nüfuz eder (kumaşta üst düzey yumuşaklık sağlar). Bu farklı etkiler, yüzeyin düzgünlüğünü ve iç yumuşaklığını belirler. Bugün piyasada yumuşatıcı olarak çoğunlukla, aminofonksiyonel silikon yağlarından elde edilen makro ve mikro emülsiyon şeklindeki yumuşatıcılar kullanılmaktadır. Mikro emülsiyon tipleri, yüzeyde oluşturdukları ağ yapısı bozulmaksızın lif içerisinde ve lif yüzeyi boyunca mükemmel bir yayılım gösterir. Bu sayede çok iyi bir yüzey ve iç yumuşaklığı, yüzey kayganlığı ve ek olarak buruşmazlık etkisi elde edilir (Habereder ve Bereck, 2002; Çoban, 1999).

Jatoi ve arkadaşları, amino silikon yumuşatıcıların makro ve mikro emülsiyonlarının pamuk kumaşların özellikleri üzerinde etkilerini araştırmıştır, makro silikon yumuşatıcının renk direncini arttırdığını, mikro yumuşatıcının ise kumaşın mukavemetinde, su iticiliğinde ve sertliğinde azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir (Jatoi ve diğ., 2015). İslam ve arkadaşları, farklı silikon yumuşatıcıların dokuma ve örme pamuk kumaşlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kullanılan yumuşatıcıların kumaşların yumuşaklığını ve esnekliğini arttırdığını, ancak su emme özelliğini azalttığını belirlemişlerdir (İslam ve diğ., 2015).

Bu çalışmada, süprem ve iki iplik pamuk ve viskon boyanmış kumaşlara emdirme-kurutma yöntemi yardımıyla makro ve mikro silikon yumuşatıcılar uygulanmış ve işlemler sonrası renk değişimi, patlama mukavemeti, hava ve ısıl geçirgenlik değerleri test edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylece, yumuşaklık bitim işleminde kullanılan yumuşatıcı tipinin kumaşlara etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Deneysel çalışmalarda kullanılan kumaşlar, Bursa Yeşim Tekstil’de kontrollü şekilde üretilerek temin edilmiş olup kumaşların özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kumaşlar ve özellikleri

Kumaş Kodu	Lif	İplik Numarası	Örgü Tipi	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)
C1	Pamuk (% 100)	24/1 Ne	Süprem	169,5	0,63
C2	Pamuk (% 100)	28/1 Ne	Süprem	143,2	0,57
C3	Pamuk (% 100)	34/1 Ne	Süprem	117,1	0,48
C4	Pamuk (% 100)	30/1 Ne	İki iplik (pike)	136,9	0,71
V1	Viskon (% 100)	26/1 Ne	Süprem	153,4	0,50
V2	Viskon (% 100)	28/1 Ne	Süprem	136,6	0,50

Deneysel çalışmada, makro silikon yumuşatıcı Setaş firmasından ve mikro silikon yumuşatıcı ise MYD firmasından temin edilmiş ve yumuşatıcıların özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Makro silikon, kimyasal olarak noniyonik amino fonksiyonel silikon emülsiyonu yapısındadır ve pH 5,0-5,5 aralığındadır. Asidik ortamda zayıf katyonik özellik gösterir. Mikro silikon, kimyasal olarak noniyonik amino fonksiyonel silikon emülsiyonu yapısındadır ve pH 4,0-5,0 aralığındadır. Her iki kimyasal da su ile her oranda çözünür.

Tablo 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan yumuşatıcıların özellikleri

Yumuşatıcı Kodu	Yumuşatıcı	İyonite	pH
Mak	Makro Silikon	Noniyonik	5-5,5
Mik	Mikro Silikon	Noniyonik	4-5

2.2. Yöntem

Numunelere terbiye işlemleri, Yeşim Tekstil’de yapılmıştır. Boyama yöntemleri ve şartları, Tablo 3’te sunulmuştur. Pamuk kumaşa uygulanan işlemler Enzimatik Pişirme, Boyama ve Yıkama adımlarından oluşmaktadır. İlk olarak, enzimatik pişirme yapılmıştır. Bu aşamada yağ sökücü, köpük kesici, kırık önleyici, iyon tutucu ve enzim kullanılmıştır. Boyama adımında tuz, egalizatör, enzim, kırık önleyici kullanılmıştır. Ardından boyarmaddeler ilave edilmiştir. Soda ve sıvı alkali kullanılmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra, asetik asit ve sabun ile reaktif yıkama yapılmıştır. Viskon kumaşların boyanması ise Ağartma, Boyama ve Yıkama adımlarından oluşmaktadır. Pamuk kumaşa yapılan benzer işlemler, viskon kumaşa da yapılmıştır.

Tablo 3. Deneysel çalışmalarda kullanılan kumaşların boyama yöntemleri ve şartları

Lif	Boyarmadde	Boyama Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)	pH
Pamuk	Reaktif Black (%3,60)	Çektirme	60	318	6,5-7,5
	Reaktif Orange (%0,18)				
	Reaktif Red (%0,04)				
Viskon	Reaktif Black (%5)	Çektirme	135	516	6,5-7,5
	Reaktif Orange (%0,20)				
	Reaktif Red (%0,11)				

Kumaşların ön terbiye, boyama ve yıkama işlemleri tamamlandıktan sonra, yumuşaticıların 50 g/L çözeltileri hazırlanarak laboratuvar ortamında emdirme-kurutma (pad-dry) yöntemine göre fulard yardımıyla (pamuk için 2 bar sabit basınçta ortalama %83 alınan flotte oranı ile viskon için 3 bar sabit basınçta ortalama %87 alınan flotte oranı ile) kumaşlara aktarılmıştır. Uygulamalar, tüm numunelere 3 tekrarlı olmak üzere yapılmıştır. İşlemler ardından kumaşlar, etüvde 125°C’de 5 dakika kurutulmuştur.

Renk değerleri, AATCC 173 test yöntemine göre Datacolor 800 reflektans spektrofotometresi kullanılarak 400-700 nm dalga boyu aralığında ölçülmüştür.

Fiziksel testlere hazırlık olarak tüm numuneler, TS EN ISO 139 test yöntemine göre %65±4 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklıkta 24 saat kondisyonlanmıştır.

Patlama mukavemeti testleri, TS 7126 test yöntemine göre Shimadzu AG-X HS mukavemet cihazı kullanılarak yapılmıştır. 44,45 mm çapındaki dairesel alana yerleştirilen numuneler, 25,4 mm çapında dairesel bir bilye ile 305 mm/dk test hızında patlamaya zorlanmıştır. Deney sonucunda, patlama mukavemetleri (N) ve maksimum yük altında uzama değerleri (mm) ölçülmüştür.

Hava geçirgenliği testleri, TS 391 EN ISO 9237 test yöntemine göre SDL ATLAS M021A cihazı kullanılarak yapılmıştır. 20 cm²’lik dairesel alana yerleştirilen numunelerin 100 Pa basınç düşümündeki hava geçirgenlik değerleri (l/m².s) ölçülmüştür.

Isıl iletkenlik, ısıl direnç ve kalınlık testleri, TS EN ISO 11092 test yöntemine göre Alambeta cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sırasında plakalar arası sıcaklık farkı, 10°C olarak ayarlanarak ısıl iletkenlik (λ , W/m.K), ısıl direnç (r , m².K/W) ve kalınlık (mm) değerleri ölçülmüştür.

