



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



KENEVİR İÇEREN DENİM ÜRÜNLERİN OZON İLE YIKANMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Yüksek Lisans Tezi

İrem PALABIYIK

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

KENEVİR İÇEREN DENİM ÜRÜNLERİN OZON İLE YIKANMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

İrem PALABIYIK

Danışman(lar) : Prof. Dr. Ayşegül KÖRLÜ
Prof. Dr. Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2023

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “Kenevir İçeren Denim Ürünlerin Ozon İle Yıkanması Üzerine Bir Çalışma” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

14 / 09 / 2023

İrem PALABIYIK

ÖZET**KENEVİR İÇEREN DENİM ÜRÜNLERİN OZON İLE YIKANMASI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

PALABIYIK, İrem

Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları: Prof. Dr. Ayşegül KÖRLÜ

Prof. Dr. Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ

Eylül 2023, 164 sayfa

Bu tez çalışmasının yüksek miktarda su tüketimi olan endüstrilerin başında gelen tekstil sektöründe çevre dostu hammadde ve üretim yöntemlerinin kullanılmasına katkı sağlaması amaçlanarak kenevir içeren denim kumaşların ozon ile ağartma teknolojisiyle denim yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir, %78 pamuk-%22 kenevir ve açık renkli ile koyu renkli olmak üzere %70 pamuk-%30 kenevir içeren denim kumaşlara ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemleri uygulanmıştır. Sert ve yumuşak su ile ıslatılmış denim kumaşlar %25, %50 ve %75 ozon kapasitesinde 5, 10, 15 dakika süreyle ozonla ağartma işlemleri uygulanarak gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, yırtılma mukavemeti, dairesel eğilme dayanımı, sertlik testleri ve renk ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarının istatistik değerlendirilmesi, verilerin normal dağılışa uygun olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov normallik testine göre değerlendirilmiş olup verilerin normal dağılışa uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda non-parametrik analiz yöntemleri kullanılarak Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ve Mann-Whitney U Testleri uygulanmıştır. Farklı kenevir oranına sahip denim kumaşlar ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yapısal, mekanik, geçirgenlik, duyuşal ve renk özellikleri açısından değerlendirilmiş olup ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliği açısından ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmada kenevir içeren denim kumaşların ozonla ağartma davranışları incelenerek denim yıkama işletmelerinde çevre dostu alternatif hammadde ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi araştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Kenevir, Denim, Ozon Ağartma, Denim Yıkama

ABSTRACT**A STUDY ON OZONE WASHING OF DENIM PRODUCTS
CONTAINING HEMP**

PALABIYIK, İrem

MSc in Textile Engineering

Supervisors: Prof. Dr. Ayşegül KÖRLÜ

Prof. Dr. Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ

September 2023, 164 pages

The aim of this thesis is to contribute to the use of environmentally friendly raw materials and production methods in the textile industry, which is one of the leading industries with high water consumption. 90% cotton-10% hemp, 78% cotton-22% hemp and 70% cotton-30% hemp denim fabrics, including light and dark colours, were subjected to pre-washing, ozone bleaching and ozone washing processes to prevent yellowing. The denim fabrics soaked with hard and soft water were ozone bleached at 25%, 50% and 75% ozone capacity for 5, 10, 15 minutes and weight, thickness, air permeability, tear strength, circular bending strength, stiffness tests and colour measurements were performed. The statistical evaluation of the measurement results was evaluated according to the Kolmogorov-Smirnov normality test and it was determined that the data were not suitable for normal distribution. In this case, Kruskal-Wallis one-way analysis of variance and Mann-Whitney U Tests were applied using non-parametric analysis methods. Denim fabrics with different hemp ratios were evaluated in terms of structural, mechanical, permeability, sensory and colour properties after pre-washing, ozone bleaching and ozone anti-yellowing washing processes and their relationship with ozone capacity, ozone duration and water hardness was examined. In this study, the ozone bleaching behaviour of hemp-containing denim fabrics was investigated and the development of environmentally friendly alternative raw materials and production methods in denim washing enterprises was investigated.

Key words: Hemp, Denim, Ozone bleaching, Denim washing

ÖNSÖZ

Sürdürülebilir tekstiller üzerine artan eğilimle birlikte denim yıkamanın daha sürdürülebilir hale geldiği ozon teknolojisinde çevre dostu hammaddelerin kullanımı önem taşımaktadır. Bu kapsamda Ar-Ge Merkezi ve üniversite iş birliğine olanak tanıyan bu çalışma ile FG Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.'nin sürdürülebilir ozon teknolojileri ile Ege Üniversitesi'nin değerli sürdürülebilir hammadde bilgileri birleşerek akademik boyuta taşınan bu çalışma ile proje yönetimi alanında gelişim gösterilmiştir.

İZMİR

14/09/2023

İrem PALABIYIK

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. DENİM HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	3
2.1 Denim Kumaşlarda Pamuk Dışında Kullanılan Lifler.....	4
2.2. Denim Yıkama	5
2.2.1. Yaş İşlemler	6
2.2.1.1. Ön yıkama.....	6
2.2.1.2. Sıkma	6
2.2.1.3. Ozonla Ağartma.....	7
2.2.1.4. Ozonla Sararmayı Önleme İçin Yıkama.....	8
2.2.2. Kuru İşlemler	8
2.2.2.1. Zımparalama	9
2.2.2.2. Bıyık	9
2.2.2.3. Lazer	9
2.2.2.4. Kılçıklama.....	10
2.2.2.5. Yıpratma	10
2.3. Denim Yıkamada Çevre Sorunları ve Çözüm Yolları.....	11
2.3.1. Ozonun Denim Yıkamada Kullanılması ve Alternatif Yöntemlerle Rekabet Edebilirliği.....	12
3. KENEVİR LİFİ.....	14
3.3. Kenevirden Lif Eldesi.....	15
3.4. Kenevirin Çevreye Etkileri ve Alternatifleri ile Rekabet Edebilirliği.....	16
3.5. Kenevirin Denim Kumaşta Kullanımı.....	17

İÇİNDEKİLER (devam)

4. TEZ ÇALIŞMASININ LİTERATÜRDEKİ YERİ VE ÖZGÜNLÜĞÜ.....	19
5. MATERYAL VE METOT	20
5.1. Materyal	20
5.2. Metot	21
5.3. Test ve Analizler	30
5.3.1. Gramaj Tayini.....	30
5.3.2. Kalınlık Tayini	30
5.3.3. Hava Geçirgenliği Testi	30
5.3.4. Yırtılma Mukavemeti Testi	31
5.3.5. Sertlik Tayini	31
5.3.6. Renk Değerlerinin Ölçümü	31
5.4. İstatistiksel Değerlendirme	32
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
6.1. Gramaj Testi Sonuçları	38
6.1.1. Kumaş Tiplerine Göre Gramaj Testi Sonuçları	43
6.1.2. İşlem Koşullarının Gramaj Testi Sonuçlarına Etkisi	44
6.1.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	45
6.1.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	47
6.1.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş	48
6.1.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş	50
6.2. Kalınlık Testi Sonuçları	52
6.2.1. Kumaş Tiplerine Göre Kalınlık Testi Sonuçları	57
6.2.2. İşlem Koşullarının Kalınlık Testi Sonuçlarına Etkisi	59
6.2.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	59
6.2.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	61
6.2.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş	63
6.2.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş	64
6.3. Hava Geçirgenliği Testi Sonuçları	66
6.3.1. Kumaş Tiplerine Göre Hava Geçirgenliği Testi Sonuçları	71
6.3.2. İşlem Koşullarının Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarına Etkisi	73
6.3.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	73

İÇİNDEKİLER (devam)

6.3.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	75
6.6.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş.....	77
6.3.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş.....	79
6.4. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları	81
6.4.1. Kumaş Tiplerine Göre Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları	91
6.4.2. İşlem Koşullarının Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarına Etkisi	94
6.4.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	94
6.4.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	96
6.4.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	99
6.4.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş.....	101
6.5. Dairesel Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları	103
6.5.1. Kumaş Tiplerine Göre Dairesel Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları...	108
6.5.2. İşlem Koşullarının Dairesel Eğilme Dayanımı Test Sonuçlarına Etkisi.....	110
6.5.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	110
6.5.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	112
6.5.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş.....	114
6.5.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş.....	116
6.6. Renk Ölçümü Sonuçları	118
6.6.1. Kumaş Tiplerine Göre Renk Farkı ve Sarılık İndeksi Testi Sonuçları.....	130
6.6.2. İşlem Koşullarının Renk Farkı ve Sarılık İndeksi Test Sonuçlarına Etkisi.....	133
6.6.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş	133
6.6.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş.....	135
6.6.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş.....	137
6.6.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş.....	139
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	142
KAYNAKLAR DİZİNİ	156
TEŞEKKÜR	163
ÖZGEÇMİŞ	163

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Kenevir liflerinin mikroskopik görüntüsü	14
Şekil 5. 1. Deneylerde uygulanan reçeteler	21
Şekil 5. 2. Ön yıkama, ozon ağartma ve ozon kaynaklı sararmayı önleme işlemlerine ait çevresel etkiler	23
Şekil 5. 3. WEX (Wiser Washing Experience) yıkama makinesi	24
Şekil 5. 4. WOX (Wiser Ozone X-Perince) ozon ağartma makinesi	24
Şekil 5. 5. Tolkar kurutma makinesi	25
Şekil 5. 6. Kumaşların gramaj sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	33
Şekil 5. 7. Kumaşların kalınlık sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	33
Şekil 5. 8. Kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	34
Şekil 5. 9. Kumaşların atkı yönü yırtılma mukavemeti sonuçlarına ait Kolmogorov- Smirnov normallik test sonucu	34
Şekil 5. 10. Kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	35
Şekil 5. 11. Kumaşların dairesel eğilme sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	35
Şekil 5. 12. Kumaşların renk farkı sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	36
Şekil 5. 13. Kumaşların sarılık indeksi sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu	36
Şekil 6. 1. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait gramaj sonucu grafiği	40
Şekil 6. 2. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait gramaj sonucu grafiği	41
Şekil 6. 3. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait gramaj sonucu grafiği	42
Şekil 6. 4. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait gramaj sonucu grafiği	42

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil 6. 5. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği.....	54
Şekil 6. 6. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği	55
Şekil 6. 7. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği.....	56
Şekil 6. 8. %90 pamuk/%10 kenevir kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği.....	57
Şekil 6. 9. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa hava geçirgenliği sonucu grafiği.....	68
Şekil 6. 10. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa hava geçirgenliği sonucu grafiği.....	69
Şekil 6. 11. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait hava geçirgenliği sonucu grafiği	70
Şekil 6. 12. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait hava geçirgenliği sonucu grafiği	71
Şekil 6. 13. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği.....	83
Şekil 6. 14. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği.....	84
Şekil 6. 15. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği	85
Şekil 6. 16. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği	86
Şekil 6. 17. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği.....	87
Şekil 6. 18. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği.....	88
Şekil 6. 19. %78 pamuk/%22 kenevir kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği	89
Şekil 6. 20. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği	90
Şekil 6. 21. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği	105

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil 6. 22. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği	106
Şekil 6. 23. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği.....	107
Şekil 6. 24. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait dairesel eğilme sonucu grafiği	108
Şekil 6. 25. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği.....	120
Şekil 6. 26. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği.....	121
Şekil 6. 27. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği	121
Şekil 6. 28. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği	122
Şekil 6. 29. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği	123
Şekil 6. 30. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği.....	124
Şekil 6. 32. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği	125

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4. 1. Yüksek lisans çalışmasının özgün değeri ve literatürdeki yeri	19
Tablo 5.1. Denim kumaşın fiziksel özellikleri-----	20
Tablo 5. 2. Ham denim kumaşlar-----	20
Tablo 5. 3. Kullanılan kimyasal maddeler -----	20
Tablo 5. 4. Ozon ağartmaya ait reçeteler ve işlem koşulları-----	22
Tablo 5. 5. Kumaş numunelerinin ön yıkama sonu -----	25
Tablo 5. 6. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları -----	26
Tablo 5. 7. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları -----	26
Tablo 5. 8. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları-----	27
Tablo 5. 9. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları-----	27
Tablo 5. 10. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları-----	28
Tablo 5. 11. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları-----	28
Tablo 5. 12.%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları-----	29
Tablo 5. 13. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları-----	29
Tablo 6. 1. Gramaj testi sonuçları -----	38
Tablo 6. 2. Kumaş çeşidine göre gramaj testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	43
Tablo 6. 3. Kumaş çeşidine göre kalınlık testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	44
Tablo 6. 4. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	45

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 5. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	46
Tablo 6. 6. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	46
Tablo 6. 7. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	47
Tablo 6. 8. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	47
Tablo 6. 9. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	48
Tablo 6. 10. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına ait (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) Kruskal-Wallis testi tablosu -----	49
Tablo 6. 11. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	49
Tablo 6. 12. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	50
Tablo 6. 13. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	50
Tablo 6. 14. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	51
Tablo 6. 15. Su sertliğinin göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	51
Tablo 6. 16. Kalınlık testi sonuçları -----	52
Tablo 6. 17. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	58
Tablo 6. 18. Kumaş çeşidine göre kalınlık testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	58
Tablo 6. 19. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	59
Tablo 6. 20. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	60
Tablo 6. 21. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	60

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 22. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	61
Tablo 6. 23. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	62
Tablo 6. 24. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	62
Tablo 6. 25. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	63
Tablo 6. 26. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	63
Tablo 6. 27. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	64
Tablo 6. 28. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	65
Tablo 6. 29. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	65
Tablo 6. 30. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	66
Tablo 6. 31. Hava geçirgenliği testi sonuçları-----	66
Tablo 6. 32. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	72
Tablo 6. 33. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	72
Tablo 6. 34. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	74
Tablo 6. 35. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	74
Tablo 6. 36. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	75
Tablo 6. 37. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -	75
Tablo 6. 38. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 keneyir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	76

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 39. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	76
Tablo 6. 40. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	77
Tablo 6. 41. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	78
Tablo 6. 42. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	78
Tablo 6. 43. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	79
Tablo 6. 44. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	80
Tablo 6. 45. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	80
Tablo 6. 46. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları -----	81
Tablo 6. 47. Kumaş çeşidine göre atkı yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	91
Tablo 6. 48. Kumaş çeşidine göre atkı yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	92
Tablo 6. 49. Kumaş çeşidine göre çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	93
Tablo 6. 50. Kumaş çeşidine göre çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	93
Tablo 6. 51. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	94
Tablo 6. 52. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	95
Tablo 6. 53. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	96
Tablo 6. 54. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş)ait Kruskal-Wallis testi tablosu --	97
Tablo 6. 55. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -	97

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 56. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	98
Tablo 6. 57. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -	99
Tablo 6. 58. .Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	100
Tablo 6. 59. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	100
Tablo 6. 60. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenendir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	101
Tablo 6. 61. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenendir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	102
Tablo 6. 62. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenendir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	102
Tablo 6. 63. Dairesel eğilme dayanımı testi sonuçları-----	103
Tablo 6. 64. Kumaş çeşidine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	109
Tablo 6. 65. Kumaş çeşidine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	109
Tablo 6. 66. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	110
Tablo 6. 67. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	111
Tablo 6. 68. Ozon sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	112
Tablo 6. 69. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	112
Tablo 6. 70. Ozon süresine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	113
Tablo 6. 71. Su sertliğine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenendir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	114

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 72. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	114
Tablo 6. 73. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	115
Tablo 6. 74. Su sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	115
Tablo 6. 75. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	116
Tablo 6. 76. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	117
Tablo 6. 77. Su sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	117
Tablo 6. 78. Renk ölçümü sonuçları -----	118
Tablo 6. 79. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri -----	126
Tablo 6. 80. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri -----	127
Tablo 6. 81. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri -----	128
Tablo 6. 82. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri -----	129
Tablo 6. 83. Kumaş çeşidine göre renk farkı testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	130
Tablo 6. 84. Kumaş çeşidine göre renk farkı testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	131
Tablo 6. 85. Kumaş çeşidine göre sarılık indeksi testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu -----	132
Tablo 6. 86. Kumaş çeşidine göre sarılık indeksi testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu -----	132
Tablo 6. 87. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	133
Tablo 6. 88. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	134

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

Tablo 6. 89. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	135
Tablo 6. 90. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	135
Tablo 6. 91. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	136
Tablo 6. 92. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu	137
Tablo 6. 93. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	137
Tablo 6. 94. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	138
Tablo 6. 95. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	139
Tablo 6. 96. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	139
Tablo 6. 97. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	140
Tablo 6. 98. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu-----	141
Tablo 7. 1. Gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, dairesel eğilme dayanımı testlerine ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi	142
Tablo 7. 2. Atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti testlerine ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi.....	142
Tablo 7. 3. Renk ölçümüne ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi.....	143

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
CO ₂	Karbondioksit
Ne	İngiliz pamuk ipliği numaralandırma
D	Dimi
Z	Dimi eğilimlerinin sağ doğru yükselişi
PVA	Polivinil alkol
UV	Ultraviyole
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon gazı
mm	Milimetre
°C	Santigrat derece
UVR	Ultraviyole radyasyon
LCA	Ürün yaşam döngüsü
%	Yüzde oran birimi
g/m ²	Gramaj birimi
pH	Çözeltinin bazlık veya asitlik derecesini belirten ölçü birimi
WEX	Wiser Washing Experince yıkama makinesi
WOX	Wiser Ozone X-Perience ozon makinesi
g	Gram
l	Litre
dk	Dakika

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
TS EN	Türk standardı
cm ²	Santimetre kare
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CIELAB	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından 1976'da tanımlanan renk uzayı
L*	Işığın yoğunluğuna bağlı olarak rengin açıklık ve koyuluğu
a*	Kırmızı ve yeşil rengi tanımlayan birim
b*	Sarı ve mavi rengi tanımlayan birim
C*	Renk doygunluğu
H*	Renk tonu açısı
Δ	Matematikte sonlu fark birimi
ASTM	Amerikan Standartları Test Yöntemi
YI	Sarılık indeksi
YI E313	Amerikan Standartları Test Yöntemi'nin sarılık indeksi standardı
H ₀	Normal dağılışa uygunluk birimi
H _a	Normal dağılışa uygun değildir birimi
p	Sıfır hipotez testinde istatistiksel anlamlılığı ölçmek için kullanılan değer
μ	Mikron

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Df	Serbestlik derecesi
$l/m^2/s$	Litre/metre kare/saniye
N	Newton
Sig. (2-tailed)	Gruplar arasında fark olup olmadığını gösteren değer
ΔE^*	Toplam renk farklılığı
ΔL^*	Açıklık-koyuluk farklılığı
<	Küçüktür işareti
g/Nm^3	Ozon kapasitesi birimi
K	Kelvin, Uluslararası Birim Sistemi'ne göre temel sıcaklık ölçüsü birimi
F°	1 Fransız sertlik derecesi

1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliğinin artması ve enerji kaynaklarının hızla tükenmesinin bir sonucu olarak üretimde çevre dostu yaklaşımlar büyük bir önem kazanmıştır. Çevre kirliliğinin getirmiş olduğu sorunlar tüm endüstri dallarının temiz teknoloji ve çevre dostu hammaddelere yönelerek acil önlemler alma gerekliliğini ortaya koymuştur. Atık su hacmi ve bileşimi değerlendirildiğinde tekstil endüstrisi faaliyet alanlarından biri olan denim yıkama sektörünün çevresel açıdan en kirlletici endüstrilerden birisi olduğu bilinmektedir. Tekstil terbiye işlemlerinden biri olan denim yıkamanın büyük bir kısmı yaş işlemlere dayandığı için çevreye uyumlu hammadde kullanımıyla çevre dostu bir üretim gerçekleştirilmesi yaşamsal olarak önem taşımaktadır. Denim yıkama sektöründe yapılan son çalışmalarla daha ekolojik, daha etkili ve daha ekonomik yöntemler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda desenlendirmede CO₂ gaz lazer teknolojisi (Batur ve Ayrancılar, 2021), ozon ağartma, ultrason ile ozon ve enzimin kombine kullanımı (Erişmiş, 2012), biyolojik yıkama, elektrokimyasal, plazma ve ileri oksidasyon süreçleri (Periyasamy and Periyasami, 2023; Alperen vd., 2023) daha sürdürülebilir yöntemler olarak yaygınlaşmaktadır. Proseste kullanılan kimyasal maddelerin daha düşük çevresel etki oluşturan muadilleriyle ikamesi ya da proseste su ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi bu konu üzerine tercih edilen yöntemleri oluşturmaktadır. Bu bağlamda çevre dostu üretimi destekleyen ozon gazı denim yıkama sektöründe ağartma amacıyla kullanılabilir. Yüksek oksidasyon özelliğine sahip olan ozon uygulaması çevre dostu ve ekonomik yaklaşımları ile tekstil sektöründe üzerinde çalışılan alternatif bir yöntemi oluşturmaktadır. Ozon gazı doğaya serbest halde yayıldığında oksijene dönüşerek doğal çevreye hiçbir zarar vermemekte olup denim yıkama ağartma işlemlerinde su kullanımını azaltmaktadır. Geleneksel ağartma prosesinde kullanılan insan ve çevreye zararlı ağartıcı kimyasal kullanımı ortadan kaldıran ozon teknolojisi daha az su ve enerji tüketimiyle oda sıcaklığından kısa sürelerde denim ürünleri işlemektedir (Ünal ve Küçük, 2021; Gürarlan, 2010). Kenevir lifleri denim ürünlerde kullanıma uygun olmanın yanı sıra pamuk lifleri gibi yetiştirilmesinde yüksek su tüketimi gerektirmemektedir. Gübre ve tarım ilacına ihtiyaç duymadan yetiştirilebilen kenevir; toprak ve çevrenin korunmasını sağlamaktadır. Ürün rotasyonuna uygun bir bitki olması nedeniyle yabancı otları yok ederek bir sonraki

ürün için zengin bir toprak yapısı bırakmaktadır. Kenevir lifinin üretiminde çevreye sağladığı bu önemli avantajlar nedeniyle tekstil sektöründe kullanım talebi artmaktadır. Denim sektörü de kenevir lifinin kullanılmaya başladığı önemli alanlardan birisidir. Bu tez çalışmasında kenevir içeren denim ürünlere ozon gazıyla ağartma yapılarak çevre dostu denim yıkama işlemlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmış olup üretilen denim kumaşların yapısal, mekanik, geçirgenlik, duyuşal ve renk özellikleri incelenmiştir. Bu bağlamda su tüketiminin oldukça yüksek olduğu denim yıkama sektörünün geldiğı son nokta itibarıyla bu tez çalışması çevre dostu hammadde ve üretim yöntemleri özelinde önemli bir alternatif olarak ele alınabilecektir.



2. DENİM HAKKINDA GENEL BİLGİ

Denim kumaşlar esas olarak pamuk liflerinden üretilmiş bir tür dokuma kumaş olup günümüzde poliester, elastan, viskon, kenevir ve keten gibi farklı liflerden de üretilmektedir. Son yıllarda çeşitli konstrüksiyonlarla farklı gramajlarda dokunabilen çok çeşitli efektlere ve geniş desen yelpazesine sahip olan denim, çözgü ipliği genellikle indigo boyarmaddesi ile boyalı atkı ipliği ise boyasız olan bir kumaş türünü temsil etmektedir (Özdemir, 2006).

Denim kumaş üretiminde open-end ya da ring iplikler kullanılmakta olup genellikle Ne 5 ile Ne 17 numara aralığında D 2/1 Z veya D 3/1 Z dimi örgü yapısı tercih edilmektedir. Çözgü iplikleri genelde indigo boyarmaddesiyle özdeşleşmiş olsa da son yıllarda çözgü ipliği kükürt ve küp boyarmaddeleriyle de boyanabilmekte olup atkı ipliği boyalı olan denim kumaşlar da mevcuttur (Acar, 2005).

1873 yılında Levi Strauss tarafından üretilen denim ya da bilinen adıyla ‘Blue Jean’, ilk kez Amerika’da maden işçileri için üretilmiş olan bir pantolon çeşididir. Denim kelimesi, Fransa’nın “de Nimes” kentinde üretilmeye başlanan “Nimes”den gelen” anlamını taşıyan bir ifadedir. Blue Jean ifadesinin kökeni ise Cenova’lı denizcilerin “Bleu de Genes” (Cenova mavisini) diye adlandırdıkları mavi pamuklu pantolonlara dayanmaktadır (Choudhury, 2017; Arıkan, 2015).

Günümüzde denim kumaştan yapılan giyim eşyaları, her kesimden insanın yüksek moda ürünü giysiler olarak algıladığı tekstil ve konfeksiyon mamulleridir (Yıldırım vd., 2014). Denim kumaşlar, konfeksiyon alanında katma değeri yüksek ürünler olup modaya yön vermesi sebebiyle önümüzdeki yıllarda da ilgi odağı olmaya devam edecektir (Kalkan ve Oğulata, 2020). Bu sebeplerle denim kumaş üretimi, tekstil endüstrisi içerisinde büyük bir pazar payına sahiptir. Amerika, Avrupa ve Çin denim sektöründe dünyadaki üç büyük pazarı temsil etmekte olup üretim hacimlerini Orta Doğu ülkelerine kaydırmaya başladığı görülmektedir. Bu noktada kalite yetkinliğinin sürdürülebilir kılınması, oluşan bu rekabet koşullarında tekstil ürünleri ihracatının da sürdürülebilirliği açısından çevre dostu teknoloji ve hammaddelerle kaliteli ürünler üretilerek tüm dünyada tanınan Türk markaları yaratılmıştır. Denim ürün portföyü elbise, etek, ceket, şort, gömlek, kapri gamıyla

genişletilse de günümüzde hala denim kumaşlar %85 oranında pantolon üretiminde kullanılmaktadır. (Kalkan, 2020).

Denim kumaşların ürün haline gelmesi iplik üretimi, çözgü hazırlama, haşıllama, tahar, dokuma, terbiye ve bitim işlemi uygulamaları gerektirmesi nedeniyle denim üretimi geniş bir üretim zincirini kapsamaktadır. Pamuk içeren çözgü ipliğinin indigo boyarmaddesiyle boyanması, dokunması, dikim ve kesim işlemlerinden sonra denim ürünlerin karakteristik eskimiş görünümü için çeşitli denim yıkama işlemleri uygulanmaktadır (Batur ve Ayranpınar, 2021)

Her müşteri profiline hitap eden denim kumaşların günlük kıyafetlerden, iş kıyafetlerine kadar birçok alanda kullanılması büyük bir öneme sahiptir. Geçmiş yıllarda dayanım, zor aşınma ve ekonomiklik yönüyle iş giysileri olarak tercih edilen denim ürünler günümüzde günlük yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Zamanla yeni kesimler, otantik tasarımlar, işleme ve süslemelerle şekillenen denim ürünler toplumun her kesiminde giyilmesi mümkün olan ürünler haline gelmiştir. Spor giyim üreten firmaların kapasitesinin %90'ından fazlasını denim ürünler oluştırmakta olup bunun yanı sıra günümüzde denim kumaşlar ayakkabı, kemer, cüzdan ve çanta üretiminde de yer almaktadır (Yıldız vd., 2014; Mezarcıöz ve Sırlıbaş, 2021; Bağıran, 2011).

2.1 Denim Kumaşlarda Pamuk Dışında Kullanılan Lifler

Geleneksel denim kumaşların fonksiyonelliğ i arttırmak ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için pamuk liflerinin yanı sıra moda ve trende uygun farklı lifler de tercih edilmektedir. Denim kumaşlar genellikle çözgü ve atkı ipliğ i %100 pamuktan  retilbildiğ i gibi farklı lif kompozisyonlarında da  retilbilmektedir. Geleneksel denim yaklaşımlarının dışına çıkılmasıyla pamuk lifleriyle birlikte kenevir, keten, poliester, elastan, poliamid, modal, lyocell ve viskon gibi doğ al, sentetik ve rejenere lifler kullanılmaya başlanmıştır. Denim ürünlerde her bir lifin sahip olduğ u farklı estetik görünüm ve fiziksel özellikler moda anlayışına y n vermiştir. Çözgü ipliğ i olarak konforu ve boyama kolaylığ ı nedeniyle en sık kullanılan selüloz esaslı iplik olduğ u için pamuk dışındaki diğ er lifler genellikle atkı ipliğ inde tercih edilmektedir (Kertmen, 2021; Mahmud et al., 2022; Mezarcıöz ve Sırlıbaş, 2021).

Denim kumaşlarda pamuk dışında kullanılan en önemli lif grubunu elastan lifleri oluşturmaktadır. Denimin sert tuşesini esnek hale getiren bu lifler giyim konforu açısından oldukça önem taşımaktadır. Son zamanlarda poliester/pamuk karışımı denim üretimi de sıklıkla tercih edilmektedir. Poliester lifinin özel tekstüre yöntemleriyle esnek ve kıvrımlı hale getirilmesiyle elastan lifine nazaran fiziksel özelliklerinin daha iyi olması; boyutsal stabilitesi, yıkama dayanımı ve kullanım ömrünün uzun olması gibi avantajları nedeniyle elastan lifleri yerine tercih edilmesine sebep olmuştur. Günümüzde viskon, modal ve lyocell gibi rejenere selüloz içeren iplikler konfor özellikleri geliştirilmiş denim ürünlerde daha hacimli ve yumuşak bir yapıya sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir (Bağır, 2011; Kalkan, 2020).

2.2. Denim Yıkama

1970'li yıllara kadar, denim kumaşlar hiçbir yıkama işlemine tabi tutulmadan sadece haşılı sökülerek satışa sunulmaktaydı. Bu sebeple denim ürünlerin efekt alması, çözgü ipliği üzerindeki indigo boyarmaddesinin, ürünün kullanımı sırasında zamanla aşınması ile gerçekleşmekteydi ve ürünler ancak uzun süre kullanım ile yıkamaların ardından özel bir görünüme sahip olmaktaydı. Kullanılmış görünümlü denim ürünlere eğilimin artmasıyla beraber, yıkama işletmelerinde ham kumaşlar aşındırma işlemlerine tabii tutulmaya başlamıştır. Günümüzde ise yıkama işlemi uygulanmadan müşteriye iletilen denim ürünlerin payı, toplam denim ürün üretiminin içinde %3'ü geçmemektedir (Yıldırım vd., 2014; Nergis ve Oğulata, 2017).

Yıkama proseslerinin ve kimyasalların özelliklerinin gelişmesiyle birlikte denim kumaşlar çeşitli yıkama proseslerine tabii tutulmaktadır (Mezarcıöz ve Toksöz, 2014). Denim yıkama mekaniksel ve kimyasal olarak ikiye ayrılmakta olup bu işlemler kuru ve yaş işlemler olarak da adlandırılabilir. Yaş işlemler denim ürün üzerine aktarılan çeşitli kimyasal maddeler yardımıyla gerçekleştirilirken, kuru işlemler denim ürünlere istenilen kullanılmış görüntüyü vermek için uygulanan mekanik işlemleri kapsamaktadır (Batur ve Ayrancı, 2021; Köksal, 2015). Yaş işlemlerden bazıları; ön yıkama (haşıl sökme), enzim yıkama, taş yıkama, enzim-taş yıkama, rinse yıkama, ağartma, tint, yumuşatma, reçine spre, permanganat spre, pigment spre ve perlit yıkama olarak

sıralanabilmektedir (Arjun et al., 2013; Khan et al., 2012). Kuru işlemler ise; zımpara, bıyık, yıpratma, kılçık ve lazer olarak sıralanabilmektedir (Köksal, 2015). Denim yıkamadaki terbiye işlemleri, görünüm ve konfora etkileri sebebiyle yaygın bir kullanıma sahiptir. Ayırt edici özellikler sağlama ve moda uygun görünümlerin elde edilebilmesi için kullanılan kuru ve yaş işlem tekniklerinin birçok varyasyonu bulunmaktadır (Khalil, 2015).

2.2.1. Yaş İşlemler

2.2.1.1. Ön yıkama

Ön yıkama işlemi, abrajı, kırık ve istenen tuşede bir görünüm elde etmek için kumaşın çözgü ipliği üzerinde bulunan haşıl malzemesinin uzaklaştırılması için yapılmaktadır. Haşıl maddesinin uzaklaştırılması denim ürünün daha sonra göreceği yıkama işlemlerine hazırlık niteliğine sahip olması nedeniyle oldukça önemlidir. Haşıl maddesinin uzaklaştırılması iyi yapılmadığı takdirde denim ürünün sonrasında göreceği terbiye işlemlerinde lekeler meydana gelmekte ve bu lekelerin giderilmesi mümkün olmamaktadır. Polivinil alkol (PVA) bazlı haşıl maddeleri yalnızca su ile uzaklaştırılabilirken nişasta bazlı haşıl maddeleri haşıl sökücü enzim olan amilaz ile uzaklaştırılmaktadır. Enzimin en aktif olduğu sıcaklık derecesine ve çalıştığı pH aralığına göre gerekli olduğu koşullarda asetik asit ilavesi de yapılabilmektedir (Tarhan, 2005).

Denim ürünlerde istenilen yıpranmış görüntü ve eskimiş efektler ön yıkama adımıyla gerçekleştirilebilmektedir. Ön yıkamada enzim kullanımı önem taşımakta olup enzimler hem haşıl maddesini uzaklaştırmada hem de denim yıkamada eskimiş görünüm veren efektlendirmeyi sağlayabilmektedir. Bu aşamadaki denim yıkama efektleri ürünlerin makineye veya kendi aralarındaki sürtünmeyle oluştuğu gibi yardımcı madde olarak selüloz enzimi kullanımıyla da oluşabilmektedir. Ponza taşı kullanılmadan sadece enzim kullanılarak gerçekleştirilen ön yıkama efektlendirmede nötral selüloz enzimi tercih edilmektedir (Toksöz ve Mezarciöz, 2013).

2.2.1.2. Sıkma

Yaş işlemler sonrasında ürünlerin üzerinde kalan akar boyayı uzaklaştırmak için santrifüj makinelerinde sıkma işlemi gerçekleştirilmektedir. Ozon ile ağartma

yapılan işletmelerde ise gerekli olan nemliliği optimal seviyeye getirebilmek amacıyla ürünler üzerindeki fazla su santrifüj makinelerinde sıkılmaktadır.

2.2.1.3. Ozonla Ağartma

Denim ürünlerin ön yıkama işleminde haşıl maddesi uzaklaştırıldıktan sonra ağartma işlemine tabii tutularak kumaşın rengi istenilen tonda açılmaktadır. Ağartma, geleneksel denim yıkama proseslerinde ağartıcı madde olarak sodyum hipoklorit ve potasyum permanganat gibi kimyasalların yıkama makinelerinde denim ürüne uygulanması ile gerçekleşmektedir (He et al., 2018). Gelişen teknolojiyle birlikte artan farkındalık, çevre ve insan sağlığına zararlı olan bu kimyasallar yerine ozon teknolojisiyle ağartma işlemini gündeme getirmiştir. Ozonla ağartma işlemi, kapalı bir sistem içinde zararlı kimyasal kullanımı olmadan çevreci şekilde çok düşük miktarda su gerektirmekte ve yüksek sıcaklıklarda azalan çözünürlüğü nedeniyle ortam sıcaklığında kısa sürede ağartma sağlamaktadır (Perincek et al., 2009; Eren et al., 2020). Ağartıcı madde olarak sodyum hipoklorit ve potasyum permanganatın yerine kullanılabilen ozon gazı denim kumaş üzerindeki indigo boyarmaddesini okside etmektedir (Tarhan, 2005; Ural, 2021). Ozon uygulaması cep astarı ve denim iç ve dış yüzeylerinde indigo boyarmaddesinin geri boyama sorunu oluşturmalarına da engel olmaktadır (Hmida and Ladhari, 2016).

