

POLYESTERİN DİSPERSE BLUE 79 İLE KLASİK VE SUSUZ BOYANMASININ KARŞILAŞTIRILMASI

*Semiha EREN**
*Hande ÖZCAN***
*İdil YİĞİT****
*Hüseyin Aksel EREN*****

Alınma: 14.05.2019; düzeltme: 02.07.2019; kabul: 10.07.2019

Öz: Bu çalışmada %100 Polyester kumaşlara Disperse Blue 79 (C.I.11345) boyarmaddesi ile klasik boyama ve süperkritik karbondioksit (scCO₂) ortamda susuz boyama yapılmıştır. Deneyler, klasik boyama için 120 °C ve 130 °C, süperkritik ortamda boyamada ise 120 °C sıcaklıkta ve 250 bar basınçta gerçekleştirilmiştir. Klasik ortamda boyanan kumaşlara redüktif yıkama yapılmıştır. ScCO₂ ortamda boyanan kumaşlara ise asetonla tekrarlı yıkamalar yapılmıştır. Numunelere; renk ölçümleri, kopma mukavemeti, KOİ testleri yapılmış ve deney sonuçları yorumlanmıştır. Süperkritik CO₂'de elde edilen sonuçlar, suda yapılan klasik boyama ile karşılaştırılmıştır. Çalışma, kullanılan dispers boyanmış Polyester liflerini süper kritik karbondioksit ortamda susuz olarak 120 °C ve 250 barda yüksek haslıklarda ve mukavemet kaybı olmadan boyadığını ve renk açısından da sulu ortamda dispersiyon ajanlarının varlığında 120 °C elde edilene göre %0,5 (kag) bm konsantrasyonunda daha koyu boyadığını ve %4 (kag) bm konsantrasyonu için benzer olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: susuz boyama, polyester, Disperse Blue 79, haslık

Comparison of Classic and Waterless Dyeing of Polyester with Disperse Blue 79

Abstract: In this study, 100% Polyester fabrics were dyed with Disperse Blue 79 (C.I.11345) dye through conventional dyeing and waterless dyeing in supercritical carbon dioxide (scCO₂) medium. The experiments were carried out at 120 °C and 130 °C for conventional dyeing and 120 °C at a pressure of 250 bar in supercritical carbon dioxide (ScCO₂) medium. Reduction clearing was applied to the conventionally dyed samples. The fabrics dyed in ScCO₂ medium were washed with acetone. Color measurements, breaking strength, COD tests were performed. The results obtained in scCO₂ were compared to conventionally dyed samples. The study showed that the disperse dye used dyed the polyester fibers in scCO₂ medium at 120 °C and 250 bar without any loss of strength and with no loss of the color obtained was darker at dyeing levels of 0.5% (owf) dye compared and 4% (owf) dye concentration.

Keywords: waterless dyeing, polyester, Disperse blue 79, fastness

Kısaltmalar: kag: kumaş ağırlığına göre, bm: boyarmadde, owf: over weight of fabric, scCO₂: super kritik karbondioksit, scf: super kritik faz, KOİ: kimyasal oksijen ihtiyacı, COD: chemical oxygen demand

* Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa

** Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa

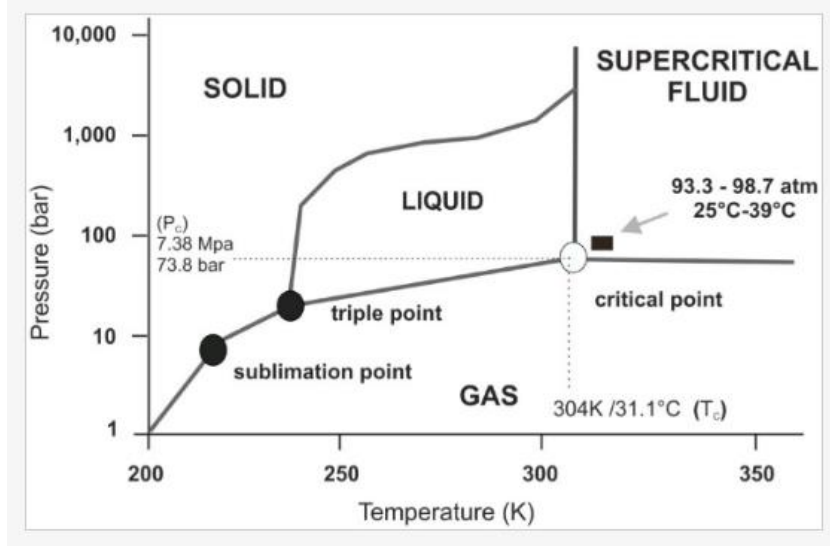
*** Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa

**** Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa
İletişim Yazarı: Semiha EREN (semihaeren@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Geleneksel tekstil boyamacılığı son derece su ve kimyasal yoğun bir sektördür. Boyanmış her bir kilo tekstil için 100-160 litre su kullanılır. (Dycoo, 2013) Ayrıca işlemler sonucunda ortaya çıkan atık su ise çevresel kirlilik sorunuyla beraber ekonomik bir yük oluşturmaktadır. Son yıllarda araştırmacılar boyama ortamı olarak suya alternatif olabilecek süperkritik akışkanlar (SCF) üzerine çalışmaktadırlar.