Çalışmanın istatistik analizleri, SPSS. 25.0 programı ile yapılmıştır. Her bir kumaş grubunda, makro ve mikro silikon uygulamalarının boyalı kumaşlar üzerinde etkisinin olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile test edilmiştir. Aynı zamanda makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası benzer iplik ve örgü yapılarına sahip 24/1 Ne ve 28/1 Ne pamuk (C1 ve C2) ile 26/1 Ne ve 28/1 Ne viskon (V1 ve V2) kumaşlar arasında fark olup olmadığı Tukey çoklu

karşılaştırma testi ile test edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olması, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamsız olduğu sonuçlar için aynı, farkın istatistiki olarak anlamlı olduğu sonuçlar için farklı harfler (a, b, c, d) kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Yumuşatıcıların Renk Değerlerine Etkileri

Terbiye işlemlerinden sonra boyalı kumaşlarda meydana gelen renk değişimleri, dikkate alınması gereken önemli bir sorundur. Bu çalışmada yumuşatıcı uygulanmamış boyalı kumaşlar, referans kabul edilerek Tablo 4'teki ölçümler yapılmış ve toplam renk farkı değerleri (DE) için sonuçlar yorumlanmıştır. Silikon uygulamalarından sonra, pamuk boyalı kumaşların DE değerlerinin viskon boyalı kumaşlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, pamuk boyalı kumaşlarda (C1, C2 ve C3), silikon uygulamaları sonrası iplik kalınlığı (gramaj) arttıkça DE değerleri de artma eğilimi gösterirken, viskon boyalı kumaşlarda (V1 ve V2) ise farklı olarak iplik kalınlığı arttıkça DE değerleri ise azalmıştır. Pamuk boyalı kumaşlarda en yüksek DE değerleri, makro ve mikro silikon uygulanmış C2 kodlu kumaşta, en düşük DE değerleri ise makro ve mikro silikon uygulanmış C4 kodlu kumaşta ölçülmüştür. Visikon boyalı kumaşlarda en yüksek DE değerleri, mikro silikon uygulanmış V2 kodlu kumaşta, en düşük DE değerleri ise, makro silikon uygulanmış V1 kodlu kumaşta elde edilmiştir.

İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, viskon lifinin pamuğa göre daha iyi sıvı absorbe etme yeteneği olmasına karşın, pamuk boyalı kumaşlarda DE değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) DE değeri daha düşük ölçülmüştür. Bu sonucun, kumaşın örgü yapısındaki askılar nedeniyle daha gözenekli yapıya sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Özellikle mikro silikonlu uygulamada, en düşük DE değeri ($DE=0,26$) ölçülmüştür.

Tablo 4. Yumuşatıcıların renk değerlerine etkileri

Kumaş Kodu	Yumuşatıcı	DL	Da	Db	DE
C1	Mak	-0,60	-0,12	0,34	0,76
	Mik	-0,79	0,04	-0,02	0,77
C2	Mak	-0,39	-0,13	0,56	0,85
	Mik	-0,69	-0,06	0,49	0,94
C3	Mak	-0,42	0,23	-0,26	0,63
	Mik	-0,52	0,12	-0,19	0,60
C4	Mak	-0,32	0,06	0,19	0,42
	Mik	0,10	0,01	-0,17	0,26
V1	Mak	0,06	-0,05	-0,25	0,37
	Mik	-0,03	0,01	-0,35	0,49
V2	Mak	-0,20	0,06	-0,25	0,42
	Mik	0,17	0,11	-0,53	0,78

Silikon yapısında bulunan amino ($-NH_2$) grupları oksijen, ışık (fotooksidasyon) veya sıcaklık (termooksidasyon) etkisiyle oksidasyona uğrayarak önce nitro ($-NO_2$), daha sonra da azo ($-N=N-$) gruplarına dönüşürler. Azo grupları, görünür bölge kısa dalga boylarında ışık adsorpsiyonu gerçekleştiren güçlü kahverengi ve sarı kromoforlardan oluşur. Bu gruplar, kumaş üzerinde renk değişimine ve sararma neden olurlar. Silikonların en büyük dezavantajı, sararma eğilimlerinin

olmasıdır (Paul, 2015; Wei ve diğ., 2019; Çoban, 1999; Weber, 1999; Schindler ve Hauser, 2004; Matusiak, 2006; Lautenschlager ve diğ., 1993; Bereck ve diğ., 1993; Lautenschlager ve diğ., 1995; Bereck ve diğ., 1997; Bereck ve diğ., 2001). Boyalı kumaşlara silikon yumuşaticılar ile işlem uygulanmasından sonra özellikle pamuk kumaşların renkleri, renk uzayındaki a kırmızı renk ve b mavi renk eksenine kaymış ve renk farkı değerleri daha yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda makro silikon uygulanmış kumaşların renkleri, mikro silikon yumuşaticılara göre renk uzayında b ekseninde daha çok sarı renge doğru kaymıştır. Silikonların selüloz makro molekülleri üzerinde/içine bağlanması, yüzey üzerinde ağ yapısının oluşumu ile birlikte gerçekleşir ve düşük kırılma indeksine sahip olduğundan yüzeyden daha az ışık yansır. Sonuç olarak, yüzey daha koyu görünür (Jatoi ve diğ., 2015; Kut ve diğ., 2005; Parvinzadeh, 2007). Uygulamalarda, sararma nedeniyle olası renk değişikliklerini (renk doygunluk değerinin daha sarı/kırmızı tonlara kayması) göz önünde bulundurmak gerekir ve ön laboratuvar denemeleri önerilir. Mikro silikonlar, yüksek emülsiyonlaştırıcı içeriklerinden dolayı fazla ışık yansımaya ve açık tonlara neden olduklarından daha koyu tonlar elde etmek için uygun değildirler (Habereder ve Bereck, 2002). Bununla birlikte silikon yumuşaticıların kimyasal formülasyonlarında sararmaya neden olan antioksidan, amin veya fenolik gruplar da olabilir (Zia ve diğ., 2011). Özet olarak, makro ve mikro silikon yumuşaticıların özellikle pamuk kumaşlarda belirgin bir sararmaya ve renk farkına ($DE > 0,5$) neden olduğu söylenebilir ve özellikle koyu renklerde dikkatli çalışma yapılması önerilmektedir.

3.2. Yumuşaticıların Patlama Mukavemeti ve Uzama Değerlerine Etkileri

Tekstiller, kullanımları sırasında kopma, patlama ve yırtılma gibi çeşitli mekanik etkiler ile karşı karşıya kalır. Silikonlar, lif-lif sürtünmesini büyük ölçüde azalttığından aşınma direnci üzerinde önemli katkı yaparlar. Liflerin hareketliliğinin artması nedeniyle mekanik enerjiyi emebilir ve dağıtabilirler. Artan yumuşaklık değerleri ile birlikte yırtılma mukavemeti normalde azalırken, bu durum silikon yardımıyla iyileştirilebilir (Hardt, 1984).

Her bir kumaş grubunda, makro ve mikro silikon uygulamalarının boyalı kumaşların patlama mukavemeti değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile test edilmiş ve patlama mukavemeti değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Pamuk ham kumaşların patlama mukavemet değerlerinin viskon kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda hem pamuk hem de viskon kumaşlarda patlama mukavemetleri, artan iplik kalınlığı ile orantılı şekilde iyileşme göstermiştir. Ancak, boyamalar sonrası pamuk kumaşların (C1, C2 ve C3) patlama mukavemetleri azalırken, viskon kumaşlarda (V1 ve V2) ise artma görülmüştür. Orta ve düşük gramajlı pamuk kumaşların (C2 ve C3) patlama mukavemetlerinde boyamalar sonrası dikkate değer azalmalar olmuştur; iplik kalınlığının patlama mukavemeti üzerine etkisi görülmüştür. Her iki yumuşaticı uygulandıktan sonra, patlama mukavemet değerleri azalmaya devam etmiştir. Özellikle makro silikon uygulamasından sonra pamuk kumaşların (C1, C2 ve C3) patlama mukavemet değerleri anlamlı bir şekilde azalmıştır ($p_{C1MAK}=0,034$, $p_{C2MAK}=0,001$ ve $p_{C3MAK}=0,005$). Benzer eğilimler, iki iplik örgülü pamuk kumaşta (C4) da görülmektedir. Her iki silikon yumuşaticı uygulandıktan sonra, patlama mukavemetlerinde anlamlı azalmalar ortaya çıkmıştır ($p_{C4MAK}=0,001$ ve $p_{C4MİK}=0,007$). Viskon kumaşlarda ise, her iki silikon yumuşaticı uygulandıktan sonra, pamuk kumaşlardaki gibi anlamlı azalmalar saptanmıştır. En düşük değerler, makro silikon uygulamalarında elde edilmiştir.

