



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

**Farklı Karışım Oranlarına Sahip Mikro/Makro Silikon Yumuşatıcı Uygulamasının Kumaş Performansı Üzerindeki Etkisi**

**The Effect of Applying of Micro/Macro Silicone Softeners Having Different Mixing Ratios on the Fabric Performance**

Burcu SANCAR BEŞEN  
Adıyaman Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):31 Aralık 2019 (31 December 2019)

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

Burcu SANCAR BEŞEN (2019). Farklı Karışım Oranlarına Sahip Mikro/Makro Silikon Yumuşatıcı Uygulamasının Kumaş Performansı Üzerindeki Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 26: 116, 365-371.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/1300759920192611609>

**Sorumlu Yazara ait Orcid Numarası (Corresponding Author's Orcid Number) :**

<https://orcid.org/0000-0001-5120-268X>

*Araştırma Makalesi / Research Article*

## FARKLI KARIŞIM ORANLARINA SAHİP MİKRO/MAKRO SİLİKON YUMUŞATICI UYGULAMASININ KUMAŞ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

**Burcu SANCAR BEŞEN\***

<https://orcid.org/0000-0001-5120-268X>

Adıyaman Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye

*Gönderilme Tarihi / Received: 28.05.2019*

*Kabul Tarihi / Accepted: 30.09.2019*

**ÖZET:** Tekstil terbiyesinde yumuşatma bitim işlemi oldukça önemli bir yere sahiptir ve tekstil işletmesinden çıkan kumaşların (beyaz veya renkli) büyük çoğunluğu, yumuşatıcı madde applike edilmiş olarak, işletmeyi terk etmektedir. Yumuşatıcı madde olarak son yıllarda en fazla, mikro ve makro partikül büyüklüğüne sahip silikon esaslı yumuşatıcılar kullanılmaktadır. Makro ve mikro silikon yumuşatıcılar, genel olarak tek başlarına kullanılmakla birlikte, bazı proseslerde (buruşmazlık gibi) bu yumuşatıcıların karışımlarının kullanımı önerilebilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, bu çalışmada, mikro ve makro silikon yumuşatıcıların farklı karışım oranlarında kullanılması durumunda, kumaş numunelerinin mekanik ve fiziksel performans özellikleri üzerine nasıl etki edeceği araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı oranlarda mikro ve makro silikon yumuşatıcıları içeren aplikasyon çözeltileri, %50 pamuk-%50 poliesterden oluşan dokuma kumaş numunelerine, emdirme yöntemi ile aktarılmıştır. Aplikasyon sonrası, kumaş numunelerinin performans özellikleri eğilme dayanımı, dairesel eğilme dayanımı (stiffness), yırtılma mukavemeti ve kopma mukavemeti testleri ile araştırılmıştır. Ayrıca kumaşların CIELab renk değerleri ile beyazlık değerleri de ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara tek yönlü varyans analizi yapılarak, farklı karışım oranlarının incelenen performans özellikleri üzerindeki anlamlılığı istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yumuşatıcı, silikon yumuşatıcı, mikro silikon, makro silikon, kumaş performansı

### THE EFFECT OF APPLYING OF MICRO/MACRO SILICONE SOFTENERS HAVING DIFFERENT MIXING RATIOS ON THE FABRIC PERFORMANCE

**ABSTRACT:** The softening has enormous importance in the textile finishing process, and a great majority of the fabrics (white or colored) leave the textile mill by including softener agents. The macro and micro particle sized silicone softeners have been common usage within the softeners, recently. Though, generally the micro and macro silicone softeners use individually, their mixtures are sometimes suggested to use in some processes (such as wrinkle recovery). In view of that fact, in this study, it was investigated that how to effect of the mechanic and physical performances of the fabric samples when different ratios of the micro and macro silicone softeners are used. For this purpose, the application solutions including micro and macro silicone softeners at the different ratios were applied to the 50% cotton-50% polyester woven fabrics with padding method. After applications, the performance properties of the fabric samples were investigated through bending rigidity, stiffness, tearing strength, and breaking strength. Besides, the CIELab color values, as well as the whiteness values of the samples were also measured. The one-way variance analysis was carried out to the obtained results in order to research statistically the significance of the different ratios on the performance values.

**Key Words:** Softener, silicone softener, micro silicone, macro silicone, fabric performance

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** [bbesen@adiyaman.edu.tr](mailto:bbesen@adiyaman.edu.tr)