Madde, kritik sıcaklık ve kritik basınç değerinin üstünde yani kritik nokta dediğimiz noktada süperkritik akışkan halini almaktadır. (Şekil 1) Süperkritik akışkanlar sıvı ya da gaz olarak açıklanamazlar fakat ikisinin de özelliklerine sahiptirler. (Odabaşoğlu ve diğ. 2013, Leitner, 2000, Chiu ve diğ. 2018, Peng ve diğ. 2018, Budise ve Schulze-Makuch 2014) Süperkritik akışkanın yoğunluğunun gaz halinin yoğunluğundan çok yüksek (200 ile 400 kat) olmasından dolayı; süperkritik akışkanların büyük ve uçucu olmayan molekülleri çözme yetenekleri çok iyidir. Bu uygulama için en uygun akışkan ucuz, toksik ve yanıcı olmayan karbondioksittir.



Şekil 1:

Süperkritik CO₂'in şematik olarak basınç-sıcaklık diyagramı (Budise ve Schulze-Makuch, 2014)

Bir SCF'deki difüzyon katsayısı bir sıvıda olduğundan daha yüksek ve viskozite daha düşük olduğundan kütle taşınmasını kolaylaştırır. Polyester gibi polar olmayan tekstil ürünlerinin boyanmasında scCO₂ (süperkritik karbondioksit) lifin içinde boya difüzyon hızını artıran bir şişme maddesi olarak işlev görür. CO₂ (karbondioksit) polar olmayan bir çözücü olduğundan, dispers boyalar, dağıtıcı maddelere ihtiyaç duyulmadan çözülebilir (yani sulu boyadan daha basit boya formülasyonları kullanılabilir). ScCO₂'de polyester boyama için tipik koşullar 585 kg/m³ CO₂ yoğunluğunda 30 MPa ve 120 °C'dir. (Bach ve diğ. 2002, Chiu ve diğ. 2018, Peng ve diğ. 2018, Budise ve Schulze-Makuch 2014, Chiu ve diğ. 2017a) Süperkritik akışkan olarak karbondioksit (scCO₂) ucuz, kolay temin edilebilir, alev almayan, korozif ve patlayıcı olmayan, çevre dostu, geri kazanılabilir, kimyasal olarak inert olup toksik bir madde olmaması; kritik sıcaklık ve kritik basınç değerlerinin düşük ve çalışma şartlarının kısmen daha kolay olması nedeniyle tekstil uygulamaları için en iyi seçenektir. (Budise ve Schulze-Makuch 2014, Odabaşoğlu ve diğ. 2013, Nandhakumar 2012, Bach ve diğ. 2002, Kaya 2011, Ahmed ve El-Shishtawy 2010, Saus ve diğ. 1993 Haytt 1984, Devrent ve diğ. 2006)

Süperkritik akışkan ortamda boyama (susuz) su tüketiminin dolayısı ile atık su yükünün ortadan kalkması, atıksu arıtma işlemlerinin azalması, ard yıkamaya gereksinim duyulmaması, kurutma ve kurutucu atıklarının olmaması, enerji tüketiminde azalma, çözülebilirliğin basınç ile kontrol