Yıkama ve boyama işlemleri sonrasında viskon kumaşların çekme nedeniyle daha sıkı yapı kazanmaları, patlama mukavemetlerinde artmaya neden olur. Ayrıca, viskon kumaşlara uygulanan boyama işlemi sonrasında, kumaş yapısının ipliklerin kaymasına daha müsait hale gelmesi ile daha yüksek patlama mukavemet değerleri elde edilir. Viskon ham kumaşların (V1 ve V2) patlama mukavemetleri, boyama sonrası artış göstermiştir. Orta gramajlı viskon kumaşın (V1) patlama mukavemetindeki artış, düşük gramajlı kumaşa (V2) göre daha anlamlıdır. Her iki silikon yumuşaticı uygulandıktan sonra, pamuk kumaşlardaki gibi anlamlı azalmalar saptanmıştır. Özellikle makro

silikon uygulamalarında en düşük patlama mukavemet değerleri elde edilmiştir ($p_{V1MAK}=0,000$ ve $p_{V2MAK}=0,000$) ve makro silikon ile dikkatli çalışılması önerilmektedir.

Tablo 5. Yumuşatıcıların patlama mukavemetine etkileri

Kumaş Kodu	N	Maksimum Kuvvet (N)			Anlamlılık düzeyi		
		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata		P	
C1	Ham	6	407,73	19,06	14,11		
	Boyalı	6	318,68	17,34	9,24	a	
	Mak	6	256,17	14,72	8,09	b	0,034
	Mik	6	283,63	19,64	12,26	a	0,287
C2	Ham	6	399,58	13,38	7,63		
	Boyalı	6	259,40	4,27	1,74	a	
	Mak	6	212,19	15,33	8,26	b	0,001
	Mik	6	256,11	16,02	10,62	a	0,944
C3	Ham	6	365,34	7,61	3,11		
	Boyalı	6	228,16	18,71	11,72	a	
	Mak	6	180,27	5,61	2,29	b	0,005
	Mik	6	202,00	14,05	9,82	a	0,129
C4	Ham	6	392,05	6,61	2,70		
	Boyalı	6	250,02	16,94	9,16	a	
	Mak	6	170,01	3,63	1,48	b	0,001
	Mik	6	190,89	15,99	6,53	b	0,007
V1	Ham	6	272,05	18,28	8,63		
	Boyalı	6	335,97	15,32	7,34	a	
	Mak	6	259,19	8,06	3,29	b	0,000
	Mik	6	286,25	6,74	2,75	c	0,000
V2	Ham	6	293,13	12,38	5,05		
	Boyalı	6	301,92	5,24	2,14	a	
	Mak	6	220,38	16,76	6,84	b	0,000
	Mik	6	248,92	8,25	3,37	c	0,000

Her kumaş grubu içerisinde $p<0,05$ olması, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır.

Makro ve mikro silikon uygulamalarının benzer iplik ve örgü yapılarına sahip 24/1 Ne ve 28/1 Ne pamuk (C1 ve C2) ile 26/1 Ne ve 28/1 Ne viskon (V1 ve V2) boyalı kumaşların patlama mukavemeti değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı Tukey çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, ham pamuk ve viskon kumaşlar arasında anlamlı farklılık varken ($p<0,05$), boyama işlemi sonrası en düşük patlama mukavemeti 28/1 Ne pamuk kumaşta (C2) gözlemlenmiş ve anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı zamanda, 28/1 Ne viskon (V2) ve 28/1 Ne pamuk (C2) boyalı kumaşlar arasında da anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Mikro silikon uygulamalarında kumaşlar arasında anlamlı farklılık saptanmazken, özellikle 28/1 Ne pamuk ve viskon kumaşlarda (C2 ve V2) makro silikon uygulamalarında mukavemet değerleri açısından anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha düşük patlama mukavemeti ölçülmüş ve özellikle makro silikonlu uygulamada en düşük patlama mukavemeti elde edilmiştir.

Tablo 6. Patlama mukavemeti Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kumaş Kodu	Maksimum Kuvvet (N)	Kumaş Kodu	Maksimum Kuvvet (N)
C1 Ham	407,73a	C1 Boyalı	318,68a
C2 Ham	399,58a	C2 Boyalı	259,40b
V1 Ham	272,05b	V1 Boyalı	335,97a
V2 Ham	293,13b	V2 Boyalı	301,92a
C1 Boyalı Mak	256,17a	C1 Boyalı Mik	283,63a
C2 Boyalı Mak	212,19b	C2 Boyalı Mik	256,11a
V1 Boyalı Mak	259,19a	V1 Boyalı Mik	286,25a
V2 Boyalı Mak	220,38b	V2 Boyalı Mik	248,92a

Her kumaş grubu içerisinde farklı harflerle yapılan gösterimler, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır ($p < 0,05$).

Her iki yumuşaticı ile işlem uygulandıktan sonra hem pamuk hem de viskon kumaşlarda patlama mukavemet değerleri azalmıştır. Bu azalmalar, pamuk kumaşlarda daha fazla olmuştur. İşlemler sonrası yumuşaticının kayganlaştırıcı etkisi nedeniyle daha sert tutuma sahip pamuk iç yapısında lifler arasındaki kayma, viskon lifine göre daha fazla olacağından patlama mukavemetinde azalmanın da daha fazla olabileceği ön görülebilir (Jatoi ve diğ., 2015). Özellikle makro silikon uygulamaları, kumaşın patlama mukavemetinde daha fazla azalmalara neden olmuştur. Choudhury ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Choudhury ve diğ., 2012). Mikro silikon yumuşaticıların parçacık boyutu daha küçük ve penetrasyon etkinliği daha büyük olduğundan kumaşın (ipliklerin, liflerin) iç yapısına nüfuz ederken, makro silikon yumuşaticılar ise kumaşın yüzeyine yerleşir. Mikro silikon yumuşaticıların tek tek lifler (iplikler) üzerine uyguladığı yağlama etkisi, lifler (iplikler) arasındaki sürtünmeyi azaltır, birbirlerine karşı daha kolay hareket etmelerini sağlar, gruplaşmalarını kolaylaştırır, lifler (iplikler) arasına uygulanan (kopma, yırtılma, patlama ve aşındırma) kuvvetin yapı içerisinde daha düzgün dağılmasını sağlar ve dolayısıyla kumaşların fiziksel özellikleri üzerinde olumlu katkılar yaparlar. Eğer kumaş özellikleri, liflerin (ipliklerin) birbirine yakınlaşmasına izin veriyorsa, tek tek liflerin (ipliklerin) sırasıyla kopması yerine, lif (iplik) demetleri uygulanan kuvvete karşı daha dirençli (mukavemetli) olacaktır. Dolayısıyla tek tek lifler üzerinde sağlanan yağlama etkisi, kuvvetin bileşenler arasında eşit şekilde dağılmasını sağladığı için aşındırıcı kuvvete karşı koymada daha önemlidir (Jatoi ve diğ., 2015; Choudhury ve diğ., 2012; Chattopadhyay ve Vyas, 2010). Sonuç olarak, tüm veriler incelendiğinde düşük gramajlı pamuk ve viskon kumaşlarda mukavemet kayıpları göz önüne alınarak uygun yumuşaticının seçilmesi önerilmektedir.

Her bir kumaş grubunda, makro ve mikro silikon uygulamalarının boyalı kumaşların maksimum kuvvet altında uzama değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile test edilmiş ve uzama değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Pamuk ham ve boyalı kumaşların maksimum kuvvet altında uzama değerlerinin viskon kumaşlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda hem pamuk hem de viskon ham kumaşlarda uzama değerleri, artan iplik kalınlığı ile orantılı şekilde artış göstermiştir. Ancak, boyamalar sonrası pamuk kumaşların (C1, C2 ve C3) uzama değerleri azalırken, C2 kodlu pamuk kumaş ve viskon kumaşlarda (V1 ve V2) ise artma görülmüştür. Buna karşın, her iki silikon yumuşaticı uygulandıktan sonra, kumaşların uzama değerlerinde yeniden iyileşmeler gözlemlenmiştir. Özellikle, yüksek gramajlı pamuk kumaşın (C1) makro ve mikro silikon uygulamalarında en yüksek uzama değerleri elde edilmiştir. Buna karşın, silikon uygulamaları sonrası pamuk kumaşların (C1, C2, C3 ve C4) uzama değerlerinde anlamlı farklılık bulunamamıştır.

