

PAMUKLU ÖRME KUMAŞLARIN REAKTİF BOYARMADDELER İLE BOYANMASINA MİKRODALGA ENERJİSİ YARDIMI İLE UYGULANAN ENZİMATİK ÖN İŞLEMLERİN ETKİSİ

Hacer Özgen^{1*}, Mahire Cihangirova², Burcu Yılmaz Şahinbaşkan³

¹ Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, BARTIN

² Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

³ Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 34722, İSTANBUL

Öz

Mikrodalga enerjisi tekstil materyallerinin ön işlem, boyama ve bitim işlemleri için alternatif bir metottur. Hızlı, uniform, etkili ve ısıtma enerjisi verimlidir. Pamuklu kumaşların ön işlemlerinde enzimlerin kullanımı da konvansiyonel yöntemler ile karşılaştırıldığında kumaşta daha az hasar, enerjiden tasarruf ve kısa işlem süreleri gibi birçok avantaja sahiptir. Günümüzde, tekstil endüstrisinde temiz üretim tekniklerinin öneminin artması ile mikrodalga enerjisi yardımı ile enzimatik ön işlemlerin gerçekleştirilmesi önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada, pektinaz, selüloz ve lakkaz enzimleri ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlemlerin pamuklu örme kumaşların boyanmasına etkisi araştırılmıştır. Konvansiyonel olarak ve mikrodalga enerjisi yardımı ile ön işlem gören kumaşların hidrofilité, temas açısı ve beyazlık/sarıklık indeksleri ölçülmüş ve sodyum hidroksit ile konvansiyonel olarak işlem gören örnekler ile karşılaştırılmıştır. Farklı ön işlemlere tabi tutulduktan sonra boyanan pamuklu örme kumaşların renk ve haslık özellikleri incelenmiştir. Kumaşlar C.I.Reactive Black 5 ile başarılı şekilde boyanmıştır. Boncuklanma test sonuçları ve sürtünmeye/yıkamaya karşı renk haslık test sonuçları kabul edilebilir değerlerde bulunmuştur. Ön işlemlerde mikrodalga enerjisinin kullanımı işlem sürelerinde yaklaşık % 90 oranında tasarruf sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga enerjisi, Pektinaz, Selüloz, Lakkaz, Reaktif boyarmadde, Pamuklu kumaş.

EFFECT OF MICROWAVE ASSISTED ENZYMATIC PRETREATMENTS ON REACTIVE DYEINGS OF COTTON KNITTED FABRICS

Extended Abstract

Microwave energy is an alternative method for pre-treatments, dyeing and finishing of textile materials. It is fast, uniform, effective and energy efficient heating. Using enzymes for pre-treatment of cotton fabrics have also many advantages over conventional processes such as reducing the chemical damage to the fabric, energy saving and short process times. Nowadays, with the increase in importance of cleaner production techniques, sustainability and carbon footprint for the textile industry microwave-assisted enzymatic pre-treatment is became an important topic.

In this research study, the effect of microwave-assisted pre-treatments with pectinase, cellulase and laccase enzymes on dyeability of cotton knitted fabric was investigated. Therefore, cotton knitted fabrics were pre-treated with sodium hydroxide, pectinase, cellulase and laccase enzymes by conventional and microwave-assisted methods. All fabrics were conventionally dyed with reactive dye after pre-treatments. Hydrophilicity, contact angle, whiteness/yellowness indexes of conventionally and microwave-assisted pre-treated fabrics were measured and compared with the conventionally treated samples with sodium hydroxide. The absorbency of the all pre-treated samples were checked in accordance with AATCC 79-2007 Method, and the wetting time

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Hacer ÖZGEN; Bartın University, Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Textile Engineering, 74100, Bartın-Turkey.

E-mail: hacerun@gmail.com.tr

Geliş (Received) : 05.06.2018

Kabul (Accepted) : 02.11.2018

Basım (Published) : 31.12.2018

was found to be less than 60 seconds. Whiteness and yellowness results were adequate for dark-coloured (dyeing or printing) fabrics. The dyed cotton knitted fabrics after different pre-treatments were examined for colorimetric measurement results and dry-wet rubbing/ colour staining-colour change washing fastness properties. The fabrics were dyed successfully with C.I.Reactive Black 5 (Remazol Black B [Dystar]. Microwave-assisted pre-treated fabric samples with sodium hydroxide, pectinase and cellulase enzymes were dyed dark colours. Pre-treated fabric samples were dyed more dark colours than microwave-assisted pre-treated fabric samples. The pilling test results (4+) and colour fastness to dry-wet rubbing (4-5 +) / colour staining-colour change washing (4-5 +) of the dyed fabric samples were investigated and adequate results were obtained. The time saving was almost 90 % by microwave heating. In the light of these results, it is clear that microwave-assisted pre-treatment process can be an important alternative to conventional pre-treatment method. In addition short processing times were contributed to sustainability and reduction of carbon footprint.