Molekül ağırlığına bağlı olarak 1 gram ozon 10,9 gram indigo boyarmaddesi parçalayabilmektedir. Nem etkisiyle birlikte şişen lifler içerisinde difüzyon miktarının artışıyla doğru orantılı olarak denim ürün üzerindeki nemlilik arttıkça ozonun indigo boyarmaddesinin parçalama miktarı da artış göstermektedir. Gaz fazındaki ozonun suda çözülmüş haldeki ozondan daha aşındırıcı bir etkiye sahip olması nedeniyle sulu ortamda yapılan ağartmalar, ürünü nemlendirerek yapılan ağartmalara kıyasla daha düşük efekt eldesi sağlamaktadır. Ozon ile indigo boyarmaddesinin parçalanması; nemlilik, ozon konsantrasyonu, ozon süresi, nemin ve ozonun liflerin içine olan difüzyon ve absorpsiyonu ile lif içerisinde boyarmaddenin konumu gibi parametrelere bağlıdır (Öztürk, 2018).

2.2.1.4. Ozonla Sararmayı Önleme İçin Yıkama

Ozon ile ağartma işleminden sonra denim ürünlerin üzerinde oluşan sarılığın giderilmesi için yıkama işlemi uygulanmaktadır. Ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemleri; deterjan ve yumuşatıcı kullanımıyla gerçekleştirilmektedir.

İndigo boyarmaddesinin ozonla ağartılması sonucunda indigo, indigo karmin'e parçalanmakta olup indigo karmin'in ozonla girdiği tepkime sonucunda ise isatin sülfonik asit açığa çıkmaktadır. Ozonla ağartma sonucu ortaya çıkan bu isatin sülfonik asit denim ürünlere sarı bir renk vermektedir. İndigo boyalı kumaşların ozonlama sonrasında sararması, ozonun indigo boyarmaddesini parçaladığının bir göstergesidir (Öztürk ve Eren, 2010). Bu noktada indigo, isatin ve tepkime sonrası ortaya çıkan yan ürünlerin denim ürünlerin üzerinden uzaklaştırılması ile sarılığın giderilmesi için deterjanla yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Geleneksel denim yıkama işlemlerinde ise deterjanla yapılan işlemler denim ürünleri temizleme ya da mavi nüans elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Yumuşatma işlemi denim yıkama prosesinde kurutma işlemi öncesinde yapılan son işlem adımını kapsamaktadır. Yumuşatma ile denim ürün üzerinde istenen tuşenin verilmesi sağlanmakta olup bu işlem çeşitli yumuşatıcı kimyasalların denim yıkama makinelerinde kumaşa çekirme yöntemiyle applike edilmesiyle sağlanmaktadır. Bu işlem için katyonik, non-iyonik ve silikon yumuşatıcılar kullanılabilir. Gelişen teknolojiyle birlikte bu yumuşatıcı çeşitlerinin kombine kullanımı mümkün olup ozonla ağartma proseslerinde en iyi yumuşatıcı etkiye sahip olan katyonik yumuşatıcılar tercih edilmektedir. Kullanılan bu yumuşatıcı maddeler kumaşın belirli bir dökümlülüğe ve yumuşaklığa sahip olmasını sağlamaktadır (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013; Tarhan, 2005).

2.2.2. Kuru İşlemler

Eskimiş görünüm kazandırılması için dikimi tamamlanmış ham denim ürünler, yıkama işlemlerinden önce kuru işlemlere tabi tutulmaktadır. Kuru işlemler; kumaş üzerindeki indigo ya da kükürt boyarmaddesinin zımpara kağıdı gibi materyaller ve lazer teknolojisi kullanılarak daha önceden belirlenmiş olan bir şekil ya da motif şablonuna göre aşındırılması işlemlerini kapsamaktadır.

2.2.2.1. Zımparalama

Zımparalama işleminde denim ürünler, hava yastıklarıyla şişirilebilen ve manken ismi verilen aparatlara giydirilip istenen efektte göre zımpara kağıdıyla ya da makine ile zımparalama işlemi gerçekleştirilmektedir. Ham denim kumaşların boyalı yüzeylerine zımpara kağıdının sürtülmesiyle indigo ya da kükürt boyarmaddesinin kumaş yüzeyinden aşındırma yoluyla uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Elde edilen aşınma efektlerinin yoğunluğu, kullanılan zımpara kağıdı üzerinde bulunan kum tanelerinin boyutu, uygulanan basınç, indigo boyarmaddesinin çözgü ipliğine fikse olma derecesine bağlı olarak değişmektedir. Zımpara kağıdı üzerindeki kum tanelerinin büyüklüklerine göre denim yıkama efektlendirmede genellikle 320-400'lük zımpara kağıdı kullanılmakta olup bu işlem pantolonların ön ve arka rodeo, patlet, cep karşılığı, kemer ve conta bölgelerine uygulanmaktadır. Ceketlerin ise omuz, dirsek veya yaka bölgelerine uygulanmaktadır (Ural, 2012).

2.2.2.2. Bıyık

Ham denim ürünün indigo boyalı yüzeyine zımpara kağıdı sürtülmesiyle indigo boyarmaddesinin bölgesel olarak kumaş yüzeyinden uzaklaştırılması sonucu ürünün altındaki kalıbın denim ürün üzerine aktarılması işlemine bıyık ismi verilmektedir. Bu işlem pantolonlarda ön yüze ve arka diz üstüne uygulanırken, ceketlerde kol içi ve dirsek bölgelerine uygulanmaktadır (Tarhan, 2005).

2.2.2.3. Lazer

Lazer makineleri günümüzde birçok mühendislik alanında kullanılmasının yanı sıra denim yıkama prosesinde ham ya da ön yıkaması yapılmış denim ürünlerin istenen bölgelerinin yakılması suretiyle efekt verilmesi ve eskitilmesinde de kullanılmaktadır. Lazer işlemi tasarım programları kullanılarak bilgisayar ortamında oluşturulan desenlerin lazer ışınlarıyla indigo boyarmaddesini yakarak kumaş yüzeyine aktarım ile denim yüzeyini eskitmesini kapsamaktadır. Lazer işlemi hem denim bitmiş ürünlerine hem de açık en denim kumaşlara uygulanabilmektedir. Lazer ile yapılan yakma işleminin bilgisayar kontrollü olması sebebiyle tekrar edilebilirliği çok yüksek olup geleneksel zımparalama ile eskitilmiş ürünlere kıyasla lazerle eskitilmiş denim ürünler arasında efekt farklılıkları çok az görülmektedir. Lazer ile eskitme işleminde 3 önemli parametre bulunmakta olup bu

parametreler lazerin yakma gücü, tarama hızı ve yakılan spot çapı olarak sıralanabilmektedir. Yakma gücü lazer makine kapasitesi ile doğrudan alakalı bir parametre olup denim kumaşın birim alanına düşen lazer ışının watt cinsinden değerini vermektedir. Yakma gücü arttıkça daha açık tonlarda bir eskitilmiş efekt elde edilmektedir. Tarama hızı kumaşın birim uzunluğundan lazer ışının ne kadar sürede geçtiğini göstermektedir. Lazerin tarama hızıyla denim üründe elde edilen eskitme şiddetinin yoğunluğu ters bir orantı göstermektedir. Lazer ile yakılan spot çapı denim üzerinde elde edilen eskitme şiddeti yoğunluğuyla ters orantılı olarak değişmektedir. Yakılan spot çapı azaltıldıkça lazer ile yakma işlemi sonucu elde edilen eskitme şiddeti artış göstermektedir. Lazer teknolojisi bilgisayar kontrollü bir sistem olması nedeniyle kişiye bağlı oluşabilecek hataları minimuma indirmekte, rodeo, yıpratma ve bıyık efektinin yüksek verimlilikle elde edilmesini sağlamaktadır. Lazer teknolojisi denim ürünlerde indigo boyarmaddesinin susuz ortamda aşındırılmasına olanak sağlaması nedeniyle ekolojik bir işlemdir (Öztürk, 2018; Ural, 2012; Tarhan 2005).

2.2.2.4. Kılçıklama

Denim üzerinde efektlendirme sağlanacak bölgeye bu uygulamada kullanılan makine ile plastik kılçıklar zımbalanarak yıkama esnasında zımbalanma sonucu içte kalan bölgelerin yıkama işlemlerinde efekt almaması sağlanmaktadır.

2.2.2.5. Yıpratma

Ham denim ürünlerin patlet üzeri, pantolon paçaları, cep kenarları, ceket yakaları ve manşet uçları gibi çeşitli bölgelerine zımpara kumunun 500-1500 rpm gibi yüksek devirli makineler ile sürtülerek denim üzerinde delik, çentik gibi görünümünün elde edilmesi işlemlerine yıpratma adı verilmektedir. Yıpratma aynı zamanda denim ürünlerde kullanılmış ve çözgü ipliği aşınmış görüntü eldesi için beden kısımlarına da uygulanabilmektedir. Yıpratma işlemi sonucu ham denim ürünün uygulandığı yıkama işlemleri arttıkça yıpratma efektinin belirginliği artış göstermektedir. Bu nedenle aşırı bir yıpratma efekti talep edilmeyen ürünlerde yıpratma işlemi mümkün olduğu sürece son aşamalara bırakılmaktadır.

2.3. Denim Yıkamada Çevre Sorunları ve Çözüm Yolları

Denim ürünlerin üretiminde özellikle terbiye işlemleri ve yıkamalarda; işlem süreleri, kullanılan kimyasalların miktarı, uygulama yöntemleri çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Kan, 2015; Zhang et al., 2020).

Tekstil endüstrisinde en fazla su tüketimi denim yıkama sektörüne ait olup dünyanın her yerinde denim yıkama sektörü su problemi ile karşı karşıyadır (Can, 2014; Zhang et al., 2020). Enerji tüketimleri incelendiğinde ise ısı ve elektrik tüketim miktarının kullanılan makine sistemlerine göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Elektrik enerjisi işletmelerde kullanılan makinelerin beslemelerinde, soğutma ve sıcaklık kontrol sistemlerinde, aydınlatma, ofis ekipmanlarında kullanılmaktadır. Bunların dışında doğalgaz, petrol, LPG veya kömür de buhar jeneratörlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır (Önöz, 2008).

Geçmişte sadece işçi kıyafeti olarak kullanılan denim ürünler günümüzde hızla değişen ve gelişen moda tasarımı algısıyla pazarın trendi haline gelmiş olup sürdürülebilirlik anlamında çevre dostu olma hedefiyle üzerinde yoğun araştırmalar yapılan sektörlerin başında gelmektedir (Kadem ve Özdemir, 2020). Bu bağlamda denim yıkama sektöründen de çevreye verdiği zararı ve enerji tüketimini minimum seviyelere indirmesi beklenmektedir. Atık su, zararlı kimyasallar, enerji verimliliği ve çevresel atık konularında denim yıkama sektöründeki iyileştirmeler önem arz etmektedir (Telli, 2016; Schrott and Paul, 2015). Su kullanımını minimuma indirmek, enerji kayıplarını azaltmak ve su ile enerjinin geri kazanımını sağlamak denim yıkama işletmeleri için gereklilik haline gelmiştir. Isı enerjisi kullanan birçok proses atık enerji oluştururken birçok proses de atık su oluşturmaktadır. Bu atık enerjiyi ve atık suyu üretimde tekrar kullanarak değerlendirmek mümkündür (Çomaklı vd., 2016; Çınar, 2008)

Denim üretiminde gereken su ve enerji miktarının yüksek olması ile atık su yükünün fazla olması gibi çevresel konular ile ilgili artan farkındalık ve kaygılar sebebiyle denim yıkama ile ilgili yaş işlemlerin çevre dostu olmadığı düşünülmektedir (Khalil, 2015). Tüketiciler arasındaki farkındalığın artmasıyla beraber denim endüstrisi, sürdürülebilir üretim tekniklerine ve çevre dostu denim

ürünlere doğru kaymaktadır. Daha sürdürülebilir hammadde kullanımı, döngüsel ekonomi uygulaması ve çevresel etkiyi azaltan teknolojiler geleneksel yöntemlerden sürdürülebilir yöntemlere geçişteki önemli noktaları oluşturmaktadır (Fidan vd., 2021; Hasan et al., 2021). Bu kapsamda sürdürülebilir üretimi destekleyici olarak enzim ile denim yıkamayla beraber ozon, lazer, UV ve su jeti gibi işlemler de denim yıkama sektöründe yer almaktadır (Shahid et al., 2017). Ozon kullanımı sayesinde enerji, su, zaman, kimyasallar ve maliyetten tasarruf sağlanırken aynı zamanda denim tasarımının istenilen özelliklere göre elde edilmesi mümkündür (Sarker et al., 2021).

2.3.1. Ozonun Denim Yıkamada Kullanılması ve Alternatif Yöntemlerle Rekabet Edebilirliği

Havada bulunan O_2 molekülü 2 adet oksijen atomuna parçalandıktan sonra bir başka O_2 molekülüyle tepkimeye girerek kararsız bir molekül olan ozonu (O_3) oluşturmaktadır. Bu kararsız yapısı ozona üstün bir oksidasyon gücü vermektedir. Ozon gazı denim yıkama sektöründe oksidasyon özelliği ile işlevsellik kazanmakta olup denim kumaşların renginin açılmasını teorikte ağartılmasını sağlamaktadır. Ozon, indigo molekülünü isatin, antranilik asit ve türevlerine parçalayarak boyarmaddeyi uzaklaştırırken indigo karmin molekülünü de isatin sülfonik asite parçalamaktadır (Öztürk, 2018; Köksal, 2015).

Ozon gazı yüksek oksidasyon potansiyeli nedeniyle denim ağartma kimyasalı olan sodyum hipokloritten 2500 kat daha etkili ve yüksek derecede oksitleyici bir maddedir (İnkaya vd., 2008; Öztürk ve Eren, 2010). Ozon geleneksel denim yıkamada kullanılan potasyum permanganat ve sodyum hipoklorit kimyasalları gibi atık ve zararlı maddeler ortaya çıkarmamaktadır. Ozon kısa bir süre sonra tekrar oksijene dönüşmesi nedeniyle doğaldır ve bilinçli çalışıldığı takdirde yan etkisi bulunmamaktadır. Ozonun bu özellikleri denim yıkama sektöründe zararlı etkileri bulunan ağartıcı kimyasallara alternatif olmasını sağlamıştır.

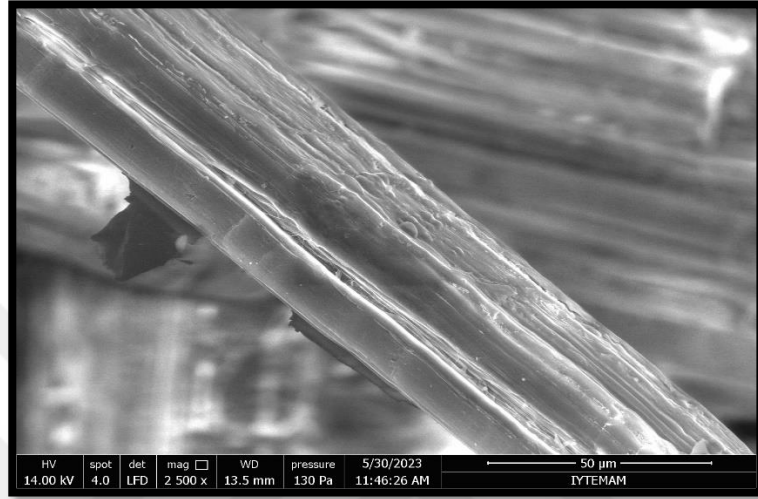
Gaz fazında çalışılan ozonun iyi bir ağartma efekti için denim ürünlerin homojen olarak nemlendirilmesi gerekmekte olup homojen nemlendirme önem taşımaktadır. Homojen olarak nemlendirilmeyen denim ürünlerde istenmeyen abrajlı bir görünüm ortaya çıkmaktadır (Öztürk ve Eren, 2010).

Ozon jeneratörü ile havadan üretilen ozon düşük sıcaklıklarda yardımcı kimyasal madde ilavesi gerektirmeden kullanılma özelliği ve soğukta etkinliğinin yüksek olması nedenleriyle ısıtma maliyetlerinden tasarruf sağlayabilmektedir. Denim ürünlerin yıkanma prosesinde ağartma işleminin ozon ile yapılması enerji ve su tasarrufu sağlamakta olup yıkama işlemlerinde kimyasalların kullanımını düşürerek yıkama tekrarlarını azaltmakta ve proses sürelerini kısaltmaktadır. Ozon kendiliğinden oksijene dönüştüğü için çevre dostu bir üretim sunmaktadır (Ünal ve Küçük, 2021).



3. KENEVİR LİFİ

Kenevir bitkisel liflerin gövde lifleri sınıfında yer almaktadır. Tekstil endüstrisinde kenevirin *Cannabis Sativa* türünün eşeyli türü kullanılmakta olup enine kesiti boyunca düzensiz bir şekle sahiptir. Kenevir liflerine ait mikroskopik görüntüsü Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Kenevir liflerinin mikroskopik görüntüsü

Kahverengi ve sarı renge sahip olan kenevir lifleri parlak bir görünümündedir. Boyu 1-4 metreyi bulan kenevir tek yıllık otsu bir bitkiyi temsil etmektedir. Kenevir liflerinin ortalama uzunluğu 40-45 mm'dir. Kenevir sakı boğumlar içermekle birlikte boğumlar arasındaki mesafeye göre liflerin verimi ve uzunluğu değişmektedir. Kenevirin hasat edilme dönemine göre lifin özelliklerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle tekstil endüstrisinde kullanılması için liflerin olgunluğu önemlidir (Demirbek ve Bulut, 2021; Kaya ve Öner, 2020).

Kenevir liflerinin yapısında %74 selüloz, %18 hemiselüloz, %4 lignin, %0,8 pektin ve %1,2-6.2 bal mumu bulunmaktadır. Kenevir bitkisindeki pektin maddesi orta lamellerde ve primer duvarda bulunmakta olup zamlık ile tutunmaktadır. Lignin maddesi fenil propan türevidir. Kristalin olmayan bir izotopik yapıda olan lignin kimyasallara karşı dirençlidir. Bu nedenle kenevir lifleri kaba lifler olarak tanımlanmaktadır. Kenevir liflerinin içeriğindeki lignin lifleri daha kırılgan ve sert bir hale getirmektedir. Polisakkarit türevi pektin maddelerinin su tutma kabiliyetleri yüksektir. Hemiselülozlar ise heksoz, şeker asidi ve heterojen pentoz içermekte

olup homojen bir kimyasal yapısına sahip değildir. Bu özellikleri nedeniyle hemiselülozlar kenevir liflerine ısı izolasyonu ve nefes alabilirlik özellikleri kazandırmaktadırlar (Kaya ve Öner, 2020).

Alkalilerle ile işlem görmüş kenevir lifleri oldukça dayanıklı olup bazik işlemlerde kotonize olmuş kenevir liflerinin de mukavemeti iyidir. Soğuk bazik ortamlarda lifler merserize olmaktadır. Selüloz içeren kenevir lifleri derişik inorganik asitlerden etkilenmektedir. Sıcaklık arttıkça zayıf asitler de kenevir liflerinde mukavemet kaybına neden olmaktadır. Mikroorganizmalara karşı dayanıklıdırlar (Demirbek ve Bulut, 2021).

Kenevir lifleri rami liflerinden sonra en kuvvetli doğal lifler sınıfında yer almakta olup mukavemetleri yaş haldeyken bir miktar daha artmaktadır. Kenevir, keten ve jüt gibi iyi ses yalıtımı özelliklerine sahiptir. Boncuklanma ve statik elektriklenme durumları yoktur, yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir. 20°C’de %95 bağıl nem altında %30 nem çekme kabiliyetiyle pamuk ve ketenden daha yüksek nem çekme özelliğı göstermektedir. Kenevir lifleri antistatik ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle UVR (Ultraviyole radyasyon) engellemekte olup antialerjik performans özelliklerine sahiptir. Higroskopik ve bakteriyostatik özellikleri nedeniyle kenevir lifleri yüksek hijyen özelliklerini temsil etmektedir (Göre ve Kurt, 2021; Şahinbaşkan, 2019).

3.3. Kenevirden Lif Eldesi

Kenevirden lif eldesi biyolojik havuzlama, mekanik ve kimyasal yöntemlerle sağlanabilmektedir. Kenevir lifleri genellikle halat, çuval veya kağıt yapımında kullanılabilmektedir. Kenevir lifi işlenmek için oldukça sert bir yapıya sahiptir. Biyolojik havuzlama yöntemi, dış pektinin parçalanma esasına dayanmaktadır. Havuzlamada görev alan pektinolitik enzimler pektini parçalayarak lif demetlerinin saptan ayrılmasını sağlamaktadır. Mekanik yöntemde odunsu kısımla lifler birbirinden makine yardımıyla ayrılmaktadır, ancak elde edilen bu lifler pektin maddesi içerdiğinden sert tutumları nedeniyle tekstilde lif olarak kullanılamamaktadırlar. Kimyasal yöntemde ise temiz lifler eşit uzunlukta elde edilmektedir. Alkali bir banyoda sapsarı kesilmiş olan kenevir pişirilerek pektin

maddesinden arındırılmaktadır (Taşlıgil ve Şahin, 2019; Kaya ve Öner, 2020; Demirek ve Bulut, 2021).

3.4. Kenevirin Çevreye Etkileri ve Alternatifleri ile Rekabet Edebilirliği

Günümüzde çevre dostu yaklaşımların artmasıyla birlikte organik ve ekolojik tekstil üretimi de yaygınlaşmaya başlamıştır. Dünyada en çok kullanılan doğal lif olan pamuk ve petrol türevli sentetik lifler ile karıştırıldığında kenevir liflerinin üstün organik üretim potansiyeli ve ekolojik özellikleri dikkat çekmektedir. Tekstil ve moda endüstrisinde büyük bir potansiyele sahip olan sürdürülebilir moda anlayışında gövde liflerinden elde edilen kenevir gibi lifler geleceğe yönelik çevreci bir yaklaşım sunan lifler olarak kabul edilmektedir. Çevre dostu birçok özelliği bulunan kenevir lifinin sürdürülebilir tekstil tasarımı ve üretiminde kullanımı önem arz etmektedir. Lignin ve pigment içeriği sayesinde UV emici özelliği, alerjik etkilerinin olmaması, biyobozunurluğu, yetiştirilmesinde az miktarda gübreye ihtiyaç duyması, az alanda daha verimli ürün eldesi ve pestisit içermemesi nedenleriyle kenevir lifleri doğal lüks bir lif olarak tanımlanmaktadır. Kenevir, LCA (ürün yaşam döngüsü) değerlendirmesi kapsamında üzerinde çalışmalar yapılan önemli bir biyobozunur lif olup LCA analizlerinde organik olarak üretilen kenevir lifinin pamuk ve polyester liflerinden daha çevreci olduğu kanıtlanmıştır (Kurtuldu ve İşmal, 2019).

Yetiştirilmesi zor olan, çok fazla su, kimyasal gübre ve böcek ilacı gerektiren pamuğa alternatif olarak kenevir bir ot olduğu için yabancı otlar gibi hızla büyümektedir. Hızlı ve temiz büyümesi nedeniyle böceklere direnmektedir. Çevre dostu bir lif olarak kabul edilen kenevir lifleri organik ve yenileyici bir tarım mahsulü olarak pamukla üretilebilecek birçok tekstil ürününün üretilmesini dünyaya daha az zararla sağlayabilmektedir. Kenevirin doğada yok olması, etik olarak üretilmesi, yaşam döngüsü değerlendirmesi kapsamında olmasıyla birçok alanda doğal çözümlerle fayda sağlaması sebepleri kenevir liflerinin potansiyelini her geçen gün arttırmaktadır. Kenevir lifleri tüm ekolojik ve sürdürülebilir özellikleri nedeniyle tekstil alanında gelecek vadetmektedir (Yapıcı vd., 2022; Demirek ve Bulut, 2021).

Kenevir bitkisi, tropikal ve ılıman ülkelerde yetişmesine rağmen anavatanı İran ve Hindistan olup Dünyaya Asya'dan yayılmıştır. 2025 yılına kadar kenevir pazar büyüklüğünün endüstriyel anlamda 10,6 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2019 yılında Türkiye'de endüstriyel kenevir üretimi 19 ilde serbest bırakılmıştır. Kenevir üretimi Avrupa'da en çok Fransa'da, Amerika'da ise Şili'de yapılmaktadır. Çin dünyada kenevir yetiştiriciliğinde %40'luk bir paya sahipken, Rusya ise %33'lük bir yetiştirme oranına sahiptir. Kenevir lifi üretici diğer ülkeler, Almanya, İtalya, Japonya ve Peru olarak sıralanabilmektedir. Uzun ve güçlü lifleri için yetiştirilen kenevir dünyanın en eski mahsullerinden biri olup sürdürülebilir, yenilenebilir ve üstün performans özellikleri nedeniyle endüstriyel ve ekonomik anlamda günden güne önem kazanmaya devam eden bir malzeme haline gelmiştir (Başer ve Bozoğlu, 2020).

3.5. Kenevirin Denim Kumaşta Kullanımı

Denim kumaşların dokunmasında en çok tercih edilen lifler pamuk lifleri olmakta birlikte bu liflerin üretim sürecinde yüksek miktarda su tüketimi mevcut iken, yetiştirilmesinde ise çevreye zararlı ilaç kullanımı olduğu bilinmektedir. Pamuk liflerinde görülen bu olumsuzlukların gelecekte kullanımına devam edilmesi durumunda çevre sorunlarına yol açacağı öngörülmektedir. Denim sektöründe sürdürülebilirlik amaçları doğrultusunda pamuk liflerine alternatif olarak yeni hammadde arayışları önem arz etmekte olup öne çıkan doğal esaslı liflerden birini üstün ekolojik özellikleri nedeniyle kenevir lifleri oluşturmaktadır.

Diğer yandan geleneksel denim kumaşlarda hammadde olarak yalnızca pamuk liflerinin kullanılmasına ilave olarak kenevir liflerinin eklenmesiyle denim kumaş kalitesi artmaktadır. Kenevir lifleri pamuğun yanı sıra yün ve ipek lifleriyle karışım halinde üretilmeye de uygundur. Kenevir içeren denim kumaşlar yüksek nem ve hava geçirgenliğine, konfora, gevrek tuşe ve UV direncine sahiptir. Yüksek mukavemet ve dayanıklılığa sahip kenevir liflerinden üretilen denim ürünlerde boncuklanma problemi görülmemektedir (Kertmen, 2021; Kaya ve Öner, 2020).

Kenevir lifleri özellikle son 3 senedir denim sektöründe yoğunlukla kullanılmaktadır. Kenevir lifleri bugün denim sektöründe sürdürülebilir bir lif olmasının yanı sıra termal regülasyon ve sağlamlık özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Kenevirin doğal olarak antibakteriyel ve antimikrobiyal özellik

sergilemesi, doğada biyolojik olarak parçalanabilmesi ve gelişmiş nefes alabilme özellikleri denim için en uygun ham madde olabileceğini temsil etmektedir.

Günümüzde kenevir lifleri esnemeyen rijit denimden elastikiyeti yüksek streç denimlere kadar birçok üründe kullanılabilmekte olup hem indigo hem de kükürt boyarmaddeleriyle boyanabilmektedir. Eskiden kenevir içeren denim ürünler çok dayanıklı ancak sert tuşesi nedeniyle konforlu olmayan denimler olarak anılmaktaydı; günümüzde ise ince gömleklikten çok ağır gramajlı denim kumaşlara kadar birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır. Kenevir her yeni partide nem değeri ve elyaf uzunluğu açısından farklı özelliklere sahip olması nedeniyle konfor ve dayanımda düşüşlerin görülmemesi için karışım oranı ve üretim proses ayarlamalarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

4. TEZ ÇALIŞMASININ LİTERATÜRDEKİ YERİ VE ÖZGÜNLÜĞÜ

Tablo 4.1’de çalışmanın özgün değeri ve literatürde yer alan benzer çalışmalarla karşılaştırılması verilmektedir.

Tablo 4. 1. Yüksek lisans çalışmasının özgün değeri ve literatürdeki yeri

Yapılan Çalışmalar	Bu Çalışmanın Farkı, Özgün Değeri
2/1 dimi örgü yapısına sahip %100 pamuk içeren denim kumaşlar %80 pamuk/%20 keten ve %60 pamuk/%40 kenevir içeren kumaşlar ile 3/1 dimi örgü yapısına sahip %100 pamuk içeren denim kumaşlar %80 pamuk/%20 keten ve %60 pamuk/%40 kenevir içeren kumaşlar konfor özellikleri açısından kıyaslanmış olup rinse yıkamanın etkisi incelenmiştir (Okur, 2022).	Kenevir içeren denim kumaş: Bu çalışmada kenevir ve keten içeren denim ürünler pamuk içeren denim ürünlerle kıyaslanmamıştır. %90 pamuk/30 kenevir (koyu ve açık renkli), %78 pamuk/%22 kenevir ve %90 pamuk/%10 kenevir yalnızca konfor açısından değil aynı zamanda fiziksel özellikleri açısından da kıyaslanmıştır.
Keten ve kenevir karışımı denim kumaşlar pamuk içeren denim kumaşla geleneksel ağartma, rinse ve taş yıkama sonucunda nem, termal ve dokunsal konfor özellikleri açısından kıyaslanmıştır (Sarıçam, 2022).	Kenevir içeren denim kumaş: Bu çalışmada kenevir içeren denim ürünler ponza taşı kullanımı olmadan ozon ile ağartılmıştır.
%100 kenevir içeren ipliklerin antibakteriyel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla ozonla yıkama yapılmıştır (Zhang et al., 2022).	Kenevir içeren denim kumaş: Bu çalışmada kenevir içeren denim kumaşlar fonksiyonellik kazandırmak amacıyla değil efekt alabilirlik açısından ozonla yıkanmıştır.
Özgün	Denim yıkamada su sertliği: Yapılan literatür araştırmasında kenevir içeren denim ürünlerin yumuşak su ve sert su ile işleminin ozon ağartmaya ve denim yıkamaya etkisine rastlanamamıştır.
Özgün	Espacenet veri tabanında bu çalışmaya yakın bir patent dosyasına rastlanamamıştır. Yer alan çalışmalar denim ürünlere ozon teknolojisiyle ağartma sağlamak yerine antibakteriyel fonksiyonellik kazandırma işlevselliğine sahiptir. Diğer yandan yumuşak ve sert su ile yapılan ozonla ağartma işlemi sonucunda elde edilen kenevir ürünlere dair de bir patente ulaşılamamıştır.

5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada denim kumaşlar Kipaş Denim A.Ş.'den tedarik edilmiş olup kesim, dikim ve yıkama işlemleri FG Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir.

5.1. Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan denim kumaşlara ait bilgiler Tablo 5.1.'de verilmiştir. Ham denim ürünler için gramaj 38 mm çaplı şablonla ölçülmüştür. Tablo 5.2.'de ham denim kumaşların görselleri verilmiştir. Tablo 5.3.'te ise denim ürünlere ait yıkama işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerin bilgileri sunulmuştur.

Tablo 5.1. Denim kumaşın fiziksel özellikleri

Kumaş İçeriği	Doku Tipi	Boyarmadde Türü	Gramaj (g/m ²)
%70 Pamuk/ %30 Kenevir (Koyu Ton)	Dimi 2/1	İndigo	273,61
%70 Pamuk / %30 Kenevir (Açık Ton)	Dimi 2/1	İndigo	273,61
%78 Pamuk/ %22 Kenevir	Dimi 2/1	İndigo	353,05
%90 Pamuk/ %10 Kenevir	Dimi 2/1	Kükürt	406,00

Tablo 5. 2. Ham denim kumaşlar

	%70 Pamuk-%30 Kenevir	%78 Pamuk-%22 Kenevir	%90 Pamuk-%10 Kenevir	%70 Pamuk/%30 Kenevir
Ham denim kumaşlar				

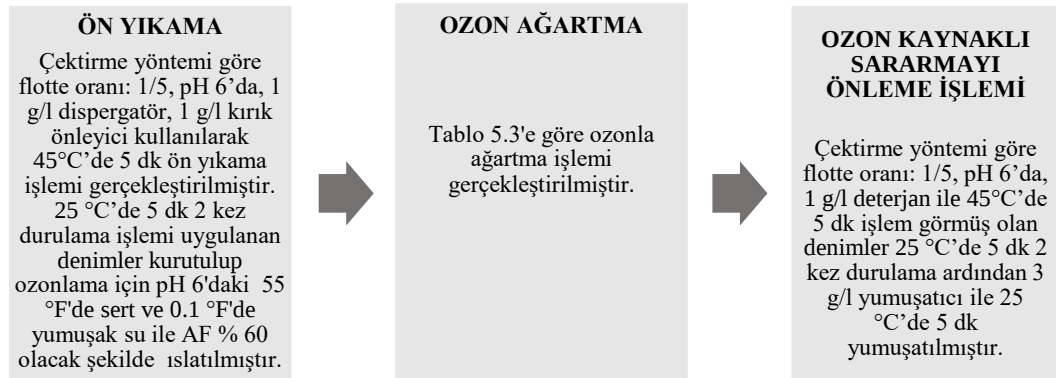
Tablo 5. 3. Kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Maddenin Adı	Kimyasal Maddenin Yapısı
Dispergator	Katyonik poliestere polimerizasyon ürünü
Kırık Önleyici	Non iyonik polimerik amidler
Yumuşatıcı	Non iyonik/ hafif katyonik, hidrofil silikon emülsiyonu
Deterjan	Yüzey aktif, enzim ve optik beyazlatıcılar karışımı

5.2. Metot

Çalışma kapsamında %90 Pamuk-%10 Kenevir, %78 Pamuk-%22 Kenevir, %70 Pamuk-%30 Kenevir (açık renkli) ve %70 Pamuk-%30 Kenevir (koyu renkli) olmak üzere 4 farklı karışım oranında kenevir içeren denim ürünler, sertliği 36 °F'de olan işletme suyu şartlarında WEX (Wiser Washing Experince) tamburlu yıkama makinesinde pH 6'da ön yıkama işleminden geçirilmiştir. Ardından ön yıkama yapılmış denim ürünler Tolkar Kurutma makinesinde 70°C'de 30 dk kurutulup, pH 6'da AF %60 olacak şekilde 55 °F'de sert ve 0.1 °F'de yumuşak su ile ıslatılarak WOX (Wiser Ozone X-Perience) ozon makinesinde 25, 50, 75 g/Nm³¹ kapasitede 5,10,15 dakikalık sürelerde ozon gazı ile ağartılmıştır. Ozonla ağartılmış kumaşlar sararmayı önlemek için deterjan ve yumuşatıcı ile işlem görüp, 70°C'de 30 dk kurutulmuştur. Ön yıkama, ozon ağartma ve sararmayı önlemek için yapılan işlemlerin reçeteleri ve işlem koşulları Şekil 5.1. ve Tablo 5.4.'te verilmiştir. Şekil 5.2.'de ön yıkama, ozon ağartma ve ozon kaynaklı sararmayı önleme yıkamasına ait çevresel etkiler verilmiş olup yıkama işlemlerinin tamamlandığı Şekil 5.3.'te yıkama makinesi, Şekil 5.4.'te ozon ağartma makinesi, Şekil 5.5.'te ise kurutma makinesi verilmiştir.