Boyama sonrası viskon kumaşların uzama değerlerinde çok az iyileşme gözlemlenirken, silikon uygulamaları sonrası viskon boyalı kumaşın (V1) uzama değerlerinde anlamlı farklılık

bulunamamıştır. Yine de düşük gramajlı viskon kumaşın (V2) makro ve mikro silikon uygulamalarında uzama değerlerinde anlamlı iyileşmeler belirlenmiştir ($p_{V2MAK}=0,002$ ve $p_{V2MİK}=0,000$).

Tablo 7. Yumuşatıcıların maksimum kuvvet altında uzamaya etkileri

Kumaş Kodu	N	Maksimum Uzama (mm)			Anlamlılık düzeyi		
		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata		p	
C1	Ham	6	52,43	11,80	4,82		
	Boyalı	6	40,36	6,03	2,46	a	
	Mak	6	53,20	6,18	2,52	a	0,056
	Mik	6	51,38	12,50	5,10	a	0,108
C2	Ham	6	47,11	7,99	3,26		
	Boyalı	6	39,52	3,20	1,31	a	
	Mak	6	42,42	4,08	1,66	a	0,531
	Mik	6	38,41	6,01	2,45	a	0,908
C3	Ham	6	35,73	3,52	1,44		
	Boyalı	6	34,83	6,65	2,71	a	
	Mak	6	41,34	5,30	2,17	a	0,131
	Mik	6	33,80	4,15	1,70	a	0,944
C4	Ham	6	26,11	3,54	1,45		
	Boyalı	6	45,63	5,70	2,33	a	
	Mak	6	45,30	4,54	1,86	a	0,992
	Mik	6	48,61	3,75	1,53	a	0,534
V1	Ham	6	32,96	4,00	1,63		
	Boyalı	6	34,52	5,18	2,12	a	
	Mak	6	28,74	3,63	1,48	a	0,065
	Mik	6	31,53	3,10	1,26	a	0,433
V2	Ham	6	25,72	3,98	1,62		
	Boyalı	6	27,93	2,60	1,06	a	
	Mak	6	38,91	4,39	1,79	b	0,002
	Mik	6	40,93	5,76	2,35	b	0,000

Her kumaş grubu içerisinde $p<0,05$ olması, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır.

Makro ve mikro silikon uygulamalarının benzer iplik ve örgü yapılarına sahip 24/1 Ne ve 28/1 Ne pamuk (C1 ve C2) ile 26/1 Ne ve 28/1 Ne viskon (V1 ve V2) boyalı kumaşların uzama değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı Tukey çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, pamuk ve viskon ham ve boyalı kumaşlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Boyama işlemi sonrası pamuk kumaşların uzama değerlerinde azalmalar olurken, viskon kumaşlarda çok az iyileşmeler görülmüştür. En düşük uzama değeri (27,93 mm), 28/1 Ne V2 kodlu viskon kumaşta gözlemlenmiştir. Makro ve mikro silikon uygulamaları, özellikle 26/1 viskon kumaşta (V1) anlamlı farklılığa neden olmuştur ($p<0,05$).

Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü ham ve boyalı kumaşlarda (C4) düşük uzamalar ölçülmüşken, her iki silikon uygulamasından sonra uzama değerleri süprem kumaşa (C2) göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle mikro silikonlu uygulamada en yüksek uzama değeri elde edilmiştir. Bu sonucun, kumaşın örgü yapısındaki askılar nedeniyle daha gözenekli ve elastik yapıya sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Her iki yumuşaticının hem pamuk hem de viskon kumaş yüzeylerine elastikiyet kazandırdığı görülmektedir. Silikonların, selüloz makro molekülleri ile çapraz bağlar yapacak şekilde yüzey üzerinde/içinde hidrofob bir film oluşturarak elastomerik etki sağladığı, yüzey pürüzsüzlüğünü ve hidrofobluğunu arttırdığı bilinmektedir (Koerner ve diğ., 1989; Zia ve diğ., 2011; Hashem ve diğ., 2009). Bu durum, özellikle pamuk kumaşlarda daha belirgin görülmektedir. Mikro silikon yumuşaticının, kumaşların uzama değerlerine etkisi daha az görülmektedir. Yine de viskon yüzeylerde mikro silikon yumuşaticı, uzama değerlerine daha olumlu etki yapmıştır. Pamuk boyalı kumaşlara (C1, C2 ve C3) makro ve mikro silikon uygulamalarının uzama değerleri üzerine herhangi bir etkisi yok iken, viskon boyalı kumaşa (V2) her iki silikon (özellikle makro silikon) uygulanması daha olumlu katkı sağlamıştır.

Tablo 8. Maksimum kuvvet altında uzama Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kumaş Kodu	Maksimum Uzama (mm)	Kumaş Kodu	Maksimum Uzama (mm)
C1 Ham	52,43a	C1 Boyalı	40,36a
C2 Ham	47,11a	C2 Boyalı	39,52a
V1 Ham	32,96b	V1 Boyalı	34,52b
V2 Ham	25,72b	V2 Boyalı	27,93b
C1 Boyalı Mak	53,20a	C1 Boyalı Mik	51,38a
C2 Boyalı Mak	42,42a	C2 Boyalı Mik	38,41a
V1 Boyalı Mak	28,74c	V1 Boyalı Mik	31,53b
V2 Boyalı Mak	38,91b	V2 Boyalı Mik	40,93a

Her kumaş grubu içerisinde farklı harflerle yapılan gösterimler, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır ($p < 0,05$).

3.3. Yumuşaticıların Hava Geçirgenliğine Etkileri

Hava geçirgenliği ($l/m^2.s$), bir materyalin iki yüzeyi arasından belirli bir basınç farkı altında birim zamanda ve birim alandan geçen hava miktarıdır. Giysilerin nefes alabilirliğini belirleyen hava geçirgenliği, mikro-klima bölgesinde hava sirkülasyonunu sağlayarak, vücuttaki fazla ısının daha kolay uzaklaştırılmasına yardımcı olur ve dolayısıyla giysi konforu açısından önemli parametrelerden bir tanesidir (Oğlakcioğlu ve Marmaralı, 2010).

Her bir kumaş grubunda, makro ve mikro silikon uygulamalarının boyalı kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile test edilmiş ve hava geçirgenlik değerleri Tablo 9'da verilmiştir. Viskon kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin pamuk kumaşlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda iplik kalınlığı (kumaş gramajı) arttıkça, hava geçirgenlik değerleri azalma göstermiştir. Bu durum, özellikle viskon kumaşlarda daha belirgin gözlenmiş ve literatürdeki çalışmalarla da uyumluluk göstermektedir (Eryürük, 2004; Oğlakcioğlu ve Marmaralı, 2007). Özellikle boyama işlemleri sonrası pamuk kumaşların hava geçirgenlik değerlerindeki azalma net şekilde görülmektedir. Düşük gramajlı viskon kumaşta (V2) azalma olurken, orta gramajlı kumaşta (V1) ise artma görülmüştür. Genel olarak viskon boyalı kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin pamuk boyalı kumaşlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir (Oğlakcioğlu ve Marmaralı, 2010). Her iki silikon yumuşaticı uygulandıktan sonra, hava geçirgenlik değerleri azalmaya devam etmiştir. Makro silikon uygulamasından sonra, pamuk kumaşların (C1, C2 ve C3) hava geçirgenlik değerleri anlamlı bir şekilde azalmıştır ($p_{C1MAK}=0,002$, $p_{C2MAK}=0,000$ ve $p_{C3MAK}=0,000$). Mikro silikon uygulamasında da benzer eğilim var iken, sadece kalın gramajlı pamuk kumaşta (C1) anlamlı bir değişim saptanmamıştır ($p_{C1MİK}=0,966$). İki iplik örgülü kumaşta (C4) da yumuşaticı uygulamaları sonrası hava geçirgenlik değerlerinde azalma olmasına karşın, anlamlı bir

değişim görülmemiştir. Her iki silikon yumuşatıcı ile işlem sonrası viskon boyalı kumaşların hava geçirgenlik değerleri, pamuk kumaşlarda olduğu gibi anlamlı bir şekilde azalmıştır.