Keywords: Microwave energy, Pectinase, Cellulase, Laccase, Reactive dye, Cotton fabric.

1. Giriş

Pamuklu tekstil materyallerinin ve karışımlarının enzimatik ön terbiyesi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pamuklu kumaşlar ve karışımları, çeşitli enzimler yardımı ile ılıman şartlarda ve çevre dostu olarak ön işlemler, boyama ve bitim işlemlerinde tabii tutularak temiz üretime katkı sağlanmaktadır (Quandt-Kulh, 2000; Eren vd., 2009; Yılmaz Şahinbaşkan, 2012). Farklı enzimlerin ard arda ya da aynı banyoda kombine olarak uygulanmasının prosesleri geliştirerek zamandan, enerjiden, sudan, kimyasal maddelerden tasarruf sağlıyor olması birçok bilimsel makale ve projenin konusu olmuştur (Duran-Toloui, 1998; Tzanov vd., 2001a; Tzanov vd., 2001b; Tzanov vd., 2001c; Tzanov vd., 2011).

Konvansiyonel yöntemin yanı sıra alternatif çevre dostu yeni enerjilerin tekstil yaş işlemlerinde kullanılabilir olması temiz üretime katkı sağlamakta, ayrıca bu çevre dostu yöntemler tekstil materyalinin kopma mukavemeti, ıslanabilirlik, yüksek beyazlık derecesi, daha uniform yüzey ve uygulama sürelerinin kısalığı üzerine pozitif etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle yeni çevre dostu yöntemlerin endüstrideki uygulanabilirliğini sağlamak ve arttırmak konusunda çalışmalar hız kazanmıştır (Basto vd., 2007; Mason vd., 1988; Öner-Yılmaz, 2005; Yachmenev vd., 2004; Yılmaz, 2004; Yılmaz-Öner, 2005; Yılmaz Şahinbaşkan, 2010; Öner-Yılmaz Şahinbaşkan, 2011).

Mikrodalga enerjisi tekstil yaş işlemlerinde hızlı, uniform ve etkili olduğundan dolayı çevre dostu alternatif yeni bir yöntem olarak çevre dostu üretime katkı sağlamaktadır (Yılmaz Şahinbaşkan vd., 2017).

Bu çalışmada pektinaz, selülaz, lakkaz enzimlerinin ayrı ayrı ya da ard arda mikrodalga enerjisi yardımı ile pamuklu örme kumaşlar daha kısa sürede uygulanması ve çevre dostu zamandan ve enerjiden tasarruf sağlayan yeni proseslerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirilen ön işlemler konvansiyonel ön işlemler ile karşılaştırılmış, elde edilen kumaş numunelerinin hidrofilité, temas açısı, beyazlık/sarıklık indeksi ve boyanabilirlik performansları değerlendirilmiştir. Boyanan kumaş numunelerinin renk verimi, boncuklanma performansı, sürtünmeye ve yıkamaya karşı renk haslıkları incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal ve Kimyasal Maddeler/Boyarmadde

Deneyisel çalışmalarda, Ne 30/1 incelikte %100 pamuk ipliğinden örülmüş, 145 g/m² gramajda kumaştan 5'er gram ağırlığında numuneler kullanılmıştır.

Novozyme'a ait pektinaz (Scourzym L); Alfa Kimya'ya ait sırası ile selülaz (Cellusoft L), lakkaz enzimi (Novalite IIS) ve non-iyonik ıslatıcı (Uniwet HGA); Dystar'a ait reaktif boyarmadde Remazol Black B (C.I. Reactive Black 5); Dr.Petry'ye ait yıkama maddesi (Perlavin OSV) kullanılmıştır. Diğer tüm kimyasal maddeler Merck firmasına aittir.