Şekil 5. 1. Deneylerde uygulanan reçeteler



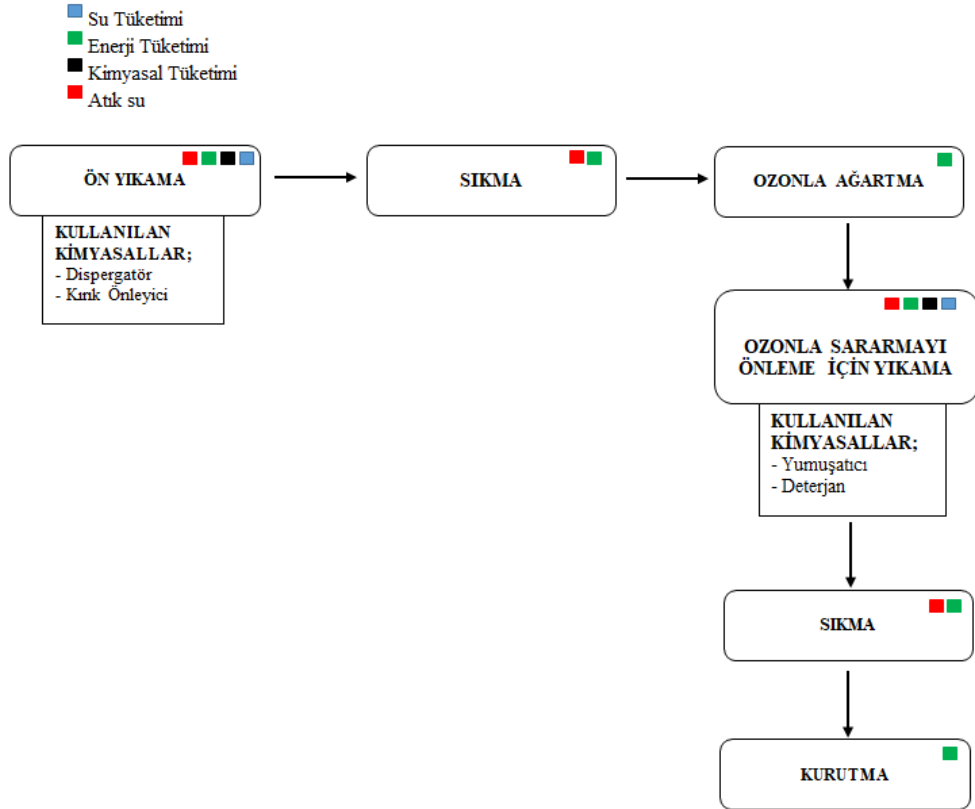
¹ Nominal şartlar altında 1 atm bar 273 K ve 0 °C'de 1 m³'te bulunan ozon gramı

Tablo 5. 4. Ozon ağartmaya ait reçeteler ve işlem koşulları

Kumaş Tipi	Su tipi	Ozon kapasitesi (%)	Ozon süresi (dk)
70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Ton)	Sert su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
	Yumuşak su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık Ton)	Sert su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
	Yumuşak su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
%78 Pamuk- %22 Kenevir	Sert su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
	Yumuşak su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15

%90 Pamuk- %10 Kenevir	Sert su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15
	Yumuşak su	25	5
			10
			15
		50	5
			10
			15
		75	5
			10
			15

Şekil 5. 2. Ön yıkama, ozon ağartma ve ozon kaynaklı sararmayı önleme işlemlerine ait çevresel etkiler



Bu tez çalışmasının gerçekleştirildiği işletme denim yıkama süreçlerinde kullandığı ozonla ağartma sistemi sayesinde geleneksel yıkamaya kıyasla ortalama 650 gram ağırlığındaki 1 ürün başına %53 oranında su ve %27 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bunun yanı sıra işlem banyo sayısının geleneksel denim yıkamaya kıyasla 15'ten 7'ye ve işlem adımı sayısının 32'den 11'e düşmesi nedeniyle %41 oranında zaman tasarrufu elde etmektedir.



Şekil 5. 3. WEX (Wiser Washing Experience) yıkama makinesi



Şekil 5. 4. WOX (Wiser Ozone X-Perince) ozon ağartma makinesi



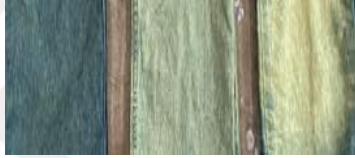
Şekil 5. 5. Tolkar kurutma makinesi

Kumaşlara ait ön yıkama sonu görselleri Tablo 5.5.'te sunulmuştur. Tablo 5.6.'da %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), Tablo 5.7.'de %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), Tablo 5.8.'de %78 pamuk-%22 kenevir, Tablo 5.9.'da %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaşlara ait ozon ağartma işlemi sonrası denim kumaş görselleri sunulmuştur. Tablo 5.10.'da %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), Tablo 5.11.'de %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), Tablo 5.12.'de %78 pamuk-%22 kenevir, Tablo 5.13.'te %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaşlara ait ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonraki denim kumaş görselleri sunulmuştur.

Tablo 5. 5. Kumaş numunelerinin ön yıkama sonu

	%70 Pamuk-%30 Kenevir	%78 Pamuk-%22 Kenevir	%90 Pamuk-%10 Kenevir	%70 Pamuk/%30 Kenevir
Ön yıkama				

Tablo 5. 6. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%70 Pamuk-%30 Kenevir (koyu renkli)	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

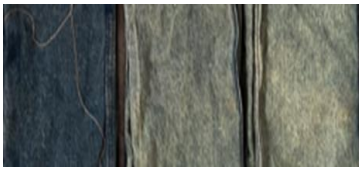
Tablo 5. 7. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%70 Pamuk-%30 Kenevir (açık renkli)	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

Tablo 5. 8. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%78 Pamuk-%22 Kenevir	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

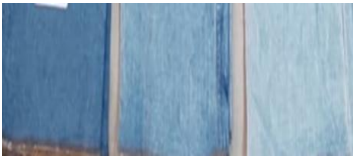
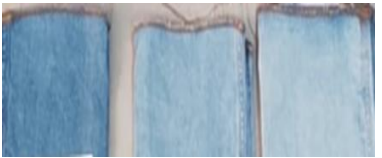
Tablo 5. 9. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozon ağartma sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%90 Pamuk-%10 Kenevir	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

Tablo 5. 10. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%70 Pamuk-%30 Kenevir (koyu renkli)	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

Tablo 5. 11. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%70 Pamuk-%30 Kenevir (açık renkli)	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

Tablo 5. 12.%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%78 Pamuk-%22 Kenevir	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

Tablo 5. 13. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş numunelerinin ozonla sararmayı önleme yıkaması sonuçları

Kumaş Tipi	Uygulanan ozon kapasitesi	5 dakika	10 dakika	15 dakika	5 dakika	10 dakika	15 dakika
%90 Pamuk-%10 Kenevir	%25						
	%50						
	%75						
		Sert su			Yumuşak su		

5.3. Test ve Analizler

Tez kapsamında farklı ozonla ağartma koşullarında yıkanmış farklı oranlarda kenevir lifi içeren denim kumaşların yapısal özellikleri açısından gramaj ve kalınlık tayini, mekanik özellikleri için yırtılma mukavemeti testi, geçirgenlik özellikleri için hava geçirgenliği tayini, estetik (görünüm) ve duyuşsal özellikleri için dairesel eğilme yöntemine göre kumaş sertliği, renk özellikleri için sarılık indeksi ve renk değerleri testleri gerçekleştirilmiştir.

5.3.1. Gramaj Tayini

Kumaşların yapısal özelliklerinin tayini için farklı koşullarda yıkanmış kenevir içeren denim ürünlerde Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Uygulama Merkezi (TEKAUM)'da bulunan James Heal marka gramaj şablonu ve Sartorius marka terazi kullanarak, TS 251 standardına göre gramaj testi yapılmıştır.

5.3.2. Kalınlık Tayini

Denim kumaşların yapısal tayini için uygulanan kalınlık testi farklı koşullarda yıkanmış kenevir içeren denim ürünler Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Uygulama Merkezi (TEKAUM)'da bulunan SDL marka kalınlık ölçer ile 200 g yük altında 20 cm^2 ölçüm alanında TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.3.3. Hava Geçirgenliği Testi

Farklı oranda kenevir içeren denim ürünlere uygulanan farklı kapasite ve sürelerdeki ozonla ağartma işleminin hava geçirgenliği özelliği üzerine etkisini tespit etmek amacıyla 5 cm^2 'lik ölçüm alanında 100 Pa basınç farklılığından Textest marka FX3300 hava geçirgenliği cihazı ile TS 391 EN ISO 9237 standardına göre hava geçirgenliği testi yapılmıştır.

5.3.4. Yırtılma Mukavemeti Testi

Denim yıkama sonucu farklı oranda kenevir lifi içeren denim kumaşlarda farklı ozon ağartma koşullarının kumaşların mekanik özellikleri üzerine etkisini tespit etmek amacıyla yırtılma mukavemeti testi yapılmıştır. Yırtılma mukavemeti tayini FG Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.'de bulunan James Heal Elmatear Digital Tear Tester cihazı ile TS EN ISO 13937-1 standardına göre balistik sarkaç metoduna göre yapılmıştır.

5.3.5. Sertlik Tayini

Farklı işlem koşullarında ozonla ağartılmış olan denim kumaşların ve içerdiği kenevir ipliklerinin denim yıkama sonunda duyuşal özelliklerinin tespiti için Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Uygulama Merkezi (TEKAUM)'da bulunan SDL ATLAS firmasına ait dairesel eğilme dayanımı ölçeri ile ASTM 1388 standardına göre dairesel eğilme dayanımları ölçülmüştür.

5.3.6. Renk Değerlerinin Ölçümü

Farklı denim yıkamalar sonucu denim kumaşlardaki renk özellikleri ve sarılık indeksi tespiti için Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümündeki Hunterlab renk cihazında D65 ışık kaynağı altında 10° bakış açısıyla ölçüm yapılmıştır.

Commission Internationale de l'eclairage (CIE), L^* a^* b^* renk uzayı, iki rengin aynı anda kırmızı ve yeşil ya da sarı ve mavi olamayacağını modelleyen bir karşıt renk teorisidir. CIELAB'ın koordinatları L^* a^* b^* 'dir. Renk koordinatlarında L^* değeri ışığın yoğunluğuna bağlı olarak rengin açıklık ve koyuluğunu belirtmekte olup $L^*=100$ ise beyaz, $L^*=0$ ise siyah olduğunu göstermektedir. L^* değeri arttıkça renk açılmaktadır. a^* değeri kırmızı ve yeşil rengi tanımlamaktadır. Δa^* , + (artı) ise kırmızı, - (eksi) ise yeşil rengi ifade etmektedir. b^* değeri sarı ve mavi rengi tanımlamaktadır. Δb^* , + (artı) ise sarı, - (eksi) ise mavi rengi ifade etmektedir (Islam, 2021; Mouw, 2018). Rengi daha iyi tanımlamak için $L^*C^*H^*$ değerleri de kullanılmaktadır. h renk tonu açısını temsil etmekte olup bir nesnenin renginin nasıl algılandığını tanımlamaktadır. ΔH^* , renk tonu farkını ifade etmektedir. C^* bir

rengin doygunluğunu tanımlamakta olup L^* eksenine uzaklığını ifade ederek griye ya da saf renk tonuna yakınlığını göstermektedir. ΔC^* , + (artı) ise rengin daha parlak, – (eksi) ise daha mat olduğunu ifade etmektedir (Islam, 2021).

Amerikan Standartları Test Yöntemleri (ASTM), sarılık indeksini tanımlamıştır. ASTM'nin E313 standartlı sarılık indeksi, bir numunenin renginin ideal beyazdan ne kadar uzaklaştığını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada E313 standardına göre sarılık indeksinin tespiti için D65 ışık kaynağı altında 10° bakış açısıyla ölçülen numunelerin sonuçlarında YI E313 [D65/10] değeri arttıkça sarılık artış göstermektedir (Özbey, 2019; HunterLab, 2015).

5.4. İstatistiksel Değerlendirme

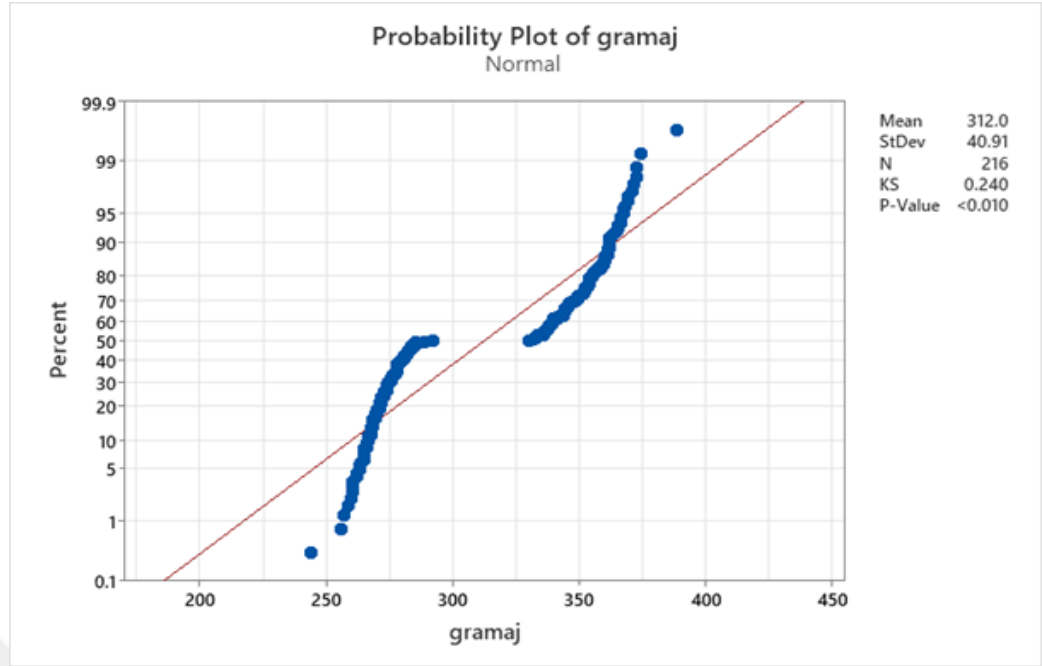
Ölçüm sonuçlarının istatistik değerlendirilmesi amacıyla öncelikle verilerin normal dağılışa uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bu amaçla Kolmogorov-Smirnov normallik testi yapılmıştır. Bu testte kullanılan hipotezler aşağıda verilmiştir. Hipotezi test %95 güven derecesi ile gerçekleştirilmiştir.

H_0 : veriler normal dağılışa uygundur.

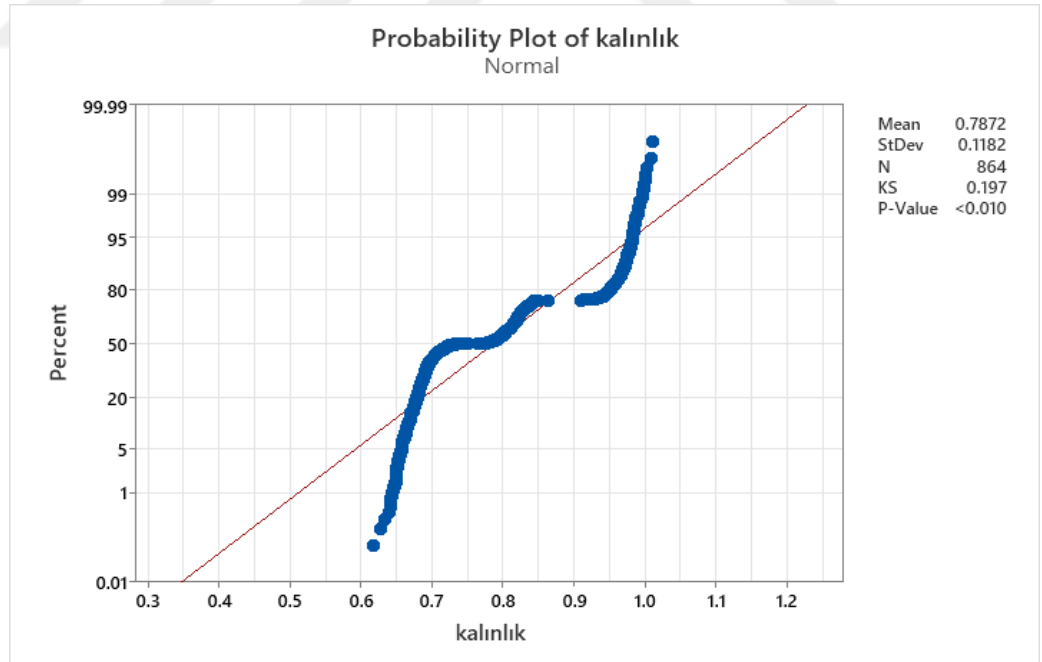
H_a : veriler normal dağılışa uygun değildir.

Önem derecesi $p < 0.05$ olması durumunda H_0 hipotezi reddedilmekte, $p > 0.05$ olması durumunda H_a alternatif hipotez kabul edilmektedir.

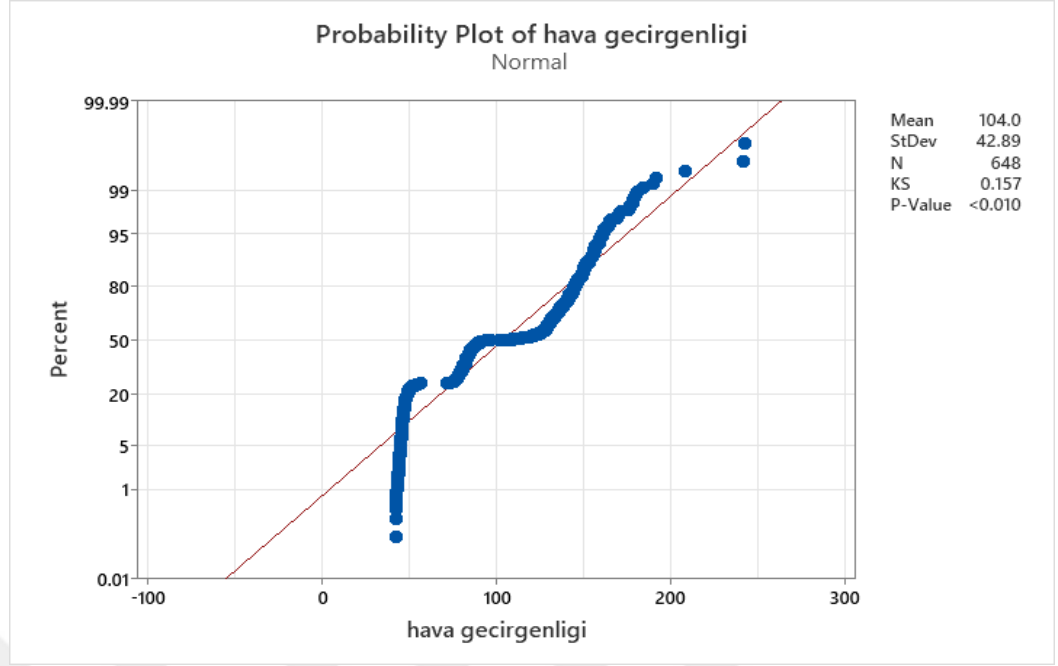
Tez çalışmasında gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, yırtılma mukavemeti, dairesel eğilme dayanımı, renk farklılığı ve sarılık indeksi test sonuçlarının normallik testi sonuçlarına göre verilerin normal dağılışa uygun olmadığı tespit edilmiştir.



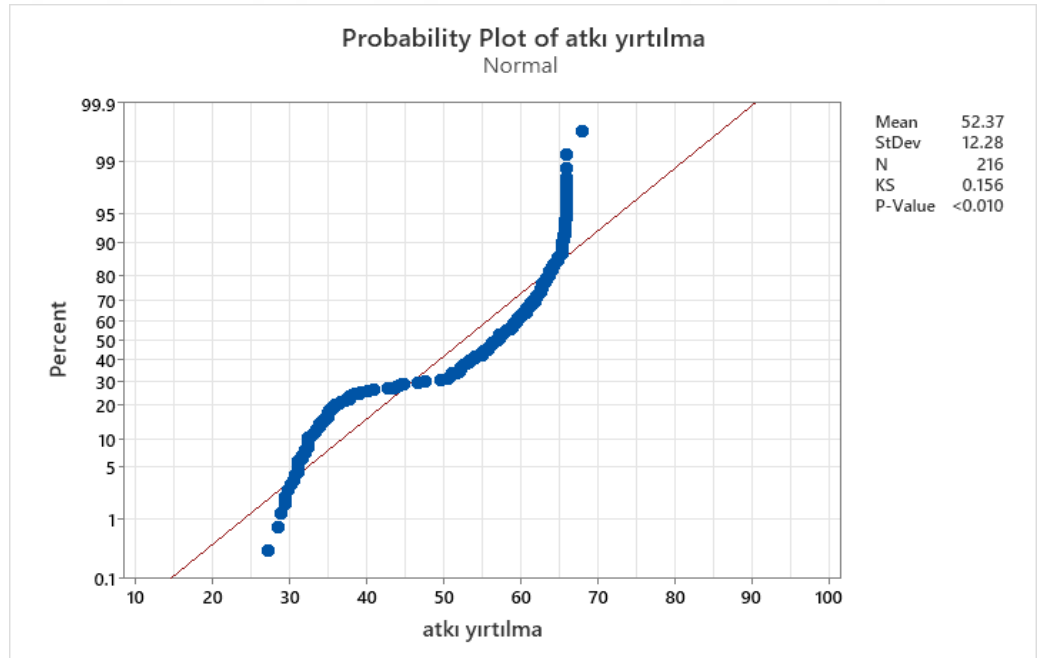
Şekil 5. 6. Kumaşların gramaj sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



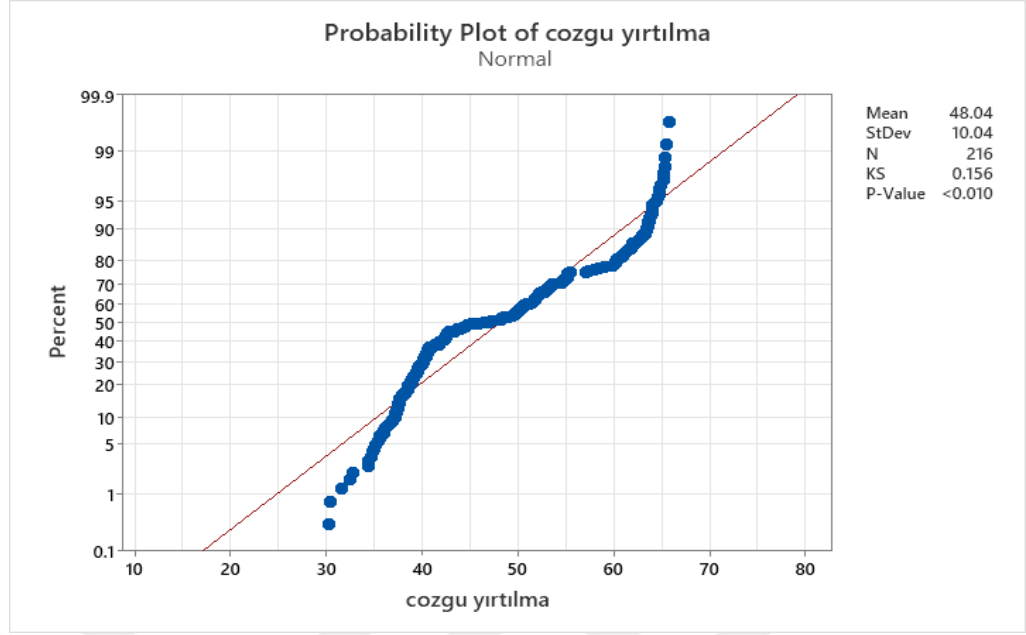
Şekil 5. 7. Kumaşların kalınlık sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



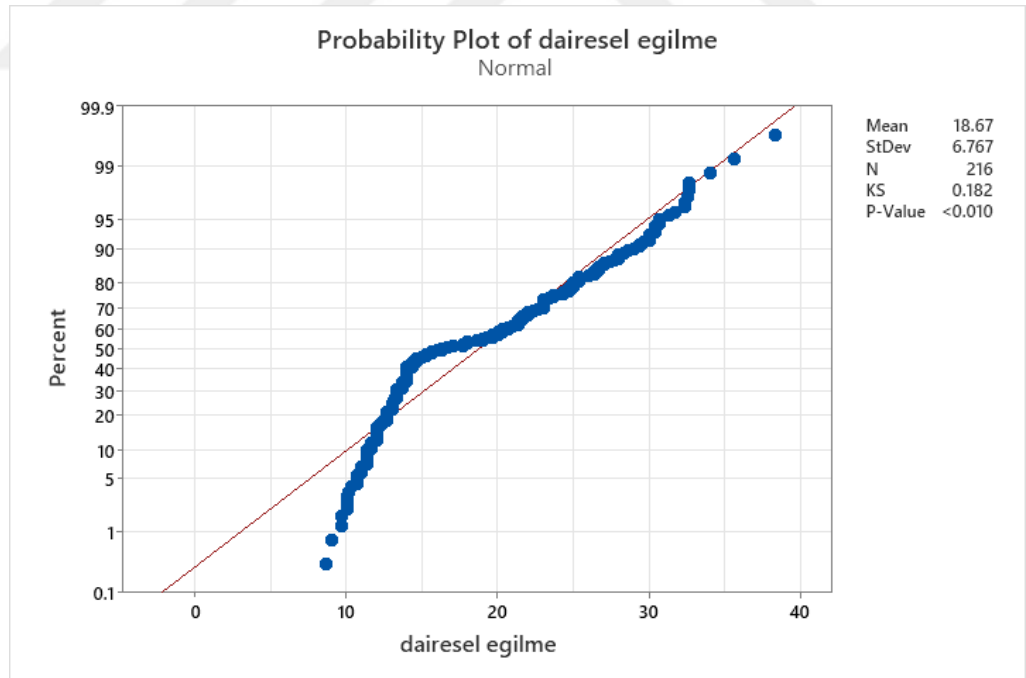
Şekil 5. 8. Kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



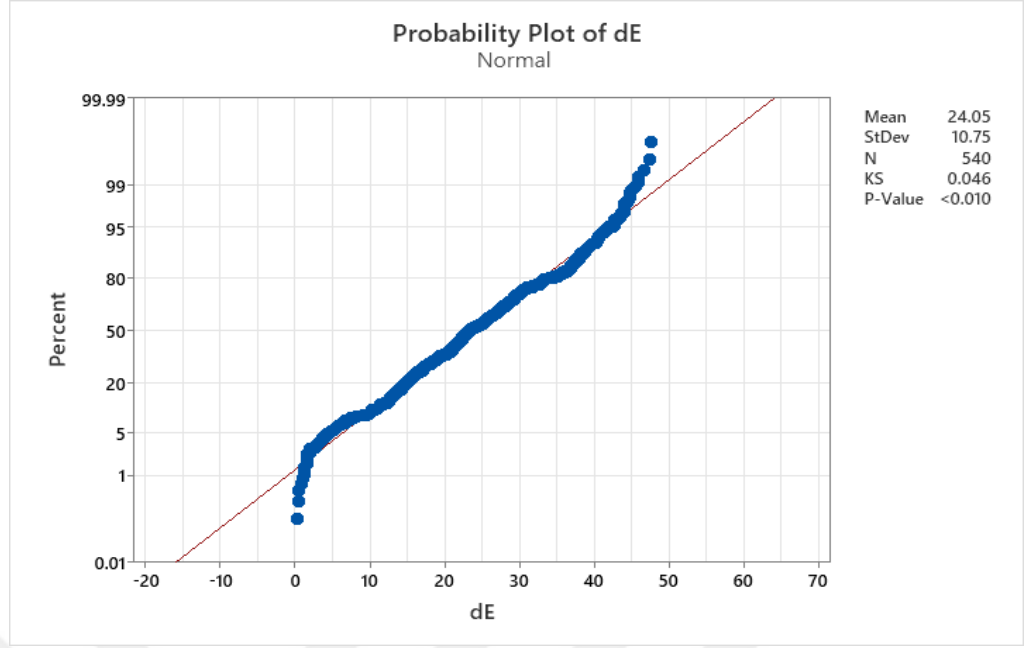
Şekil 5. 9. Kumaşların atkı yönü yırtılma mukavemeti sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



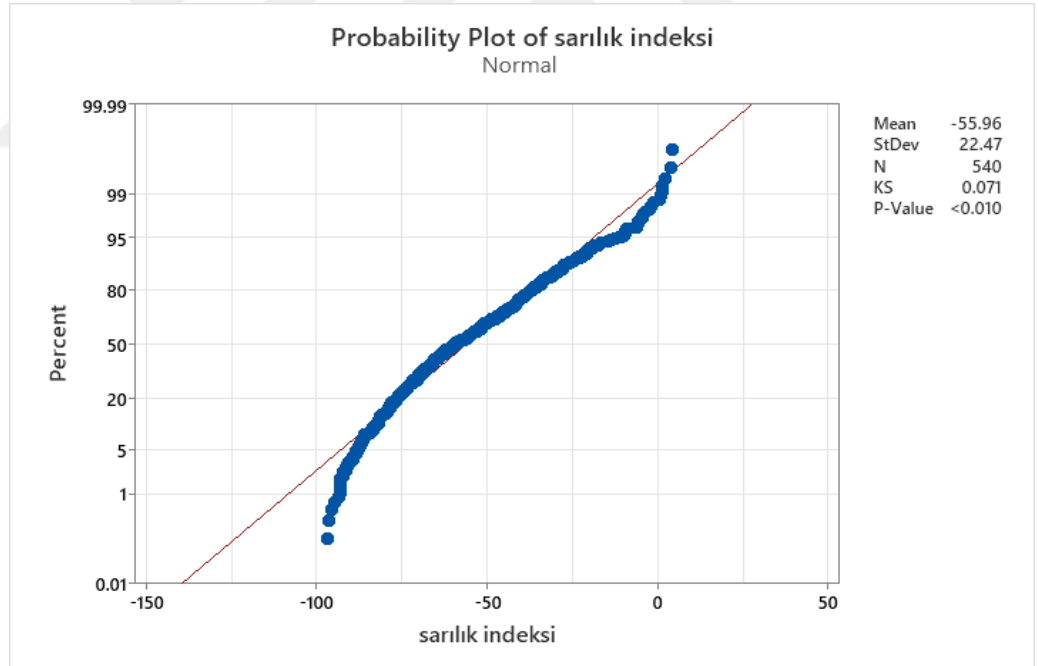
Şekil 5. 10. Kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



Şekil 5. 11. Kumaşların dairesel eğilme sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



Şekil 5. 12. Kumaşların renk farkı sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu



Şekil 5. 13. Kumaşların sarılık indeksi sonuçlarına ait Kolmogorov-Smirnov normallik test sonucu

Bu durumda non-parametrik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla en yaygın non-parametrik testler olan Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ve Mann-Whitney U Testleri uygulanmıştır.

Non-parametrik testlerden birisi olan Kruskal-Wallis testi ile ortalamalar arasındaki farkın birbirine eşit olup olmadığı hipotezi test edilmektedir ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, H_a : En az bir ortalama farklı). Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi “İkiden fazla bağımsız örneğin aynı ana kütlelerden çekilmiş olduğunu” iddia eden sıfır hipotezinin testinde en çok kullanılan ve tek yönlü varyans analizine iyi bir alternatif olan testtir. Alternatif hipotez ise “En az bir ana kitlenin medyanı diğer ana kütlelerinkinden farklıdır” biçiminde olur. $p < 0.05$ olması durumunda incelenen bağımsız gruplar arasında en az bir ana kitlenin medyanının diğer kitlelere göre %95 güvenle önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Mann-Whitney U Testi bağımsız örnekler için uygulanan t-testinin parametrik olmayan alternatifidir. t-testinde olduğu gibi iki grup ortalamalarının karşılaştırılması yerine, Mann-Whitney U testi grupların medyanlarını karşılaştırır. Sürekli değişkenlerin, iki grup içerisinde değerlerini sıralı hale dönüştürür. Böylece, iki grup arasındaki sıralamanın farklı olup olmadığını değerlendirir. Sıfır hipotezi “örnekler aynı ana kitleden alınmıştır veya örneklerin alındıkları ana kitleler birbirinden farklı değildir” biçimindedir. $p < 0.05$ olması durumunda incelenen iki bağımsız grup arasında farkın %95 güvenle önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Karagöz, 2010).

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında yüksek miktarda su tüketimi olan endüstrilerin başında gelen tekstil sektöründe çevre dostu hammadde ve üretim yöntemlerinin kullanılmasına katkı sağlaması amaçlanarak kenevir içeren denim kumaşların ozon ile ağartılmasını incelenmiştir. Ön yıkama sonrası, farklı kapasite ve sürelerde ozon ile ağartılıp, ardından ozon kaynaklı sararmanın önlenmesi işlemlerinden geçmiş kenevir içeren denim kumaşların mekanik, yapısal, geçirgenlik, estetik görünüm-duyusal ve renk özellikleri belirlenmiştir.

6.1. Gramaj Testi Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait gramaj testi sonuçları Tablo 6.1.'de verilmiştir.

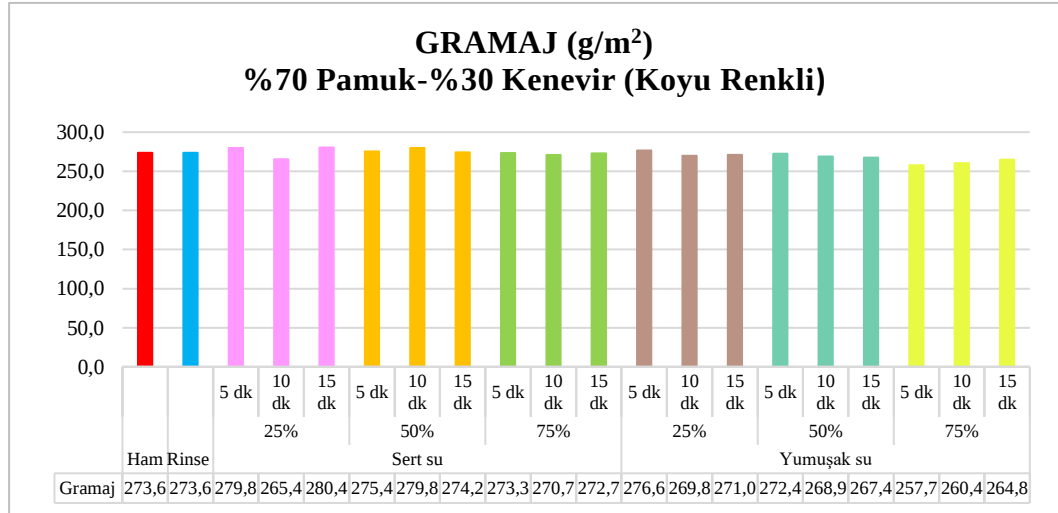
Tablo 6. 1. Gramaj testi sonuçları

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Gramaj Testi Sonuçları (g/m ²)
Ham	-	-	-	273,61
Rinse	-	-	-	273,61
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	279,79
			10	265,37
			15	280,38
		50	5	275,38
			10	279,79
			15	274,20
		75	5	273,32
			10	270,67
			15	272,73
	Yumuşak su	25	5	276,55
			10	269,79
			15	270,96
		50	5	272,43
			10	268,90
			15	267,43
		75	5	257,72
			10	260,37
			15	264,78

Ham	-	-	-	273,61
Rinse	-	-	-	273,61
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	280,38
			10	278,61
			15	273,32
		50	5	269,79
			10	270,08
			15	267,14
		75	5	274,20
			10	278,02
			15	276,26
	Yumuşak su	25	5	280,38
			10	276,26
			15	283,61
		50	5	275,96
			10	275,96
			15	275,96
		75	5	267,14
			10	267,14
			15	275,96
Ham	-	-	-	353,05
Rinse	-	-	-	361,87
%78 Pamuk-%22 Kenevir	Sert su	25	5	344,22
			10	344,22
			15	344,22
		50	5	344,22
			10	344,22
			15	335,39
		75	5	335,39
			10	317,74
			15	335,39
	Yumuşak su	25	5	344,22
			10	344,22
			15	335,39
		50	5	344,22
			10	344,22
			15	344,22
		75	5	344,22
			10	344,22
			15	344,22

Ham	-	-	-	406,00
Rinse	-	-	-	388,35
%90 Pamuk-%10 Kenevir	Sert su	25	5	361,87
			10	344,22
			15	353,05
		50	5	361,87
			10	370,70
			15	353,05
		75	5	335,39
			10	317,74
			15	335,39
	Yumuşak su	25	5	353,05
			10	370,70
			15	361,87
		50	5	361,87
			10	361,87
			15	361,87
		75	5	353,05
			10	361,87
			15	361,87

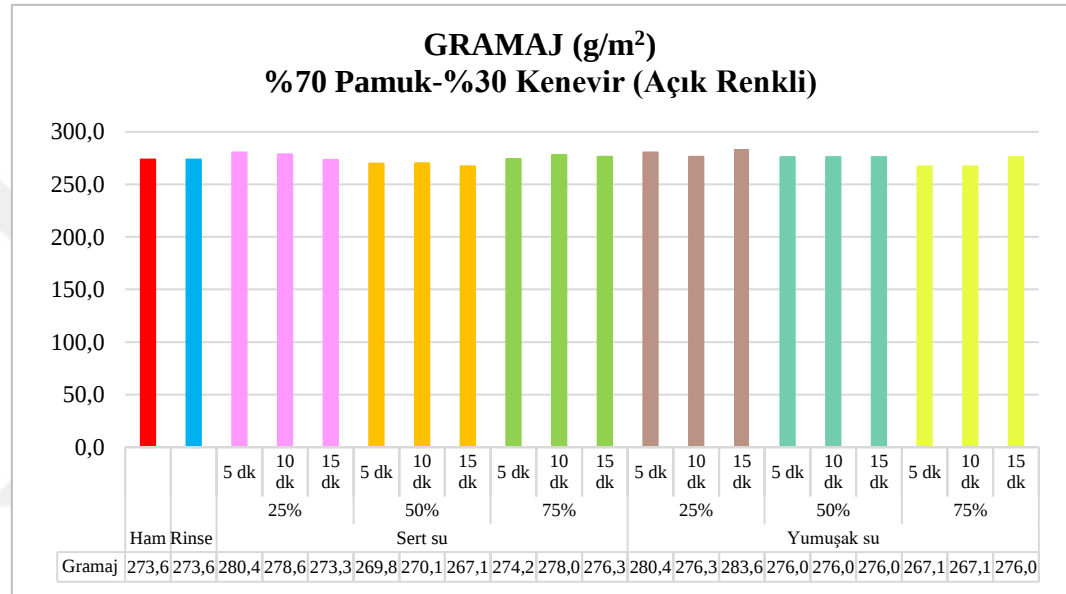
Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için gramaj sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.