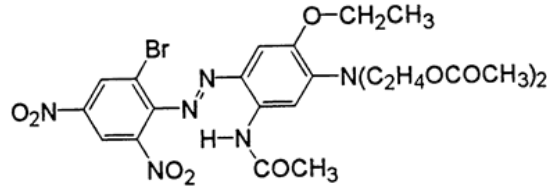
edilebilmesi, viskozite daha düşük olduğu için banyo sirkülasyonunun daha kolay olması, karbondioksitin lif polimeri tarafından alınması lifin şişmesine yol açtığından life difüzyonun daha hızlı gerçekleşmesi, kullanılan karbondioksitin yaklaşık olarak %95'inin geri kazanılması ve tekrar kullanılmasından dolayı hava kirliliğinin olmaması, daha az tekrar boyamaya ihtiyaç duyulması ve suyla boyamaya nazaran renk düzeltmenin daha kolay yapılabilmesi avantajlarını sunmaktadır.(Nandhakumar ve diğ. 2012, Texman 2012, Budise ve Schulze-Makuch 2014, Adachi ve diğ. 2009, Chiu ve diğ. 2017b) Polyester giyim endüstrisinin bir yılda tükettiği suyun yüzme yarışlarının yapıldığı yüzme havuzlarından 3,7 milyon tanesini doldurmaya yeterli olduğu ifade edilmektedir. (Ferris 2012) Bu yüzden, suyun yerine süperkritik karbondioksitin kullanılarak polyester boyamalarının başarılı bir şekilde susuz gerçekleştirilebilmesi çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada %100 Polyester kumaşlara Disperse Blue 79 (C.I.11345) boyarmaddesi ile klasik boyama ve süperkritik karbondioksit (scCO₂) ortamda susuz boyama yapılmış ve klasik sulu boyama ile susuz boyama karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada; %100 polyester örme kumaş kullanılmıştır. Boyamalarda Şekil 2'de kimyasal yapısı verilen Ciba firmasının Disperse Blue 79 Azo High Energy Terasil Navy Gr1-C boyarmaddesi susuz boyamalarda etanol olarak da Merck marka kullanılmıştır. Boyama ve yıkama reçeteleri yöntem kısmında verilmiştir. Klasik boyamada Onan Kimya markalı dispergator ve asit olarak Merck marka asetik asit kullanılmıştır. Susuz boyama işlemleri Şekil 3'de gösterilen sistemde yapılmıştır.



Şekil 2:

Disperse Blue 79 boyarmadde kimyasal yapısı (Anonim,2019)



Şekil 3: a:

a: Susuz boyamada kullanılan yağ banyosu ve tüpler, b: Meshe sarılmış boyanacak kumaş ve tüpün içine yerleşimi

2.2. Yöntem

Numuneler Disperse Blue 79 boyarmadde ile klasik olarak ve scCO₂ ortamında susuz olarak boyanmıştır. scCO₂ ortamda boyamada ayrıca çözünürlüğü arttırabileceğinden etanol ilave edilerek de (Saldana ve diğ. 2002, Lee ve diğ. 2010, Murga ve diğ. 2000, Vatai ve diğ. 2009) boyama yapılmıştır. Klasik boyama 120 °C ve 130 °C de 60 dk; susuz boyama ise 120 °C, 60 dk yapılmıştır. Klasik boyama işleminde; numuneler % 0,5 ve %4 boyarmadde konsantrasyonlarında; 1:15 çözelti oranı, 1 ml/lt dispergatör ve 1ml/l asetikasit banyosunda, 120 ve 130°C’de 60 dakika süreyle boyanmıştır. Proses sonunda numunelere 2 g/lt NaOH ve 2 gr/l hidrosülfitle 80 °C yıkama ard işlemleri yapılmıştır. ScCO₂ ortamında boyamada ise % 0,5 ve %4 boyarmadde ile 250 bar ve 120 °C de 60 dk hem susuz hem de etanol ilave edilerek yapılmıştır. Proses sonunda numunelere asetonla tekrarlı yıkama ard işlemleri yapılmıştır. Susuz boyamada kullanılan karbondioksit miktarı basınç ve sıcaklık değişimlerine göre <http://webbook.nist.gov/chemistry/> adresinden hesaplanmıştır. Numunelere; renk ölçümleri, kopma mukavemeti, KOİ testleri yapılmış ve deney sonuçları yorumlanmıştır.

Renk Ölçümleri

Boyama sonrası numunelerin renk ölçümleri (DE değeri), Konica Minolta CM3600D model spektrofotometre cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kopma Mukavemeti

Kopma mukavemeti testleri ISO 13934-1’e göre SHIMADZU Model AG-X-Plus (Kyoto, Japan) test cihazında yapılmıştır.