**DOI:** 10.7216/1300759920192611609, [www.tekstilmuhendis.org.tr](http://www.tekstilmuhendis.org.tr)

## 1. GİRİŞ

Tekstil terbiyesinde uygulanan yumuşatma bitim işlemleri, genel olarak müşterilerin tekstil ürünlerinden güzel tutum beklentisi nedeniyle, oldukça önemli bir yere sahiptir [1-3]. Terbiye işlemlerinde, yardımcı madde kullanımının % 65'i bitim işlemlerinde gerçekleşirken, bunun da yaklaşık %30'una karşılık gelen büyük bir bölümünü, yumuşatıcı madde kullanımı oluşturmaktadır [2]. Yumuşatıcı madde kullanımında amaç, ön terbiye işlemleri sırasında uzaklaştırılan ve life yumuşak tutum veren, doğal liflerin yapısında bulunan yağ, mum, pektin gibi maddeler ile sentetik liflerin üretimi esnasında verilen preparasyon maddelerinin uzaklaşması nedeniyle kaybedilen yumuşak tutumu kumaşa yeniden kazandırmak ve hatta başlangıçtaki yumuşaklığı daha da geliştirmektir [2,4,5]. Yumuşatıcı maddeler sayesinde, tekstil ürünü hem güzel bir tutum, esneklik, dolgunluk, dökümlülük kazanmakta hem de aşınma dayanımı, boncuklanma, statik elektriklenme, buruşma, giyim konforu, dikiş kolaylığı gibi özellikleri olumlu yönde gelişmektedir [5-9]. Bu gibi avantajların yanı sıra, kullanılan yumuşatıcı maddenin cins ve miktarına bağlı olarak hidrofilitede azalma, renk değişimi, haslıklarda düşüşler ve sararma gibi olumsuzluklar da ortaya çıkabilmektedir [2,5].

Yumuşatıcı maddeler genel olarak; anyonik, katyonik, non-iyonik, amfoterik, reaktif ve silikon yumuşatıcılar olarak sınıflandırılmaktadır [2,6,10,11]. Bu yumuşatıcılar içerisinde, üstün özellikleri ve diğerlerine göre daha yüksek etkiye sahip olması nedeniyle, silikon yumuşatıcılar önemli bir yere sahiptir [1-17]. Silikon yumuşatıcıların, hem doğal hem sentetik liflere uygulanabilmesi [14], hem de diğer yumuşatıcılara nazaran, daha yumuşak, esnek, dökümlü bir özellik kazandırması ile kumaşın yırtılma dayanımı, aşınma dayanımı gibi mekanik özelliklerini olumsuz etkilememesi gibi avantajları bulunmaktadır [1,5,11, 14]. Bunun yanı sıra, yeni nesil silikon yumuşatıcı olarak bilinen hidrofil yumuşatıcılar, kumaşlarda renk değişimi, sararma ve hidrofilitede düşüşleri gibi problemleri de ortadan kaldırmaktadır [1,7,8].

Silikon yumuşatıcılar partikül büyüklüklerine bağlı olarak, nano, mikro ve makro silikon emülsiyonları olarak isimlendirilmektedir [11]. Partikül büyüklüklerine bağlı olarak, yumuşatıcı maddelerin, kumaşlara verdikleri özellikler de değişiklik göstermektedir. Küçük partiküllere sahip nano ve mikro silikon emülsiyonları lif yüzeylerine penetre olarak kumaşlara, iyi bir iç yumuşaklık ve buruşmazlık özellikleri kazandırırken, daha büyük partiküllere sahip olan makro emülsiyonlar ise yüzey yumuşaklığı sağlamaktadır [2,5]. Literatür incelendiğinde, farklı partikül büyüklüğüne sahip silikon yumuşatıcıların kumaşların çeşitli performans özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı birçok çalışmanın mevcut olduğu; ancak mikro ve makro silikon yumuşatıcıların farklı karışım oranlarının etkisinin incelenmediği görülmüştür [1-17]. Bu nedenle, bu çalışmada, farklı oranlarda karıştırılmış mikro ve makro silikon yumuşatıcıların, kumaşların mekanik performansı ve beyazlığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, mikro/makro silikon yumuşatıcıların karışım oranları 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 ve 100/0 olarak belirlenmiş-

tir. Belirlenen oranlarda silikon yumuşatıcıları içerecek şekilde hazırlanan aplikasyon çözeltileri, gömleklik olarak kullanılabilen, pamuk/poliester karışımı dokuma kumaş numunelerine emdirme yöntemi ile applike edilmiştir. Aplikasyon sonrası kumaş numunelerinin fiziksel ve mekanik performansları; eğilme dayanımı, dairesel eğilme dayanımı (stiffness), kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti testleri ve beyazlık ölçümü vasıtasıyla araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada, % 50 poliester ve % 50 pamuk elyafı karışımı ring iplik (çözgü: Ne 36/1, 90 tel/cm; atkı: Ne 30/1, 52 tel/cm) ile bezayağı örgüsünde dokunmuş kumaş numunesi (131 g/m<sup>2</sup>) kullanılmıştır. Kullanılan kumaş numunesinin çözgü iplikleri üzerinde PVA haşılı bulunmaktadır. Numune, işletme koşullarında (Burteks, Gaziantep), hidrofilleştirilerek ve beyazlatılarak (yıkama, hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri ile) ön terbiyesi yapılmış ve beyaz olarak kullanılmıştır.