Şekil 6. 1. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait gramaj sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham gramaj değeri 273,6 g/m² dir. Ön yıkama süresinin 5 dakika olması nedeniyle gramajı değiştirecek ölçüde ağırlık kaybı ve lif şişmesinin meydana gelmediği düşünülmektedir.

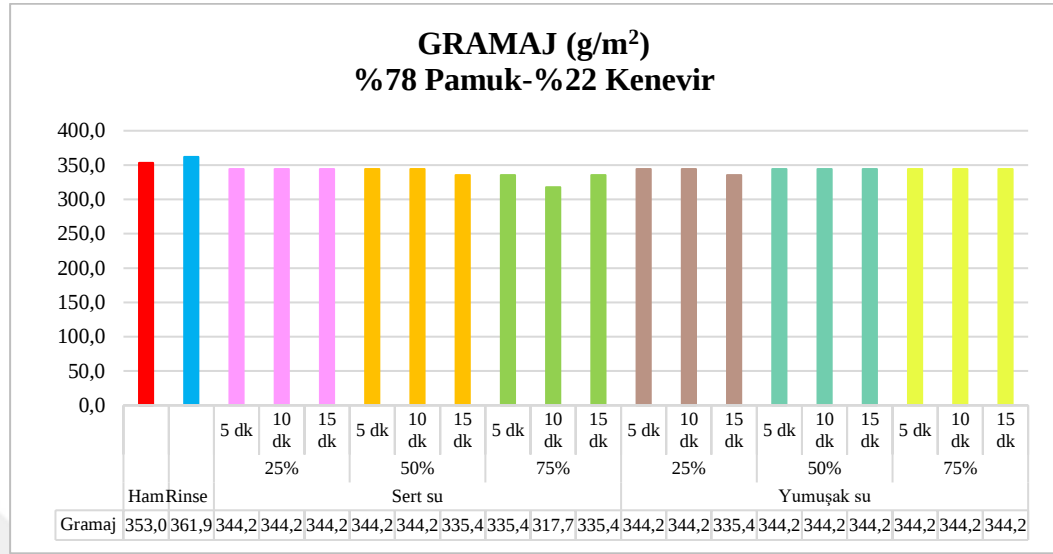
Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 257,7 g/m² lik gramaj değerine sahiptir. Sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler ise en yüksek 280,4 g/m² lik gramaj değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle yumuşak su ozon ağartmada daha etkili olarak gramaj kaybına neden olmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça denim kumaşlarda gramaj değeri azalmıştır.



Şekil 6. 2. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait gramaj sonucu grafiği

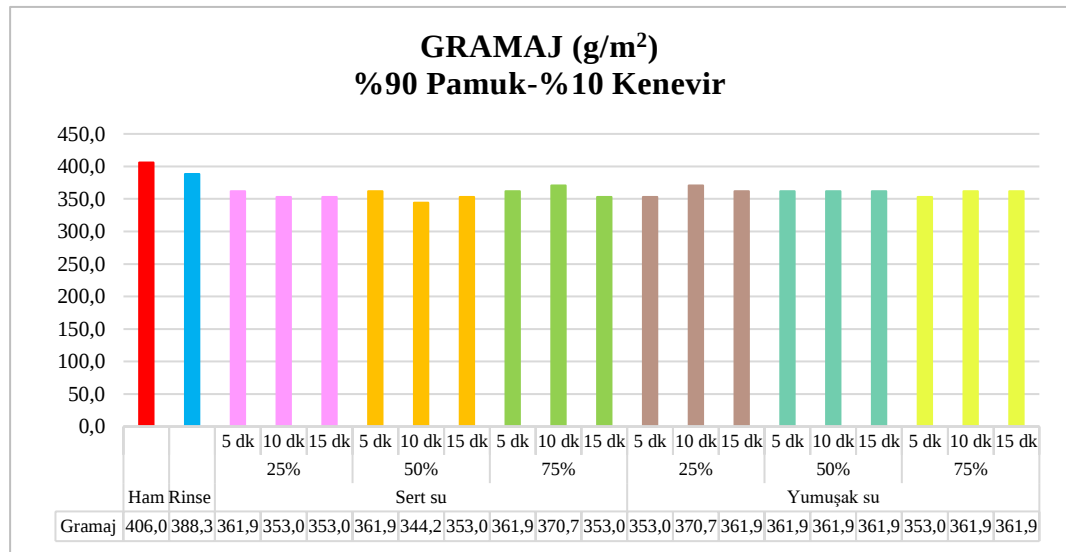
%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham değeri 273,6 g/m² dir. 70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipiyle ham ve rinse yıkama sonu gramaj değerleri aynı olup zemin renginin açık ya da koyu tonda olmasının gramaj üzerine bir etkisi olmamıştır. Ön yıkama süresinin 5 dk olması nedeniyle gramajı değiştirecek ölçüde ağırlık kaybı ve lif şişmesinin meydana gelmediği düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler ile yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 ve 10 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 267,1 g/m² lik gramaj değerine sahiptir. Ozon kapasitesinin artmasının lif kaybına sebep olduğu ve gramaj değerlerini düşürdüğü düşünülmektedir. Yumuşak su ile ıslatılmış %25

ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler ise en yüksek 283,6 g/m²'lik gramaj değerine sahiptir.



Şekil 6. 3. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait gramaj sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham gramaj değeri 353,0 g/m²'dir. Rinse yıkama sonucu ise 361,9 g/m² değer ile en yüksek gramaja sahiptir. Kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 317,7 g/m²'lik gramaj değerine sahiptir. Ozon kapasitesinin artması lif kaybına sebep olarak gramaj sonuçlarını düşürdüğü tahmin edilmektedir.



Şekil 6. 4. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait gramaj sonucu grafiği

%90 pamuk- %10 kenevir içeren kumaş tipinin ham gramaj değeri 406,0 g/m² olup en yüksek gramaj sonucunu göstermektedir. Rinse yıkama sonucu gramaj değeri 288,3 g/m²'ye düşmüştür. Kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile kumaşta ağırlık kaybının meydana geldiği düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 344,2 g/m²'lik gramaj değerine sahiptir.

6.1.1. Kumaş Tiplerine Göre Gramaj Testi Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra gramaj değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6. 2. Kumaş çeşidine göre gramaj testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Gramaj
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	47.94	Chi-Square	173.909
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	137.79	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	185.62	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık renkli)	54	62.66		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.3.'te verilmektedir.

Tablo 6. 3. Kumaş çeşidine göre kalınlık testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli) %78 Pamuk/%22 Kenevir	54	28.22	1524.00	39.000	.000*
	54	80.78	4362.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli) %90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.50	1485.00	0.000	.000*
	54	81.50	4401.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli) %70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık renkli)	54	47.21	2549.50	1064.500	.016
	54	61.79	3336.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir %90 Pamuk-%10 Kenevir	54	31.38	1694.50	209.500	.000*
	54	77.62	4191.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir %70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	80.63	4354.00	47.000	.000*
	54	28.37	1532.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir %70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	81.50	4401.00	.000*	.000*
	54	27.50	1485.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kenevir oranının gramaj testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür. Aynı kenevir oranına sahip koyu ve açık renk kumaş arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiş olup boyarmadde kaynaklı gramaj farklılığı olmadığı görülmektedir.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

6.1.2. İşlem Koşullarının Gramaj Testi Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen gramaj test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.1.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.4.'te verilmiştir.

Tablo 6. 4. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	32.67	8.713	.013*
50	18	31.22		
75	18	18.61		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucunda Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi %25 oranında gramaj daha yüksekken ozon kapasitesi arttıkça gramaj değerinde düşüş görülmüştür. Kumaşa uygulanan ozon miktarı arttıkça kumaşın gramajı düşmüştür. Ozon yüzeye etki ederek lif kaybına sebep olmaktadır.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.5.'te verilmiştir.

Tablo 6. 5. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	33.42	4.225	.121
10	18	22.89		
15	18	26.19		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6. 6. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	34.07	920.00	187.000	.002*
Yumuşak su	27	20.93	565.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert sudaki iyonlar nedeniyle ozon veriminin düşmesi sonucu denimdeki boyarmadde ve liflerin daha az zarar gördüğü tahmin edilerek ozon ağartma öncesi sert su ile ıslatılan denim kumaşların yıkama işlemleri sonucunda gramaj değerlerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.1.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.7.'de verilmiştir.

Tablo 6. 7.Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	37.44	10.963	.004*
50	18	21.56		
75	18	23.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesinin artmasıyla kumaşlarda lif kaybı ortaya çıkmış olup gramaj değerleri azalma göstermiştir.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.8.'de verilmiştir.

Tablo 6. 8. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	27.75	.112	.946
10	18	26.53		
15	18	28.22		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.9.'da verilmiştir.

Tablo 6. 9. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipi) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	26.26	709.00	331.000	.562
Yumuşak su	27	28.74	776.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.1.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- ***Ozon kapasitesinin etkisi***

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.10.'da verilmiştir.

Tablo 6. 10. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına ait (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	30.25	1.520	.468
50	18	28.31		
75	18	23.94		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Ozon süresinin etkisi*

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.11.'de verilmiştir.

Tablo 6. 11. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	29.00	1.283	.526
10	18	29.42		
15	18	24.08		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6. 12.'de verilmiştir.

Tablo 6. 12. Su sertliğine göre gramaj testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	26.67	720.00	342.000	.697
Yumuşak su	27	28.33	765.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.1.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6. 13.'te verilmiştir.

Tablo 6. 13. Ozon kapasitesine göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	26.56	1.386	.500
50	18	25.00		
75	18	30.94		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.14.'te verilmiştir.

Tablo 6. 14. Ozon süresine göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	25.36	2.628	.269
10	18	32.39		
15	18	24.75		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre gramaj testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6. 15.'te verilmiştir.

Tablo 6. 15. Su sertliğinin göre gramaj testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	24.57	663.50	285.500	.171
Yumuşak su	27	30.43	821.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde gramaj test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.2. Kalınlık Testi Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait kalınlık testi sonuçları Tablo 6.16.'da verilmiştir.

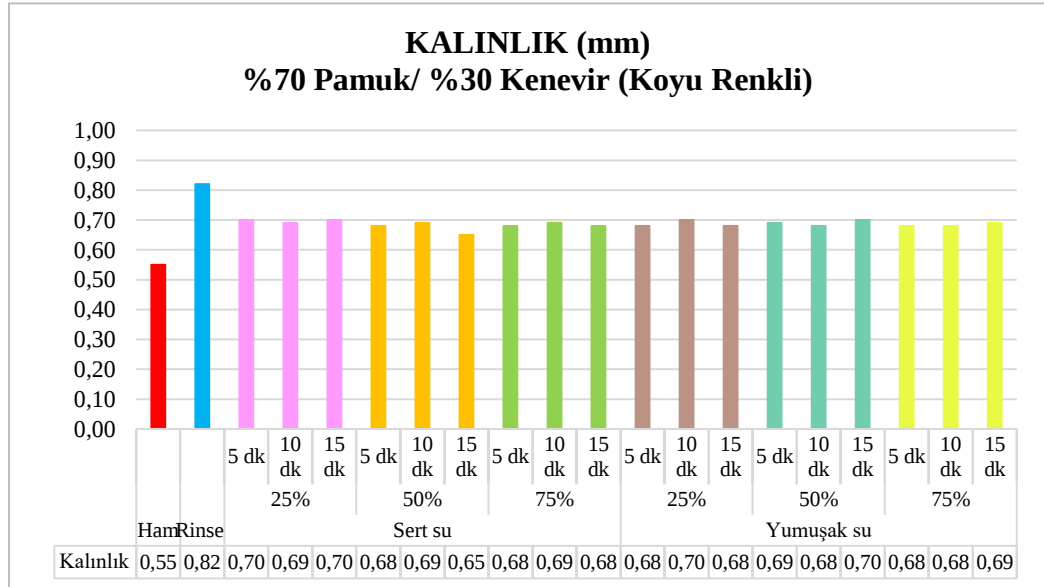
Tablo 6. 16. Kalınlık testi sonuçları

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Kalınlık Testi Sonuçları (mm)
Ham	-	-	-	0,55
Rinse	-	-	-	0,82
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	0,7
			10	0,69
			15	0,7
		50	5	0,68
			10	0,69
			15	0,51
		75	5	0,68
			10	0,69
			15	0,68
	Yumuşak su	25	5	0,68
			10	0,7
			15	0,68
		50	5	0,69
			10	0,68
			15	0,7
		75	5	0,68
			10	0,68
			15	0,69

Ham	-	-	-	0,59
Rinse	-	-	-	0,67
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	0,69
			10	0,68
			15	0,67
		50	5	0,67
			10	0,67
			15	0,68
		75	5	0,66
			10	0,68
			15	0,68
	Yumuşak su	25	5	0,69
			10	0,68
			15	0,67
		50	5	0,67
			10	0,69
			15	0,68
		75	5	0,69
			10	0,69
			15	0,68
Ham	-	-	-	0,68
Rinse	-	-	-	0,69
%78 Pamuk-%22 Kenevir	Sert su	25	5	0,81
			10	0,81
			15	0,81
		50	5	0,81
			10	0,81
			15	0,8
		75	5	0,82
			10	0,81
			15	0,81
	Yumuşak su	25	5	0,81
			10	0,82
			15	0,81
		50	5	0,82
			10	0,82
			15	0,83
		75	5	0,8
			10	0,82
			15	0,82

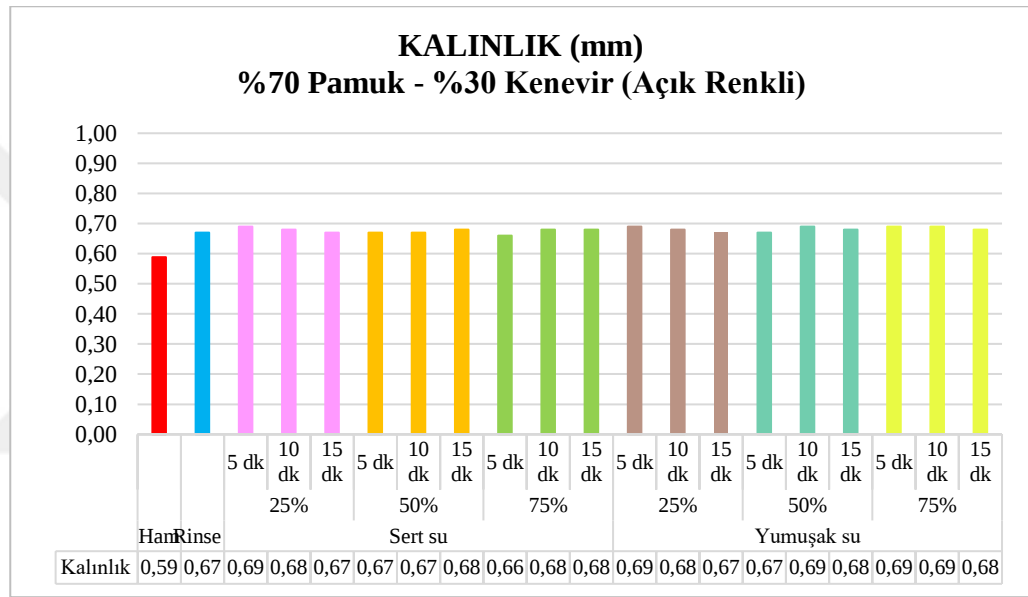
Ham	-	-	-	0,77
Rinse	-	-	-	0,98
%90 Pamuk- %10 Kenevir	Sert su	25	5	0,96
			10	0,97
			15	0,98
		50	5	0,98
			10	0,97
			15	0,97
		75	5	0,97
			10	0,97
			15	0,96
	Yumuşak su	25	5	0,97
			10	0,96
			15	0,96
		50	5	0,96
			10	0,96
			15	0,97
		75	5	0,98
			10	0,97
			15	0,97

Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için kalınlık sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.



Şekil 6. 5. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği

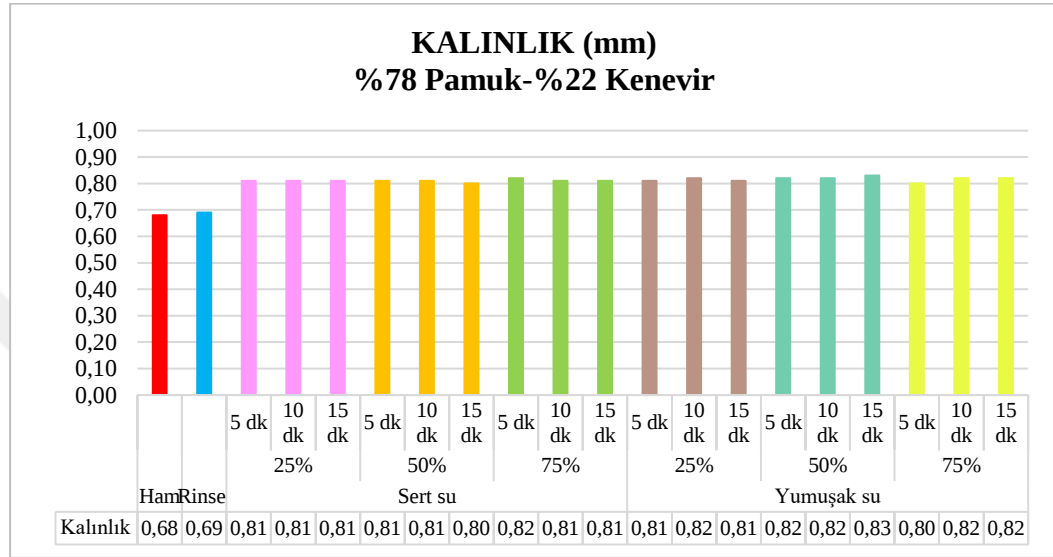
%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham kalınlık değeri 0,55 mm'dir. Rinse yıkama sonrası kalınlık 0,82 mm olup en yüksek kalınlık değerini göstermektedir. Kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 0,51 mm'lik kalınlık değerine sahiptir. Ozon kapasitesinin yüksek olmasının kalınlık testi sonuçları üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6. 6. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği

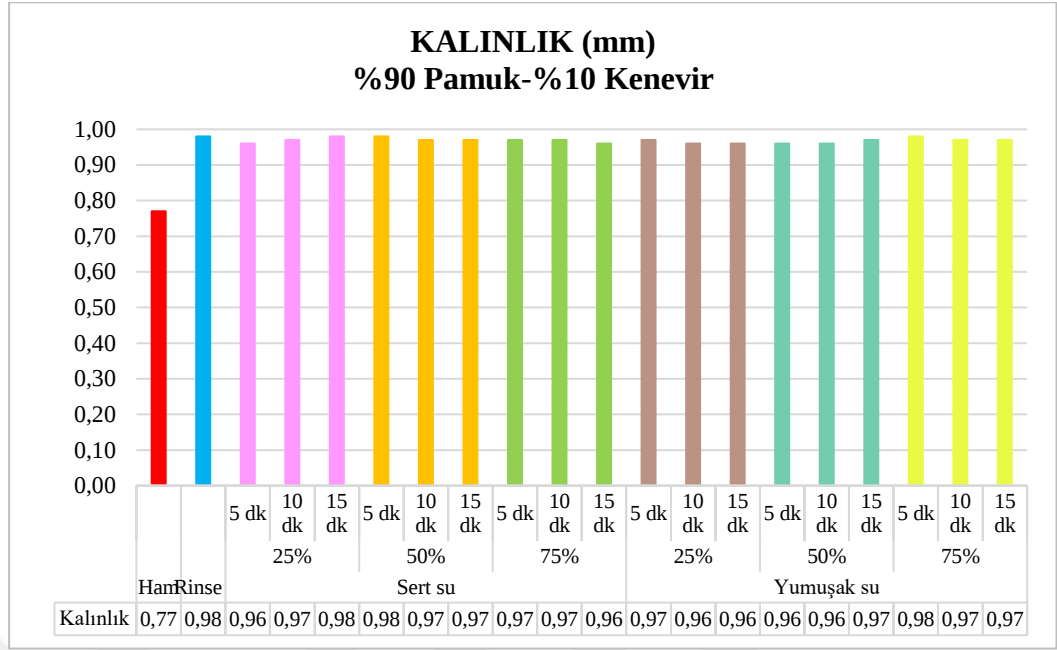
%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham değeri 0,59 mm ile en düşük kalınlık değerine sahiptir. Gramaj ve sıklık değerlerinin bu kumaş tipinde düşük olmasından kaynaklı ham kumaşın en düşük kalınlık değerini verdiği düşünülmektedir. Rinse yıkama sonu kalınlık değeri 0,67 mm olup artış göstermiştir. Kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle rinse yıkamanın 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler, yumuşak su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler, %50 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denimler ile %75 ozon kapasitesinde 5

dakika ve 10 dakika işlem görmüş olan denim ürünler en yüksek 0,69 mm'lik kalınlık değerine sahiptir. Kumaş yüzeyindeki pürüzlülük ve kırışıklıklar nedeniyle farklı işlem koşullarında en yüksek kalınlık değerlerine ulaşıldığı tahmin edilmektedir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle yumuşak su ile ıslatılmış denim ürünlerin daha yüksek kalınlık değerleri verdiği düşünülmektedir.



Şekil 6. 7. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham değeri 0,68 mm ile en düşük kalınlık değerine sahiptir. Ham kumaşın sıklık değerinin adet/cm biriminde düşük olması nedeniyle kalınlığın düşük olduğu tahmin edilmektedir. Rinse yıkama sonrası kalınlık değeri 0,69 mm olup işlem sırasında liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 0,83 mm'lik kalınlık değerine sahiptir. Yumuşak su ile işlem görmüş denim kumaşların daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olmasının sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. 8. %90 pamuk/%10 kenevir kumaşa ait kalınlık sonucu grafiği

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham değeri 0,77 mm ile en düşük kalınlık değerine sahiptir. Ham kumaşın adet/cm birimindeki sıklığının diğer kumaş tiplerine kıyasla en az olmasından kaynaklı olarak en düşük kalınlık değerini verdiği tahmin edilmektedir. Rinse yıkama sonrası kalınlık 0,98 mm'lik değer ile en yüksek kalınlık değerlerinden birini göstermektedir. Rinse yıkamadaki 5 dakikalık işlem süresinde dahi liflerin şişerek kumaş yapısını sıkılaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler ve %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş denimler ile yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 0,98 mm'lik kalınlık değerine sahiptir. Kumaş pürüzlülüğünden kaynaklı olarak farklı işlem koşullarında birden fazla yüksek kalınlık değerine ulaşıldığı düşünülmektedir.

6.2.1. Kumaş Tiplerine Göre Kalınlık Testi Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kalınlık değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup

olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.17.'de verilmiştir.

Tablo 6. 17. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş Tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Kalınlık
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	216	243.17	Chi-Square	733.134
%78 Pamuk-%22 Kenevir	216	540.50	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	216	756.50	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık renkli)	216	189.83		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.18.'de verilmektedir.

Tablo 6. 18. Kumaş çeşidine göre kalınlık testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	216	108.50	23436.00	.000	.000*
%78 Pamuk-%22 Kenevir	216	324.50	70092.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	216	108.50	23436.00	.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	216	324.50	70092.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	216	243.17	52525.00	17567.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	216	189.83	41003.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	216	108.50	23436.00	.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	216	324.50	70092.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	216	324.50	70092.00	.000	.000*
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık renkli)	216	108.50	23436.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	216	324.50	70092.00	.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	216	108.50	23436.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kumaştaki kenevir oranının tüm kumaş tiplerindeki kalınlık testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı

görülmüştür. Kumaşın içerdiği kenevir oranı ve boyarmadde miktarıyla ilişkili olarak kalınlık test sonuçlarının her kumaş tipinde önemli farklılık yarattığı görülmüştür.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

6.2.2. İşlem Koşullarının Kalınlık Testi Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen kalınlık test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.2.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.19.'da verilmiştir.

Tablo 6. 19. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	72	122.28	6.379	.041*
50	72	107.13		
75	72	96.09		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucunda Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi %25 oranında kalınlık

daha yüksekken ozon kapasitesi arttıkça kalınlık değerinde düşüş görülmüştür. Kumaşa uygulanan ozon miktarı arttıkça kumaşın kalınlığı azalmıştır. Ozon kumaş yüzeyine etki ederek lif kaybına sebep olmuş ve kalınlığı azaltmıştır. Gramaj değişimi de bu sonucu desteklemektedir.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.20.'de verilmiştir.

Tablo 6. 20. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	72	102.28	2.332	.312
10	72	105.76		
15	72	117.46		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.21.'de verilmiştir.

Tablo 6. 21. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	108	109.34	11809.00	5741.000	.843
Yumuşak su	108	107.66	11627.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.2.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.22.'de verilmiştir.

Tablo 6. 22. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	72	110.94	.205	.903
50	72	106.24		
75	72	108.33		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.23.'te verilmiştir.

Tablo 6. 23. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	72	107.38	2.484	.289
10	72	117.21		
15	72	100.91		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.24.'te verilmiştir.

Tablo 6. 24. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	108	95.89	10356.00	4470.000	.003*
Yumuşak su	108	121.11	13080.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile ıslatılan denim kumaşların ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kalınlığının daha düşük olduğu görülmektedir. Sert suda bulanana iyonların ozon verimini düşürmesi sonucunda liflerin daha az zarar gördüğü ve kalınlık değerinin düşmediği tahmin edilmektedir.

6.2.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.25.'te verilmiştir.

Tablo 6. 25. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	72	104.12	.539	.764
50	72	110.23		
75	72	111.15		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.26.'da verilmiştir.

Tablo 6. 26. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	72	100.81	1.684	.431
10	72	113.47		
15	72	111.23		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.27.'de verilmiştir.

Tablo 6. 27. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	108	97.58	10539.00	4653.000	.010*
Yumuşak su	108	119.42	12897.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yumuşak su ile işlem görmüş denim kumaşların kalınlık değerleri daha yüksektir. Sert su yumuşak suya nazaran kalınlık testi sonuçlarında düşük değerler göstermiştir.

6.2.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- ***Ozon kapasitesinin etkisi***

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.28.'de verilmiştir.

Tablo 6. 28. Ozon kapasitesine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	72	100.79	1.677	.432
50	72	111.40		
75	72	113.31		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.29.'da verilmiştir.

Tablo 6. 29. Ozon süresine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	72	110.83	.164	.921
10	72	106.71		
15	72	107.97		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre kalınlık testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.30.'da verilmiştir.

Tablo 6. 30. Su sertliğine göre kalınlık testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	108	113.96	12308.00	5242.000	.199
Yumuşak su	108	103.04	11128.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde kalınlık test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.3. Hava Geçirgenliği Testi Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait hava geçirgenliği testi sonuçları Tablo 6. 31.'de verilmiştir.

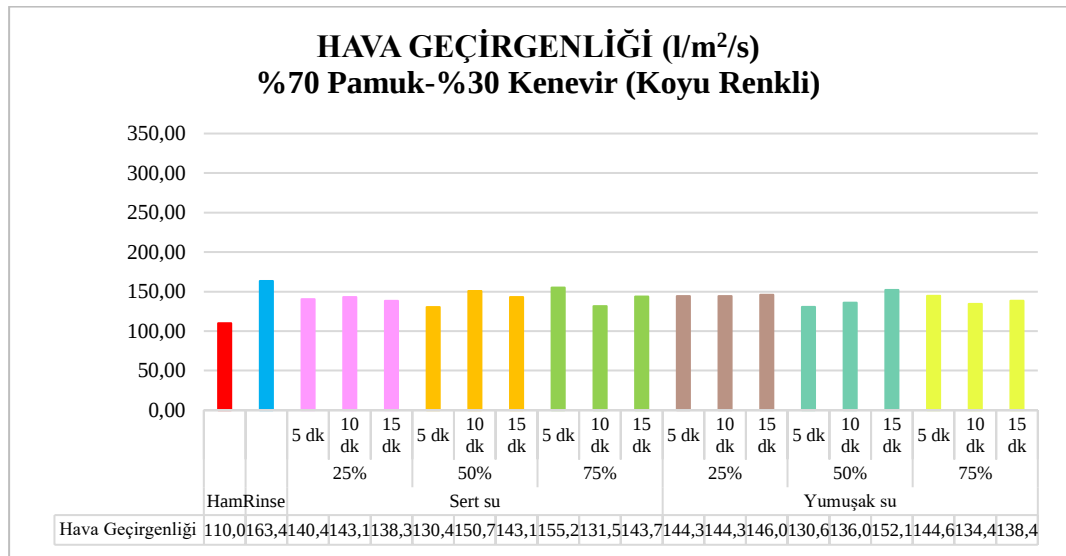
Tablo 6. 31.Hava geçirgenliği testi sonuçları

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Hava Geçirgenliği Testi Sonuçları (l/m ² /s)
Ham	-	-	-	110,00
Rinse	-	-	-	163,44
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	140,44
			10	143,11
			15	138,33
		50	5	130,44
			10	150,78
			15	143,11
		75	5	155,22
			10	131,56
			15	143,78
	Yumuşak su	25	5	144,33
			10	144,33
			15	146,00
		50	5	130,67
			10	136,00
			15	152,11
		75	5	144,67
			10	134,44
			15	138,44

Ham	-	-	-	124,11
Rinse	-	-	-	175,00
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	129,00
			10	147,11
			15	142,56
		50	5	137,78
			10	147,11
			15	148,00
		75	5	140,33
			10	136,89
			15	133,33
	Yumuşak su	25	5	148,67
			10	142,44
			15	141,11
		50	5	142,33
			10	154,56
			15	152,00
		75	5	147,56
			10	156,67
			15	154,33
Ham	-	-	-	89,46
Rinse	-	-	-	55,04
%78 Pamuk-%22 Kenevir	Sert su	25	5	47,37
			10	49,47
			15	48,23
		50	5	47,51
			10	46,47
			15	46,50
		75	5	46,99
			10	49,31
			15	47,82
	Yumuşak su	25	5	45,47
			10	46,48
			15	46,38
		50	5	45,53
			10	46,21
			15	44,63
		75	5	47,68
			10	47,29
			15	46,74

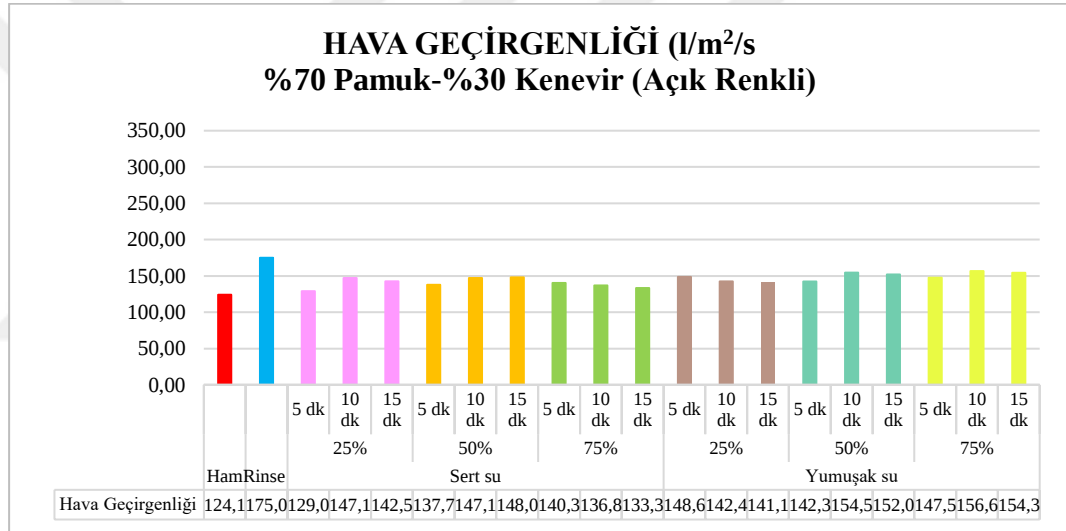
Ham	-	-	-	312,11
Rinse	-	-	-	55,04
%90 Pamuk-%10 Kenevir	Sert su	25	5	47,37
			10	49,47
			15	48,23
		50	5	47,51
			10	46,47
			15	46,50
		75	5	46,99
			10	49,31
			15	47,82
	Yumuşak su	25	5	45,47
			10	46,48
			15	46,38
		50	5	45,53
			10	46,21
			15	44,63
		75	5	47,68
			10	47,29
			15	46,74

Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için hava geçirgenliği sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.



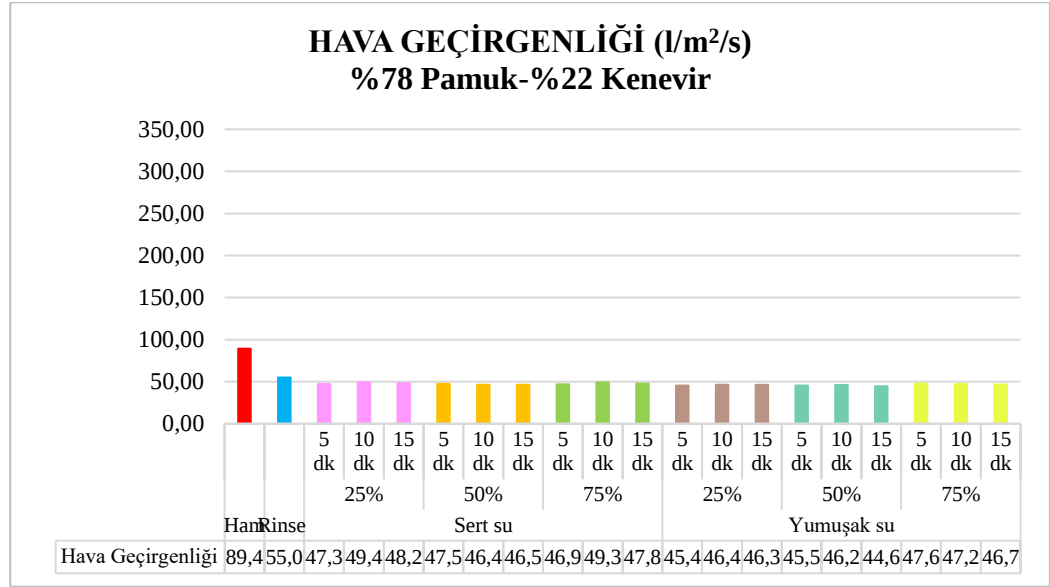
Şekil 6. 9. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa hava geçirgenliği sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham değeri 110,0 l/m²/s ile en düşük hava geçirgenliği değerine sahiptir. Ham kumaşın üzerinde bulunan haşıl maddesinden kaynaklı olarak hava geçirgenliği değerinin düşük olduğu tahmin edilmektedir. Rinse yıkama sonu hava geçirgenliği değeri 163,4 l/m²/s olup en yüksek hava geçirgenliği değerine sahiptir. Kumaşta bulunan pamuk lifi oranı yüksek olsa dahi ön yıkama süresinin 5 dk olması nedeniyle lif şişmesi meydana gelmemiş olup sıklık artışı gözlemlenmemiştir. Bu sebeple ön yıkama sonu hava geçirgenliğinin en yüksek değere sahip olduğu düşünülmektedir. Ozonla sararmayı önleme yıkamasından sonra kumaşta en boy çekmesi gerçekleşerek atkı ve çözgü yönünde sıklık değerlerinin adet/cm biriminde artması nedeniyle hava geçirgenliği değerleri azalma göstermiştir.