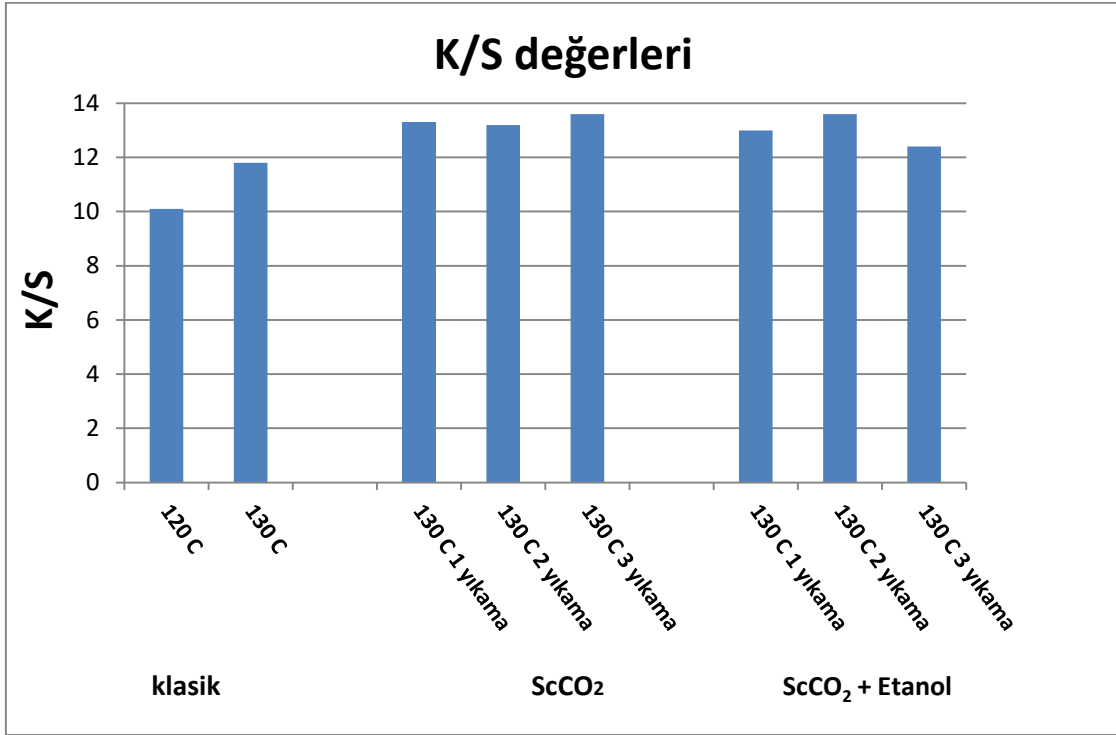
KOİ Ölçümleri

KOİ değerleri standart titrimetric metoda göre hesaplanmaktadır. (Standard Methods 5220 C: Closed Reflux, Titrimetric Method, APHA, 19th edn, American Public Health Association, 1995).

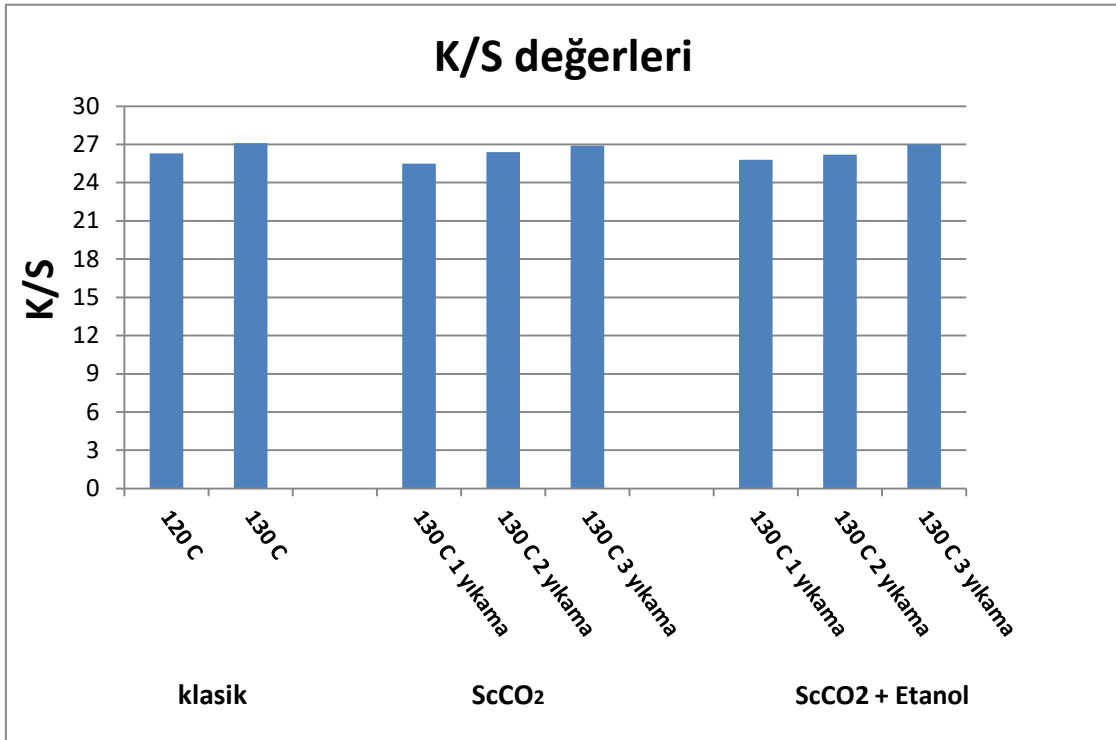
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Renk Ölçüm Sonuçları