Çalışmada, yaygın olarak tercih edilen yumuşatıcı maddeler olması bakımından, mikro silikon emülsiyonu olarak polisiloksan esaslı Rucofin GWS (GWS-TR); makro silikon emülsiyonu olarak polisiloksan esaslı Rucofin GWE kullanılmıştır. Her iki silikon emülsiyonu da Rudolf Duraner firmasından temin edilmiştir. Emülsiyonların kumaş numunelerine aplikasyonu için, laboratuvar tipi dikey fulard (Termal A42945) ve kumaş numunelerini kurutmak için laboratuvar tipi germeli kurutucu (Ataç GK40) kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Çalışma kapsamında, mikro/makro silikon yumuşatıcı karışım oranları; %100-%0, %75-%25, %50-%50, %25-%75 ve %0-%100 olacak şekilde 5 farklı seviyede belirlenmiştir. Çalışmanın deneysel tasarımı ve kumaş numunelerine verilen kodlar Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Çalışmanın deneysel tasarımı

Numune Kodu	Mikro Silikon Yumuşatıcı (%)	Makro Silikon Yumuşatıcı (%)
1	0	100
2	25	75
3	50	50
4	75	25
5	100	0

Tablo 1'de verilen karışım oranlarında ve 60 g/l konsantrasyonunda hazırlanan aplikasyon çözeltileri, kumaş numunelerine, emdirme yöntemi ile applike edilmiştir. Aplikasyon, laboratuvar tipi fulard kullanılarak, 1,5 bar sıkma basıncı ve 25 m/dk çalışma hızı ile alınan flotte miktarı % 68 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Aplikasyon sonrası kumaş numuneleri, laboratuvar tipi germeli kurutucu yardımıyla 100° C'de 2 dakika süre ile kurutulmuştur.

### 2.3. Araştırma Yöntemleri

Aplikasyon sonrası kumaş numunelerinin performanslarını incelemek amacıyla numunelere, eğilme dayanımı, dairesel eğilme dayanımı, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti testleri uygulanmış ve numunelerin renk ve beyazlık değerleri ölçülmüştür. Karşılaştırma yapmak amacıyla, işlem görmemiş kumaş numunesine (referans kumaş) de tüm testler uygulanmıştır. Ayrıca, elde edilen veriler istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir.

#### 2.3.1. Eğilme dayanımı

Kumaş numunelerinin tuşelerini kantitatif olarak değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen eğilme dayanımı testi, TS 1409 standardına göre yapılmıştır. Bu test, her bir kumaş numunesinden 2.5cm\*15cm boyutlarında, 4 çözgü ve 4 atkı yönünde olacak şekilde örnekler alınarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin atkı ( $X_a$ ) ve çözgü yönünde ( $X_ç$ ) sarkma uzunluklarının aritmetik ortalaması belirlenerek, ilgili formüllerden (1-5), kumaş numunelerinin eğilme dayanımları hesaplanmıştır [18].

Atkı ( $C_a$ ) ve çözgü ( $C_ç$ ) yönü eğilme uzunlukları sırasıyla;

$$C_a = X_a / 2 \text{ (cm)} \quad (1)$$

$$C_ç = X_ç / 2 \text{ (cm)} \quad (2)$$

Atkı ( $G_a$ ) ve çözgü ( $G_ç$ ) yönü eğilme dayanımları sırasıyla;

$$G_a = 0,1 * W * C_a^3 \text{ (mg.cm)} \quad (3)$$

$$G_ç = 0,1 * W * C_ç^3 \text{ (mg.cm)} \quad (4)$$

Burada W, kumaşın g/m<sup>2</sup> cinsinden gramajdır.

Genel eğilme dayanımı;

$$G_o = \sqrt{G_a} * \sqrt{G_ç} \text{ (mg.cm)} \quad (5)$$

#### 2.3.2. Dairesel eğilme dayanımı

Kumaş numunelerinin tuşelerinin kantitatif olarak ölçülmesi için uygulanan dairesel eğilme dayanımı testi, ASTM D 4032-08 standardı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, her bir kumaş numunesinden, 102mm\*204 mm boyutlarında, 3 atkı ve 3 çözgü yönünde olacak şekilde örnekler alınarak test yapılmış ve sonuçların aritmetik ortalaması hesaplanarak atkı ve çözgü yönü değerleri ayrı ayrı verilmiştir.

#### 2.3.3. Kopma mukavemeti

Kumaş numunelerinin silikon yumuşatıcı aplikasyonu sonrası mukavemetlerindeki değişimleri belirlemek amacıyla yapılan kopma mukavemeti testi, ASTM D5034 standardı (kavrama metodu) esas alınarak yapılmıştır. Her bir kumaş numunesinden, 100 mm\*150 mm boyutlarında, 3 atkı ve 3 çözgü yönünde olacak şekilde örnekler alınarak test yapılmış ve sonuçların aritmetik ortalaması hesaplanarak atkı ve çözgü yönü değerleri ayrı ayrı verilmiştir.

#### 2.3.4. Yırtılma mukavemeti

Kumaş numunelerinin silikon yumuşatıcı aplikasyonu sonrası mukavemetlerindeki değişimleri belirlemek amacıyla, numu-

nelere bir de yırtılma mukavemeti testi uygulanmıştır. Test, her bir kumaş numunesinden, 75mm\*100 mm boyutlarında, 3 atkı ve 3 çözgü yönünde olacak şekilde örnekler alınarak, ASTM D1424 standardına göre yapılmıştır. Yapılan test sonucu, elde edilen değerlerin ortalaması hesaplanarak, sonuçlar atkı ve çözgü yönü için ayrı ayrı verilmiştir.