Tablo 9. Yumuşatıcıların hava geçirgenliğine etkileri

Kumaş Kodu	N	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)			Anlamlılık düzeyi		
		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata		P	
C1	Ham	6	1.273	20,66	12,93		
	Boyalı	6	354	3,10	1,26	a	
	Mak	6	343	7,16	2,92	b	0,002
	Mik	6	353	1,86	0,76	a	0,966
C2	Ham	6	1.613	18,52	10,22		
	Boyalı	6	849	10,52	8,38	a	
	Mak	6	712	13,24	9,49	b	0,000
	Mik	6	717	10,55	10,64	b	0,000
C3	Ham	6	1.640	15,86	12,80		
	Boyalı	6	647	12,05	13,09	a	
	Mak	6	498	18,98	7,75	b	0,000
	Mik	6	536	15,37	10,36	b	0,000
C4	Ham	6	1.907	5,16	2,11		
	Boyalı	6	628	17,55	11,25	a	
	Mak	6	635	17,25	15,21	a	0,933
	Mik	6	634	12,13	13,12	a	0,951
V1	Ham	6	1.127	15,01	34,71		
	Boyalı	6	1.387	11,31	16,87	a	
	Mak	6	1.157	12,55	45,95	b	0,001
	Mik	6	1.083	12,62	33,73	b	0,000
V2	Ham	6	2.337	10,33	16,47		
	Boyalı	6	1.080	13,38	38,12	a	
	Mak	6	820	14,20	9,88	b	0,000
	Mik	6	906	11,70	12,94	b	0,000

Her kumaş grubu içerisinde $p < 0,05$ olması, ölçümler arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır.

Makro ve mikro silikon uygulamalarının benzer iplik ve örgü yapılarına sahip 24/1 Ne ve 28/1 Ne pamuk (C1 ve C2) ile 26/1 Ne ve 28/1 Ne viskon (V1 ve V2) boyalı kumaşların hava geçirgenliği değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı Tukey çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, ham ve boyalı pamuk ve viskon kumaşlar arasında anlamlı farklılık varken ($p < 0,05$), boyama işlemi sonrası en düşük hava geçirgenlik değeri C1 kodlu pamuk kumaşta gözlemlenmiştir. Makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası hava geçirgenlik değerleri hem pamuk hem de viskon kumaşlar arasında anlamlı bir şekilde azalmaya devam etmiştir ($p < 0,05$).

Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) silikon uygulamaları sonrası daha düşük hava geçirgenlik değerleri ölçülmüştür. Bu sonucun, kumaşın örgü yapısındaki askılar nedeniyle daha geçirgen (gözenekli) yapıya sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Boyama ve bitim işlemleri sırasında yüzeyi oluşturan ipliklerin ve kumaşın düzleşmesinin bir sonucu olarak hava geçirgenlik değerlerinde önemli azalmalar beklenmektedir. Bu çalışmada, makro

ve mikro silikon yumuşaticıların uygulandığı hem pamuk hem de viskon kumaşların hava geçirgenlik değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Bilindiği gibi silikonlar, selülozik yüzeyler ile çapraz bağlanma eğilimindedir ve iplikler arasındaki boşlukları doldurarak hava akımının kumaş içerisinde daha zorlanarak geçmesine neden olurlar (Koerner ve diğ., 1989; Shin ve diğ., 2005; Cheng ve diğ., 2010; Son ve diğ., 2014). Sonuç olarak hem makro hem de mikro silikon yumuşaticıların hem pamuk hem de viskon kumaşların hava geçirgenlikleri üzerine etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 10. Hava geçirgenliği Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kumaş Kodu	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)	Kumaş Kodu	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)
C1 Ham	1.273c	C1 Boyalı	354d
C2 Ham	1.613b	C2 Boyalı	849c
V1 Ham	1.127d	V1 Boyalı	1.387a
V2 Ham	2.337a	V2 Boyalı	1.080b
C1 Boyalı Mak	343d	C1 Boyalı Mik	353d
C2 Boyalı Mak	712c	C2 Boyalı Mik	717c
V1 Boyalı Mak	1.157a	V1 Boyalı Mik	1.083a
V2 Boyalı Mak	820b	V2 Boyalı Mik	906b

Her kumaş grubu içerisinde farklı harflerle yapılan gösterimler, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır (p<0,05).

3.4. Yumuşaticıların Isıl Özelliklere Etkileri

Giysi amaçlı üretilen tekstillerden dış çevre şartları büyük değişim gösterse bile, vücut sıcaklığını ortalama değerde tutarak vücut ve çevre arasındaki ısı akışını desteklemesi ve vücudun ısı dengesini korumaya yardımcı olması istenir. Tekstiller hacimli yapıları nedeniyle, içlerinde fazla hava tutma kapasitesine sahiptirler. Bu nedenle, lifli malzemelerle ısı direnci yüksek giysiler elde edilebilmektedir. Kalınlık ve katman sayıları, hacimsel yoğunlukları (kumaş içindeki hava boşluklarının sayısı, büyüklüğü ve dağılımı), lifin tipi, örgü yapıları, uygulanan bitim işlemleri gibi faktörler tekstillerin ısı özelliklerini etkiler (Gülsevin, 2005).

Her bir kumaş grubunda, makro ve mikro silikon uygulamalarının boyalı kumaşların ısı iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile test edilmiş ve bu değerler Tablo 11’de verilmiştir. Pamuk kumaşlar, viskon kumaşlara göre yapılarında daha fazla hava tuttuklarından ısı iletkenlik değerlerinin daha düşük olması beklenir (Stanković ve diđ., 2008). Isı iletkenlik değerleri incelendiğinde, pamuk ham ve boyalı kumaş değerlerinin viskon ham ve boyalı kumaşlara göre literatürden farklı olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda pamuk ve viskon kumaşlarda iplik kalınlığı arttıkça, ısı iletkenlik değerlerinde de artış gözlemlenmiştir. Boyama ve bitim işlemleri gibi yaş işlemler sonrası kumaş sıklığı azalır ve yapı içerisinde daha az hava hapsedilir. Bundan dolayı ısı iletkenlik değerleri, doğal olarak artar. Terbiye işlemleri özellikle de bitim işlemleri, kumaş üzerindeki gözenekleri kapattığından bu işlemlerin ısı iletkenlik değerlerini arttırdığı bilinmektedir (Frydrych ve diđ., 2002). Pamuk ve viskon kumaşların boyama sonrası ısı iletkenlik değerlerinin artması literatür ile de uyumludur. Pamuk boyalı ve viskon boyalı kumaşlara makro silikon uygulamalarında ısı iletkenlik değerlerinde artışlar (özellikle orta gramajlı viskon boyalı kumaşta (V1) anlamlı artışlar) gözlenirken, pamuk boyalı kumaşlara (C1, C2, C3 ve C4) ve orta gramajlı viskon boyalı kumaşa (V1) mikro silikon uygulamalarında anlamlı azalmalar tespit edilmiştir. Mikro silikon uygulamaları, kumaşların ısı iletkenlik özelliklerine ve dolayısıyla kumaş konforuna katkıda bulunmuştur. Yüzeylerin makro silikon ile kaplanması ve yüzey üzerinde film oluşturmaları, iç yapıda bulunan hava miktarını azalttığından ısı iletkenlikte artışlara neden olabileceği düşünölmektedir.