Boyama sonrası numunelerin renk ölçümleri (K/S), Konica Minolta CM3600D model spektrofotometre cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede % 0,5 bm konsantrasyonunda 130 °C’de klasik boyanan kumaşların standart alınarak ölçüm yapıldığı K/S değerleri sonuçları Şekil 4’de verilmiştir. Görüldüğü gibi klasik boyamada 130°C’de numuneler 120°C’de boyananlara göre daha koyu boyanmıştır. Bu durum literatürle de uyumludur.(Bird ve Boston, 1975, Eren vd 2013) % 0,5 bm konsantrasyonu için scCO₂ ortamda boyanan numunelerde ise klasik boyamaya göre K/S değerlerinin daha yüksek olduğu yani daha koyu boyandığı görülmüştür. Değerlendirmede % 4 bm konsantrasyonunda 130 °C’de klasik boyanan kumaşların standart alınarak ölçüm yapıldığı K/S değerleri sonuçları Şekil 5’de verilmiştir. Görüldüğü gibi 130 °C de % 4 bm konsantrasyonu için de 120 °C de olduğu gibi klasik boyamada numuneler daha koyu boyanmıştır. Bu durum literatürle de uyumludur.(Bird ve Boston, 1975, Eren vd 2013) % 4 bm konsantrasyonu için susuz süperkritik karbondioksit ortamda boyanan numunelerde ise K/S değerlerinin klasik boyamaya çok yakın olduğu yani aynı tonda boyandığı görülmüştür.



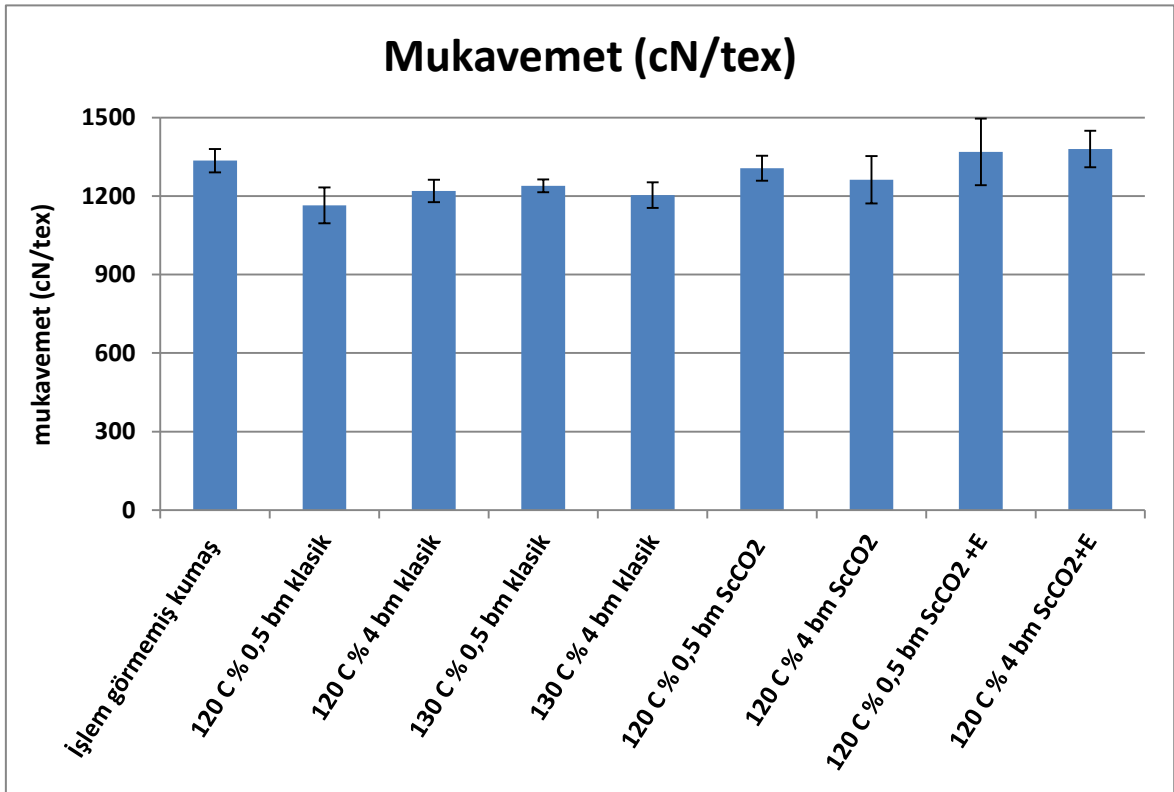
Şekil 4:
% 0,5 bm konsantrasyonunda boyanan kumaşlara ait K/S değerleri