Tüm deneyisel çalışmalarda ve testler Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

2.2. Kullanılan Teçhizatlar ve Uygulanan Standartlar

Deneyisel çalışmaları gerçekleştirilmesi ve sonrasında testlerin uygulanmasında, Kermanlar RCA marka model ısıtıcı, Arçelik (MD 891 I) mikrodalga fırın, X-rite Ci6xBT reflektans spektrofotometresi, James Heal yıkama

haslığı test cihazı, James Heal crockmetre, James Heal boncuklanma test cihazı, PG-X Measuring Head el tipi yüzey temas açısı ölçüm cihazı (goniometre) kullanılmıştır.

Damlatma testi ile hidrofilitite tayini AATCC 79-2007, yüzey temas açısı ölçümleri ASTM D-5946, beyazlık indeksi ölçümleri (WI73) AATCC 110-2005, sarılık indeksi ölçümleri ASTM-E313-1998, boncuklanma testi ISO 12945:2002, sürtünmeye karşı renk haslığı tayini ISO-105-X12 ve yıkamaya karşı renk haslığı ISO 105-CO6 (A1S) standartlarına göre gerçekleştirilmiştir.

Kumaşlara yapılan boncuklanma testi kondüsyonlanmış ortamda (20±2 °C ve %65±2 nem) gerçekleştirilmiştir.

CIELab değerlerin D65 gün ışığı ve 10° standart gözlemci değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Renk farklılıkları ise, ΔE^* 1976 renk farklılığı formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

2.3. Metot

Bu çalışmada, %100 pamuklu örme kumaş numuneleri farklı enzim ve yöntemler kullanılarak ayrı banyolarda enzimatik ön işleme tabi tutulmuştur. Uygulamalarda, konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisine göre farklı sürelerde çalışılmıştır. Her iki yöntemde göre ön işlem gören kumaş numuneleri çektirme yöntemine göre konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde (C.I. Reactive Black 5) boyanmış, numunelerin CIELab renk, renk farklılığı ve haslık test sonuçları karşılaştırılmıştır.

Konvansiyonel Yönteme Göre Ön İşlemler

Metot 1: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve 10 g/L NaOH ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 11 iken, 95°C'de 60 dakika işleme tabi tutulmuştur. İşlem sonunda kumaş üç adımda yıkanmıştır. Birinci adımda 10 dakika 200 mL kaynar destile suyla, ikinci adımda 10 dakika 70°C'de 200 mL destile su ile son adımda ise yine 10 dakika 200 mL oda sıcaklığında destile su ile numuneler yıkanmış, ardından atmosferik şartlarda kurumaya bırakılmıştır.

Metot 2: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve %1.8 elyaf ağırlığı üzerinden (e.a.ü.) pektinaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 8.2-8.5 iken, 55°C'de 30 dakika işleme tabi tutulmuştur. Ardından 80°C'de 10 dakika destile su ile yıkanmıştır.

Metot 3: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve 1 g/L selülaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 4.5-5.5 iken, 55°C'de 30 dakika işleme tabi tutulmuştur. Ardından Metot 2'de açıklandığı şekilde yıkanmıştır.

Metot 4: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve %1 (e.a.ü.) lakkaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 4.5-5.5 iken, 55°C'de 40 dakika işleme tabi tutulmuştur. Ardından 80°C'de 10 dakika destile su ile yıkanmıştır.

Metot 5: Metot 2'ye göre pektinaz enzimi ile işlem gören 5 gram kumaş numunesi Metot 4'e göre lakkaz enzimi ile işlem görmüş, ardından Metot 3'de açıklandığı şekilde selülaz enzimi ile işleme tabi tutulmuştur.

Mikrodalga Enerjisi Yardımı ile Ön İşlemler

Mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirilen ön işlemler Arçelik Marka MD 891 I model, 2450 MHz frekanslı ve 1200 W maksimum güçteki mikrodalga fırın kullanılmıştır.