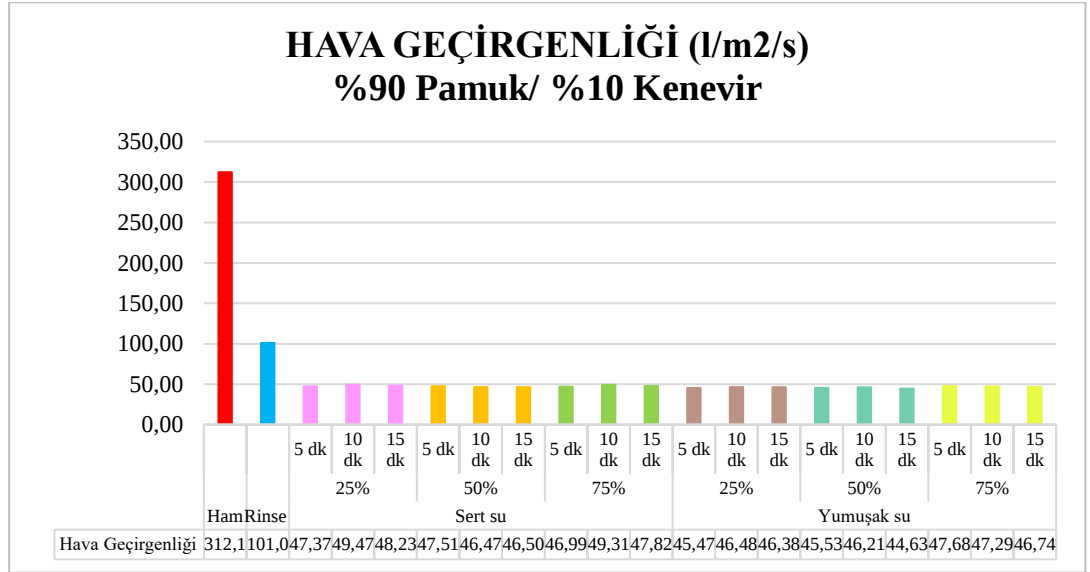
Şekil 6. 10. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa hava geçirgenliği sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham değeri 124,1 l/m²/s ile en düşük hava geçirgenliğine sahiptir. Ön yıkama süresinin 5 dakikalık kısa bir süre olması nedeniyle kumaşta bulunan pamuk lifi oranı yüksek olsa da lif şişmesi meydana gelmemiş ve sıklık artışı görülmemiştir. Bu sebeple ön yıkama sonu 175,0 l/m²/s değeri ile en yüksek hava geçirgenliğine sahiptir. Ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra ön yıkama sonuna göre daha düşük hava geçirgenliği gözlemlenmiş olup işlemler sonucu kumaşta çekme meydana gelerek adet/cm biriminde sıklığın artmasından kaynaklı olarak hava geçirgenliği değerlerinin azaldığı düşünülmektedir.



Şekil 6. 11. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait hava geçirgenliği sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham değeri 89,4 l/m²/s ile en yüksek hava geçirgenliğine sahiptir. Rinse yıkama sonrası hava geçirgenliği azalma göstermiş olup 55,0 l/m²/s değerine sahiptir. Ham ve ön yıkama sonu hava geçirgenliği değerinin diğer kumaş tiplerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiş olup kumaşta bulunan kenevir lifi oranı azaldıkça hava geçirgenliği değerinin azalma gösterdiği düşünülmüştür (Kertmen ve Yıldırım, 2022). Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 44,6 l/m²/s'lik hava geçirgenliği değerine sahiptir. Çoğunlukla 5.dakika'dan 10.dakika'ya kadar hava geçirgenliğinde artış görülürken 15.dakika sonrasında azalma görüldüğü için ozonun kumaş yapısına zarar verdiği düşünülmektedir. Yumuşak suda sert suda bulunan iyonların bulunmaması nedeniyle ozon verimi olumsuz etkilenmemiş, kumaş çekmesi daha fazla görülmüş, sıklık değerleri adet/cm biriminde artış göstererek hava geçirgenliği değerini azaltmıştır.



Şekil 6. 12. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait hava geçirgenliği sonucu grafiği

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham değeri 312,1 l/m²/s ile en yüksek hava geçirgenliğine sahiptir. Ham çözgü ve atkı yönü sıklık değerleri incelendiğinde 18 adet/cm çözgü sıklığı ve 17 adet/cm atkı sıklığı ile tüm kumaş tiplerine kıyasla en az sıklığa sahip kumaş tipinin %90 pamuk-%10 kenevir olması nedeniyle ham hava geçirgenliği sonucunun en yüksek değere sahip olduğu düşünülmektedir. Sıklık değerinin bu numunede düşük olması nedeniyle kumaş yapısında daha fazla boşluk oluşumu gerçekleşmiş, kumaş daha gözenekli bir yapı kazanarak hava geçirgenliği artışını sağlamıştır. Rinse yıkama sonrası hava geçirgenliği azalma göstermiş olup 55,04 l/m²/s değerine sahiptir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme yıkaması işlemlerinden sonra yumuşak su ile ısıtılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 44,63 l/m²/s'lik hava geçirgenliği değerine sahiptir. Sert suyun ozon verimini düşürmesi nedeniyle sıklık artışı görülmemiş, kumaşta daha az çekme meydana gelmiş ve hava geçirgenliği değerleri yumuşak suya nazaran daha yüksek sonuçlar vermiştir.

6.3.1. Kumaş Tiplerine Göre Hava Geçirgenliği Testi Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra hava geçirgenliği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak

önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6. 32.'de verilmiştir.

Tablo 6. 32. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Hava Geçirgenliği
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	473.45	Chi-Square	547.534
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	81.50	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	162	243.50	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	162	499.55		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.33.'te verilmektedir.

Tablo 6. 33. Kumaş çeşidine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	243.50	39447.00	0.000	0.000*
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	81.50	13203.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	243.50	39447.00	0.000	0.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	162	81.50	13203.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	149.95	24211.00	11008.000	0.012*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	162	175.55	28439.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	81.50	13203.00	0.000	0.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	162	243.50	39447.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	81.50	13203.00	0.000	0.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	162	243.50	39447.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	162	81.50	13203.00	0.000	0.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	162	243.50	39447.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kumaştaki kenevir oranının tüm kumaş tiplerindeki hava geçirgenliği testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür. Kumaşın içerdiği kenevir oranı arttıkça hava geçirgenliği daha yüksek sonuçlar vermiş olup ikili kıyaslama sonucunda önemli farklılık görülmüştür. Aynı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşlarda ise farklı oranlara kıyasla daha az olsa da önemli bir fark görülmüştür.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir. Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen hava geçirgenliği test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.3.2. İşlem Koşullarının Hava Geçirgenliği Test Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen hava geçirgenliği test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.3.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.34.'te verilmiştir.

Tablo 6. 34. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	84.47	0.328	.849
50	54	79.80		
75	54	80.23		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Ozon süresinin etkisi*

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.35'te verilmiştir.

Tablo 6. 35. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	77.57	0.647	.724
10	54	82.19		
15	54	84.73		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.36.'da verilmiştir.

Tablo 6. 36. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	83.91	6797.00	3085.000	.512
Yumuşak su	81	79.09	6406.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.3.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- ***Ozon kapasitesinin etkisi***

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.37.'de verilmiştir.

Tablo 6. 37. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	73.85	2.916	.233
50	54	89.26		
75	54	81.39		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.38.'de verilmiştir.

Tablo 6. 38. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	70.79	4.478	.107
10	54	89.11		
15	54	84.60		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.39.'da verilmiştir.

Tablo 6. 39. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	66.86	5416.00	2095.000	-3.973
Yumuşak su	81	96.14	7787.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.6.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.40.'ta verilmiştir.

Tablo 6. 40. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	80.18	10.171	.001*
50	54	67.81		
75	54	96.51		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 5. dakika ile 10. dakika arasında hava geçirgenliği değerleri artış gösterirken 15. dakika sonrası azalma göstermesi nedeniyle ozonun kumaş yapısına zarar vererek yüzeyde boşluk oluşumunu sağladığı tahmin edilmektedir.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.41.'de verilmiştir.

Tablo 6. 41. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	77.64	2.352	.308
10	54	89.49		
15	54	77.37		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.42.'de verilmiştir.

Tablo 6. 42. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	92.91	7526.00	2356.000	.002*
Yumuşak su	81	70.09	5677.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile işlem görmüş denim kumaşların hava geçirgenliği değeri daha yüksektir. Yumuşak su sert suya nazaran hava geçirgenliği testi sonuçlarında düşük değerler göstermiştir. Sert suyun ozon verimini düşürmesi nedeniyle kumaş çekmesi az olup sıklık artışı görülmemiş ve hava geçirgenliği değerleri yumuşak suya nazaran daha yüksek sonuçlar vermiştir.

6.3.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.43.'te verilmiştir.

Tablo 6. 43. Ozon kapasitesine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	85.21	1.076	.584
50	54	83.05		
75	54	76.24		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.44.'te verilmiştir.

Tablo 6. 44. Ozon süresine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	92.69	5.767	.056
10	54	71.06		
15	54	80.75		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.45.'te verilmiştir.

Tablo 6. 45. Su sertliğine göre hava geçirgenliği testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	70.81	5735.50	2414.500	.004*
Yumuşak su	81	92.19	7467.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde hava geçirgenliği test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile işlem görmüş denim kumaşların hava geçirgenliği değeri daha yüksektir. Sert suyun ozon verimini düşürmesi nedeniyle kumaşın yıkama işlemleri sonucu çekmesi az olup sıklık artışı fazla görülmemiş ve hava geçirgenliği değerleri yumuşak suya kıyasla daha yüksek sonuçlar vermiştir.

6.4. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait yırtılma mukavemeti testi sonuçları Tablo 6.46.'da verilmiştir.

Tablo 6. 46. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları

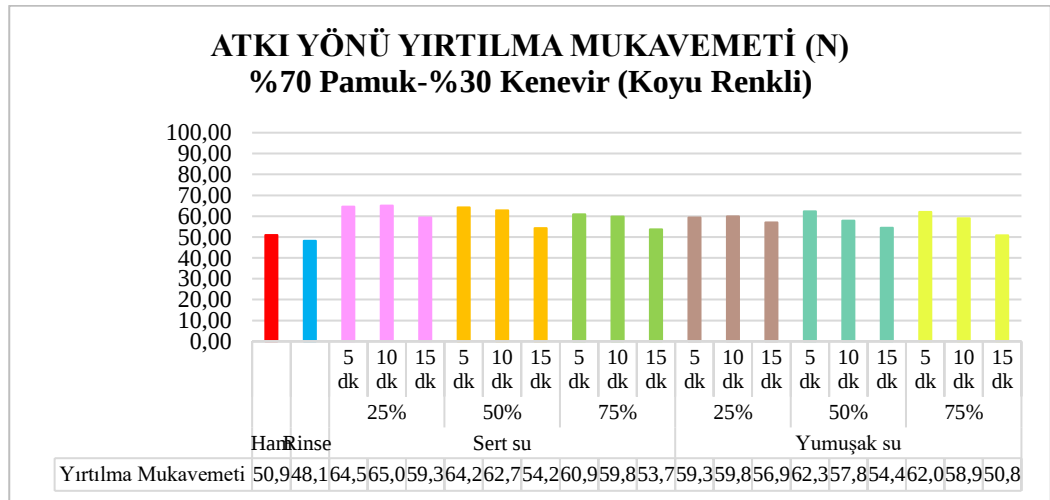
Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları (N)	Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları (N)
Ham	-	-	-	25,00	65,00
Rinse	-	-	-	14,17	25,97
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	12,32	22,67
			10	12,55	20,45
			15	11,10	22,00
		50	5	13,77	22,32
			10	12,20	19,67
			15	10,98	18,77
		75	5	12,32	22,55
			10	13,87	21,00
			15	11,10	23,22
	Yumuşak su	25	5	15,42	25,12
			10	14,10	23,33
			15	12,87	21,33
		50	5	14,98	23,78
			10	15,20	23,12
			15	13,98	24,22
		75	5	13,87	18,43
			10	14,75	18,87
			15	12,88	18,90

Ham	-	-	-	50,95	26,54
Rinse	-	-	-	48,19	31,20
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	64,57	39,91
			10	65,06	38,92
			15	59,37	38,86
		50	5	64,20	41,43
			10	62,78	38,81
			15	54,26	37,56
		75	5	60,92	39,29
			10	59,87	38,86
			15	53,74	37,71
	Yumuşak su	25	5	59,36	37,96
			10	59,89	39,90
			15	56,99	34,59
		50	5	62,31	36,79
			10	57,85	37,17
			15	54,44	35,02
		75	5	62,03	35,83
			10	58,99	34,93
			15	50,81	31,82
Ham	-	-	-	44,47	45,96
Rinse	-	-	-	56,72	41,38
%78 Pamuk- %22 Kenevir	Sert su	25	5	65,78	64,57
			10	64,69	64,21
			15	64,82	62,74
		50	5	65,72	65,46
			10	65,32	63,53
			15	60,57	62,43
		75	5	61,91	62,94
			10	63,49	64,18
			15	55,98	60,86
	Yumuşak su	25	5	64,76	64,75
			10	63,71	63,08
			15	54,66	61,04
		50	5	63,34	63,07
			10	57,70	60,86
			15	46,57	59,87
		75	5	59,89	60,75
			10	53,52	59,36
			15	42,53	55,60

Ham	-	-	-	20,97	33,06
Rinse	-	-	-	20,91	34,91
%90 Pamuk-%10 Kenevir	Sert su	25	5	37,66	55,86
			10	33,26	52,50
			15	33,39	52,17
		50	5	35,09	55,20
			10	32,06	53,10
			15	32,74	50,57
		75	5	35,22	53,75
			10	33,00	50,50
			15	31,53	49,77
	Yumuşak su	25	5	33,81	52,93
			10	35,30	50,64
			15	32,12	52,33
		50	5	34,71	51,47
			10	33,76	51,51
			15	32,57	49,95
		75	5	36,92	51,58
			10	30,42	48,44
			15	28,65	47,25

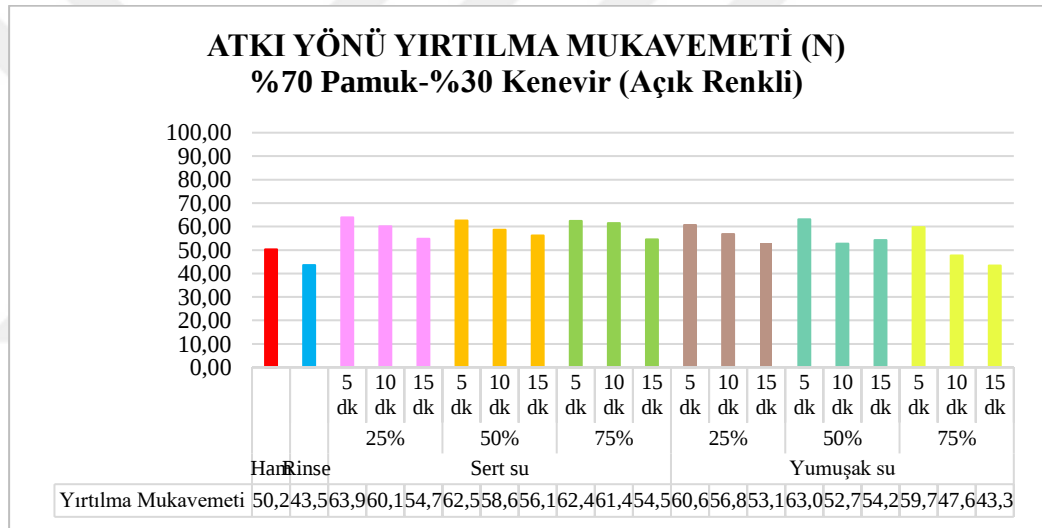
Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için atkı ve çözgü yönüne ait yırtılma mukavemeti sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.

- Atkı Yönüne Ait Yırtılma Mukavemeti Sonuçları



Şekil 6. 13. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

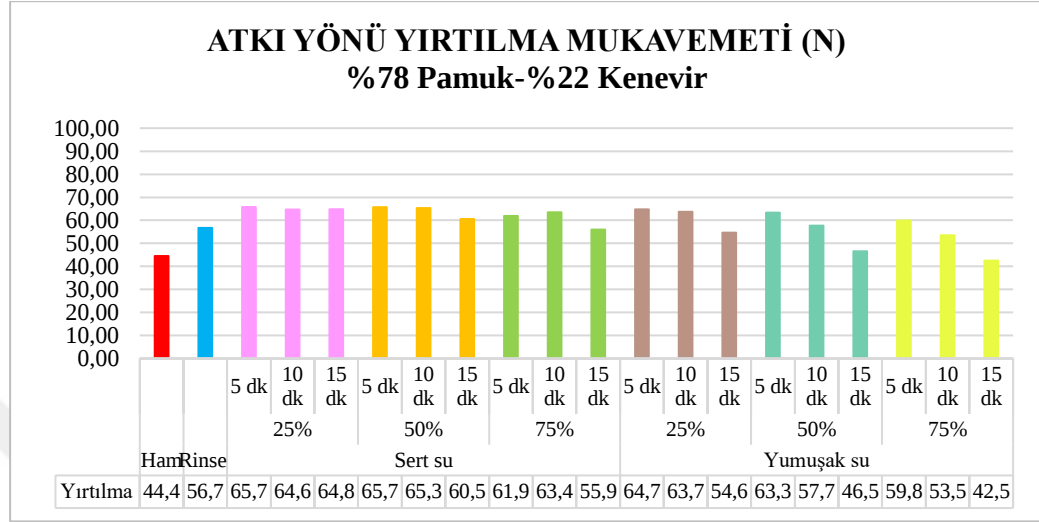
%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham atkı yönü mukavemet değeri 50,9 N'dur. Rinse yıkama sonucu azalma göstererek 48,1 N ile en düşük atkı yönü mukavemetine sahiptir. Henüz tüm yıkama işlemlerinin gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tutuma sahip olup zor yırtılmadığı düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 65,0 N'luk atkı yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Atkı yönünde yırtılma mukavemeti ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra artış göstermiştir. Ozonun 5.dakikadan sonra liflere zarar vererek atkı yönü yırtılma mukavemetini düşürdüğü tahmin edilmektedir.



Şekil 6. 14. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

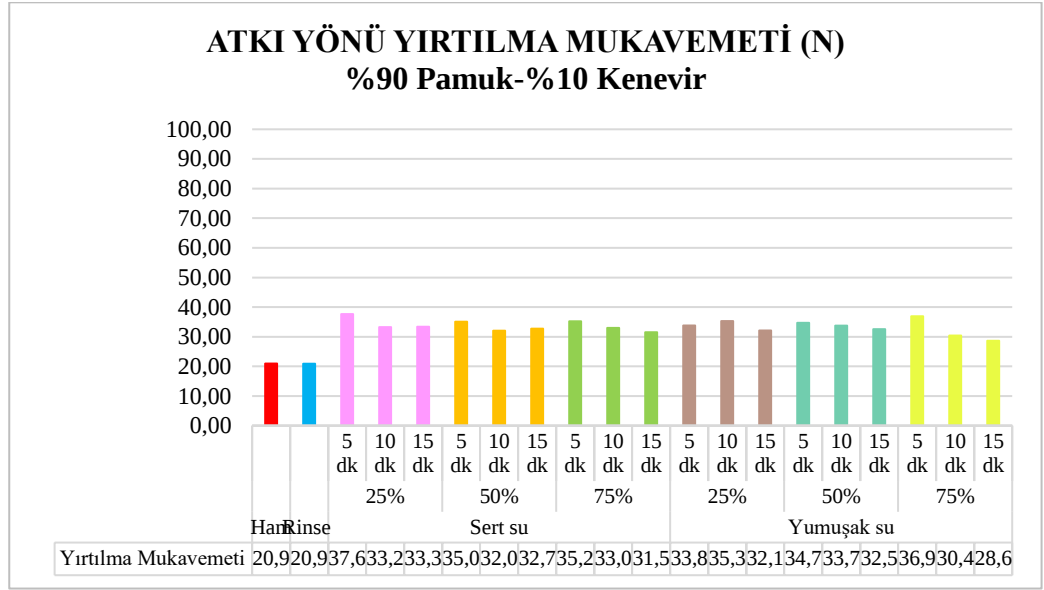
%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham atkı yönü mukavemet değeri 50,2 N'dur. Rinse yıkama sonucu azalma göstererek atkı yönü mukavemeti 43,5 N değerine sahiptir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler 43,3 N ile en düşük atkı yönü yırtılma mukavemetine sahiptir. Ozonun 5.dakikadan sonra liflere zarar vermesi nedeniyle atkı yönü yırtılma mukavemetini düşürdüğü tahmin edilmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 63,9 N'luk atkı yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir.

Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle atkı yönü yırtılma mukavemetinin olumsuz etkilenmediği düşünülmektedir. Atkı yönünde yırtılma mukavemeti kumaşın rijitliğinin azalması nedeniyle ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra artış göstermiştir.



Şekil 6. 15. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

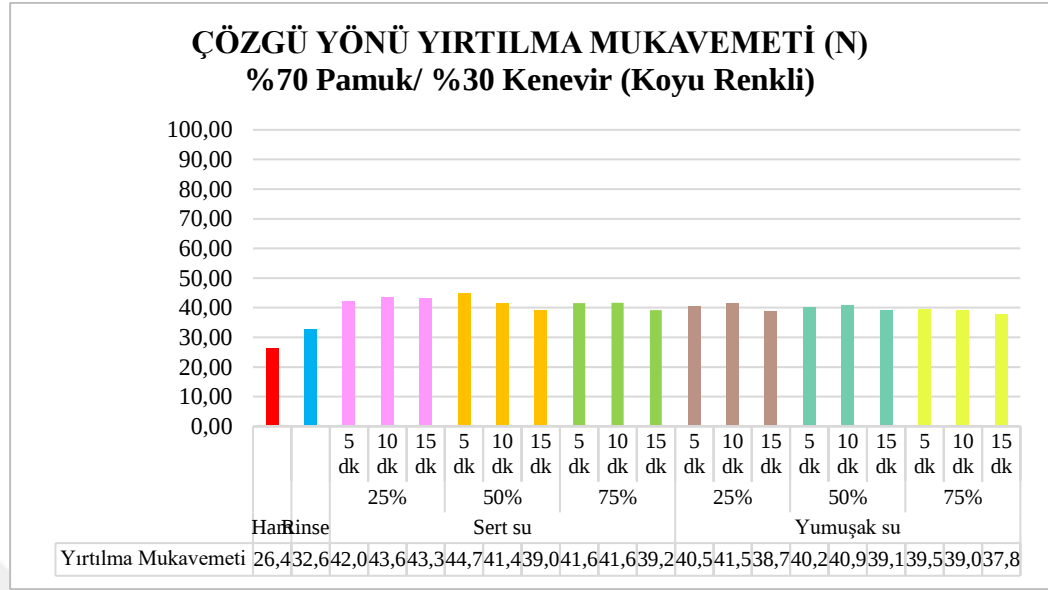
%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham atkı yönü mukavemet değeri 44,4 N ile en düşük atkı yönü mukavemetine sahiptir. Bu kumaş tipinde %30 kenevir içeren kumaş tiplerine kıyasla ham atkı yönü sıklık değerinin adet/cm biriminde daha düşük olması nedeniyle ham atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucunun düşük olduğu tahmin edilmektedir. Rinse yıkama sonucu artış göstererek 56,7 N mukavemete sahiptir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler ve %50 ozon kapasitesinde 5 dk işlem görmüş denimler ile en yüksek 65,7 N'luk atkı yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların atkı yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Ozon gazının oranının yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Atkı yönünde yırtılma mukavemeti ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra artış göstermiştir.



Şekil 6. 16. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

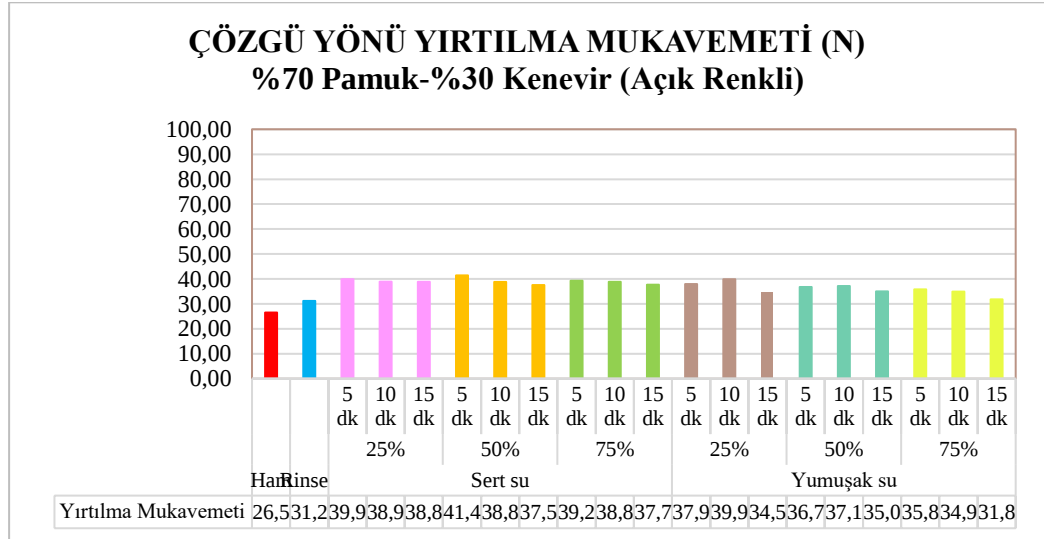
%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham atkı yönü mukavemet değeri 20,9 N'dur. Rinse yıkamada test sonucunun değişmemesi nedeniyle ön yıkama şartlarının atkı yönü yırtılma mukavemeti üzerine etkisi olmadığı görülmüş olup ham ve rinse yıkama sonu en düşük atkı yönü yırtılma mukavemeti değerlerine sahiptir. Tüm kumaş tipleri içerisinde ham atkı yönü sıklık değerinin bu kumaş tipinde adet/cm biriminde en düşük olması nedeniyle ham atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucunun en düşük olduğu tahmin edilmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 37,6'lık atkı yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Her kumaş tipi için sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denim numunelerinin yüksek atkı yönü mukavemeti sonucunu vermesi nedeniyle atkı yönü mukavemeti için en uygun işlem koşullarının bu olduğu düşünülmektedir. Her kumaş tipinde en düşük atkı yönü yırtılma mukavemeti ham ve rinse yıkama sonucunda görülmüş olup yıkama işlemlerinden sonra kumaş tuşesindeki rijitlik azalarak yırtılma mukavemetinin arttığı düşünülmektedir.

- **Çözü Yözüne Ait Yırtılma Mukavemeti Sonuçları**



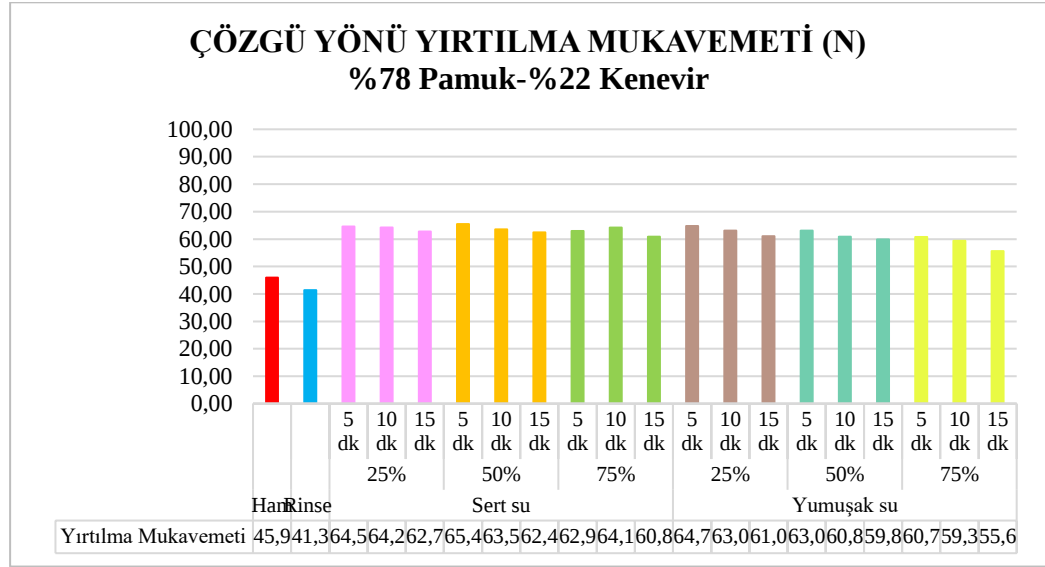
Şekil 6. 17. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiğı

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham çözgü yönü mukavemet değeri 26,4 N olup en düşük değere sahiptir. Henüz yıkama işlemlerinin gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup daha kolay yırtıldığı düşünülmektedir. Rinse yıkama sonucu değeri artış göstererek 32,6 N'a ulaşmıştır. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 44,7 N'luk çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Ozon kapasite ve süresinin yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceğı düşünülmektedir. Çözgü yönünde yırtılma mukavemeti kumaştaki rijit tutumun azalması nedeniyle ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra artış göstermiştir.



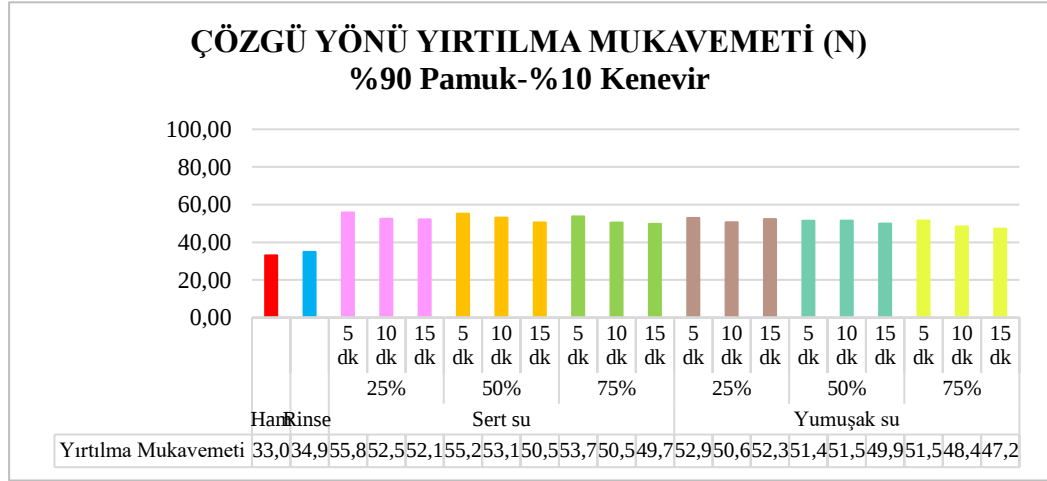
Şekil 6. 18. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham çözgü yönü mukavemet değeri 26,5 N olup en düşük değere sahiptir. Yıkama işlemlerinin gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup yırtılma mukavemeti değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Rinse yıkama sonucu değer artış göstererek 31,2 N'a ulaşmıştır. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 41,4 N'luk çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Zemin renkleri farklı olsa da aynı kenevir oranına sahip olan kumaşların en iyi çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine aynı işlem şartlarında sert su ile %50 ozon kapasitesinde 5 dakikada ulaştığı görülmüştür. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Ozonun 5. dakikadan sonra liflere zarar vererek çözgü yönü yırtılma mukavemetini düşürdüğü tahmin edilmektedir. Çözgü yönünde yırtılma mukavemeti ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaşın yumuşak tutumu nedeniyle artış göstermiştir.



Şekil 6. 19. %78 pamuk/%22 kenevir kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham çözgü yönü mukavemet değeri 45,9 N'dur. Rinse yıkama sonucu 41,3 N değerine düşüş gözlenmiş olup en düşük çözgü yönü mukavemeti sonucu görülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 65,4 N'luk çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. %22 kenevir oranına sahip olan kumaşların da en iyi çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine aynı işlem şartlarında sert su ile %50 ozon kapasitesinde 5 dakikada ulaştığı görülmüştür. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Ozon kapasite ve süresinin yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Çözgü yönünde yırtılma mukavemeti ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaşın yumuşak tuşe sahip olması nedeniyle artış göstermiştir.



Şekil 6. 20. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu grafiği

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham çözgü yönü mukavemet değeri 33,0 N olup en düşük çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. Yıkama işlemlerinin bu işlem adımı henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup yırtılma mukavemeti değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Rinse yıkama sonucu çözgü yönü mukavemet değeri artış göstererek 34,9 N değerine ulaşmıştır. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 55,2 N'luk çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir. %10 kenevir oranına sahip olan kumaşların da en iyi çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine aynı işlem şartlarında sert su ile %50 ozon kapasitesinde 5 dakikada ulaştığı görülmüştür. Tüm kumaş tiplerinde sert su ile %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlemin çözgü yırtılma mukavemetinin üzerinde en iyi etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Ozon kapasite ve süresinin yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Çözgü yönünde yırtılma mukavemeti ozonla ağartma ve ozon sararma giderme yıkaması işlemlerinden sonra yumuşatıcı kullanımı nedeniyle artış göstermiştir. En düşük çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonuçları ham ve rinse yıkama sonucu görüldüğü için yıkama işlemlerinden sonra kumaşın tuşesinde yumuşamadan kaynaklı yırtılmanın zorlaştığı düşünülmektedir.

6.4.1. Kumaş Tiplerine Göre Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları

- *Atkı Yönüne Ait Yırtılma Mukavemeti Sonuçları*

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra atkı yönünde yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.47.'de verilmiştir.

Tablo 6. 47. Kumaş çeşidine göre atkı yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş Tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	136.08	Chi-Square	126.709
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	149.64	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.50	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	120.78		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.48.'de verilmektedir.

Tablo 6. 48. Kumaş çeşidine göre atkı yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	49.37	2666.00	1181.000	.089
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	59.63	3220.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	81.50	4401.00	.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.50	1485.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	60.21	3251.50	1149.500	.058
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	48.79	2634.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.50	4401.00	.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.50	1485.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	63.51	3429.50	971.500	.003*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	45.49	2456.50		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.50	1485.00	.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	81.50	4401.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kumaştaki kenevir oranı aynı ya da kenevir oranları arasında %8 ve %12 fark olan denim ürünlerde atkı yönü yırtılma mukavemetinde önemli bir fark görülmemiştir. Sadece açık renkli olan kumaşlarda %8 oranında farka rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark görülmüş olup lif özellikleri, iplik numarası, büküm sayısı ve kumaş özellikleri gibi bu kumaş tipindeki hammadde özelliklerinin etkin olduğu düşünülmektedir.

- Çözümlü Yönüne Ait Yırtılma Mukavemeti Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.49.'da verilmiştir.

Tablo 6. 49. Kumaş çeşidine göre çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	71.75	Chi-Square	189.297
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	189.27	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	135.73	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	37.25		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.50.'de verilmektedir.

Tablo 6. 50. Kumaş çeşidine göre çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	27.50	1485.00	.000*	.000*
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.50	4401.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	27.50	1485.00	.000*	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	81.50	4401.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	71.75	3874.50	526.500	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	37.25	2011.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.27	4388.50	12.500	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	27.73	1497.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.50	4401.00	.000*	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	27.50	1485.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	81.50	4401.00	.000*	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	27.50	1485.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kumaştaki kenevir oranının tüm kumaş tiplerindeki çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

6.4.2. İşlem Koşullarının Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen yırtılma mukavemeti test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.4.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.51.'de verilmiştir.