Tablo 11. Yumuşatıcıların ısı özelliklerine etkileri

Kumaş Kodu	Isıl İletkenlik	p*	Isıl Direnç	p*	Kalınlık	p*	
C1	Ham	51,03		12,37		0,63	
	Boyalı	62,53a		9,31a		0,58a	
	Mak	62,80a	0,942	9,10b	0,001	0,60b	0,000
	Mik	58,97b	0,001	9,71c	0,000	0,58a	0,097
C2	Ham	49,97		11,18		0,57	
	Boyalı	57,70a		9,24a		0,53a	
	Mak	58,37a	0,398	9,62b	0,000	0,57b	0,000
	Mik	55,20b	0,000	9,96c	0,000	0,55c	0,027
C3	Ham	47,33		10,02		0,48	
	Boyalı	56,43a		8,73a		0,49a	
	Mak	57,90b	0,014	8,81a	0,579	0,52b	0,000
	Mik	54,47c	0,002	9,07b	0,001	0,50c	0,050
C4	Ham	44,83		13,67		0,71	
	Boyalı	57,20a		12,23a		0,69a	
	Mak	56,75a	0,644	12,57b	0,005	0,71b	0,000
	Mik	54,35b	0,000	12,86c	0,000	0,70b	0,003
V1	Ham	42,93		11,72		0,50	
	Boyalı	52,47a		9,66a		0,49a	
	Mak	54,60b	0,001	9,72a	0,725	0,54b	0,000
	Mik	50,47c	0,002	9,82a	0,124	0,50a	0,163
V2	Ham	41,20		11,88		0,50	
	Boyalı	52,57a		9,67a		0,51a	
	Mak	53,77a	0,281	9,97b	0,036	0,53b	0,010
	Mik	52,07a	0,789	10,01b	0,019	0,52a	0,776

Isıl İletkenlik: λ ($10^{-3} \times W/m.K$), Isıl Direnç: r ($K.m^2/W$), Kalınlık: h (mm), p: Anlamlılık düzeyi

Her kumaş grubu içerisinde $p < 0,05$ olması, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır.

Makro ve mikro silikon uygulamalarının benzer iplik ve örgü yapılarına sahip 24/1 Ne ve 28/1 Ne pamuk (C1 ve C2) ile 26/1 Ne ve 28/1 Ne viskon (V1 ve V2) boyalı kumaşların ısı iletkenlik, ısı direnç ve kalınlık değerleri üzerinde etkisinin olup olmadığı Tukey çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası pamuk kumaşların ısı iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir farklılık varken ($p < 0,05$), en düşük değerler viskon kumaşlarda gözlemlenmiştir. Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha düşük ısı iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Bu sonucun, kumaşın örgü yapısındaki askılar nedeniyle daha geçirgen yapıya sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kalınlığın ısı iletkenliğe oranı olan ısı direnç (r) değeri, malzemenin yapısında tutulan durgun hava miktarı ile açıklanır. Durgun hava, tüm lif tiplerinden daha düşük ısı iletkenlik değerine ($25 mW/m.K$) sahiptir ve kumaştaki durgun hava miktarı arttıkça, ısı direnç de artmaktadır. Dolayısıyla ısı direnç ve ısı iletkenlik arasında ters bir orantı vardır. Tablodaki sonuçlara baktığımızda da bu durum görülmektedir. Isıl direnç değerleri incelendiğinde, viskon ham ve boyalı kumaş değerlerinin

pamuk ham ve boyalı kumaşlara oranla daha yüksek olduğu görölmektedir. Pamuk ham ve boyalı kumaşlarda (C1, C2 ve C3), artan iplik kalınlıklarıyla birlikte ısı direnç değerlerinde artma gözlemlenirken, viskon (V1 ve V2) boyalı kumaşlarda bu farklılık belirlenememiştir. Pamuk ve viskon kumaşlarda, boyama sonrası ısı direnç değerlerinde azalmalar olmuştur. Tüm sonuçlar, literatürdeki çalışmalarla benzerlikler göstermektedir (Gülsevin, 2005; Eryürük, 2004; Ođlakciođlu ve Marmarali, 2007; Stanković ve diđ., 2008; Frydrych ve diđ., 2002; Guanxiong ve diđ., 1991; Havenith, 2002; Jun ve diđ., 2002; Ucar ve Yilmaz, 2004; Jun ve diđ., 2009; Cimilli ve diđ., 2010). Pamuk boyalı kumaşlara, makro ve mikro silikon uygulamalarından sonra ısı direnç değerlerinde anlamlı seviyelerde artışlar saptanmıştır. Burada tek istisna olarak düşük gramajlı pamuk kumaştaki (C3) makro silikon uygulaması görölmektedir. Benzer biçimde, orta gramajlı viskon boyalı kumaşlarda (V1) silikon yumuşaticıların ısı direnç üzerine anlamlı etkileri yok iken, düşük gramajlı viskon boyalı kumaşa (V2), makro ve mikro silikon uygulamalarında ısı dirençte anlamlı seviyelerde artma ($p_{V2MAK}=0,036$ ve $p_{V2MİK}=0,019$) saptanmıştır. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, Tablo 12'ye göre makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası pamuk ve viskon kumaşların ısı direnç değerleri arasında anlamlı bir farklılık varken ($p<0,05$), en yüksek değerler viskon kumaşlarda gözlemlenmiştir. Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha yüksek ısı direnç değerleri ölçülmüştür. Bu sonucun, kumaşın örgü yapısındaki askılar (daha fazla hava tutma kapasitesi) nedeniyle olduğu düşünölmektedir.

Kalınlık değerleri incelendiğinde, pamuk ham ve boyalı kumaş değerlerinin viskon ham ve boyalı kumaşlara göre daha yüksek olduğu görölmektedir. Özellikle pamuk kumaşlarda iplik kalınlığı arttıkça, kumaş kalınlığı değerlerinde de artış gözlemlenmiştir. Boyama işlemleri sonrası, viskon kumaşların kalınlıkları değişmezken, pamuk kumaşların değerleri azalmıştır. Pamuk boyalı kumaşlara (C1, C2, C3 ve C4), makro ve mikro silikon uygulamalarında anlamlı seviyelerde artma gözlenirken, sadece yüksek gramajlı pamuk boyalı kumaşa (C1) mikro silikon uygulamasında anlamlı bir değişim saptanmamıştır. Viskon boyalı kumaşlara (V1), makro silikon uygulamalarında ise kalınlık değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir ($p_{V1MAK}=0,000$ ve $p_{V2MİK}=0,010$). Yüzeylerin makro silikon ile kaplanması ve yüzey üzerinde film oluşumu, kalınlık artışlarına neden olabilir. İplik numaralarının (C1, C2, V1 ve V2) etkisi karşılaştırıldığında, Tablo 12'ye göre makro silikon uygulamaları sonrası kalınlık değerleri açısından özellikle pamuk kumaşlar arasında anlamlı bir farklılık varken ($p<0,05$), mikro silikon uygulamaları sonrası tüm kumaşlar arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Örgü tipinin (C2 ve C4) etkisi karşılaştırıldığında ise, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha yüksek kalınlık değerleri ölçülmüştür.

Özetle, makro silikon uygulamaları sonrası kumaşların kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri, mikro uygulamalara göre daha büyük, ısı direnç değerleri ise daha küçük ölçülmüştür. Yüzeylerin makro silikon ile kaplanması ve yüzey üzerinde film oluşturması, iç yapıda bulunan hava miktarını azalttığından ve aynı zamanda kumaş kalınlığını arttırdığından ısı iletkenlikte artışlara neden olmuştur. Tüm kumaş değerlerine bakıldığında kumaşların gramaj, iplik kalınlık ve kumaş kalınlık değerleri azaldıkça, ısı iletkenlik değerleri artmıştır. Araştırmalarda, ağırlık artışının birim alana düşen lif miktarını artırdığını, birim kesite düşen lif miktarının artışı ile hava miktarının azalışı kumaşın ısı iletkenliğini olumlu ve ısı direncini de olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Gramaj ve kalınlık değerleri azaldıkça, ısı iletkenlik değerleri artmakta ve ısı direnç değerleri de azalmaktadır (Gülsevin, 2005; Eryürük, 2004; Ođlakciođlu ve Marmarali, 2007; Stanković ve diđ., 2008; Frydrych ve diđ., 2002; Guanxiong ve diđ., 1991; Havenith, 2002; Jun ve diđ., 2002; Ucar ve Yilmaz, 2004; Jun ve diđ., 2009; Cimilli ve diđ., 2010).