Metot 6: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve 10 g/L NaOH ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 11 iken, 95°C'de mikrodalga fırının 3 dakika 30 saniye (P100) hemen ardından 2 dakika 30 saniye (P20) ayarında işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga P100 programına ayarlanarak ön işlem banyo sıcaklığı, % 100 güç ile 3 dakika 30 saniyede 95°C'ye getirilmekte, bu sıcaklığın işlem süresince sabit kalabilmesi için mikrodalga P20 programında % 20 güç ile 2 dakika 30 saniye çalışılmıştır. İşlem sonunda kumaş Metot 1 konvansiyonel yöntemde açıklandığı şekilde yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Metot 7: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve %1.8 (e.a.ü.) pektinaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 8.2-8.5 iken, 55°C'de mikrodalga fırının 1 dakika 40 saniye (P60) hemen ardından 1 dakika 30 saniye (P20) ayarında işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga P60 programına ayarlanarak ön işlem banyo sıcaklığı % 60 güç ile 1 dakika 40 saniyede 55°C'ye getirilmekte, bu sıcaklığın işlem süresince sabit

kalabilmesi için mikrodalga P20 programında % 20 güç ile 1 dakika 30 saniye çalışılmıştır. İşlem sonunda kumaş Metot 2 konvansiyonel yöntemde açıklandığı şekilde yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Metot 8: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve 1 g/L selülaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 4.5-5.5 iken, 55°C'de mikrodalga fırının 1 dakika 40 saniye (P60) hemen ardından 1 dakika 30 saniye (P20) ayarında işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga P60 programına ayarlanarak ön işlem banyo sıcaklığı % 60 güç ile 1 dakika 40 saniyede 55°C'ye getirilmekte, bu sıcaklığın işlem süresince sabit kalabilmesi için mikrodalga P20 programında % 20 güç ile 2 dakika 30 saniye çalışılmıştır. İşlem sonunda kumaş Metot 2 konvansiyonel yöntemde açıklandığı şekilde yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Metot 9: 5 gram kumaş numunesi 0.2 mL/L ıslatıcı ve % 1 lakkaz enzimi ile banyo oranı 1:40 olmak üzere, pH 4.5-5.5 iken, 55°C'de mikrodalga fırının 1 dakika 40 saniye (P60) hemen ardından 1 dakika 30 saniye (P20) ayarında işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga P60 programına ayarlanarak ön işlem banyo sıcaklığı % 60 güç ile 1 dakika 40 saniyede 55°C'ye getirilmekte, bu sıcaklığın işlem süresince sabit kalabilmesi için mikrodalga P20 programında % 20 güç ile 2 dakika 30 saniye çalışılmıştır. İşlem sonunda kumaş Metot 2 konvansiyonel yöntemde açıklandığı şekilde yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Metot 10: Metot 7'ye göre pektinaz enzimi ile işlem gören 5 gram kumaş numunesi Metot 9'a göre lakkaz enzimi ile işlem görmüş, ardından Metot 8' de açıklandığı şekilde selülaz enzimi ile işleme tabi tutulmuştur.

Boyama İşlemi

Konvansiyonel olarak ve mikrodalga enerjisi yardımı ile toplam 10 farklı metotta ön işlem gören kumaş numuneleri reaktif boyarmadde ile (C.I. Reactive Black 5), %1 renk şiddetinde, 1:40 banyo oranında 65 g/L sodyum sülfat (Na₂SO₄) ve 5 g/L sodyum karbonat (Na₂CO₃) 60 °C sıcaklıkta 70 dakika konvansiyonel olarak boyama işlemine tabi tutulmuştur. Reaktif boyama sonrası kumaş numuneleri 1:20 banyo oranında, 95°C'de 10 dakika durulanmış, 1 g/L asetik asit ile nötralize edilmiş, 70°C'de 10 dakika durulanmış, 1g/L Perlavin OSV ile 10 dakika kaynar sabunlanmış, iki kez daha 70°C'de 10'ar dakika durulandıktan sonra taşar yıkanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı yöntemlere göre işlem gören kumaş numunelerinin boyama öncesi hidrofilite ve beyazlık/sarıklık indeksleri ölçülmüştür. Boyama sonrası ise boncuklanma testi, renk ölçümü ve yıkama ile sürtünmeye karşı renk haslık test sonuçları değerlendirilmiştir.