Tablo 6. 51. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	31.92	2.968	.227	34.83	7.764	.021*
50	18	27.69			27.44		
75	18	22.89			20.22		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça çözgü yönü yırtılma mukavemetinde düşüş görülmüştür. Ozon miktarı arttıkça lifler zarar görmüştür.

- *Ozon süresinin etkisi*

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.52.'de verilmiştir.

Tablo 6. 52. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	38.03	25.338	.000*	32.33	8.031	.018*
10	18	31.78			31.22		
15	18	12.69			18.94		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemetinde düşüş görülmüştür. Ozona maruziyet süresi arttıkça lifler zarar görmüştür.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.53.'te verilmiştir.

Tablo 6. 53. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti			
		Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	31.93	862.00	245.000	.039*	34.94	943.50	163.500	.001*
Yumuşak su	27	23.07	623.00			20.06	541.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert suda bulunan iyonların ozon verimliliğini düşürmesi nedeniyle sert su ile ıslatılan denim kumaşların ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra atkı ve çözgü yönü mukavemet değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

6.4.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.54.'te verilmiştir.

Tablo 6. 54. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş)ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	29.86	1.468	.480	32.14	3.622	.164
50	18	28.75			28.14		
75	18	23.89			22.22		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Ozon süresinin etkisi*

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.55.'te verilmiştir.

Tablo 6. 55. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	40.67	21.241	.000*	31.53	8.427	.015*
10	18	24.92			32.25		
15	18	16.92			18.72		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresinin artmasıyla birlikte atkı yönündeki yırtılma

mukavemeti azalma göstermiş olup ozona maruziyet arttıkça liflerin mukavemet değerlerinin zarar gördüğü düşünülmektedir. Çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değeri ise ozon süresinin artmasıyla ilk artış göstermiş olup sonrasında azalma göstermiştir.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.56.'da verilmiştir.

Tablo 6. 56. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti			
		Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	32.98	890.50	216.500	.010*	35.59	961.00	146.000	.000*
Yumuşak su	27	22.02	594.50			19.41	524.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile ıslatılan denim kumaşların ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Sert suya göre yumuşak suyun atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerlerini düşürdüğü düşünülmektedir. Sert su içerdiği iyonlar nedeniyle denim ağartma işleminde kullanılan ozonun verimini düşürdüğü için mukavemet değerlerini olumsuz etkilememiştir.

6.4.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.57.'de verilmiştir.

Tablo 6. 57. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	34.42	7.255	.027*	34.94	9.405	.009*
50	18	27.78			28.58		
75	18	20.31			18.97		

* $\alpha=0.05$ e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucu azalma göstermiştir. Ozon kapasitesi arttıkça lifler zarar görerek mukavemet kaybına neden olmuştur.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.58.'de verilmiştir.

Tablo 6. 58. .Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	37.92	18.507	.000*	36.97	15.445	.000*
10	18	29.06			29.00		
15	18	15.53			16.53		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti sonucunda azalma görülmüştür. Kumaşın ozon ile temas süresi arttıkça lifler zarar görerek mukavemet kaybına neden olmuştur.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.59.'da verilmiştir.

Tablo 6. 59. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti			
		Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	34.96	944.00	163.000	.000*	35.07	947.00	160.000	.000*
Yumuşak su	27	20.04	541.00			19.93	538.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti test

sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile işlem görmüş denim kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değeri daha yüksektir. Yumuşak suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle, yumuşak su sert suya kıyasla atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti testi sonuçlarında daha düşük değerler göstermiştir.

6.4.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.60.'ta verilmiştir.

Tablo 6. 60. Ozon kapasitesine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözgü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	31.94	2.874	.238	34.06	9.003	.011*
50	18	27.50			29.67		
75	18	23.06			18.78		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değeri azalma göstermiştir. Ozonun kumaş ile temas yoğunluğu arttıkça lifler zarar görerek çözgü yönündeki yırtılma mukavemetini düşürmüştür.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.61.'de verilmiştir.

Tablo 6. 61. Ozon süresine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti			Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti		
		Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	39.31	16.390	.000*	38.86	15.359	.000*
10	18	24.44			24.78		
15	18	18.75			18.86		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değeri azalma göstermiştir. Ozonun kumaş ile temas süresi arttıkça lifler zarar görerek atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemetini düşürmüştür.

- Su sertliğinin etkisi

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.62.'de verilmiştir.

Tablo 6. 62. Su sertliğine göre yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 keneyir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Atkı Yönü Yırtılma Mukavemeti				Çözümlü Yönü Yırtılma Mukavemeti			
		Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	28.83	778.50	328.500	.533	33.65	908.50	198.500	.004*
Yumuşak su	27	26.17	706.50			21.35	576.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde atkı yönü yırtılma mukavemeti test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çözgü yönü mukavemetinde ise su sertliği Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile işlem görmüş denim kumaşların yumuşak su ile işlem görmüş olan denim kumaşlara kıyasla atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sert suda bulunan iyonlar ozon verimini düşürerek etkili ağartma gerçekleşmemesi nedeniyle çözgü yönü mukavemet değerlerini olumsuz etkilememiştir.

6.5. Dairesel Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait dairesele eğilme dayanımı testi sonuçları Tablo 6.63.'te verilmiştir.

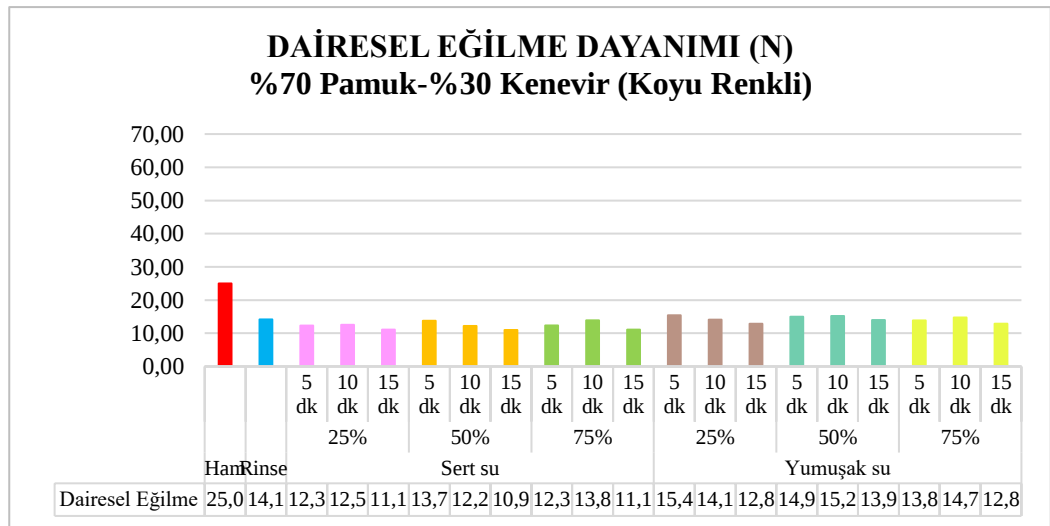
Tablo 6. 63. Dairesel eğilme dayanımı testi sonuçları

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Dairesel Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları (N)
Ham	-	-	-	25,00
Rinse	-	-	-	14,17
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	12,32
			10	12,55
			15	11,10
		50	5	13,77
			10	12,20
			15	10,98
		75	5	12,32
			10	13,87
			15	11,10
	Yumuşak su	25	5	15,42
			10	14,10
			15	12,87
		50	5	14,98
			10	15,20
			15	13,98
		75	5	13,87
			10	14,75
			15	12,88

Ham	-	-	-	27,67
Rinse	-	-	-	12,35
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	9,55
			10	12,35
			15	11,65
		50	5	13,32
			10	11,02
			15	14,22
		75	5	12,57
			10	12,43
			15	13,20
	Yumuşak su	25	5	13,60
			10	12,95
			15	13,77
		50	5	14,32
			10	13,13
			15	12,33
		75	5	12,95
			10	13,00
			15	11,10
Ham	-	-	-	65,00
Rinse	-	-	-	27,78
%78 Pamuk-%22 Kenevir	Sert su	25	5	27,55
			10	25,77
			15	29,12
		50	5	27,33
			10	23,77
			15	23,10
		75	5	22,33
			10	29,45
			15	24,00
	Yumuşak su	25	5	24,43
			10	28,67
			15	27,35
		50	5	29,88
			10	26,10
			15	26,33
		75	5	33,50
			10	28,45
			15	31,78

Ham	-	-	-	65,00
Rinse	-	-	-	25,97
%90 Pamuk-%10 Kenevir	Sert su	25	5	22,67
			10	20,45
			15	22,00
		50	5	22,32
			10	19,67
			15	18,77
		75	5	22,55
			10	21,00
			15	23,22
	Yumuşak su	25	5	25,12
			10	23,33
			15	21,33
		50	5	23,78
			10	23,12
			15	24,22
		75	5	18,43
			10	18,87
			15	18,90

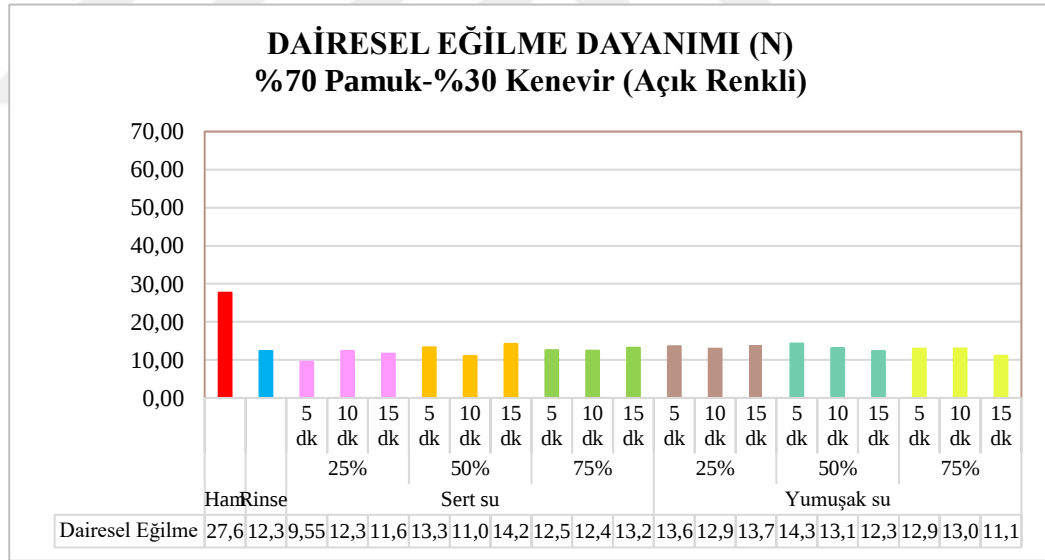
Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için dairesel eğilme dayanımı sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.



Şekil 6. 21. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham dairesel eğilme dayanımı 25,0 N olup en yüksek değeri vermiştir. Yıkama işlemlerinin

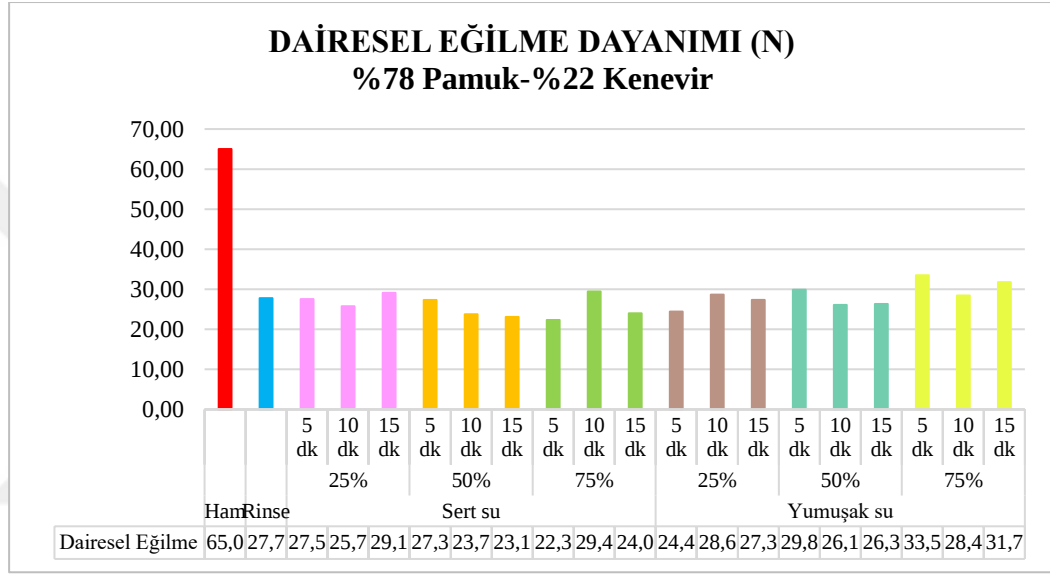
henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaş rijitliğinin fazla olması dairesel eğilme dayanımının en yüksek değere ulaşmasını sağlamıştır. Rinse yıkama sonucu dairesel eğilme dayanımı azalma göstererek 14,1 N değerine düşmüştür. Rinse yıkamanın 5 dakikalık kısa işlem süresinde bile kumaş yapısındaki sertlik azalarak dairesel eğilme dayanımı azalma göstermiştir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 10,9 N'luk dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş kumaşların daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu tahmin edilmektedir. Ozon süresi 5. dakikadan 10.dakikaya arttığında dairesel eğilme dayanımı artış gösterirken 15. dakikada azalma göstererek dairesel eğilme dayanımını düşürmüştür. 10. dakikadan sonra ozonun liflere zarar vererek dairesel eğilme dayanımı değerlerini düşürdüğü tahmin edilmektedir. Dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaşın rijitliğinin azalması nedeniyle düşüş göstermiştir.



Şekil 6. 22. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham dairesel eğilme dayanımı 27,6 N olup en yüksek değere sahiptir. Ham denim kumaşlarda yıkama işlemlerinin henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaş sert bir tutuma sahip olup dairesel eğilme dayanımı en yüksek değeri vermiştir. Rinse yıkamanın kısa sürelik işlem süresinde dahi yıkama işleminden kaynaklı olarak kumaş yumuşak bir

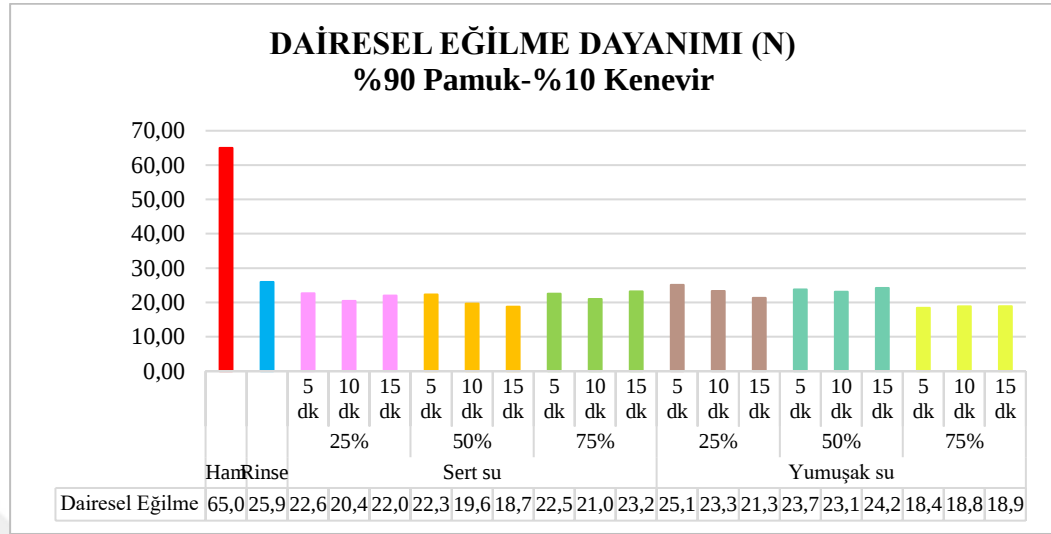
tutuma ulaşıp dairesel eğilme dayanımı 12,3 N'luk değer ile azalma göstermiştir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 9,5 N'luk dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimi düşürmesi nedeniyle kumaşın daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu düşünülmektedir. Dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaş sertliğinin azalması nedeniyle düşüş göstermiştir.



Şekil 6. 23. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait dairesel eğilme dayanımı sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham dairesel eğilme dayanımı 65,0 N olup tüm kumaş tipleri içinde en yüksek değere sahiptir. Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle ham kumaş sertliğinde farklılıklar bulunmaktadır. Yıkama işlemlerinin henüz uygulanmaması nedeniyle ham kumaş rijitliğinin fazla olmasından kaynaklı olarak ham kumaşın en yüksek değeri verdiği tahmin edilmektedir. Rinse yıkamanın 5 dakikalık kısa işlem süresinde dahi kumaş rijitliği azalarak rinse yıkama sonucu dairesel eğilme dayanımı azalmış ve 27,7 N değerine düşmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 22,3 N'luk dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimi düşürmesi nedeniyle kumaşın daha yumuşak bir tuşeye sahip olduğu düşünülmektedir. Dairesel eğilme dayanımı

ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaş rijitliğinin azalması nedeniyle düşüş göstermiştir.



Şekil 6. 24. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait dairesel eğilme sonucu grafiği

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham dairesel eğilme dayanımı 65,0 N olup %22 kenevir içeren ham denim gibi en yüksek değere sahiptir. Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle ham kumaş sertliğinde farklılıklar bulunmaktadır. Rinse yıkama işleminden kaynaklı kumaş rijitliği azalma göstererek 25,9 N değerine düşmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük 18,4 N'luk dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi sebebiyle kumaşların daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu düşünülmektedir. Tüm kumaş tiplerinde yıkama işlemlerinden sonra sağlanan yumuşak tutum ve ham kumaşın rijitliğinin azalması nedeniyle dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra azalma göstermiştir.

6.5.1. Kumaş Tiplerine Göre Dairesel Eğilme Dayanımı Testi Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra dairesel eğilme dayanımı değerleri arasındaki farkın istatistiksel

olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.64.'te verilmiştir.

Tablo 6. 64. Kumaş çeşidine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş Tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Dairesel Eğilme Dayanımı
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	58.76	Chi-Square	168.916
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	181.03	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	143.01	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	51.20		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.65.'te verilmektedir.

Tablo 6. 65. Kumaş çeşidine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kıyaslanan Kumaş Tipleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	27.52	1486.00	1.000	.000*
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.48	4400.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	28.26	1526.00	41.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	80.74	4360.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	54	57.98	3131.00	1270.000	.247
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	51.02	2755.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	73.05	3944.50	456.500	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	35.95	1941.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	54	81.50	4401.00	.000*	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	27.50	1485.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	54	81.31	4391.00	10.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	54	27.69	1495.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kenevir oranının dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür. Aynı

kenevir oranına sahip koyu ve açık renk kumaş arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiş olup renk kaynaklı dairesel eğilme dayanımı farklılığı olmadığı görülmektedir.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

6.5.2. İşlem Koşullarının Dairesel Eğilme Dayanımı Test Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen dairesel eğilme dayanımı test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.5.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.66.'da verilmiştir.

Tablo 6. 66. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	26.33	.182	.913
50	18	28.56		
75	18	27.61		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70

pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.67.'de verilmiştir.

Tablo 6. 67. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	30.75	9.846	.007*
10	18	33.58		
15	18	18.17		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi 5 dakikadan 10 dakikaya yükseldiğinde dairesel eğilme dayanımı artış gösterirken ozon süresi 15 dakikaya ulaştığında dairesel eğilme dayanımında düşüş görülmüştür. 10. dakikadan sonra ozon etkisiyle liflerin zarar gördüğü düşünülmektedir.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.68.'de verilmiştir.

Tablo 6. 68. Ozon sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	19.00	513.00	135.000	.000*
Yumuşak su	27	36.00	972.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yumuşak su ile ıslatılmış denim kumaşların ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra daha yüksek dairesel eğilme dayanımı değerine sahip olduğu görülmüş olup bu kumaşların daha sert olduğu düşünülmektedir. Ozonun liflere zarar vermesi nedeniyle tutumun sertleştiği tahmin edilmektedir.

6.5.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.69.'da verilmiştir.

Tablo 6. 69. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	24.64	3.892	.143
50	18	33.44		
75	18	24.42		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.70.'te verilmiştir.

Tablo 6. 70. Ozon süresine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	29.19	1.437	.487
10	18	23.89		
15	18	29.42		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.71.'de verilmiştir.

Tablo 6. 71. Su sertliğine göre dairesel eğilme testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	24.31	656.50	278.500	.135
Yumuşak su	27	30.69	828.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.5.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.72.'de verilmiştir.

Tablo 6. 72. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	27.50	1.461	.482
50	18	24.33		
75	18	30.67		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.73.'te verilmiştir.

Tablo 6. 73. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	28.78	.192	.198
10	18	27.17		
15	18	26.56		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.74.'te verilmiştir.

Tablo 6. 74. Su sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	22.83	616.50	238.500	.029*
Yumuşak su	27	32.17	868.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren

kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sert su ile ıslatılmış denim kumaşların dairesel eğilme dayanımı daha düşük olup yumuşak su ile ıslatılmış denim kumaşların ise dairesel eğilme dayanımı daha yüksek değeri vermiştir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle yumuşak suya kıyasla sert su ile ıslatılan denim kumaşların daha yumuşak tutuma sahip olduğu düşünülmektedir.

6.5.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.75.'te verilmiştir.

Tablo 6. 75. Ozon kapasitesine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	18	30.56	2.562	.278
50	18	29.22		
75	18	22.72		

* $\alpha=0.05$ e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- Ozon süresinin etkisi

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.76.'da verilmiştir.

Tablo 6. 76. Ozon süresine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	18	31.58	1.825	.402
10	18	25.53		
15	18	25.39		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.77.'de verilmiştir.

Tablo 6. 77. Su sertliğine göre dairesel eğilme dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	27	26.26	709.00	331.000	.562
Yumuşak su	27	28.74	776.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde dairesel eğilme dayanımı test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.6. Renk Ölçümü Sonuçları

Ham, ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemi uygulanmış %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tiplerine ait renk ölçümü sonuçları Tablo 6.78.'te verilmiştir.

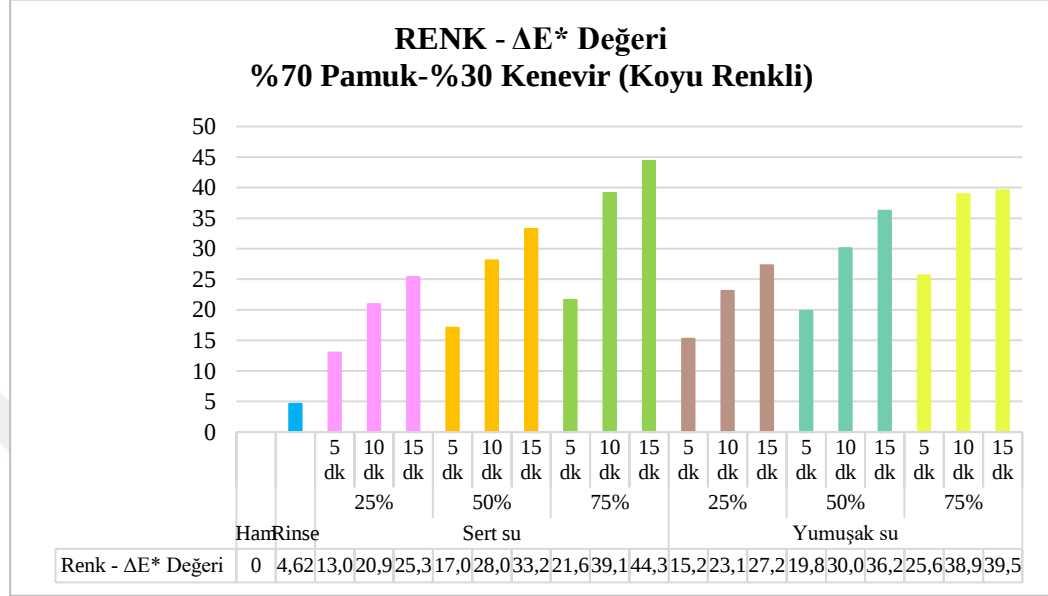
Tablo 6. 78. Renk ölçümü sonuçları

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	ΔE^*	YI
Ham	-	-	-	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	4,62	-80,93
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	13,01	-87,20
			10	20,93	-71,75
			15	25,36	-62,85
		50	5	17,07	-79,61
			10	28,09	-53,56
			15	33,25	-44,87
		75	5	21,61	-69,64
			10	39,13	-29,07
			15	44,37	-20,81
	Yumuşak su	25	5	15,26	-81,69
			10	23,10	-65,53
			15	27,29	-56,58
		50	5	19,82	-71,64
			10	30,09	-50,97
			15	36,22	-38,69
		75	5	25,62	-56,64
			10	38,91	-31,39
			15	39,55	-31,80
Ham	-	-	-	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	31,73	-91,54
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	2,28	-74,42
			10	5,65	-52,16
			15	14,24	-36,65
		50	5	7,88	-63,34
			10	7,89	-32,12
			15	17,91	-13,97
		75	5	1,75	-49,08
			10	22,79	-3,61
			15	24,70	-2,39
	Yumuşak su	25	5	1,47	-70,06
			10	9,19	-46,51
			15	11,55	-29,05
		50	5	3,02	-52,93
			10	11,61	-24,89
			15	16,79	-16,44
		75	5	5,09	-36,78
			10	21,60	-7,37
			15	25,70	-1,50

Ham	-	-	-	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	5,43	-98,48
%78 Pamuk- %22 Kenevir	Sert su	25	5	14,07	-93,95
			10	21,63	-75,91
			15	27,55	-66,48
		50	5	18,03	-84,75
			10	28,22	-65,13
			15	33,84	-55,59
		75	5	28,37	-63,69
			10	38,19	-42,22
			15	43,57	-38,15
	Yumuşak su	25	5	15,84	-86,42
			10	24,22	-73,67
			15	30,02	-62,67
		50	5	21,84	-76,32
			10	31,57	-58,94
			15	38,87	-46,07
		75	5	26,74	-67,09
			10	39,52	-41,68
			15	42,18	-41,33
Ham	-	-	-	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	7,70	-62,08
%90 Pamuk- %10 Kenevir	Sert su	25	5	12,69	-90,09
			10	17,94	-79,37
			15	21,59	-72,30
		50	5	15,08	-82,73
			10	21,77	-69,18
			15	25,62	-64,41
		75	5	20,45	-66,26
			10	31,97	-43,48
			15	36,47	-38,85
	Yumuşak su	25	5	13,05	-89,33
			10	20,01	-74,42
			15	23,76	-70,43
		50	5	16,83	-81,51
			10	26,02	-60,70
			15	29,09	-59,71
		75	5	21,77	-70,07
			10	32,71	-51,17
			15	33,17	-43,59

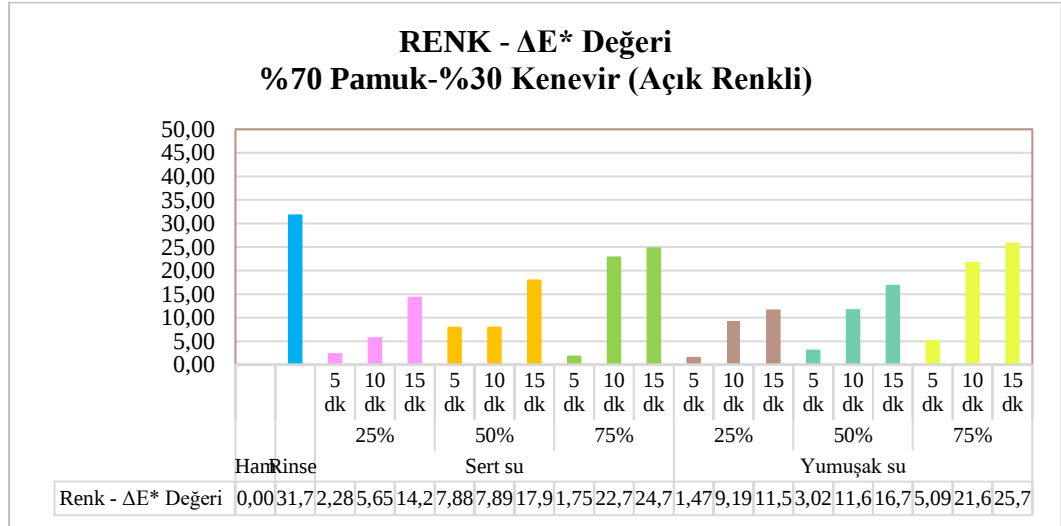
Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle her bir kumaş tipinin kendi içerisinde değerlendirilmesi için renk farkı ve sarılık indeksi sonucu grafikleri aşağıdaki bölümde verilmiştir.

- Renk Farkı Test Sonuçları



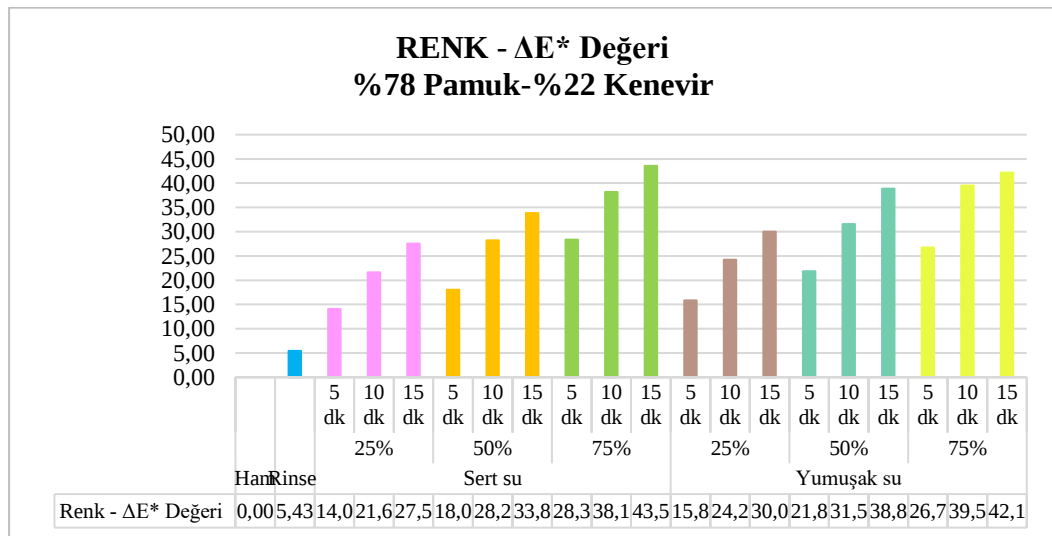
Şekil 6. 25. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham hali referans kabul edilmiş olup ΔE^* değeri 0'dır. Renk farkı rinse yıkama sonucu ΔE^* değeri 4,6 ile düşük bir renk farklılığı göstermiştir. Bu durum nedeninin rinse işlemi sırasında kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması olduğu düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 44,3 ΔE^* değeriyle en yüksek renk farkını göstermektedir. Ham değerine kıyasla ozon süresi ve kapasitesi arttıkça ozon ağartma etkisi artarak kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşması nedeniyle renk farkı artış göstermiştir.



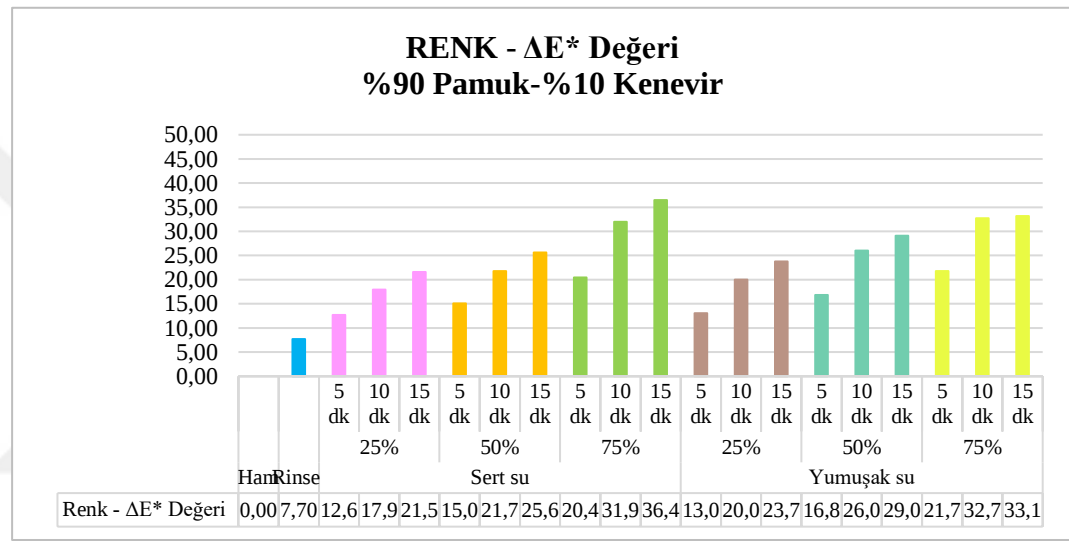
Şekil 6. 26. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham hali referans kabul edilmiş olup ΔE^* değeri 0'dır. Renk farkı rinse yıkama sonucu ΔE^* değeri 31,7 ile ham kumaşa göre en yüksek renk farkını göstermiştir. Kumaş açık renkli olduğu için rinse işlemi sırasında akan boya tüm kumaşı kirleterek rengi koyulaştırdığı düşünülmektedir. Rinse yıkama işlemi görmüş kumaşların L^* değeri 25-27 civarı iken ham kumaş 58 değerinde olup ham kumaş rinse işlemi görmüş olan kumaşa kıyasla daha açık renktir. Ozonla ağartma işlemi sırasında boyarmadde parçalandığı için kumaşın rengi açıldığından renk farklılığı yeniden azalma göstermiştir. Ham değerine göre ozon kapasitesi ve süresi arttıkça ağartmanın etkisiyle daha fazla boyarmadde söküldüğü için denim kumaşlarda daha fazla renk farkı görülmüştür.



Şekil 6. 27. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği

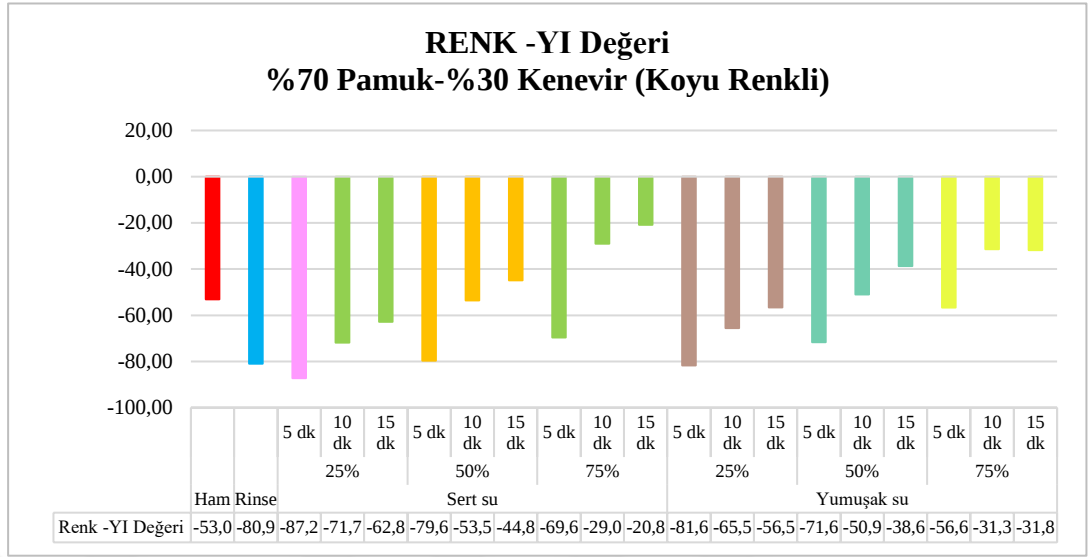
%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham hali referans kabul edilmiş olup ΔE^* değeri 0'dır. Renk farkı rinse yıkama sonucu ΔE^* değeri 5,4 ile ham kumaşa göre düşük bir renk farklılığı göstermiştir. Rinse yıkama işlem adımı boyarmaddeyi etkili bir şekilde söken bir kimyasalın bulunmaması nedeniyle renk farkı en az görülmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek 43,5 ΔE^* değeriyle en yüksek renk farkını göstermektedir. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça boyarmadde daha etkili bir şekilde sökülüş ve renk farkı artış göstermiştir.