#### 2.3.5. CIELab renk ölçümü ve Beyazlık ölçümü

Kumaş numunelerinin silikon yumuşatıcı aplikasyonu sonrası, beyazlık değerlerinde bir değişim olup olmadığını araştırmak amacıyla, spektrofotometre (Datacolor) ile CIELab renk değerleri ve beyazlık değerleri (Berger olarak) ölçülmüştür. Her bir kumaş numunesinden 3 ölçüm alınmış ve sonuçların ortalaması verilmiştir.

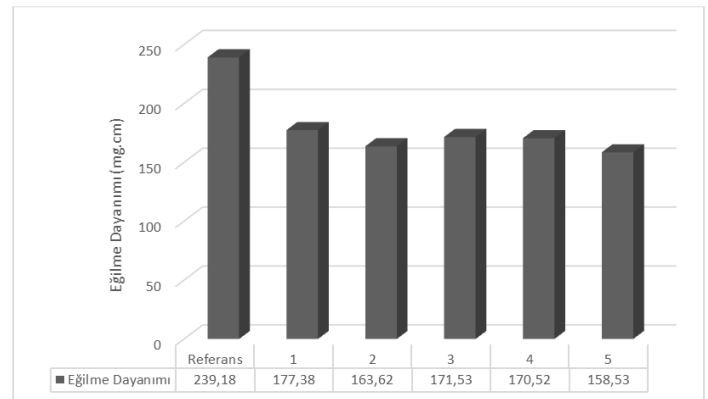
#### 2.3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla, IBM SPSS statistic V22 paket programı kullanılarak, %95 güven aralığında, tek yönlü varyans analizi (one way-ANOVA) yapılmıştır. ANOVA testi ile bağımlı değişkenin (mikro-makro silikon yumuşatıcı karışım oranı) sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiş ve "p" değeri 0.05'ten küçük olan değişkenler, anlamlı olarak kabul edilmiştir. Anlamlı sonuçların birbirine göre farklılığının gösterilmesi amacıyla da Post Hoc Duncan testi yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE SONUÇ

### 3.1. Kumaş numunelerinin eğilme dayanımı sonuçları

Farklı karışım oranlarına sahip mikro/makro silikon yumuşatıcı applike edilmiş kumaş numunelerinin eğilme dayanımı test sonuçları Şekil 1'de görülmektedir.



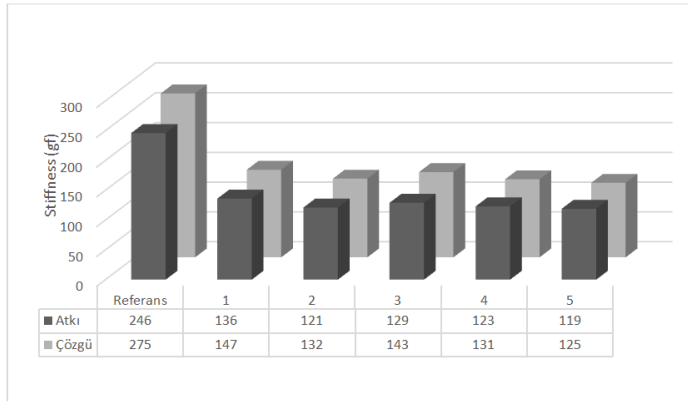
Şekil 1. Kumaş numunelerinin genel eğilme dayanımı sonuçları

Eğilme dayanımı test sonuçları kumaş numunelerinin eğilmeye karşı direncini gösterdiğinden; bu değerlerin düşmesi ile numunelerin sertliğinin azaldığını, dökümlülüğünün ve yumuşaklığının arttığını söylemek mümkün olmaktadır. Şekil 1 incelendiğinde referans kumaşın eğilme dayanımının 239,18 mg.cm olduğu ve bu değerlerin yapılan yumuşatıcı aplikasyonu ile önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Ayrıca, farklı karışım oranlarında mikro ve makro silikon yumuşatıcı içeren aplikasyon çözeltilerinin

uygulanması ile elde edilen kumaş numunelerinin, eğilme dayanımları değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ancak, genel olarak kumaş numunelerinin eğilme dayanımı sonuçlarının reçetede mikro silikon yumuşatıcı oranının artması ile düşüş göstermesine rağmen; baskın makro silikon karışımı (%75 makro-%25 mikro) yumuşatıcı uygulamaları sonucu elde edilen değer, sadece mikro silikon uygulaması ile yapılan yumuşatma işlemi sonucu elde edilen değere yakın çıkmıştır. Baskın makro karışımı uygulamada sinerjik (iki etkenin beraberce olan etkisinin, her ikisinin tek başına etkisinin toplamından daha fazla olması) bir etki oluşmuş ve büyük partiküllü makro silikon ile küçük partiküllü mikro silikonun birlikte kullanılması ile kumaş dökümlülüğü ve yumuşaklığı artmıştır. Reçetede mikro silikon yumuşatıcının artışı ile düşen eğilme dayanımı sonuçlarını, mikro silikon yumuşatıcının düşük partikül boyutları sebebiyle lif yüzeylerine penetre olması, dolayısıyla da kumaşın dökümlülüğünü daha fazla arttırması şeklinde yorumlamak mümkündür.