Uygulanan on farklı metot sonrası elde edilen kumaş numunelerine ait damlatma testi ile hidrofilite derecesinin tayini sonuçları (s), ölçülen yüzey temas açıları (°), CIE beyazlık ve sarılık indeksleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Ön işlem gören kumaş numunelerine ait hidrofilite (damlatma testi/temas açıları) ve beyazlık/sarıklık indeksi ölçüm sonuçları

Numuneler	Damlatma Testi Sonuçları (s)	Temas Açıkları (°)	CIE Beyazlık İndeksi	Sarıklık İndeksi
Ham kumaş	> 60	100 ± 1.4	6.20 ± 0.20	30.02 ± 1.4
Metot 1	1 ± 0.01	15.50 ± 0	17.94 ± 0.24	24.18 ± 0.47
Metot 2	5 ± 0.88	98.10 ± 1.6	21.07 ± 0.36	22.74 ± 0.51
Metot 3	67 ± 7.29	101.40 ± 3.1	21.47 ± 0.30	22.81 ± 0.35
Metot 4	60 ± 10.44	105.10 ± 2.0	21.12 ± 1.00	22.77 ± 0.20
Metot 5	4 ± 1.39	53.9 ± 29.7	21.88 ± 0.85	22.41 ± 0.09
Metot 6	3 ± 0.79	41.23 ± 40	24.13 ± 0.98	21.44 ± 0.05
Metot 7	15 ± 3.18	86.45 ± 0.7	21.22 ± 0.37	22.43 ± 0.13
Metot 8	57 ± 11.82	92.40 ± 11.4	21.78 ± 0.39	22.33 ± 0.21

Metot 9	54 ± 6.85	105.80 ± 1.3	22.00 ± 0.20	22.20 ± 0.61
Metot 10	7 ± 1.30	82.90 ± 9.5	21.16 ± 0.22	22.49 ± 0.23

Farklı metotlara göre ön işlem gören kumaşların konvansiyonel olarak boyanması sonrası ölçülen CIELab renk koordinatları, 600 nm (λ_{max})'deki K/S değerleri ile CIELab renk koordinatlarından hesaplanan renk farklılıkları (ΔE^*) Tablo 2'de verilmektedir. İşlem gören numunelerin hidrofilite sonuçları değerlendirildiğinde tüm numunelerin ıslanma süreleri 60 saniyenin altında olup ham kumaş numunesine göre hidrofilite gelişme göstermiştir. Enzimatik ön işlem gören kumaş numunelerinin temas açıları, pektinaz, lakkaz ve selüloz enzimlerinin konvansiyonel olarak ard arda uygulandığı metotta düşme göstererek yaklaşık 54°'e olarak ölçülmüştür. Bu değer NaOH ile gerçekleştirilen uygulamalar sonrası ölçülen temas açılarına en yakın değerdir.

Konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yardımı ile uygulanan enzimatik ön işlemlerin tümünde numunelerin renginde önemli bir sararma etkisi meydana gelmemekle birlikte, beyazlık indeksi değerleri koyu renklerde boyanacak/basılacak numunelerin için uygun zemin rengindedir.

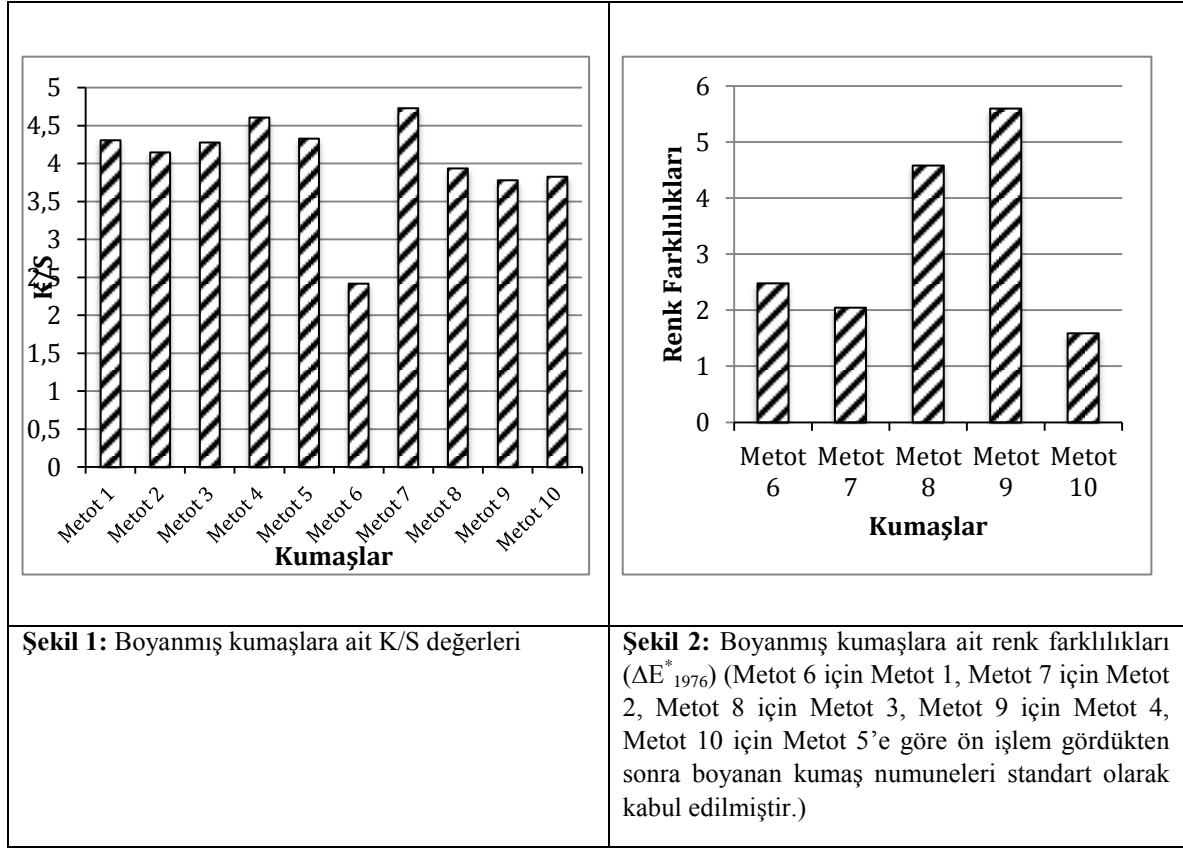
Tablo 2: Boyanmış numunelere ait CIELab değerleri ve ΔE^*_{1976} renk farklılıkları