Tablo 12. Isıl özelliklerin Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kumaş Kodu	Isıl İletkenlik	Kumaş Kodu	Isıl İletkenlik
C1 Boyalı Mak	62,80a	C1 Boyalı Mik	58,97a
C2 Boyalı Mak	58,37b	C2 Boyalı Mik	55,20b
V1 Boyalı Mak	54,60c	V1 Boyalı Mik	50,47c
V2 Boyalı Mak	53,77c	V2 Boyalı Mik	52,07c
Kumaş Kodu	Isıl Direnç	Kumaş Kodu	Isıl Direnç
C1 Boyalı Mak	9,10a	C1 Boyalı Mik	9,71a
C2 Boyalı Mak	9,62b	C2 Boyalı Mik	9,96b
V1 Boyalı Mak	9,72b	V1 Boyalı Mik	9,82a
V2 Boyalı Mak	9,97c	V2 Boyalı Mik	10,01b
Kumaş Kodu	Kalınlık	Kumaş Kodu	Kalınlık
C1 Boyalı Mak	0,60a	C1 Boyalı Mik	0,58a
C2 Boyalı Mak	0,57b	C2 Boyalı Mik	0,55b
V1 Boyalı Mak	0,54c	V1 Boyalı Mik	0,50c
V2 Boyalı Mak	0,53c	V2 Boyalı Mik	0,52d

Isıl İletkenlik: λ ($10^{-3} \times W/m.K$), Isıl Direnç: r ($K.m^2/W$), Kalınlık: h (mm)

Her kumaş grubu içerisinde farklı harflerle yapılan gösterimler, ölçümler arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlı olduğunu tanımlamaktadır ($p < 0,05$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tekstillerin tutumunu, görünümünü ve kullanım özelliklerini geliştirmek amacıyla bitim işlemleri uygulanır. Bitim işlemleri içerisinde yumuşatıcıların büyük önemi vardır ve yaygın olarak silikon yumuşatıcılar kullanılmaktadır. Mamül özelliklerini geliştirmek açısından lif özelliklerini de dikkate alarak doğru yumuşatıcı seçimi çok önemlidir.

Deneyisel çalışmada, makro ve mikro silikon yumuşatıcılar seçilmiş ve bu yumuşatıcılar süprem ve iki iplik gibi farklı örgü tiplerindeki pamuk ve viskon boyanmış kumaşlara emdirme yöntemi yardımıyla uygulanmıştır. İşlemler sonrası kumaşların renk değerleri, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve ısıl özellikleri test edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Silikonlar, moleküler zincirlerinden ve kimyasal formülasyonlarından dolayı sararmaya ve renk değişimine neden olabilirler. Silikon uygulamalarından sonra, pamuk boyalı kumaşların DE değerlerinin viskon boyalı kumaşlara göre daha yüksek olduğu ve iplik kalınlığı (gramaj) arttıkça DE değerlerinde de artma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Her iki yumuşatıcı ile yapılan işlemler sonrasında pamuk ve viskon kumaşlarda toplam renk farkı değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu söylenebilir.

Pamuk ve viskon kumaşların patlama mukavemet değerleri, her iki yumuşatıcı uygulandıktan sonra azalmıştır. Özellikle makro silikon uygulamaları, patlama mukavemetinde daha fazla azalmaya neden olmuştur. Mikro silikon yumuşatıcı ise, fiziksel özellikler üzerine daha olumlu katkı yapmıştır. İplik numaraları göz önüne alındığında (C1, C2, V1 ve V2), 28/1 Ne pamuk ve viskon kumaşlarda (C2 ve V2) makro silikon uygulamalarında en düşük patlama mukavemet değerleri elde edilmiştir. Örgü tipleri karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) süprem kumaşa (C2) göre daha düşük patlama mukavemet değerleri ölçülmüştür. Düşük gramajlı pamuk ve viskon kumaşlarda, mukavemet kayıpları göz önüne alınarak uygun yumuşatıcının seçilmesi önerilmektedir.

Pamuk kumaşların uzama değerlerinde, silikon uygulamaları sonrası anlamlı iyileşmeler olmazken, düşük gramajlı viskon kumaşın (V2) makro ve mikro silikon uygulamalarında anlamlı artışlar belirlenmiştir. İplik numaraları göz önüne alındığında, makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası 26/1 viskon kumaşta (V1) en düşük uzama değerleri elde edilmiştir. Örgü tipleri

karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) her iki silikon uygulamasından sonra uzama değerleri süprem kumaşa (C2) göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki yumuşatıcının hem pamuk hem de viskon kumaş yüzeylerine elastikiyet kazandırdığı görülmektedir.

Kumaşların hava geçirgenlik değerleri, her iki silikon uygulamasından sonra azalmıştır. Makro silikon uygulamaları, özellikle pamuk kumaşların hava geçirgenlik değerleri üzerinde anlamlı bir şekilde olumsuz etki yaratmıştır. İplik numaraları göz önüne alındığında, silikon uygulamaları sonrası hava geçirgenlik değerleri hem pamuk hem de viskon kumaşlar arasında anlamlı bir şekilde azalmaya devam etmiş ve en düşük hava geçirgenlik değerleri 24/1 pamuk kumaşta (C1) elde edilmiştir. Örgü tipleri karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) süprem kumaşa (C2) göre silikon uygulamaları sonrası daha düşük hava geçirgenlik değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak silikon yumuşatıcıların hem pamuk hem de viskon kumaşların hava geçirgenliklerini azalttığı belirlenmiştir.

Boyama ve makro silikon uygulamaları sonrası kumaş sıklığının azalması ve bünyesinde daha az hava tutar hale gelmesinden dolayı ısı iletkenlik değerlerinin arttığı görülmüştür. Buna karşın, mikro silikon uygulamaları kumaşların ısı iletkenlik özelliklerinde azalmaya neden olarak kumaş konforuna katkıda bulunmuştur. İplik numaraları göz önüne alındığında, makro ve mikro silikon uygulamaları sonrası pamuk kumaşların ısı iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir farklılık varken, en düşük ısı iletkenlik değerleri viskon kumaşlarda gözlemlenmiştir. Örgü tipleri karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha düşük ısı iletkenlik değerleri ölçülmüştür.

Pamuk ve viskon boyalı kumaşlara, silikon uygulamalarından sonra ısı direnç değerlerinde anlamlı seviyelerde artışlar saptanmıştır. İplik numaraları göz önüne alındığında, silikon uygulamaları sonrası pamuk ve viskon kumaşların ısı direnç değerleri arasında anlamlı bir farklılık varken, en yüksek değerler viskon kumaşlarda gözlemlenmiştir. Örgü tipleri karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha yüksek ısı direnç değerleri ölçülmüştür.

Pamuk boyalı kumaşlara, makro ve mikro silikon uygulamalarında ve viskon boyalı kumaşlara makro silikon uygulamalarında kalınlık değerlerinde anlamlı seviyelerde artma tespit edilmiştir. İplik numaraları göz önüne alındığında, mikro silikon uygulamaları sonrası tüm kumaşlar arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş ve en yüksek değerler pamuk kumaşlarda gözlemlenmiştir. Örgü tipleri karşılaştırıldığında, iki iplik örgülü kumaşlarda (C4) daha yüksek kalınlık değerleri ölçülmüştür.

Makro silikon uygulamaları sonrasında, kumaşların kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri daha büyük ölçülmüştür. Kumaşların gramaj ve kalınlık değerleri azaldıkça, ısı iletkenlikleri artmış ve ısı dirençleri azalmıştır.

Sonuç olarak yumuşaklık bitim işlemleri ve özellikle silikon ile yapılan işlemler, selüloz esaslı kumaşlar için önemlidir. Hem pamuk hem de viskon kumaşların renk değişimi, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve ısı özellik değerleri göz önüne alındığında mikro silikon yumuşatıcıların daha olumlu katkı yaptığı görülmektedir. Makro silikon ile çalışılırken daha dikkatli olunması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapılan Yüksek Lisans Tezinin bir bölümüdür.