### 3.2. Kumaş numunelerinin dairesel eğilme dayanımı sonuçları

Kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki dairesel eğilme dayanımı test sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.

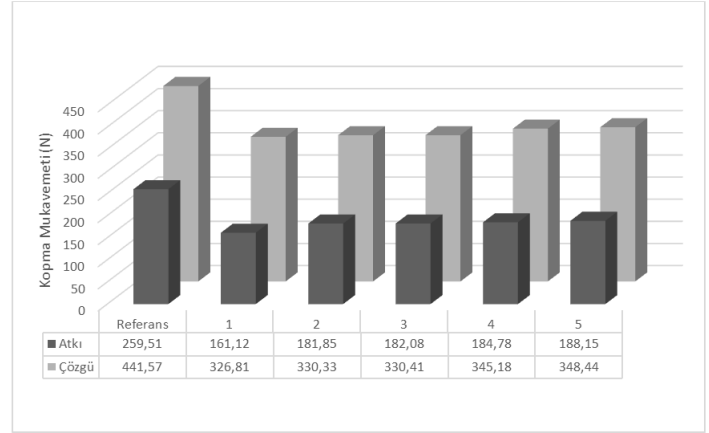


Şekil 2. Kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönünde dairesel eğilme dayanımı sonuçları

Dairesel eğilme dayanımı test sonuçları, eğilme dayanımı test sonuçlarına benzer şekilde, kumaş numunelerinin sertliği, yumuşaklığı ve dökümlülüğü hakkında bilgi vermektedir. Kumaş numunelerinin dairesel eğilme dayanımı değerlerinin düşmesi, numunelerin yumuşaklığının ve dökümlülüğünün artması anlamına gelmektedir. Şekil 2, referans kumaşın dairesel eğilme dayanımı değerinin atkı ve çözgü yönünde sırasıyla 246 gf ve 275 gf olduğunu ve bu değerlerin yapılan yumuşatıcı uygulaması ile önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Ayrıca, sonuçlar detaylı şekilde incelendiğinde, eğilme dayanımı sonuçları ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, yüksek dökümlülük beklenen kumaş eldesi için, ya %75 makro-%25 mikro silikon karışımı ya da sadece mikro silikon yumuşatıcı içeren uygulama çözümlerinin kullanılmasının daha uygun olduğunu söylemek mümkündür.

### 3.3. Kumaş numunelerinin kopma mukavemeti sonuçları

Şekil 3’te kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

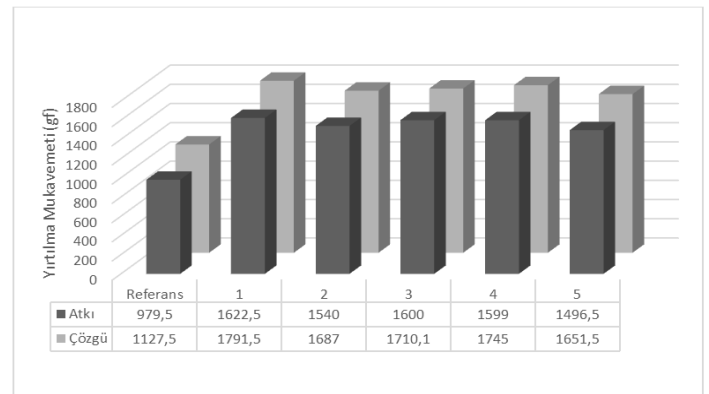


Şekil 3. Kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönünde kopma mukavemeti sonuçları

Yumuşatıcı maddeler, partikül büyüklüğüne bağlı olarak lif yüzeylerine kadar işledikleri için, lif-lif sürtünmesini azaltmaktadır. Bundan dolayı da, yumuşatıcı uygulaması sonucu, tekstil yüzeylerini oluşturan lifler, dışarıdan bir kuvvet ettiğinde birlerine tutunamamakta ve kopma mukavemeti değerleri % 20-25 düşmektedir. Şekil 3 incelendiğinde, referans kumaşın atkı ve çözgü yönlerinde kopma mukavemeti değerlerinin sırasıyla 259,51 N ve 441,57 N olduğu ve değerlerin yumuşatıcı uygulaması ile azaldığı görülmektedir. Genel olarak, farklı karışım oranlarında silikon yumuşatıcı uygulaması sonucu elde edilen kopma mukavemeti değerleri birbirlerine yakın çıkmış, en düşük değer % 100 makro silikon uygulaması ile elde edilmiştir. Bu durumu, kullanılan makro silikonun lif-lif sürtünmesini, dolayısıyla liflerin bireysel hareketliliğini, daha fazla arttırdığı şeklinde yorumlamak mümkündür.