Boyanmış Numuneler	CIELab Değerleri					K/S**	ΔE^*_{1976}
	L*	a*	b*	C*	h°		
Metot 1	36.49	-4.81	-13.93	14.74	250.95	4.31	-
Metot 2	36.62	-4.96	-13.21	14.11	249.42	4.15	0.75
Metot 3	36.50	-4.79	-12.92	13.78	249.66	4.28	1.01
Metot 4	33.44	-4.64	-13.21	14.00	250.65	4.61	3.14
Metot 5	34.74	-4.86	-13.17	14.55	250.48	4.33	1.76
Metot 6	34.13	-4.77	-13.16	14.00	250.08	2.42	2.48
Metot 7	34.58	-4.79	-13.16	14.00	250.00	4.73	2.06
Metot 8	31.96	-4.49	-13.45	14.18	251.54	3.94	4.57
Metot 9	38.97	-5.04	-12.45	13.43	247.96	3.78	2.90
Metot 10	36.33	-4.94	-13.15	14.05	249.41	3.83	0.81

** 600 nm (λ_{max})'deki K/S değerleri verilmektedir. Renk farklılıkları hesaplanırken Metot 1 standart olarak kabul edilmiştir.

Renk ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, lakkaz enzimi içeren metotlar hariç, mikrodalga enerjisi yardımı ile işlem gören numunelerin konvansiyonel olarak ön işlem görenlere göre daha koyu renklerde boyandığı görülmektedir. Lakkaz enzimi içeren metotlarda ise elde edilen sonuçlar Metot 1 ile karşılaştırıldığında renk farklılıkları kabul edilebilir aralıklarda olduğu açıktır.

Boyanmış kumaş numunelerine ait K/S değerleri Tablo 2 listelenmiş ve Şekil 1'de grafiklendirilmiştir. Bu verilere göre Metot 6 en koyu boyanan numune olmuştur.



Şekil 2'de konvansiyonel yöntemlere göre ön işlem gören kumaşlar standart alınarak mikrodalga enerjisi yardımı ile işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan kumaşların renk farklılıkları karşılaştırılarak boyama verimleri incelenmiştir. En az renk farklılığı üç enzimin ard arda uygulandığı metotta görülmüştür. NaOH, pektinaz ve selüloz ile ön işlem gören kumaşlar mikrodalga enerjisi yardımı ile konvansiyonel yöntemlere göre koyu boyanmışlardır.

Farklı metotlara göre boyanmış numunelere ait boncuklanma test sonuçları ile sürtünme ve yıkamaya karşı renk haslık sonuçları Tablo 3'de özetlenmiştir. Tablo 3'den görülmekte olduğu gibi enzimatik işlemler kumaşların boncuklanma özelliklerini geliştirmiş, mikrodalga enerjisi yardımı ile kısa sürede gerçekleştirilen enzimatik ön işlemler ile konvansiyonel olarak ön işlem görmüş numunelerin boncuklanma test sonuçları aynı çıkmıştır.