KAYNAKLAR

1. Atav, R.A., Korkmaz, A., Arabacı, P., Kumbasar, T.Ö., Yurdakul, A. (2003) Boyama sonrası kullanılan yardımcı maddelerin haslıklara etkisi, *Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu 9*, Bursa, 125-147.
2. Bereck, A., Riegel, D., Kuna, C., Rant, C. (1993) Influence of silicone softeners on textile handle and mechanical properties, *Melliand Textilberichte International Textile Reports*, 74(1), E 416.
3. Bereck, A., Dillbohner, S., Weber, B., Riegel, D., Mosel, J., Reper, J.M., Brakelmann, A. (1997) A simple method for the objective characterisation of fabric softness. part 1: influence of bleaching, dyeing and crosslinking of wool, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 113(11), 322-326. doi: 10.1111/j.1478-4408.1997.tb01853.x.
4. Bereck, A., Riegel, D., Matzat, A., Habereeder, P., Lautenschlager, H. (2001) Silicones on fibrous substrates: their mode of action, *AATCC Review*, 1(1), 45-49.
5. Chattopadhyay, D., Vyas, D. (2010) Effect of silicone nano-emulsion softener on physical properties of cotton fabric, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 35(1), 68-71.
6. Cheng, S., Yuen, C., Kan, C., Cheuk, K., Tang, J. (2010) Systematic characterization of cosmetic textiles, *Textile Research Journal*, 80(6), 524-536. doi: 10.1177/0040517509338309.
7. Cimilli, S., Nergis, B., Candan, C., Özdemir, M. (2010) A comparative study of some comfort-related properties of socks of different fiber types, *Textile Research Journal*, 80(10), 948-957. doi: 10.1177/0040517509349782.
8. Choudhury, A.R., Chatterjee, B., Saha, S., Shaw, K. (2012) Comparison of performances of macro, micro and nano silicone softeners, *Journal of the Textile Institute*, 103(9), 1012-1023. doi:10.1080/00405000.2012.654666.
9. Çoban, S. (1999) Bitim işlemlerinde yumuşak tutum ve yumuşatıcı maddeler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 167-173.
10. Eryürük, S. (2004) Polar kumaşların konfor özelliklerinin incelenmesi, *Örme-İhtisas*, 2(7), 38-42.
11. Frydrych, I., Dziworska, G., Bilska, J. (2002) Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 10(4), 40-44.
12. Guanxiong, Q., Yuan, Z., Zhongwei, W., Jianli, L., Min, L., Jie, Z. (1991) Comfort in knitted fabrics, *International Man-Made Fibres Congress Proceeding*, 112, Dornbirn.
13. Gülsevin, N. (2005) Spor giysilerin konfor özellikleri üzerine bir araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir.
14. Habereeder, P., Bereck, A. (2002) Part 2: Silicone softeners, *J Review of Progress in Coloration*, 32(1), 125-137. doi: 10.1111/j.1478-4408.2002.tb00256.x.
15. Hardt, P. (1984) Silicon textile auxiliaries, *Textilveredlung*, 19(5), 143-146.
16. Hashem, M., Ibrahim, N.A., El-Shafei, A., Refaie, R., Hauser, P. (2009) An eco-friendly–novel approach for attaining wrinkle–free/soft-hand cotton fabric, *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 690-703. doi: 0.1016/j.carbpol.2009.06.004.

17. Havenith, G. (2002) The interaction of clothing and thermoregulation, *Exogenous Dermatology*, 1(5), 221-230. doi: 10.1159/000068802.
18. Islam, M.M., Islam, A., Huiyu, J. (2015) Silicone softener synthesis and application on knit and woven white cotton fabrics, *American Journal of Polymer Science & Engineering*, 3(1), 129-138.
19. Jatoi, A.W., Khatri, Z., Ahmed, F., Memon, M.H. (2015) Effect of silicone nano, nano/micro and nano/macro-emulsion softeners on color yield and physical characteristics of dyed cotton fabric, *Journal of Surfactants and Detergents*, 18(2), 205-211. doi:10.1007/s11743-014-1647-5.
20. Jun, Y., Kang, Y., Park, C., Choi, C. (2002) Evaluation of textile performance of soccer wear, *Textile Asia*, 33(5), 43-44.
21. Jun, Y., Park, C.H., Shim, H., Kang, T.J. (2009) Thermal comfort properties of wearing caps from various textiles, *Textile Research Journal*, 79(2), 179-189. doi: 10.1177/0040517508093444.
22. Koerner, G., Schulze, M., Weis, J. (1989) *Silicone chemie und technologie*, Essen, Germany.
23. Kut, D., Günesoğlu, C., Orhan, M. (2005) Determining suitable softener type for 100% pet woven fabric, *AATCC Review*, 5(5), 16-19.
24. Lautenschlager, H.-J., Bindl, J., Huhn, K. (1993) Structural correlations for amino-functional silicone softeners: alkylation and acylation for changing the property profile, *Textil Praxis International*, 48(5), 438-442.
25. Lautenschlager, H., Bindl, J., Huhn, K. (1995) Structure activity relationships of aminofunctional siloxanes as components in softening finishes, *Textile Chemist & Colorist*, 27(3), 27-29.
26. Matusiak, M. (2006) Investigation of the thermal insulation properties of multilayer textiles, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(5), 98-102.
27. Oğlacioğlu, N., Marmaralı, A. (2007) Thermal comfort properties of some knitted structures, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(5-6), 64-65.
28. Oğlacioğlu, N., Marmaralı, A. (2010) Rejenere selüloz liflerinin kompresyon çoraplarının ısı konfor özelliklerine, *Tekstil ve Mühendis*, 17(77), 6-12.
29. Parvinezadeh, M. (2007) The Effects of softeners on the properties of sulfur-dyed cotton fibers, *Journal of Surfactants and Detergents*, 10(4), 219-223. doi: 10.1007/s11743-007-1034-6.
30. Paul, R. (2015) *Functional finishes for textiles: improving comfort, performance and protection*, Elsevier, Cambridge, UK. doi: 10.1016/C2013-0-16373-8.
31. Schindler, W.D., Hauser, P.J. (2004) *Chemical finishing of textiles*, Elsevier, Boca Raton, Florida. <https://doi.org/10.1533/9781845690373.7>.
32. Shin, Y., Yoo, D.I., Son, K. (2005) Development of thermoregulating textile materials with microencapsulated phase change materials (pcm). IV. performance properties and hand of fabrics treated with pcm microcapsules, *Journal of Applied Polymer Science*, 97(3), 910-915. doi: 10.1002/app.21846.
33. Son, K., Yoo, D., Shin, Y. (2014) Fixation of vitamin e microcapsules on dyed cotton fabrics, *Chemical Engineering Journal*, 239(3), 284-289. doi: 10.1016/j.cej.2013.11.034.

34. Stanković, S.B., Popović, D., Poparić, G.B. (2008) Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers, *Polymer Testing*, 27(1), 41-48. doi: 10.1016/j.polymeresting.2007.08.003.
35. Ucar, N., Yilmaz, T. (2004) Thermal properties of 1x1, 2x2, 3x3 rib knit fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12(3), 34-38.
36. Weber, R. (1999) New aspects in softening, *CHTR Beitlich*, Tübingen, Germany.
37. Wei, Y., Zheng, C., Chen, P., Yu, Q., Mao, T., Lin, J., Liu, L. (2019) Synthesis of multiblock linear polyether functional amino silicone softener and its modification of surface properties on cotton fabrics, *Polymer Bulletin*, 76(1), 447-467. doi: 10.1007/s00289-018-2375-1.
38. Zia, K.M., Tabassum, S., Barkaat-ul-Hasin, S., Zuber, M., Jamil, T., Jamal, M.A. (2011) Preparation of rich handles soft cellulosic fabric using amino silicone based softener. part-i: surface smoothness and softness properties, *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(3), 482-487. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2011.01.011.