### 3.4. Kumaş numunelerinin yırtılma mukavemeti sonuçları

Silikon applike edilen kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti test sonuçları Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4. Kumaş numunelerinin atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti sonuçları

Yırtılma mukavemeti, belirli koşullar altında, bir yırtığı başlatmak, sürdürmek veya yaymak için gereken karşı koyma kuvvetidir ve yırtılma sırasında tek tek ya da gruplar halinde iplikler koparılmaktadır. Genellikle yumuşatıcı aplikasyonu ile iplikleri oluşturan liflerin kayganlığı ve bireysel hareketliliği arttığından, yırtılma kuvveti etkisi halinde lifler birbiri üzerinden kaymakta ve etkiye karşı koymaktadır ve böylece yırtılma mukavemeti artış göstermektedir. Bu durum, Şekil 4'te de kendini göstermiş ve yumuşatıcı uygulaması sonrası kumaş numunelerinin yırtılma mukavemeti değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Kopma mukavemeti sonuçlarına benzer şekilde, yapılan farklı yumuşatıcı madde kombinasyonlarının yırtılma mukavemeti sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmamış ve en büyük artış, % 100 makro silikon yumuşatıcı uygulaması ile elde edilmiştir.

### 3.5. Kumaş numunelerinin CIELab renk ve beyazlık değerleri

Silikon yumuşatıcı applike edilmiş kumaş numunelerinin CIELab renk ve beyazlık değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 detaylı bir şekilde incelendiğinde, silikon yumuşatıcı aplikasyonu yapılan kumaş numunelerinin  $L^*$  (açıklık-koyuluk) ve  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik) değerlerinin çok fazla değişmediği; sarılık-mavilik değeri olan  $b^*$  değerlerinin arttığı ve beyazlık değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca, kumaş numunelerinin beyazlık değerlerindeki azalma ve sararma miktarlarındaki artışın aplikasyon reçetesinden önemli ölçüde etkilendiğini ve reçetede makro silikon miktarındaki artış ile fazlaştığını söylemek mümkündür. Reçetede bulunan makro silikon artışı ile kumaş numunelerinin beyazlıklarının azalması, makro silikonun

büyük partikül boyutu nedeniyle kumaş yüzeyinde kalması ve gelen ışığı daha az yansıtması şeklinde açıklanabilmektedir.

### 3.6. İstatiksel Analiz Sonuçları

Çalışmadan elde edilen sonuçlar üzerinde, mikro-makro silikon yumuşatıcının farklı karışım oranlarında kullanılmasının etkisini incelemek amacıyla yapılan, ANOVA test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde, çalışma kapsamında hazırlanan kumaş numunelerinin fiziksel ve mekanik performans özelliklerinin ortaya konulması amacıyla yapılan testler üzerinde, mikro-makro silikon emülsiyonlarının farklı karışım oranlarında kullanılmasının, istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu ( $p < 0,05$ ) görülmektedir. Bunun yanında, istatistiksel olarak anlamlılığı ortaya koyan "F" değerleri (Tablo 3) incelendiğinde, farklı karışım oranlarının en fazla, kumaş numunelerinin kopma mukavemeti test sonuçları üzerinde etkili olduğunu da söylemek mümkündür.

Kumaş numunelerinden elde edilen test sonuçlarının birbirine göre farklılığının gösterildiği Post Hoc Duncan sonuçları da Tablo 4'te verilmiştir. Bu tabloda verilen her bir değer, yapılan test sonuçlarının ortalamasını ve standart sapmasını, üstel şekilde belirtilen harfler ise değerlerin birbirine göre farklılığını göstermektedir. Değerler ve harfler detaylı bir şekilde incelendiğinde, incelenen performans kriterleri üzerinde, farklı karışım oranlarında silikon emülsiyonu uygulamasının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu söylemek mümkündür. En düşük istatistiksel fark eğilme dayanımı sonuçları üzerinde elde edilmekle birlikte, bu durum eğilme dayanımı sonuçlarının verildiği bölümde (bölüm 3.1) tartışılmıştır.

**Tablo 2.** Kumaş numunelerinin CIELab renk ve beyazlık değerleri

Numune Kodu	CIELab Renk Değerleri					Beyazlık değeri (Berger)
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
Referans	94,47	-0,14	2,44	2,44	93,25	74,49
1	94,10	-0,18	3,37	2,44	93,24	69,27
2	94,21	-0,21	3,19	3,20	93,28	70,42
3	94,19	-0,21	2,98	2,98	93,28	71,40
4	94,33	-0,19	3,03	3,04	93,26	71,39
5	94,34	-0,20	2,96	2,96	93,28	71,80

**Tablo 3.** ANOVA sonuçları

Yapılan Test		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Eğilme dayanımı		8799,834	1759,967	25,977	0,001
Dairesel Eğilme dayanımı	Atkı	24542,667	4908,533	129,172	0,000
	Çözücü	33049,667	6609,933	129,607	0,000
Kopma mukavemeti	Atkı	11537,482	2307,496	66819,392	0,000
	Çözücü	19265,999	3853,200	37641,157	0,000
Yırtılma mukavemeti	Atkı	605877,417	121175,483	139,683	0,000
	Çözücü	603350,217	120670,043	8,374	0,011
Beyazlık		132,599	26,520	3459,097	0,000