Şekil 6. 28. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait renk farkı sonucu grafiği

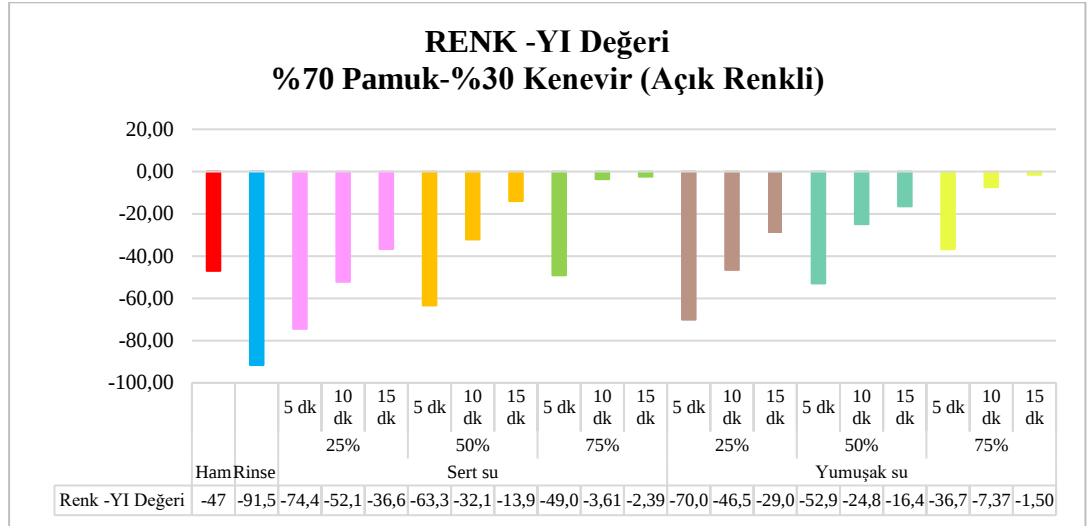
%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham hali referans kabul edilmiş olup ΔE^* değeri 0'dır. Renk farkı rinse yıkama sonucu ΔE^* değeri 7,70 ile ham kumaşa göre en az renk farkını göstermiştir. Tüm kumaş tiplerinde rinse yıkama işlem adımı henüz ozon ağartmanın gerçekleşmemesi ve kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması nedeniyle rinse yıkama sonu denim numunelerinin en az renk farkına sahip olduğu düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler 36,4 ΔE^* değeriyle en yüksek renk farkını göstermektedir. Ozon kapasite ve süresinin artmasıyla ağartmanın etkisi artarak kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşmasıyla renk farkı artış göstermiştir. Tüm kumaş tiplerinde ozon kapasitesi ve süresi arttıkça kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde sökülerek renk farkı artış göstermiştir.

- *Sarılık İndeksi Test Sonuçları*



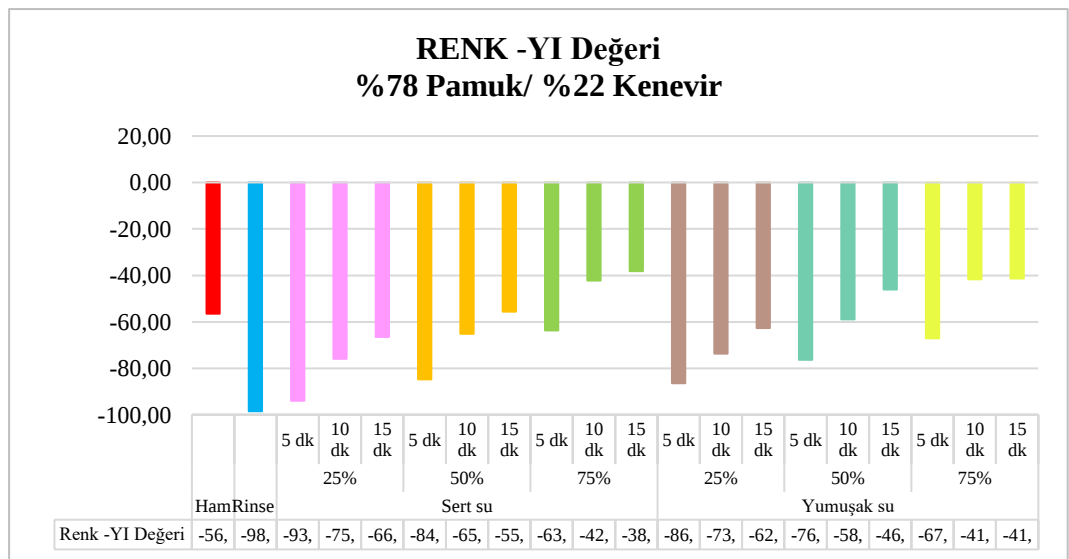
Şekil 6. 29. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ham halinin YI değeri -53,0'dır. Sarılık indeksi rinse yıkama sonucu YI değeri -80,9'dır. Rinse yıkama işleminde henüz ozon ağartma işleminin gerçekleşmemesi ve boyarmaddeyi sökecek etkili bir kimyasalın bu işlem adımımda bulunmaması nedeniyle en düşük sarılık indeksi değerleri görülmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek -20,8 YI değeriyle en yüksek sarılığı göstermiştir. Ham değerine göre ozon kapasite ve süresi arttıkça ağartma etkisi yükselerek sarılık indeksi artış göstermekte olup sarılık artmıştır.



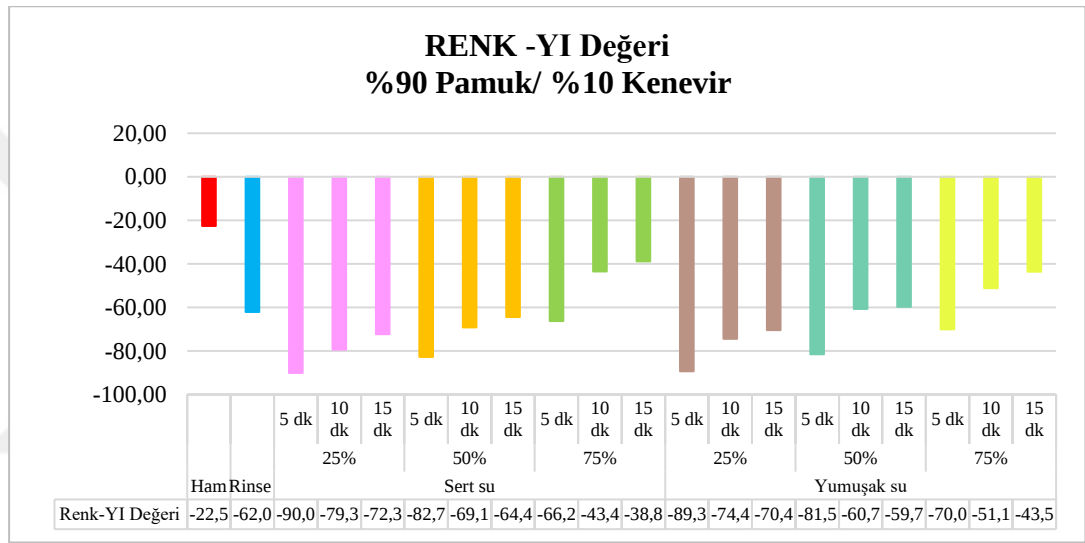
Şekil 6. 30. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği

%70 pamuk-30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ham halinin YI değeri -47,00'dır. Sarılık indeksi rinse yıkama sonucu YI değeri -91,5'dır. Rinse yıkama adımıyla ağartma işleminin denim kumaşlara henüz uygulanmamış olması nedeniyle etkili bir şekilde boyarmadde sökölmemiş ve en düşük sarılık indeksi değerleri görülmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozon sararmasını önleme için yıkama işlemlerinden sonra yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek -1,50 YI değeriyle en yüksek sarılığı göstermiştir. Ham değerine kıyasla ozon kapasitesi ve süresi arttıkça ozonun ağartma etkisi yükselerek kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşmış ve denim kumaşlarda sarılık indeksi artış göstererek sarılık artmıştır.



Şekil 6. 31. %78 pamuk-%22 kenevir kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ham halinin YI değeri -56,4'dır. Sarılık indeksi rinse yıkama sonucu YI değeri -98,4'tür. Rinse yıkama işlem adımı boyarmaddeyi sökecek etkili bir kimyasalın bulunmaması nedeniyle en düşük sarılık indeksi değerleri görülmüştür. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek -38,1 YI değeriyle en yüksek sarılığı göstermiştir. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça boyarmadde kumaş üzerinden uzaklaşmış ve sarılık indeksi artış göstererek sarılık artmıştır.



Şekil 6. 32. %90 pamuk-%10 kenevir kumaşa ait sarılık indeksi sonucu grafiği

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ham halinin YI değeri -22,77'dir. Rinse yıkama sonucu YI değeri -62,0'dır. Tüm kumaş tiplerinde rinse yıkama işlem adımı henüz ozon ağartmanın gerçekleşmemesi ve kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması nedeniyle rinse yıkama sonu numunelerinin en az sarılık indeksine sahip olduğu düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozon sararma önleme yıkaması işlemlerinden sonra sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek -38,8 YI değeriyle en fazla sarılığı göstermiştir. Ozon kapasitesi ve süresi arttıkça sarılık indeksi artış göstermiş olup sarılık artmıştır. Tüm kumaş tiplerinde ozon kapasitesi ve süresi arttıkça kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşarak sarılık indeksi artış göstermiş olup sarılık artmıştır.

- *Kumaş Tipine Göre (CIE), L* a* b* ve L*C*H* Renk Değerlerine Ait Sonuçlar*

Renk farkı ve sarılık indeksi istatistiksel olarak incelenmeden önce %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaş tiplerine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değeri sonuçları Tablo 6. 79., Tablo 6. 80, Tablo 6. 81. ve Tablo 6. 82.'de verilmiştir.

Tablo 6. 79. %70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli) kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	L*	a*	b*	C*	h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh
Ham	-	-	-	26,77	1,00	-9,65	17,34	263,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	23,36	0,74	-12,61	12,63	273,35	-3,41	-0,26	-2,96	2,93	-2,57
%70 Pamuk/ %30 Kenevir (Koyu Renkli)	Sert su	25	5	36,89	-1,84	-17,24	17,34	263,90	10,12	-2,84	-7,59	7,64	-12,01
			10	45,98	-3,37	-16,61	16,95	258,51	19,22	-4,37	-6,96	7,25	-17,40
			15	50,83	-4,17	-15,63	16,18	254,99	24,07	-5,17	-5,98	6,48	-20,92
		50	5	41,63	-2,74	-17,14	17,36	260,92	14,86	-3,74	-7,49	7,66	-14,99
			10	54,01	-4,23	-14,08	14,70	253,26	27,24	-5,23	-4,43	5,00	-22,64
			15	59,30	-4,90	-12,39	13,35	248,08	32,53	-5,89	-2,74	3,64	-27,83
		75	5	46,80	-3,47	-16,36	16,72	258,03	20,03	-4,46	-6,71	7,02	-17,88
			10	65,42	-4,82	-8,51	9,81	239,90	38,66	-5,81	1,14	0,11	-36,01
			15	70,57	-5,06	-6,10	7,95	229,81	43,80	-6,06	3,55	-1,76	-46,09
	Yumuşak su	25	5	39,67	-2,30	-17,04	17,19	262,33	12,90	-3,30	-7,39	7,49	-13,58
			10	48,51	-3,69	-15,83	16,26	256,85	21,74	-4,69	-6,18	6,55	-19,06
			15	53,06	-4,21	-14,60	15,19	253,84	26,29	-5,21	-4,94	5,49	-22,07
		50	5	44,92	-3,11	-16,35	16,65	259,22	18,15	-4,11	-6,70	6,95	-16,69
			10	56,05	-4,55	-13,72	14,45	251,66	29,28	-5,55	-4,07	4,75	-24,25
			15	62,40	-5,01	-11,06	12,16	245,19	35,63	-6,01	-1,41	2,46	-30,72
		75	5	51,45	-3,78	-14,40	14,89	255,25	24,68	-4,78	-4,75	5,18	-20,66
			10	65,20	-5,02	-9,24	10,52	241,42	38,44	-6,02	0,41	0,82	-34,49
			15	65,73	-5,31	-9,16	10,68	238,49	38,96	-6,30	0,49	0,98	-37,42

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde L* değeri değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış kumaşların açıklık değeri yumuşak su ile ıslatılmış kumaşlara kıyasla daha yüksektir. Ozon kapasite ve süresi arttıkça L* değerlerinin artması nedeniyle açıklık değerinde artış görülmüştür. L* değeri incelendiğinde ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden nedeniyle tüm örneklerin açıklık değerinde artış görülmüştür. a*

değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası tüm örneklerin renginin yeşile kaydığı görülmüştür. b^* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür. Ozon kapasite ve süresinin artmasıyla birlikte a^* değerinde yeşil ve b^* değerinde mavi renk artış göstermiştir. C^* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür. Ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra ozon kapasite ve süresi arttıkça C^* değeri azalma göstererek doygunluğun azaldığı görülmüştür.

Tablo 6. 80. %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli) kumaş tipine ait (CIE), L^* a^* b^* ve $L^*C^*H^*$ renk değerleri

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	L^*	a^*	b^*	C^*	h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh
Ham	-	-	-	20,58	1,33	-8,85	17,16	258,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	13,88	4,32	-12,58	12,68	277,05	-3,93	0,23	-3,73	3,73	-1,47
%70 Pamuk- %30 Kenevir (Açık Renkli)	Sert su	25	5	44,66	-3,43	-16,81	17,16	258,55	-13,47	1,72	-3,96	3,32	10,43
			10	56,16	-4,92	-13,95	14,80	250,58	-1,96	0,24	-1,11	0,95	2,46
			15	63,29	-5,29	-10,59	11,84	243,40	5,17	-0,14	2,26	-2,00	-4,72
		50	5	50,85	-4,27	-15,74	16,31	254,79	-7,28	0,89	-2,90	2,47	6,66
			10	65,16	-5,37	-9,32	10,77	239,78	7,04	-0,21	3,52	-3,07	-8,35
			15	73,52	-4,99	-3,73	6,28	215,85	15,40	0,16	9,12	-7,56	-32,28
		75	5	56,92	-4,81	-13,29	14,13	250,06	-1,20	0,35	-0,44	0,29	1,93
			10	76,87	-3,97	0,05	4,14	178,95	18,75	1,19	12,90	-9,70	-69,18
			15	78,69	-4,54	0,81	4,91	168,84	20,56	0,61	13,66	-8,94	-79,29
	Yumuşak su	25	5	47,25	-3,86	-16,48	16,92	256,83	-10,88	1,30	-3,63	3,08	8,70
			10	58,28	-5,09	-12,73	13,72	248,13	0,16	0,06	0,11	-0,13	0,00
			15	66,17	-5,39	-8,45	10,02	237,34	8,05	-0,23	4,40	-3,82	-10,79
		50	5	55,41	-4,69	-14,06	14,82	251,53	-2,71	0,47	-1,22	0,98	3,40
			10	68,31	-5,27	-7,30	9,01	234,09	10,19	-0,11	5,54	-4,84	-14,03
			15	72,65	-5,38	-4,45	7,09	217,72	14,53	-0,22	8,39	-6,75	-30,41
		75	5	62,66	-5,17	-10,57	11,77	243,88	4,54	-0,01	2,28	-2,08	-4,24
			10	76,33	-4,74	-1,26	4,99	193,70	18,21	0,42	11,59	-8,86	-54,43
			15	79,63	-4,39	1,19	5,09	163,85	21,51	0,76	14,03	-8,76	-84,28

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde ozon kapasite ve süresi arttıkça L^* değeri artış göstererek açıklık değerinde artış görülmüştür. Ozon kapasitesinin ve süresinin artışıyla ağartma daha etkili gerçekleşerek açıklık değerlerini arttırmıştır. a^* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası tüm

örneklerin renginin yeşile kaydığı görülmüştür. b^* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin mavileştiği görülmüştür ancak sert su ile ıslatılmış kumaşların %75 ozon kapasitesinde 10. ve 15. dakikada, yumuşak su ile ıslatılmış kumaşların ise %75 ozon kapasitesinde 15. dakikada sarıya kaydığı görülmüştür. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi %75'e çıktığında 10. dakikadan sonra ağartma etkisinin çok yüksek olması nedeniyle kumaşta sararmaya neden olarak, boyarmaddeyi bozduğu düşünülmektedir. Kumaş zeminin açık renkli olmasından dolayı yüksek ozon kapasitesi ve sürelerinde sarıya geçişlerin gözlemlendiği düşünülmektedir. Ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra ozon kapasite ve süresi arttıkça C^* değeri azalma göstererek doygunluğun azaldığı görülmüştür. Sert ve yumuşak suda %75 ozon kapasitesinin 10. dakikasında C^* değerindeki düşüşler nedeniyle ani doygunluk azalmaları görülmüştür. Bu sonuç, %75 ozon kapasitesinde 10. dakikadan sonra kumaş üzerinde bulunan boyarmaddenin zarar gördüğünü desteklemektedir.

Tablo 6. 81. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipine ait (CIE), L^* a^* b^* ve $L^*C^*H^*$ renk değerleri

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	L^*	a^*	b^*	C^*	h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh
Ham	-	-	-	21,51	0,55	-3,95	16,85	265,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	15,02	0,92	-8,05	8,10	276,52	-6,49	0,37	-4,10	4,11	-1,44
%78 Pamuk- %22 Kenevir	Sert su	25	5	31,89	-1,23	-16,80	16,85	265,80	11,31	-2,56	-7,95	7,90	-12,72
			10	40,57	-2,28	-16,22	16,39	262,01	19,99	-3,61	-7,37	7,44	-16,51
			15	46,85	-3,12	-15,76	16,07	258,77	26,27	-4,45	-6,91	7,12	-19,75
		50	5	36,48	-1,84	-16,70	16,80	263,72	15,90	-3,17	-7,85	7,85	-14,80
			10	47,58	-3,21	-15,65	15,98	258,40	27,00	-4,54	-6,80	7,03	-20,12
			15	53,51	-3,81	-14,57	15,07	255,28	32,93	-5,14	-5,72	6,12	-23,24
		75	5	47,73	-3,07	-14,81	15,19	257,70	27,15	-4,40	-5,96	6,24	-20,82
			10	58,28	-3,88	-11,92	12,53	251,97	37,70	-5,21	-3,07	3,58	-26,55
			15	62,74	-4,28	-11,24	12,04	248,95	42,16	-5,61	-2,39	3,09	-29,57
	Yumuşak su	25	5	34,24	-1,47	-16,35	16,42	264,88	13,66	-2,80	-7,51	7,47	-13,64
			10	43,22	-2,71	-16,42	16,65	260,61	22,64	-4,04	-7,57	7,70	-17,91
			15	49,44	-3,51	-15,45	15,84	257,15	28,86	-4,84	-6,60	6,89	-21,37
		50	5	40,76	-2,29	-16,35	16,51	262,03	20,18	-3,62	-7,50	7,56	-16,49
			10	51,15	-3,59	-14,96	15,39	256,50	30,57	-4,92	-6,11	6,44	-22,02
			15	58,82	-4,25	-12,98	13,66	251,81	38,24	-5,58	-4,13	4,71	-26,71
		75	5	46,04	-2,92	-15,77	16,04	259,49	25,46	-4,25	-6,92	7,09	-19,03
			10	59,60	-4,02	-11,94	12,60	251,37	39,02	-5,35	-3,09	3,65	-27,15
			15	62,19	-4,63	-11,93	12,82	248,34	41,61	-5,96	-3,08	3,87	-30,18

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde ozon kapasite ve süresi arttıkça L* değerlerinin artış göstermesi nedeniyle açıklık değeri artmıştır. a* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası tüm örneklerin renginin yeşile kaydığı görülmüştür. b* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür. Ozon kapasite ve süresinin artmasıyla birlikte a* değerinde yeşil ve b* değerinde mavi renk artış göstermiştir. C* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür. Ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra ozon kapasite ve süresi arttıkça genel olarak C* değerleri azalma göstererek doygunluğun azaldığı görülmüştür.

Tablo 6. 82. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipine ait (CIE), L* a* b* ve L*C*H* renk değerleri

Kumaş Tipi	Su Sertliği	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	L*	a*	b*	C*	h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh
Ham	-	-	-	58,12	-5,16	-12,84	14,90	266,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rinse	-	-	-	26,98	0,28	-15,15	15,16	271,55	-31,15	5,57	-2,31	1,31	23,43
%90 Pamuk- %10 Kenevir	Sert su	25	5	27,78	-0,9	-14,88	14,90	266,50	6,27	-1,46	-10,93	10,92	-11,45
			10	35,15	-2,00	-15,29	15,42	262,59	13,64	-2,54	-11,34	11,43	-15,36
			15	39,59	-2,60	-15,03	15,26	260,06	18,09	-3,16	-11,08	11,28	-17,90
		50	5	31,67	-1,50	-14,88	14,96	264,09	10,16	-2,09	-10,94	10,98	-13,87
			10	40,15	-2,60	-14,70	14,92	260,08	18,64	-3,12	-10,75	10,94	-17,87
			15	44,43	-3,27	-14,61	14,97	257,34	22,92	-3,82	-10,66	10,99	-20,61
		75	5	38,71	-1,94	-13,24	13,39	260,92	17,20	-2,49	-9,29	9,40	-17,03
			10	52,34	-3,50	-11,28	11,81	252,71	30,83	-4,05	-7,33	7,82	-25,24
			15	57,06	-3,99	-10,68	11,41	249,50	35,55	-4,54	-6,74	7,42	-28,45
	Yumuşak su	25	5	28,35	-1,06	-14,92	14,96	265,94	6,84	-1,62	-10,97	10,97	-12,02
			10	37,83	-2,35	-15,10	15,29	261,14	16,32	-2,90	-11,16	11,30	-16,81
			15	42,03	-3,03	-15,33	15,63	258,81	20,52	-3,58	-11,38	11,64	-19,15
		50	5	33,72	-1,74	-15,29	15,39	263,49	12,21	-2,30	-11,34	11,40	-14,46
			10	45,27	-2,96	-13,94	14,25	258,02	23,76	-3,51	-9,99	10,26	-19,93
			15	48,22	-3,64	-14,65	15,10	256,03	26,71	-4,19	-10,70	11,11	-21,93
		75	5	40,08	-2,59	-14,86	15,08	260,12	18,57	-3,14	-10,91	11,09	-17,84
			10	53,07	-3,56	-11,43	11,97	252,64	31,56	-4,11	-7,48	7,99	-25,32
			15	52,96	-4,13	-13,16	13,80	252,43	31,45	-4,68	-9,21	9,81	-25,52

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde ozon kapasite ve süresi arttıkça L* değerlerinin genel olarak artış göstermesi nedeniyle açıklık değeri artmıştır. a* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası tüm örneklerin renginin yeşile kaydığı görülmüştür. b* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür.

C* değeri incelendiğinde ozonla ağartma sonrası genel olarak örneklerin daha mavileştiği görülmüştür. Ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra her iki su sertliğinde de %50 ozon kapasitesinin 15.dakikasına kadar C*değerinin artış göstermesi nedeniyle doygunluk artmış olup, %75 ozon kapasitesinin 5.dakikasıdan itibaren C* değeri azalma göstererek doygunluk azalmıştır. Bu kumaş tipinde %75 ozon kapasitesinin boyarmaddeye zarar verdiği düşünülmektedir.

6.6.1. Kumaş Tiplerine Göre Renk Farkı ve Sarılık İndeksi Testi Sonuçları

- Renk Farkına Ait Test Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra renk farkı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve tablo 6.83.'te verilmiştir.

Tablo 6. 83. Kumaş çeşidine göre renk farkı testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Renk Farkı
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	321.03	Chi-Square	178.793
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	342.58	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	255.25	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	101.84		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle

Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.84.'te verilmektedir.

Tablo 6. 84. Kumaş çeşidine göre renk farkı testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kumaş Tipi	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	155.30	25159.00	11956.000	.167
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	169.70	27491.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	150.35	24357.00	6342.000	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	113.22	12228.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	178.38	28897.50	1801.500	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	71.18	7687.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	155.48	25187.50	5511.500	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	105.53	11397.50		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	180.40	29225.00	1474.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	68.15	7360.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	145.49	15713.00	1837.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	71.51	7723.00		

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kenevir oranının renk farkı testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür. Sadece %70 pamuk-%30 kenevir (Koyu renkli) ve %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir.

- Sarılık İndeksine Ait Test Sonuçları

%70 pamuk-%30 kenevir (koyu renkli), %70 pamuk-%30 kenevir (açık renkli), %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren denim kumaşların ön yıkama, ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra sarılık indeksi değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş ve Tablo 6.85.'te verilmiştir.

Tablo 6. 85. Kumaş çeşidine göre sarılık indeksi testi sonuçlarına ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Kumaş tipi	N	Mean Rank	Test İstatistiği	Sarılık İndeksi
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	277.53	Chi-Square	120.040
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	225.67	Df	3
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	193.11	Asymp. Sig.	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	404.59		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Kruskal-Wallis testi sonucuna göre kumaş tipleri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Kumaş tipleri arasında önemli farkın çıkması nedeniyle Mann-Whitney U testiyle kumaşların ikili kıyaslaması yapılmış olup Tablo 6.86.'da verilmektedir.

Tablo 6. 86. Kumaş çeşidine göre sarılık indeksi testi sonuçlarına ait Mann Whitney U testi tablosu

Kumaş Tipi	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	178.90	28982.00	10465.000	.002*
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	146.10	23668.00		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	153.27	24830.50	5868.500	.000*
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	108.84	11754.50		
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	162	108.35	17553.00	4350.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	176.22	19032.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	142.77	23128.00	7571.000	.061
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	124.60	13457.00		
%78 Pamuk-%22 Kenevir	162	99.81	16169.00	2966.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	189.04	20416.00		
%90 Pamuk-%10 Kenevir	108	68.67	7416.00	1530.000	.000*
%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	108	148.33	16020.00		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Farklı oranda kenevir içeriğine sahip denim kumaşların Mann-Whitney U testiyle ikili kıyaslaması yapıldığında kenevir oranının renk farkı testi sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir fark yarattığı görülmüştür. Sadece %78 pamuk-%22 kenevir ve %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir.

Her bir kumaş tipi kendi içerisinde incelendiğinde her bir parametrenin ayrı bir etkisinin olduğu düşünülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

6.6.2. İşlem Koşullarının Renk Farkı ve Sarılık İndeksi Test Sonuçlarına Etkisi

Genel olarak tüm kumaş çeşitleri kendi içerisinde kıyaslandıktan sonra her bir kumaş tipi için incelenen renk farkı ve sarılık indeksi test sonuçlarına ait ayrıntılı istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümde verilecektir. Bu kapsamda ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

6.6.2.1. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Koyu Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı testi ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.87.'de verilmiştir.

Tablo 6. 87. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	46.43	58.052	.000*	46.06	60.927	.000*
50	54	82.91			81.91		
75	54	115.17			116.53		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon

kapasitesi arttıkça kumaş üzerindeki boyarmaddeyi bozarak rengi açması arttığı için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.88.'de verilmiştir.

Tablo 6. 88. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	33.85	88.868	.000*	36.00	80.084	.000*
10	54	94.94			95.36		
15	54	115.71			113.14		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça kumaş üzerindeki boyarmaddenin ozon gazına maruziyeti arttığı için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık indeksi artış göstermiştir.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.89.'da verilmiştir.

Tablo 6. 89. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	Renk Farkı – ΔE^* Değeri					Sarılık İndeksi – YI Değeri			
	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	76.65	6208.50	2887.500	.188	75.88	6146.50	2825.500	.127
Yumuşak su	81	86.35	6994.50			87.12	7056.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.6.2.2. %70 Pamuk-%30 Kenevir İçeren Açık Renkli Kumaş

%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı testi ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.90.'da verilmiştir.

Tablo 6. 90. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	36	39.21	18.288	.000*	31.68	38.809	.000*
50	36	53.56			54.15		
75	36	70.74			77.67		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça kumaş üzerindeki boyarmaddeyi bozarak rengi açması arttığı için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.91.'de verilmiştir.

Tablo 6. 91. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	36	38.53	22.613	.000*	22.81	59.768	.000*
10	36	51.68			62.54		
15	36	73.29			78.15		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça kumaş üzerindeki boyarmaddenin uzaklaşması artış gösterdiği için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artmıştır.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.92.'de verilmiştir.

Tablo 6. 92. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	Renk Farkı – ΔE^* Değeri					Sarılık İndeksi – YI Değeri			
	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	54	54.15	2924.00	1439.000	.907	51.19	2764.50	1279.500	.273
Yumuşak su	54	54.85	2962.00			57.81	3121.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.6.2.3. %78 Pamuk-%22 Kenevir İçeren Kumaş

%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.93.'te verilmiştir.

Tablo 6. 93. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	54	46.98	60.423	.000*	46.22	65.279	.000*
50	54	80.39			79.22		
75	54	117.13			119.06		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon kapasitesinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça boyarmadde kumaştan uzaklaşarak kumaş üzerindeki ağarma davranışı artış gösterdiği için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- *Ozon süresinin etkisi*

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.94.'te verilmiştir.

Tablo 6. 94. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	54	37.61	79.874	.000*	39.15	72.155	.000*
10	54	89.93			91.50		
15	54	116.96			113.85		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça boyarmadde kumaştan uzaklaşarak kumaş üzerindeki ağarma davranışı artış gösterdiği için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- *Su sertliğinin etkisi*

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.95.'te verilmiştir.

Tablo 6. 95. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına (%78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	Renk Farkı – ΔE^* Değeri					Sarılık İndeksi – YI Değeri			
	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	81	75.73	6134.50	2813.500	.118	77.22	6255.00	2934.000	.246
Yumuşak su	81	87.27	7068.50			85.78	6948.00		

Su sertliğinin %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6.2.2.4. %90 Pamuk-%10 Kenevir İçeren Kumaş

%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinin ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin detaylı Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir.

- Ozon kapasitesinin etkisi

Ozon kapasitesinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.96.'da verilmiştir.

Tablo 6. 96. Ozon kapasitesine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Kapasitesi (%)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
25	36	32.33	40.424	.000*	30.31	46.866	.000*
50	36	52.08			52.47		
75	36	79.08			80.72		

Ozon kapasitesinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon kapasitesi arttıkça boyarmadde kumaştan uzaklaşarak kumaş üzerindeki ağarma artış gösterdiği için denim kumaştaki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- ***Ozon süresinin etkisi***

Ozon süresinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.97.'de verilmiştir.

Tablo 6. 97. Ozon süresine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Ozon Süresi (dk)	Renk Farkı – ΔE^* Değeri				Sarılık İndeksi – YI Değeri		
	N	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Kruskal Wallis-H	Sig. (2-tailed)
5	36	24.00	54.690	.000*	26.75	42.884	.000*
10	36	62.86			65.78		
15	36	76.64			70.97		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Ozon süresinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ozon süresi arttıkça boyarmadde kumaştan daha fazla uzaklaşarak kumaş üzerindeki renk farkı ve sarılık değeri artış göstermiştir.

- ***Su sertliğinin etkisi***

Su sertliğinin Kruskal-Wallis testine göre renk farkı ve sarılık indeksi testi sonuçlarına istatistiksel olarak önemli bir etki yaratıp yaratmadığı Tablo 6.98.'de verilmiştir.

Tablo 6. 98. Su sertliğine göre renk farkı ve sarılık indeksi dayanımı testi sonuçlarına (%90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş) ait Kruskal-Wallis testi tablosu

Su Sertliği	Renk Farkı – ΔE^* Değeri					Sarılık İndeksi – YI Değeri			
	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann - Whitney U	Sig. (2-tailed)	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U	Sig. (2-tailed)
Sert su	54	50.48	2726.00	1241.000	.182	52.31	2824.50	1339.500	.467
Yumuşak su	54	58.52	3160.00			56.69	3061.50		

* $\alpha=0.05$ 'e göre istatistiksel olarak önemlidir.

Su sertliğinin %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu üzerine etkisi incelenmiştir. %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde renk farkı ve sarılık indeksi test sonucu Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Genel sonuçların değerlendirilmesi için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki önemli ya da önemli olmama ilişkisi Tablo 7.1., Tablo 7.2. ve Tablo 7.3.'te verilmiştir.

Tablo 7. 1. Gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, dairesel eğilme dayanımı testlerine ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi

Test Adı	Kumaş Tipi	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Su sertliği
Gramaj Testi	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	Önemlidir.	-	Önemlidir.
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	Önemlidir.	-	-
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	-	-	-
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	-	-	-
Kalınlık Testi	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	Önemlidir.	-	-
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	-	-	Önemlidir.
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	-	-	Önemlidir.
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	-	-	-
Hava Geçirgenliği Testi	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	-	-	-
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	-	-	-
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	Önemlidir.	-	Önemlidir.
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	-	-	Önemlidir.
Dairesel Eğilme Dayanımı Testi	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	-	Önemlidir.	Önemlidir.
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	-	-	-
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	-	-	Önemlidir.
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	-	-	-

Tablo 7. 2. Atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti testlerine ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi

Test Adı	Kumaş Tipi	İplik Yönü	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Su Sertliği
Yırtılma Mukavemeti Testi	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	Atkı	-	Önemlidir.	Önemlidir.
		Çözgü	Önemlidir.	Önemlidir.	Önemlidir.
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	Atkı	-	Önemlidir.	Önemlidir.
		Çözgü	-	Önemlidir.	Önemlidir.
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	Atkı	Önemlidir.	Önemlidir.	Önemlidir.
		Çözgü	Önemlidir.	Önemlidir.	Önemlidir.
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	Atkı	-	Önemlidir.	-
		Çözgü	Önemlidir.	Önemlidir.	Önemlidir.