Şekil 5:
% 4 bm konsantrasyonunda boyanan kumaşlara ait K/S değerleri

3.2. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Numunelerin kopma mukavemeti test sonuçları Şekil 6'de verilmiştir. Ham kumaşın mukavemeti 1335, 2 cN/tex iken 120 °C klasik boyamalarda % 0,5 bm konsantrasyonunda boyanan kumaşlarda 1164,9 cN/tex , % 4 bm konsantrasyonunda boyanan kumaşlarda 1219,5 cN/tex; 130 °C de % 0,5 bm konsantrasyonunda 1239,2 cN/tex, % 4 bm konsantrasyonunda ise 1203,7 cN/tex olarak ölçülmüştür. Susuz ortam boyamalarında ise %0,5 bm konsantrasyonunda 1306,1 cN/tex, ve % 4 bm konsantrasyonda 1262,6 cN/tex olarak ölçülmüştür. Görüldüğü gibi süperkritik ortamda susuz yapılan boyamalarda numunelerin mukavemetinde düşüş görülmemiştir. Hatta 130 °C de yapılan klasik boyamaya nazaran ham kumaşın mukavemet değerine daha yakın bulunmuştur. (Schmidt ve diğ. 2002)



Şekil 6:
Numunelerin mukavemet (cN/tex) değerler

3.3. Numunelerin Yıkama Haslık Değerleri

Numunelere ait yıkama haslık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde süperkritik karbondioksit ortamında susuz olarak yapılan boyamalarda yıkama haslık değerlerinin düşmediği gözlenmiştir. Sadece etanolsüz süper kritik karbondioksit susuz ortam % 4 bm konsantrasyonunda 1. yıkamada asetatta haslık 3 bulunmuş 2. yıkamada tekrar haslık 4 ve 3. yıkamada 4-5'e yükselmiştir. Ayrıca Etanolle süperkritik karbondioksit susuz ortamda %4 bm konsantrasyonunda boyanan ve 1 yıkama yapılan kumaşlarda haslıklarda düşüş görülmüş fakat 2. yıkamada değerler yükselmiştir.

Tablo 1. Numunelerin yıkama haslık değerleri

Boyama sıcaklığı (°C)	Bm konsantrasyonu (%)	Boyama işlem tipi	Yıkama sayısı	Yün	Akrilik	Poliester	Poliamid	Pamuk	Asetat
130	0,5	Klasik	-	4-5	5	5	5	5	4-5
130	4	Klasik	-	4-5	4-5	5	4-5	5	4-5
120	0,5	Klasik	-	5	5	5	5	5	5
120	4	Klasik	-	4-5	5	5	4-5	5	4-5
120	0,5	ScCO ₂	1	4-5	4-5	4-5	4-5	5	4-5
120	0,5	ScCO ₂	2	4-5	4-5	5	4-5	5	5
120	0,5	ScCO ₂	3	4-5	4-5	5	5	5	5
120	4	ScCO ₂	1	4	4-5	3-4	3	4-5	3
120	4	ScCO ₂	2	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4
120	4	ScCO ₂	3	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
120	0,5	ScCO ₂ + Etanol	1	4-5	4-5	5	4-5	5	4-5
120	0,5	ScCO ₂ + Etanol	2	4-5	5	5	5	5	4-5
120	0,5	ScCO ₂ + Etanol	3	4-5	4-5	5	4-5	4-5	5
120	4	ScCO ₂ + Etanol	1	3-4	4	3	2-3	4	2-3
120	4	ScCO ₂ + Etanol	2	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4
120	4	ScCO ₂ + Etanol	3	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4

3.4. Çevresel Etki: Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Test Sonuçları

Günümüzde, endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri kimyasal oksijen ihtiyacıdır ve çevresel bilinç ve süreçler için önem taşımaktadır. Bu nedenle klasik boyama ve yıkama banyolarının KOİ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. KOİ giderimi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Klasik boyama ve yıkama banyolarına ait KOİ (mg/l) değerleri

Boyama Banyosu	KOİ(mg/l)
120 °C % 0,5 bm klasik	3180
120 °C % 4 bm klasik	4905
130 °C % 0,5 bm klasik	1440
130 °C % 4 bm klasik	2890
Yıkama Banyosu	
120 °C % 0,5 bm klasik	772,5
120 °C % 4 bm klasik	995
130 °C % 0,5 bm klasik	569,5
130 °C % 4 bm klasik	775