Tablo 4. Duncan sonuçları

Yapılan Test		Numune Kodu					
		Referans	1	2	3	4	5
Eğilme dayanımı		239,18±0,25 <sup>b</sup>	177,38±3,71 <sup>a</sup>	163,62±19,26 <sup>a</sup>	171,53±2,16 <sup>a</sup>	170,52±3,56 <sup>a</sup>	158,53±2,08 <sup>a</sup>
Dairesel Eğilme day.	A	246,00±5,66 <sup>c</sup>	136,00±8,48 <sup>b</sup>	121,00±5,66 <sup>ab</sup>	129,00±1,41 <sup>ab</sup>	123,00±4,24 <sup>ab</sup>	119,00±8,48 <sup>a</sup>
	Ç	275,00±7,07 <sup>c</sup>	147,00±9,89 <sup>b</sup>	132,00±2,83 <sup>ab</sup>	143,00±9,89 <sup>ab</sup>	131,00±1,41 <sup>ab</sup>	125,00±7,07 <sup>a</sup>
Kopma mukavemeti	A	259,51±0,14 <sup>l</sup>	161,12±0,057 <sup>a</sup>	181,85±0,07 <sup>b</sup>	182,08±0,35 <sup>c</sup>	184,78±0,17 <sup>d</sup>	188,15±0,21 <sup>e</sup>
	Ç	441,57±0,38 <sup>e</sup>	326,81±0,13 <sup>a</sup>	330,33±0,03 <sup>b</sup>	330,41±0,02 <sup>b</sup>	345,18±0,25 <sup>c</sup>	348,44±0,62 <sup>d</sup>
Yırtılma mukavemeti	A	979,50±0,71 <sup>a</sup>	1622,50±2,12 <sup>d</sup>	1540,00±8,25 <sup>bc</sup>	1600,00±8,88 <sup>cd</sup>	1599,00 ±0,02 <sup>cd</sup>	1496,50±0,14 <sup>b</sup>
	Ç	1127,00±9,82 <sup>a</sup>	1791,50±0,71 <sup>b</sup>	1687,00±2,82 <sup>b</sup>	1710,10±14,24 <sup>b</sup>	1745,00±20,50 <sup>b</sup>	1651,50±18,70 <sup>b</sup>
Beyzahlık		79,49±0,05 <sup>e</sup>	69,27±0,03 <sup>a</sup>	70,42±0,52 <sup>b</sup>	71,40±0,02 <sup>c</sup>	71,39±0,20 <sup>c</sup>	71,80±0,71 <sup>d</sup>

\*a harfi en küçük ortalama değeri, f harfi en büyük ortalama değeri göstermektedir.

#### 4. DEĞERLENDİRME

Tekstil terbiyesinde oldukça önemli bir paya sahip olan yumuşatma bitim işlemlerinde genellikle, üstün özellikleri nedeniyle mikro ve makro partikül boyutlarına sahip silikon yumuşatıcılar kullanılmaktadır. Mikro ve makro silikon yumuşatıcıların, aplikasyon reçetesinde genellikle tek başlarına kullanılmasına rağmen, bazı durumlarda yarı yarıya karışımli olarak kullanılması önerilmekte ve bu şekilde kullanılmaktadır. Ancak mikro ve makro silikon yumuşatıcıların farklı karışım oranlarında kullanılması durumunda kumaş performansı üzerindeki etkisi bilinmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada, farklı karışım oranlarına sahip mikro/makro silikon yumuşatıcı aplikasyonlarının kumaşların fiziksel ve mekanik performans özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, pamuk/poliester (50/50) karışımı dokuma kumaş numunelerine, farklı oranlarda karıştırılmış mikro ve makro silikon yumuşatıcılar emdirme yöntemi ile applike edilmiştir. Aplikasyon sonrası kumaş numunelerinin fiziksel ve mekanik performans özellikleri; eğilme dayanımı, dairesel eğilme dayanımı, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve renk ölçümü testleri vasıtasıyla araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda detaylı şekilde özetlenmiştir.

- Kumaş numunelerinin eğilme dayanımı değerleri yumuşatıcı aplikasyonu ile önemli ölçüde azalmış ve farklı mikro ve makro silikon yumuşatıcı kombinasyonları ile işlem gören kumaş numunelerinin değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Genel olarak, kumaş numunelerinin eğilme dayanımı sonuçları reçetedeki mikro silikon yumuşatıcı oranının artması ile bir miktar düşüş göstermiştir.

- Silikon yumuşatıcı aplikasyonu sonrası kumaş numunelerinin kopma mukavemeti değerleri düşmüştür. Genel olarak, farklı karışım oranlarında silikon yumuşatıcı uygulaması sonucu elde edilen değerler birbirlerine yakın çıkmış ve en düşük değer % 100 makro silikon uygulaması ile elde edilmiştir.