Tablo 7. 3. Renk ölçümüne ait bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında önemli ya da önemli olmama ilişkisi

Test Adı	Kumaş Tipi	Renk Değeri	Ozon Kapasitesi	Ozon Süresi	Su Sertliği
Renk Ölçümü	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Koyu renkli)	Renk farkı	Önemlidir.	Önemlidir.	-
		Sarılık İndeksi	Önemlidir.	Önemlidir.	-
	%70 Pamuk-%30 Kenevir (Açık renkli)	Renk farkı	Önemlidir.	Önemlidir.	-
		Sarılık İndeksi	Önemlidir.	Önemlidir.	-
	%78 Pamuk-%22 Kenevir	Renk farkı	Önemlidir.	Önemlidir.	-
		Sarılık İndeksi	Önemlidir.	Önemlidir.	-
	%90 Pamuk-%10 Kenevir	Renk farkı	Önemlidir.	Önemlidir.	-
		Sarılık İndeksi	Önemlidir.	Önemlidir.	-

Gramaj testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlarda ağırlık kaybı en az görülmüşken ozon kapasitesinin artması ve su sertliğinin azalması nedeniyle yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan kumaşların en fazla ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle yumuşak su ozon ağartmada daha etkili olarak gramaj kaybına neden olmuştur. Ham gramaj değeri rinse yıkama değeriyle kıyaslandığında ön yıkama süresinin 5 dakika olması nedeniyle gramajı değiştirecek ölçüde ağırlık kaybı ve lif şişmesinin meydana gelmediği düşünülmektedir. Ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinde ise liflerin şişmesiyle kumaş gramajında artış görülmüştür ancak ozon kapasitesinin artmasıyla birlikte boyarmaddenin ve liflerin kumaştan uzaklaşması artarak gramaj değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Bu kumaş tipinde ozon süresinin gramaj değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Gramaj testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde yumuşak su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlarda ağırlık kaybı en az görülmüşken, ozon kapasitesinin artması, kullanılan su tipi ve kumaş zemin renginin farklı olması nedeniyle; sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika ile yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 ve 10 dakika işlem görmüş olan kumaşların en fazla ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür. Ozon kapasitesi arttıkça kumaş

yüzeyine etki artarak lif kaybına sebep olmaktadır. 70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipiyle ham ve ön yıkama sonu gramaj değerleri aynı olup zemin renginin açık ya da koyu tonda olmasının gramaj üzerine bir etkisi olmamıştır. Ham ve rinse yıkama sonunda gramaj değerleri aynı olduğu için 5 dakikalık ön yıkama süresinin gramajı değiştirecek ölçüde ağırlık kaybı ve lif şişmesine neden olmadığı düşünülmektedir. Ham gramaj değerine kıyasla uygulanan ön yıkama işlemlerinde ıslanan kumaşta liflerin şişmesi nedeniyle kumaş gramajında artış görülmüştür ancak ozon kapasitesinin artmasıyla birlikte boyarmaddenin ve liflerin kumaştan uzaklaşması artarak gramaj değerlerinde düşüş görülmüştür. Ozon kapasitesi arttıkça ham gramaj değerine kıyasla gramajda azalma görülmüştür. Bu kumaş tipinde ozon süresi ve su sertliğinin gramaj değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Gramaj testi %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde rinse yıkama uygulanmış kumaşlarda ağırlık kaybı en az görülmüş olup kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı düşünülmektedir. Sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan kumaşların en fazla ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür. Ozon kapasitesinin artması lif kaybına sebep olarak gramaj sonuçlarını düşürdüğü tahmin edilmektedir. Yıkama işlemlerinden sonra ham değerine kıyasla gramaj değerleri azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi, süresi ve su sertliğinin gramaj değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Gramaj testi %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denim numunelerinin en fazla ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür. Rinse yıkama sonu gramaj değerleri ham denim kumaşlara kıyasla azalma göstermiştir. Kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile kumaşta ağırlık kaybının meydana geldiği düşünülmektedir. Uygulanan ozon ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra ham değerine kıyasla gramaj değerleri azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi, süresi ve su sertliğinin gramaj değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kalınlık testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim kumaşların kalınlık değeri en düşüktür. Ham kumaş ile kıyaslandığında uygulanan ön yıkama işleminde kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Diğer yandan ön yıkamada ozonla ağartmanın henüz uygulanmaması nedeniyle lif kaybı görülmemiş ve ön yıkama sonrası kalınlık en yüksek değeri vermiştir. Ozon kapasitesinin yüksek olmasının kalınlık testi sonuçları üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde ozon süresinin ve su sertliğinin kalınlık değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kalınlık testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde ham denim kumaşlarda kalınlık değeri en az görülmüştür. Gramaj ve sıklık değerlerinin bu kumaş tipinde düşük olmasından kaynaklı ham kumaşın en düşük kalınlık değerini verdiği düşünülmektedir. Ham kumaş ile kıyaslandığında uygulanan ön yıkama işlemlerinde kumaş yapısı ve pamuk oranının yüksek olması nedeniyle 5 dakikalık işlem süresinde bile liflerin şişerek kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem, yumuşak su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem, %50 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem ile %75 ozon kapasitesinde 5 dakika ve 10 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlar en yüksek kalınlık değerlerini vermiştir. Kumaş yüzeyinde bulunan pürüzlülük ve kırıksıklık nedeniyle birden çok işlem koşulunda kalınlık değerinin en yüksek sonuçları verdiği düşünülmektedir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi sonucunda liflerin daha az zarar gördüğü ve kalınlık değerinin düşmediği tahmin edilmektedir. Bu kumaş tipinde ozon süresi ve kapasitesinin kalınlık değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kalınlık testi %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde ham denim kumaşlarda kalınlık değeri en az görülmüştür. Ham kumaşın adet/cm birimindeki sıklığının diğer kumaş tiplerine kıyasla daha az olmasından kaynaklı olarak en düşük kalınlık değerini verdiği tahmin edilmektedir. Ham kalınlık değerine göre, uygulanan ön yıkama işlemlerinde liflerin şişmesiyle

birlikte kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Yumuşak su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim ürünler en yüksek kalınlık değerini vermiştir. Yumuşak su ile işlem görmüş denim kumaşların daha yüksek kalınlık değerlerine sahip olması sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ozon kapasitesinin artışıyla lif kaybı gözlemlenerek kalınlık değerleri düşüş gösterebildiği için %50 ozon kapasitesi ve 15 dakika sürenin kalınlık sonuçları üzerinde optimum değerleri sunduğu düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde ozon süresi ve kapasitesinin kalınlık değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kalınlık testi %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde ham denim kumaşlarda kalınlık değeri en az görülmüştür. Ham kumaşın adet/cm birimindeki sıklığının diğer kumaş tiplerine kıyasla en az olmasından kaynaklı olarak en düşük kalınlık değerini verdiği tahmin edilmektedir. Ham kalınlık değerine göre, uygulanan ön yıkama işlemlerinde liflerin şişmesiyle birlikte kumaş yapısını sıklaştırdığı ve kalınlığı arttırdığı düşünülmektedir. Sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler ve %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş denimler ile yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek kalınlık değerini vermiştir. Yumuşak suda ozon verimini düşüren iyonların bulunmamasından kaynaklı olarak %75 ozon kapasitesinde dahi yüksek kalınlık değerleri saptanabilmiştir. Kumaş pürüzlülüğünden kaynaklı olarak farklı işlem koşullarında birden fazla yüksek kalınlık değerine ulaşıldığı düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde ozon süresi, kapasitesi ve su sertliğinin kalınlık değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Hava geçirgenliği testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde ham denim kumaşlarda hava geçirgenliği değeri en az iken en yüksek hava geçirgenliği değeri rinse yıkama sonucunda görülmüştür. Ham kumaşın üzerinde bulunan haşıl maddesinden kaynaklı olarak hava geçirgenliği değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Rinse yıkama işleminde ise pamuk oranı yüksek olsa dahi 5 dakikalık işlem süresinde yeterli lif şişmesi meydana gelmemiş, sıklık değerlerinde artış gözlemlenmemiş ve bu sebeple hava geçirgenliği sonucu

en yüksek değeri vermiştir. Ozonla sararmayı önleme yıkamasından sonra kumaşta en boy çekmesi gerçekleşerek atkı ve çözüğü yönünde sıklık değerlerinin adet/cm biriminde artması nedeniyle hava geçirgenliği değerleri azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon süresi, kapasitesi ve su sertliğinin hava geçirgenliği değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Hava geçirgenliği testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde ham denim kumaşlarda hava geçirgenliği değeri en az iken en yüksek hava geçirgenliği değeri rinse yıkama sonucunda görülmüştür. Ham kumaşın üzerinde bulunan haşıl maddesinden kaynaklı olarak hava geçirgenliği değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Rinse yıkama işleminde ise pamuk oranı yüksek olsa dahi 5 dakikalık işlem süresinde yeterli lif şişmesi meydana gelmemiş, sıklık değerlerinde artış gözlemlenmemiş ve bu sebeple hava geçirgenliği sonucu en yüksek değeri vermiştir. Rinse yıkama işleminden sonra hava geçirgenliği değerleri azalma göstermiştir. Uygulanan işlemler sonucunda kumaşta çekme meydana gelerek sıklık artışına neden olmuş ve hava geçirgenliği değerleri azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon süresi, kapasitesi ve su sertliğinin hava geçirgenliği değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Hava geçirgenliği testi %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde yumuşak su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük hava geçirgenliğine sahipken en yüksek hava geçirgenliği ham kumaşlarda görülmüştür. Yumuşak suda sert suda bulunan iyonların olmaması nedeniyle ozon verimi olumsuz etkilenmemiş, kumaş çekmesi daha fazla görülmüş, sıklık değerleri adet/cm biriminde artış göstererek hava geçirgenliği değerini azaltmıştır. Kenevir oranı azaldıkça ham ve rinse yıkama sonu kumaşlarda hava geçirgenliği değeri azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon süresinin hava geçirgenliği değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Hava geçirgenliği testi %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde yumuşak su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük hava geçirgenliğine sahipken en yüksek hava geçirgenliği ham kumaşlarda görülmüştür. Yumuşak suda sert suda bulunan

iyonların olmaması nedeniyle ozon verimi olumsuz etkilenmemiş, işlemler sonucu kumaş çekmesi daha fazla görülmüş, sıklık değerleri adet/cm biriminde artış göstererek hava geçirgenliği değerini azaltmıştır. Ham çözgü ve atkı yönü sıklık değerleri incelendiğinde 18 adet/cm çözgü sıklığı ve 17 adet/cm atkı sıklığı ile tüm kumaş tiplerine kıyasla en az sıklığa sahip kumaş tipinin %90 pamuk-%10 keneyir olması nedeniyle ham kumaşın hava geçirgenliği sonucunun en yüksek değere sahip olduğu düşünülmektedir. Sıklık değerinin bu numunede düşük olması nedeniyle kumaş yapısında daha fazla boşluk oluşumu gerçekleşmiş, kumaş daha gözenekli bir yapı kazanarak hava geçirgenliği artışı sağlanmıştır. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi ve süresinin hava geçirgenliği değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yırtılma mukavemeti testi %70 pamuk-%30 keneyir içeren koyu renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 10 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlar en yüksek atkı yönü mukavemetine sahipken sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlarda çözgü yönünde en yüksek mukavemete sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemetinin olumsuz etkilenmediği düşünülmektedir. Atkı yönünde en düşük mukavemet rinse yıkama sonucu görülmüş olup çözgü yönünde en düşük yırtılma mukavemeti ham kumaşlara aittir. Henüz tüm yıkama işlemlerinin gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup daha kolay yırtıldığı düşünülmektedir. Ozon kapasite ve süresinin yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Ozonun 5.dakikadan sonra liflere zarar vererek atkı yönü yırtılma mukavemetini düşürdüğü tahmin edilmektedir. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça kumaşlarda yırtılma mukavemeti düşüş gösterse de yıkama işlemlerinde yumuşatıcı kullanımı nedeniyle kumaşın hama göre sertliği azalarak yırtılma mukavemeti değerlerinde artışa neden olduğu da görülmüştür. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesinin atkı yönü yırtılma mukavemeti değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yırtılma mukavemeti testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan kumaşlar en yüksek atkı yönü mukavemetine sahipken %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlar çözgü yönünde en yüksek mukavemete sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Atkı yönünde en düşük mukavemet yumuşak su ile %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlarda görülmüşken çözgü yönünde en düşük yırtılma mukavemeti ham kumaşlarda görülmüştür. Ham kumaşta yıkama işlemlerinin henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Yumuşak suda sert suda bulunan iyonların bulunmaması nedeniyle ozon verimi olumsuz etkilenmeyerek daha etkili ağartma sonucunda liflere zarar vermiştir. Diğer yandan ozon gazı oranının ve süresinin yüksek olmasından kaynaklı olarak lifler zarar görmüş ve bu sebeple atkı yönü mukavemet değeri bu işlem koşullarında en düşük sonucu vermiştir. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça kumaşlarda yırtılma mukavemeti düşüş gösterse de yıkama işlemlerinin yumuşatıcı nedeniyle kumaşın hama göre sertliğini azaltarak yırtılma mukavemeti değerlerinde artışa neden olduğu da görülmüştür. Zemin renkleri farklı olsa da aynı kenevir oranına sahip olan kumaşların en iyi çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerine aynı işlem şartlarında sert su ile %50 ozon kapasitesinde 5 dakikada ulaştığı görülmüştür. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesinin atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yırtılma mukavemeti testi %78 pamuk-%22 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %25 ve %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en yüksek atkı yönü mukavemetine sahipken sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlar çözgü yönünde en yüksek mukavemete sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Atkı yönünde en düşük mukavemet ham kumaşlarda görülmüşken çözgü yönünde en düşük yırtılma mukavemeti rinse yıkanmış kumaşlarda

görülmüştür. Bu kumaş tipinde %30 kenevir içeren kumaş tiplerine kıyasla ham atkı yönü sıklık değerinin adet/cm biriminde daha düşük olması nedeniyle ham atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucunun düşük olduğu tahmin edilmektedir. Kumaş yıkama işlemlerinden önce sertlik nedeniyle daha kolay yırtılmaktadır. Her iki su sertliğinde de ozon süresi %50 kapasiteye kadar 5 dakika işlem süresinde uygulandığında yırtılma mukavemeti olumsuz etkilenmemiştir. Ozon kapasite ve süresinin yüksek olmasının yırtılma mukavemeti üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülse de yıkama işlemlerinden sonra kumaş tuşesindeki rijitlik azalarak yırtılma mukavemetinin arttığı görülmüştür.

Yırtılma mukavemeti testi %90 pamuk-%10 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan en yüksek atkı yönü mukavemetine sahipken sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan kumaşlar çözgü yönünde en yüksek mukavemete sahiptir. Atkı yönünde en düşük mukavemet ham kumaşlarda görülmüşken çözgü yönünde en düşük yırtılma mukavemeti ham ve rinse yıkanmış kumaşlarda görülmüştür. Tüm kumaş tipleri içerisinde ham atkı yönü sıklık değerinin bu kumaş tipinde adet/cm biriminde en düşük olması nedeniyle ham atkı yönü yırtılma mukavemeti sonucunun en düşük olduğu tahmin edilmektedir. Ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinin bu işlem adımı henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaşın rijit bir tuşeye sahip olup çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Ozon ağartmanın kumaş sertliği üzerinde rinse yıkamadan daha etkili olduğu düşünülmektedir. Kumaş yıkama işlemlerinden önce sertlik nedeniyle daha kolay yırtılmaktadır. Her iki su sertliğinde de ozon süresi %50 kapasiteye kadar 5 dakika işlem süresinde uygulandığında yırtılma mukavemeti olumsuz etkilenmemiştir. Her kumaş tipinde sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimlerin atkı ve çözgü yönü mukavemeti için en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş denim kumaşların atkı ve çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri artış göstermiştir. Her kumaş tipi için sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denim numunelerinin yüksek atkı ve çözgü yönü mukavemeti sonucunu vermesi nedeniyle yırtılma mukavemeti için en uygun işlem koşullarının bu olduğu düşünülmektedir. Her kumaş tipinde en

düşük çözgü ve atkı yönü yırtılma mukavemeti ham ve rinse yıkama sonucunda görülmüş olup yıkama işlemlerinden sonra yumuşatıcıdan kaynaklı kumaş tuşesindeki rijitlik azalarak yırtılma mukavemetinin arttığı düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi ve su sertliğinin atkı yönü yırtılma mukavemeti değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Dairesel eğilme dayanımı testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde dairese eğilme dayanımı ham kumaşlarda en yüksek değere sahiptir. Yıkama işlemlerinin henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaş rijitliğinin fazla olması dairese eğilme dayanımının en yüksek değere ulaşmasını sağlamıştır. Sert su ile ıslatılmış %50 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük dairese eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi nedeniyle sert su ile işlem görmüş kumaşların daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu tahmin edilmektedir. Dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozon sararma giderme yıkaması işlemlerinden sonra azalma göstermiştir. Ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaş rijitliğinin azalarak yumuşak bir tutum kazanması nedeniyle dairese eğilme dayanımı azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesinin dairese eğilme dayanımı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Dairesel eğilme dayanımı testi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipinde değerlendirildiğinde dairese eğilme dayanımı ham kumaşlarda en yüksek değere sahiptir. Ham denim kumaşlarda yıkama işlemlerinin henüz gerçekleşmemesi nedeniyle kumaş sert bir tutuma sahip olup dairese eğilme dayanımı en yüksek değeri vermiştir. Sert su ile ıslatılmış %25 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük dairese eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimi düşürmesi nedeniyle kumaşın daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu düşünülmektedir. Dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaş sertliğinin azalması nedeniyle düşüş göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin dairese eğilme dayanımı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Dairesel eğilme dayanımı testi %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde dairesel eğilme dayanımı ham kumaşlarda en yüksek değere sahiptir. Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle ham kumaş sertliğinde farklılıklar bulunmaktadır. Yıkama işlemlerinin henüz uygulanmaması nedeniyle ham kumaş rijitliğinin fazla olmasından kaynaklı olarak ham kumaşın en yüksek değeri verdiği tahmin edilmektedir. Sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 5 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimi düşürmesi nedeniyle kumaşın daha yumuşak bir tuşeye sahip olduğu düşünülmektedir. Dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra kumaş rijitliğinin azalması nedeniyle düşüş göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasite ve süresinin dairesel eğilme dayanımı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Dairesel eğilme dayanımı testi %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipinde değerlendirildiğinde %22 kenevir içeren kumaş tipinde olduğu gibi en yüksek dairesel eğilme dayanımına sahip olan kumaş ham kumaştır. Kumaşların kökenlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle ham kumaş sertliğinde farklılıklar bulunmaktadır. Yumuşak su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denimler en düşük dairesel eğilme dayanım değerine sahiptir. Sert suda bulunan iyonların ozon verimini düşürmesi sebebiyle kumaşların daha yumuşak bir tutuma sahip olduğu düşünülmektedir. Tüm kumaş tiplerinde yıkama işlemlerinden sonra sağlanan yumuşak tutum ve ham kumaşın rijitliğinin azalması nedeniyle dairesel eğilme dayanımı ozonla ağartma ve ozonla sararmayı önleme için yıkama işlemlerinden sonra azalma göstermiştir. Bu kumaş tipinde ozon kapasitesi, ozon süresi ve su sertliğinin dairesel eğilme dayanımı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Renk farkı %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde rinse yıkama gerçekleştirilmiş kumaşlarda renk farkı en az iken en fazla fark sert su ile ıslatılmış %75 kapasitede 15 dakika işlem gören kumaşlarda görülmüştür. Rinse yıkama işlemi sırasında kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması nedeniyle renk farkının en az çıktığı düşünülmektedir. Ham

değerine göre ozon kapasitesi ve süresi arttıkça ağartma etkisi yükselerek denim kumaşlarda daha fazla renk farkına sebep olmuştur. Bu kumaş tipinde su sertliğinin renk farkı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Renk farkı %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde kumaşın açık renkli olmasından dolayı akan boya kumaşı kirletmiş olup rinse yıkama gerçekleştirilmiş kumaşlarda renk farkı en fazla görülmüştür. Ozonla ağartma işlemi sırasında boyarmadde parçalandığı için kumaşın rengi açıldığından renk farklılığı yeniden azalma göstermiştir. Ham değerine göre ozon kapasitesi ve süresi arttıkça ağartmanın etkisiyle daha fazla boyarmadde söküldüğü için denim kumaşlarda daha fazla renk farkı görülmüştür. Bu kumaş tipinde su sertliğinin renk farkı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Renk farkı %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılan %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş kumaşlarda renk farkı en fazla iken rinse yıkama uygulanan kumaşların renk farkı en azdır. Rinse yıkama işlem adımı boyarmaddeyi etkili bir şekilde söken bir kimyasalın bulunmaması nedeniyle renk farkı en az görülmüştür. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça boyarmadde daha etkili bir şekilde sökülmiş ve renk farkı artış göstermiştir. Bu kumaş tipinde su sertliğinin renk farkı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Renk farkı %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan denim kumaşlar en fazla renk farkına sahip iken rinse yıkama uygulanan kumaşların renk farkı en azdır. Ozon kapasite ve süresinin artmasıyla ağartmanın etkisi artarak kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşmıştır. Bu sebeple renk farkı ozon süresi ve kapasitesinin artmasıyla artış göstermiştir. Tüm kumaş tiplerinde ozon kapasitesi ve süresi arttıkça kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde sökülerek renk farkı artış göstermiştir. Tüm kumaş tiplerinde rinse yıkama işlem adımı henüz ozon ağartmanın gerçekleşmemesi ve kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması nedeniyle rinse yıkama sonu numunelerinin en az

renk farkına sahip olduğu düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde su sertliğinin renk farkı değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sarılık indeksi %70 pamuk-%30 kenevir içeren koyu renkli kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılmış %75 kapasitede 15 dakika işlem gören kumaşlar en yüksek sarılığı gösterirken rinse yıkama sonu en düşük sarılığı vermiştir. Ham değerine göre ozon kapasite ve süresi arttıkça ağartma etkisi yükselerek sarılık indeksi artış göstermekte olup sarılık artmıştır. Rinse yıkama işleminde henüz ozon ağartma işleminin gerçekleşmemesi ve boyarmaddeyi sökecek etkili bir kimyasalın bu işlem adımıda bulunmaması nedeniyle sarılık indeksi değerinin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde su sertliğinin sarılık indeksi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sarılık indeksi %70 pamuk-%30 kenevir içeren açık renkli kumaş tipi için ham hali referans kabul edilerek değerlendirildiğinde en yüksek sarılık indeksi değeri yumuşak su ile ıslatılmış %75 kapasitede 15 dakika işlem gören kumaşlarda görülmüştür. Rinse yıkama adımıda ağartma işleminin denim kumaşlara henüz uygulanmamış olması nedeniyle etkili bir şekilde boyarmadde sökölmemiş ve en düşük sarılık indeksi değerleri görülmüştür. Ham değerine kıyasla ozon kapasitesi ve süresi arttıkça ozonun ağartma etkisi yükselerek kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşmış ve denim kumaşlarda sarılık indeksi artış göstererek sarılık artmıştır. Bu kumaş tipinde su sertliğinin sarılık indeksi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sarılık indeksi %78 pamuk-%22 kenevir içeren kumaş tipi için ham kumaş referans kabul edilerek değerlendirildiğinde sert su ile ıslatılan %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş kumaşlarda sarılık en fazla iken rinse yıkama uygulanan kumaşların sarılığı en azdır. Rinse yıkama işlem adımıda boyarmaddeyi sökecek etkili bir kimyasalın bulunmaması nedeniyle en düşük sarılık indeksi değerleri görülmüştür. Ozon süresi ve kapasitesi arttıkça boyarmadde kumaş üzerinden uzaklaşmış ve sarılık indeksi artış göstererek sarılık artmıştır. Bu kumaş tipinde su sertliğinin sarılık indeksi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sarılık indeksi %90 pamuk-%10 kenevir içeren kumaş tipi için ham kumaş referans kabul edilerek değerlendirildiğinde rinse yıkama sonu en az sarılık indeksine sahip iken sert su ile ıslatılmış %75 ozon kapasitesinde 15 dakika işlem görmüş olan kumaşlar en fazla sarılık indeksi değerine sahiptir. Tüm kumaş tiplerinde ozon kapasitesi ve süresi arttıkça kumaş üzerinden daha fazla boyarmadde uzaklaşarak sarılık indeksi artış göstermiş olup sarılık artmıştır. Tüm kumaş tiplerinde rinse yıkama işlem adımı henüz ozon ağartmanın gerçekleşmemesi ve kumaştaki boyarmaddeyi bozan ya da etkili şekilde söken bir kimyasal madde kullanılmaması nedeniyle rinse yıkama sonu numunelerinin en az sarılık indeksine sahip olduğu düşünülmektedir. Bu kumaş tipinde su sertliğinin sarılık indeksi değerlerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, A.**, 2005, Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 5s.
- Arıkan, T., Çavuşoğlu, B., Alver, Y., Çil, Z. E., Akaya, M. Ş. ve K. Kayaoğlu, B.**, 2015, Farklı endüstriyel yıkama proseslerinin denim kumaşların mukavemet ve fiziksel özelliklerine etkisi, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 22(100): 55s.
- Arjun, D., Hiranmayee, J. and Farheen, M. N.**, 2013, Technology of industrial denim washing: review, *International Journal of Industrial Engineering & Technology*, (3), 28p.
- Bağır, İ. C.**, 2011, Denim Yıkamada Karşılaşılan Sorunlar ve Bunlara Yönelik Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 6, 15,16s.
- Başer, U. ve Bozoğlu, M.**, 2020, Türkiye'nin kenevir politikası ve piyasasına bir bakış, *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 6(2): 128, 132s.
- Batur, G. ve Ayranpınar, S.**, 2021, Lazer teknolojisi: sürdürülebilir denim üretimine ekolojik çözüm, *Art&Design-2021 Dergisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarım Bölümü, 1051,1052s.
- Ben Hmida, S. and Ladhari, N.**, 2016, Study of parameters affecting dry and wet ozone bleaching of denim fabric. *Ozone: Science & Engineering*, 38(3): 180p.
- Can, Y.**, 2014, Tekstil Sektöründe Su Kullanımı ve Atık Su Yönetimi, ISEM kitapevi, 823s.
- Choudhury, A. K. R.**, 2017, Environmental impacts of denim washing, In Sustainability in Denim, *Woodhead Publishing*, (3): 49,57p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çomaklı, K., Yüksel, B., Şahin, B. ve Karagöz, Ş.,** 2006, Kazan bacalarında meydana gelen enerji ve ekserji kayıpları, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (92):12s.
- Çınar, T.,** 2008, Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi ve Enerji Verimlilik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, 45s.
- Demirbek, D. ve Bulut, M. O.,** 2021, Kenevir liflerinin eldesi, özellikleri ve kompozit uygulama alanları, *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(2), 177,171,181s.
- Eren, H. A., Yiğit, İ., Eren, S. and Avinc, O.,** 2020, Ozone: an alternative oxidant for textile applications, *Sustainability in the Textile and Apparel Industries: Production Process Sustainability*, 81p.
- Erişmiş, B.,** 2012, Tekstil terbiye işlemlerinde ultrason kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34s. (yayınlanmamış)
- Ertek Avcı M., Yıldırım N. ve Türksoy H. G.,** Geri Dönüşüm İpliklerden Üretilmiş Havlu Kumaşların Mukavemet, Su Emicilik ve Seçilmiş Haslık Özelliklerinin İncelenmesi, Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi Bildiriler Kitabı, Adana, Türkiye, 26 - 27 Eylül 2019, 482s.
- Fidan, F. Ş., Aydoğan, E. K. and Uzal, N.,** 2021, An integrated life cycle assessment approach for denim fabric production using recycled cotton fibers and combined heat and power plant, *Journal of Cleaner Production*, (287), 2p.
- Göre, M. ve Kurt, O.,** 2021, Bitkisel üretimde yeni bir trend: Kenevir. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(1), 152s.
- Gürarslan, R.,** 2010, Bazı Kumaşların Ozon Gazı Uygulamasıyla Yüzey Modifikasyonunun Boyanabilirlik Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Teknik Üniversitesi, 84s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hasan, M. Z., Rahaman, M. T., Islam, T. and Pranta, A. D.,** 2021, An empirical analysis of sustainable denim washing technology in the apparel industries, *International Journal of Industrial and Manufacturing Systems Engineering*, 6(2), 20p.
- He, Z., Li, M., Zuo, D. and Yi, C.,** 2018, The effect of denim color fading ozonation on yarns. *Ozone: Science & Engineering*, 40(5), 377p.
- HunterLab (Hunter Associates Laboratory, Inc.),** “If I select D65/10 to read XYZ what will happen when I read YI?”
<https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/202023975-If-I-select-D65-10-to-read-XYZ-what-will-happen-when-I-read-YI-> (2015) (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2023)
- Islam, H.,** “Defining and Communicating Color: The CIELAB System” [Defining and Communicating Color: The CIELAB System - Textile Research and Development \(textilernd.com\)](#) (2021) (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2023)
- İnkaya, T., Eren, H. A. and Anış, P.,** 2010, Pamuk ağartılmasında lakkaz/mediatör sistemlerinin oksijen ve ozon ile kombine edilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1), 78s.
- Kadem, F. ve Özdemir, Ş.,** 2020, Tüketici sonrası geri dönüştürülen denim kumaşların seçilmiş konfor özellikleri üzerine bir çalışma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 380s.
- Kalkan, S.,** 2020, Evsel Yıkamanın Denim Kumaşlar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 4,7,14,15 s.
- Kalkan, S. ve Oğulata, T.,** 2020, Evsel Yıkamanın Denim Kumaşlar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 39(2):12s.
- Kan, C. W.,** 2015, Washing techniques for denim jeans, *In Denim*, (11), 314p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kaya, S. ve Öner, E.,** 2020, Kenevir liflerinin eldesi, karakteristik özellikleri ve tekstil endüstrisindeki uygulamaları, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1):108-111s.
- Kertmen, N.,** 2021, New trends in fibers used in denim fabric production, *Tekstil ve Mühendis*, 28:121,48,51p.
- Kertmen, N. ve Yıldırım, N.,** 2022, Farklı karışım oranlarında kenevir lifi kullanımının ve iplik numarasının iplik ve kumaş özelliklerine etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24(72): 764s.
- Khalil, E.,** 2015, Sustainable and ecological finishing technology for denim jeans, *AASCIT Communication*, 2(5): 159p.
- Khan, M. R., Mondal, I. H. and Uddin, Z.,** 2012, Sustainable washing for denim garments by enzymatic treatment, *Journal of Chemical Engineering*, 27, 27p.
- Köksal, F.,** 2015, Denim Yıkamada Renk Varyasyonlarının Nedenlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, 7,20s.
- Kurtuldu, E. ve İşmal, Ö. E.,** 2019, Sürdürülebilir tekstil üretim ve tasarımında yeniden değer kazanan lif: kenevir. *SDÜ Art-E*, 12(24):694-696s.
- Mezarcıöz, S. and Toksöz, M.,** 2014, Investigation of effect of special washing processes on denim fabrics' properties, *Textile and Apparel*, 24(1):86p.
- Mahmud, M. F., Rahman, A. M., Sarker, A. A. H., Akter, S., and Islam, M. R.,** 2022, Evaluation of the impact of cotton sheath linear density of core spun yarn on the performance of denim fabrics, *Heliyon*, 8(8), 1p.
- Mezarcıöz, S. ve Sırlıbaş, S.,** 2021, Denim kumaşlara çevre dostu ön terbiyesiz boyama metodunun uygulanması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(4), 1128s.
- Mouw, T.,** “[LAB Color Space and Values | X-Rite Color Blog \(xrite.com\)](https://www.xrite.com/blog/lab-color-space-and-values)” (2018) (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nergis, A. ve Oğulata, T.**, 2017, Taş yıkamanın denim kumaş performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması, *Tekstil ve Mühendis*, 24(107),161s.
- Okur, N.**, 2022, Thermo-physiological and handle-related comfort properties of hemp and flax blended denim fabrics, *Journal of Natural Fibers*, 19(15): 101785 p.
- Önöz, E.**, 2008, Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği ve Enerji Verimli Motor Sistemleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1s.
- Özbey, G.**, 2019, Selülozik Materyallerin Bentonit ile Ağartılması Olanaklarının Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 38s.
- Özdemir, D.**, 2006, Denim Mamullerin Ağartılmasında Kullanılan Sodyumhipoklorit ve Potasyum Permanganat Yöntemlerine Alternatif Yöntemlerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 1,2s.
- Öztürk, Ç.**, 2018, Tekstil Sektöründe Temiz Üretim Tebliği Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, 25, 28, 29, 30 s.
- Öztürk, D. ve Eren, H. A.**, 2010, Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 15(2), 37,41, 43,47,48s.
- Perincek, S., Bahtiyari, M. İ., Duran, K. and Körlü, A. E.**, 2009, Yellowing tendency of ozonated cotton fabric and ways to prevent this undesirable side effect, *The Journal of The Textile Institute*, 100(8), 738p.
- Periyasamy, A. P. and Periyasami, S.**, 2023, Critical Review on Sustainability in Denim: A Step toward Sustainable Production and Consumption of Denim, *ACS omega*, 8(5), 4480p.
- Saricam, C.**, 2022, The comfort properties of hemp and flax blended denim fabrics with common industrial washing treatments, *Textile Research Journal*, 92(17-18), 3164p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sarker, U. K., Kawser, M. N., Rahim, A., Al Parvez, A. and Shahid, M. I., 2021,** Superiority of sustainable ozone wash over conventional denim washing technique, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 11(5): 517p.
- Schrott, W. and Paul, R., 2015,** Environmental impacts of denim manufacture, *In Denim*, (20), 563p.
- Shahid, M., Zhou, Y., Tang, R. C. and Chen, G., 2017,** Enzymatic washing of denim: greener route for modern fashion, *In Textiles and Clothing Sustainability*, 68p.
- Şahinbaşkan, Y. B., 2019,** Kenevir dokuma kumaşa enzimatik ön işlemlerin etkisi, *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 31(3), 209s.
- Tarhan, M., 2005,** Eskitme yöntemlerinin denim mamullerin performans özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 28,36,40,67,52s.
- Taşlıgil, N. ve Şahin, G., 2019,** Türk Tarım Hayatında Kenevir/Kendir (Cannabis sativa L.) Yetiştiriciliğinin Yeniden Başlaması ve Yaşanan Gelişmeler., I. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, 20(22), 459s.
- Telli, A., 2016,** Geri dönüşüm pamuk, r-PET ve karışımlarının denim kumaş üretiminde kullanılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 21s.
- Toksöz, M. ve Mezarcıöz, S., 2013,** Denim Kumaşlara uygulanan özel yıkama uygulamaları, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 142,143s.
- Ural, Ö., 2012,** Denim Ürünler Hakkında Tüketici Bilincinin Araştırılması. Akdeniz Sanat, 4(8): 122s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ünal, B. Z. ve Küçük, A.,** 2021, Ozonlama proses şartlarının elastansız denim kumaşların yumuşaklık ve mukavemet özelliklerine etkisinin irdelenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(69),747s.
- Yapıcı, İ., İzol, E. ve Yılmaz, M. A.,** 2022, Kenevirin çeşitli sektörlerde kullanımı, *Farklı Yaklaşımlarla Endüstriyel Alanında Kenevir Dergisi*, 169s.
- Yıldırım, N., Üstündağ, S. ve Örtlek, H. Gazi,** 2014, Yıkama işlemlerinin denim kumaşların fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 21(95):17s.
- Yıldız, Z., Dal, V., Atmaca, M., Ceviz, N., Kurtuluş, B., Yılmaz, A. ve Akçagün, E.,** 2014, Farklı Yıkama Türlerinin Denim Kumaşın Fiziksel Özelliklerine Etkisi, XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 399s.
- Zhang, L., Guo, F., Zuo, D. Y., Liao, S., Wang, Q., Liu, L., and Yi, C.,** 2022, Effect of ozone washing on the antibacterial property of hemp yarn, *The Journal of The Textile Institute*, 113(12), 2569-2574p.
- Zhang, L., Lei, M., Feng, T., Chang, W., Ye, A., Yi, H. and Yi, C.,** 2021, A case study of the wastewater treatment system modification in denim textile industry, *The Journal of The Textile Institute*, 112(10): 1666p.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim boyunca desteklerini sunan ve önerilerini paylaşan değerli danışmanlarım Prof. Dr. Ayşegül KÖRLÜ ve Prof. Dr. Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ'ye, tez çalışmam boyunca deneysel ve test çalışmalarım için imkan sunan FG Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.'ne, deneyim ve bilgilerini paylaşan Sayın Genel Müdür Tamer TATAR'a, Yıkama Direktörü Özgür BULUT'a, Fabrika Müdürü Kemal KOCAGÖL'e, Yıkama Müdürü Özer TUNEL'e, deneysel çalışmalarına destek veren İşletme Mühendisleri Ali Çağan ÖZTÜRK ve Ali KARACA'ya, test çalışmalarına destek veren Ar-Ge Merkezi Mühendisi Emre SAKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca yanımda oldukları için sevgili aileme ise varlıkları için teşekkürü borç bilirim.

14 / 09 / 2023

İrem PALABIYIK

ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Çorlu İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamlamıştır. 2016 yılında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği'ni kazanmış 2020 yılında Tekstil Kimyası ve Terbiyesi opsiyonundan bölüm üçüncülüğü derecesiyle mezun olmuştur. 2020-2021 yılı arasında Can Tekstil Entegre Tesisleri ve Tarım Ürünleri San. Tic. A.Ş.'de Ar-Ge Merkezi Sorumlusu olarak çalışmıştır. 2021 yılında FG Tekstil Konfeksiyon San Tic. A.Ş.'ne Ar-Ge Merkezi Uzmanı olarak başlamış olup 2022 yılından bu yana Ar-Ge Merkezi Yöneticisi olarak görev yapmaktadır.