Görüldüğü gibi boyama banyosu KOİ değerleri yıkama banyosu KOİ değerlerinden daha yüksektir. Aynı şekilde boyarmadde konsantrasyonu arttıkça KOİ miktarı da artmıştır. Bu

durum klasik boyama banyoları ve yıkama banyoları için beklenen bir durum olup literatürle de uyumludur. (Eren ve diğ. 2007) Sonuçta süperkritik karbondioksit ortamda yapılan boyama için su ile yıkama olmadığından KOİ değeri “0 “ olarak kabul edilebilir. Bu da süperkritik karbondioksit ortamda yapılan boyama işlemlerinin daha çevreci olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Süperkritik karbondioksit susuz ortamda 120 °C’de boyarmaddenin çözünürlüğü gayet iyidir ve çalışmada etanol varlığı rengi, mukavemeti ve haslıkları etkilememiştir. Polyester kumaş klasik boyamada 130 °C’de sulu ve yardımcı kimyasallarla yakalanan renk, haslık ve mukavemet özelliklerine süperkritik karbondioksit susuz ortamda 120 °C de ulaşılmıştır. Bu durum literatürle de uyumludur (Hou ve diğ. 2010). Polyester lifinin dispers boyarmadde ile süperkritik karbondioksit akışkan ortamında boyanmasında, boyarmaddeyi ihtiva eden süperkritik akışkanın yüksek difüzyon özelliği, büyük kütle transferi yeteneği ve büyük molekülleri çözme gücü sayesinde, polyester lifinin gözeneklerinin derinlerine ve lifin kapiler yapısına doğru nüfuzu daha rahat gerçekleşmektedir. Süperkritik işlem için doğru sıcaklık ve çözücü yoğunluğu seçildiğinde, aynı boyama konsantrasyonuna su ile yapılan klasik boyamada olduğu gibi ulaşılabilir.(Bach ve diğ. 2002) Günümüz dünyasında temiz su kaynaklarının tükendiği göz önüne alındığında süperkritik karbondioksit ortamında çalışmanın; hem çevreyi koruyucu hem de kullanılması gereken su miktarının azaltılması ve açığa çıkan atık suyun olmaması gibi avantajlarıyla gelecekte çok önemli bir yer tutması beklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 116M984 numaralı proje ile TUBİTAK 1001 projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Adachi, H., Taki, K., Nagamine, S., Yusa, A., Ohshima, M. (2009) Supercritical carbon dioxide assisted electroless plating on thermoplastic polymers *The Journal of Supercritical Fluids*, 49(2), 265-270, doi: 10.1016/j.supflu.2008.12.010.
2. Ahmed, N.S.E., El-Shishtawy, R.M. (2010) The Use Of New Technologies In Coloration Of Textile Fibers, *Journal of Materials Science*, 45, 1143-1153, doi: 10.1007/s10853-009-4111-6.
3. Anonim, (2019) Disperse Blue 79, Erişim Adresi: <http://www.worlddyevaryety.com/disperse-dyes/disperse-blue-79.html>. (Erişim Tarihi: 30.04.2019)
4. Bach, E., Cleve, E., Schollmeyer, E., (2002) Past, present and future of supercritical fluid dyeing technology – an overview, *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, 32(1), 88-102, doi: 10.1111/j.1478-4408.2002.tb00253.x.
5. Bird, C L and Boston, W S.(1975) *The Theory of Coloration of Textiles*, SDC, Bradford.
6. Budisa, N., Schulze-Makuch, D. (2014) Supercritical carbon dioxide and its potential as a life-sustaining solvent in a planetary environment, *Life*, 4(3), 331-340, doi: 10.3390/life4030331.
7. Chiu, W. T., Tahara, Y., Chen, C. Y., Chang, T. F. M., Hashimoto, T., Kurosu, H., Sone, M. (2017a) A Supercritical CO₂ Promoted Electroless Ni-P Plating on Silk and Their Fundamental Characteristics Investigations, *Journal of The Electrochemical Society*, 164(7), 406-411, doi: 10.1149/2.0551707jes.