- Aplikasyon sonrası kumaş numunelerinin yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiş ve farklı yumuşatıcı madde kombinasyonlarının yırtılma mukavemeti sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Yırtılma mukavemetindeki en büyük artış, % 100 makro silikon uygulaması ile elde edilmiştir.

- Silikon aplikasyonu sonrası, kumaş numunelerinin beyazlık değerleri azalmış ve renkleri sararmıştır. En büyük beyazlık azalması ve sararma büyük partiküllü makro silikonun tek başına kullanıldığı reçete ile elde edilmiş ve reçetedeki mikro silikon oranının artması ile düşmüştür.

Sonuç olarak, silikon aplikasyonu reçetesinde kullanılan mikro ve makro silikon yumuşatıcı miktarlarının kumaş numunelerinin fiziksel ve mekanik performans özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, kumaş numunesinden beklenen performans özelliğine bağlı olarak, farklı mikro/makro silikon yumuşatıcı kombinasyonlarını içeren aplikasyon reçetelerinin hazırlanması önerilmekle birlikte, % 100 mikro silikon içeren aplikasyon reçetelerini, çalışmada araştırılan performans kriterleri için optimum olması bakımından önermek mümkündür.

#### KAYNAKLAR

1. Çelik, N., Değirmenci, Z., Kaynak, H.K., (2010), *Effect of Nano-silicone Softener on Abrasion and Pilling Resistance and Color Fastness of Knitted Fabrics*, Tekstil ve Konfeksiyon, 20(1), 41-47.
2. Özgüney, A.T., Özkaya, K., (2008), *Pamuklu Kumaşlarda Parça Baskının Isıl İşlem Koşullarında Meydana Gelen Renk Değişimine Yumuşatıcı Maddelerin Etkisi*, Tekstil ve Konfeksiyon, 2, 121-129
3. Periyasamy, S., Khanna, A. (2007), *Silicone finishing: softer than a soft touch*, *Americos Industries*. 54(12), 91-99
4. Badr, A.A., (2018), *Performance of Knitted Fabrics Finished With Different Silicone Softeners*, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 13(1), 47-59
5. Sancar Beşen, B., Balcı, O., (2017), *Investigation of the Effects of Silicone Emulsions Having Different Particle Sizes on Knitted Fabrics Depending on the Type of Yarn*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(3), 394-416.
6. Parvinzadeh, M., Hajiraissi, R., (2008), *Macro- and Microemulsion Silicone Softeners on Polyester Fibers: Evaluation of Different Physical Properties*, *Journal of Surfactants and Detergents*, 11, 269-273
7. Balcı, O., Kınoğlu, G.Ö., Sancar Beşen, B., (2019), *Silicone Oil Based Softeners Including Different Additives – Part I: Characterization of the Softeners and Investigation of Their Effects on Mechanical Properties of the Fabrics*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 31(1), 130-144

8. Balcı, O., Kınoğlu, G.Ö., Sancar Beşen, B., (2019), *Silicone Oil Based Softeners Including Different Additives – Part II: Investigation of Effects of Silicone Softeners on the Comfort Properties of the Fabrics*, International Journal of Clothing Science and Technology, 31(1), 16-31
9. Şahin, U.K., Cimilli Duru, S. (2017), Effects Of Softener Applications On Air And Water Vapor Permeability Of Cotton Knitted Fabrics Produced With Different Yarns, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(3), 275-282
10. Chattopadhyay, D.P, Yas, D.D.V., (2010), *Effect of silicone Nano-emulsion Softener on Physical Properties on Cotton Fabric*, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 35(1), 68-71
11. Jatoi, A.W., Khatri, Z., Ahmed, Z., 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
12. Islam, M.M., Islam, A., and Jiang, H., (2015), *Silicone Softener Synthesis and Application on Knit and Woven White Cotton Fabrics*, American Journal of Polymer Science & Engineering, 3(1), 5-10
13. Özgüney, A.T., (2016), *Investigating The Effects of Different Softeners on Pilling Properties and Durability To Washing of Bamboo Knitted Fabrics*, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(3), 307-313
14. Sarıoğlu, E., Çelik, N.,(2015), *Investigation on Regenerated Cellulosic Knitted Fabric Performance by Using Silicone Softeners with Different Particle Sizes*, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 23, 5(113), 71-77
15. Tang, K. P., Fan, J. T., Zhang, J. F., Sarkar, M. K., Kan, C. W., (2013), *Effect of Softeners and Crosslinking Conditions on the Performance of Easy-care Cotton Fabrics with Different Weave Constructions*, *Fibers and Polymers*, 14(5), 822-831
16. 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, 482-487
17. Zuber, M., Zia, K.M., Tabassum, S., Jamil, T., Jamal, M.A., Barkaat-ul-Hasin, S., Khosa, M.K., (2011), *Preparation of rich handles soft cellulosic fabric using amino silicone based softener, part II: Colorfastness properties*, International Journal of Biological Macromolecules, 49, 1-6
18. TS 1409: Dokunmuş tekstil mamullerinin eğilme dayanımı tayini standardı
19. ASTM D 4032-08: Standard Test Method for Stiffness of Fabric by the Circular Bend Procedure