8. Chiu, W. T., Tahara, Y., Chen, C. Y., Chang, T. F. M., Hashimoto, T., Kurosu, H., Sone, M. (2017b) Fundamental Property Assessments of Biocompatible Silk–Pt Composite Prepared by Supercritical Carbon Dioxide Promoted Electroless *Plating Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(31), 8864-8871, doi: 10.1021/acs.iecr.7b01749.
9. Chiu, W. T., Chen, C. Y., Chang, T. F. M., Tahara, Y., Hashimoto, T., Kurosu, H., Sone, M. (2018) Platinum coating on silk by a supercritical CO₂ promoted metallization technique for applications of wearable devices, *Surface and Coatings Technology*, 350, 1028-1035, doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.02.070.
10. Devrent, N., Özcan, A.S., Durur, G. (2006) Süperkritik Karbon Dioksitte Boyama, *Tekstil ve Mühendis*, 62-63, 44-48.
11. Dycoo, (2013) Erişim Adresi: <https://www.greenbiz.com/blog/2013/12/17/nike-moves-water-free-chemical-free-dyeing> (Erişim Tarihi: 30.04.2019)
12. Eren, H.A., Kurcan, P., Anış, P. (2007) Boyamada Kullanılan Yardımcı Kimyasal Maddelerin Reaktif Boyama Atık Sularının Ozonlanmasına Etkileri, *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 53-60.
13. Eren, H. A., Gundogan, S., Eren, S., Kocaman, B. (2013) Substitution of reduction clearing step by ozone treatment at disperse dyeing of polyester, *Ozone: Science & Engineering*, 35(3), 196-200, doi.org/10.1080/01919512.2013.771551.
14. Ferris D. (2012) Erişim Adresi : <http://www.forbes.com/sites/davidferris/2012/08/30/nike-adidas-want-to-color-your-shirt-with-no-water>. (Erişim Tarihi: 30.04.2019)
15. Haytt, J.A. (1984) Liquid and Supercritical Carbon Dioxide as Organic Solvents, *Journal of Organic Chemistry*, 49, 5097-5101.
16. Hou A., Chen B., Dai J., Zang K., (2010) Usingsupercritical carbon dioxide as solvent to replace water in polyethylene terephthalate (PET) fabric dyeing procedures, *Journal of Cleaner Production.*, 18(10-11), 1009-1014, doi:10.1016/j.jclepro.2010.03.001.
17. Kaya, K., (2011). Doğal ve Sentetik Elyafların Süperkritik Karbondioksit Ortamında Boyanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
18. Kraan M. ve Fernandez Cid M. (2007) Equilibrium Study on the Disperse Dyeing of Polyester Textile in Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, 77(8), 550-558, doi: 10.1177/0040517507077483.
19. Lee, Y. H., Charles, A. L., Kung, H. F., Ho, C. T., Huang, T. C. (2010) Extraction of Nobiletin and Tangeretin from Citrus Depressa Hayata by Supercritical Carbon Dioxide with Ethanol as Modifier, *Industrial Crops and Products*, 31(1), 59-64, doi: 10.1016/j.indcrop.2009.09.003.
20. Leitner, W., (2000) Green chemistry: designed to dissolve, *Nature*, 405(6783), 129-130, doi: 10.1038/35012181.
21. Murga, R., Ruiz, R., Beltrán, S., Cabezas, J. L. (2000) Extraction of Natural Complex Phenols and Tannins From Grape Seeds by Using Supercritical Mixtures of Carbon Dioxide and Alcohol, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3408-3412, doi: 10.1021/jf9912506.
22. Nandhakumar, R., Kaviyarasu, R., Kalidass, M. (2012) Dyeing of fabrics without water: A review, *The Indian Textile Journal*, 2, 37-39.
23. Odabaşoğlu, H. Y., Avinç, O., Yavaş A. (2013) Susuz Boyama, *Tekstil ve Mühendis*, 20(90), 63-79, doi.org/10.7216/130075992013209007.

24. Peng, L., Guo, R., Lan, J., Jiang, S., Wang, X., Lin, S., Li, C. (2018) Silver nanoparticles coating on silk fabric with pretreatment of 3-aminopropyltrimethoxysilane in supercritical carbon dioxide, *Journal of Industrial Textiles*, 47(5), 883-896, doi: 10.1177/1528083716676813.
25. Saldana, M. D., Zetzl, C., Mohamed, R. S., Brunner, G. (2002) Extraction of Methylxanthines from Guarana Seeds, Mate Leaves, and Cocoa Beans Using Supercritical Carbon Dioxide and Ethanol, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4820-4826, doi:10.1021/jf020128v.
26. Saus, W., Knittel, D., Schollmeyer, E. (1993) Faerben aus Oberkritischem Kohlendioksit Physikalisch Chemische Grundlagen”, *Textile Praxis International*, 48, 32-35.
27. Schmidt, A., Bach, E., Schollmeyer, E. (2002) Damage to Natural and Synthetic Fibers treated in Supercritical Carbon Dioxide at 300 bar and Temperatures up to 160 degrees C, *Textile Research Journal*, 72(11), 1023-1032, doi: 10.1177/004051750207201115.
28. Texman, (2012) Using A Non-Aqueous Dyeing System: Supercritical Carbon Dioxide for Dyeing Textiles. Erişim Adresi: <https://www.newclothmarketonline.com/using-a-non-aqueous-dyeing-system-supercritical-carbon-dioxide-dyeing-textiles/>. (Erişim Tarihi: 30.04.2019)
29. Vatai, T., Mojca ř., Zeljko K. (2009) Extraction of Phenolic Compounds from Elder Berry and Different Grape Marc Varieties Using Organic Solvents and/or Supercritical Carbon Dioxide, *Journal of Food Engineering*, 90(2), 246-254, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.028.