Tüm sürtünme ve yıkamaya karşı renk haslık test sonuçları ise kabul edilebilir değerlerde olup (4-5 +) kısa sürede mikrodalga enerjisi yardımı ile enzimatik ön işlem görüp boyanan kumaşların haslık değerleri, konvansiyonel olarak enzimatik ön işlem görüp boyanan numunelerin haslıkları kadar yüksektir.

Tablo 3: Boyanmış numunelere ait boncuklanma testi sonuçları ve sürtünme/yıkama renk haslık sonuçları

Kumaşlar	Boncuklanma Test Sonuçları	Sürtünme Haslığı Test Sonuçları			Yıkama Haslığı Test Sonuçları						
		Kuru	Yaş	Solma	Lekeleme***						
					1	2	3	4	5	6	
Ham Kumaş	3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metot 1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 2	4	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 3	4-5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 4	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 6	4-5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 7	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 9	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Metot 10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*** 1: Sekonder Selüloz Asetat, 2: Ağartılmış Merseze Pamuk, 3: Poliamid 6,6, 4: Poliester, 5: Akrilik, 6: Yün

Bu sonuçlara ek olarak tüm yıkama adımları ihmal edilerek işlem süreleri karşılaştırıldığında konvansiyonel olarak NaOH ile ön işlem süresi 60 dakika iken bu süre mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştiğinde 6 dakikaya, konvansiyonel enzimatik işlem süreleri 30 dakikadan, 2 dakika 10 saniyeye düşmektedir. Bu durumda işlem süreleri her bir enzim için 30'ar dakika olan Metot 5'de toplam işlem süresi toplam 90 dakika iken, mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirilen Metot 10'da bu süre 60 dakika 30 saniyeye düşmektedir. İşlem sürelerindeki bu kısaltmalar zamandan ve enerjiden önemli ölçüde tasarruf sağlayacaktır.

4. Sonuç

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda mikrodalga enerjisi yardımı ile pamuklu örme kumaşın ön terbiyesinin konvansiyonel yöntemle alternatif olabileceği görülmektedir. Ayrıca mikrodalga enerjisi daha kısa sürede konvansiyonel yöntemle aynı, hatta bazı enzimatik işlemlerde daha iyi etki göstermekle birlikte işlem süresinden yaklaşık olarak % 90 oranında tasarruf sağlamaktadır. Ön işlem adımlarında çevre dostu enzimlerin kullanımı ve işlem sürelerinde meydana getirilecek tasarruf ile sürdürülebilir, yenilenebilir ve temiz üretime katkı sağlayacağı açıktır.

Açıklama

Bu çalışma kapsamında sunulan verilerden bir kısmı Hacer ÖZGEN tarafından gerçekleştirilen Yüksek Lisans Tez çalışmasına aittir.

Kaynaklar

1. Basto, C., Tzanov, T. and Cavaco-Paulo, A. (2007). Combined Ultrasound-Laccase Assisted Bleaching of Cotton, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14: 350-354.
2. Duran, K. & Toloui, A. (1998). The Bleaching and Dyeing of Cotton Knitted Fabrics in The Same Bath Using Antiperoxide Agents, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 5: 324-327.
3. Eren, H.A, Anış, P. & Davulcu, A. (2009). Enzymatic One-Bath Desizing-Bleaching-Dyeing Process for Cotton Fabrics, *Textile Research Journal*, 70 (12): 1091-1098.

4. **Mason, T.J. & Lonmier., J.P. (1988).** Sonochemistry: Theory, Applications and Uses of Ultrasound in Chemistry, *Ellis Horwood Limited*.
5. **Öner, E. & Yılmaz, B. (2005).** New Approach to Single-Bath Combined Dyeing, *5th International Istanbul Textile Conference*, pp.19-21 May, Lecture No: DFT-17, Swissotel The Bosphorus, Istanbul.
6. **Öner, E. & Yılmaz Şahinbaşkan, B. (2011).** A New Process of Combined Pretreatment and Dyeing: REST, *Journal of Cleaner Production*, 19(14): 1668-1675.
7. **Quandt, C., Kulh, B. (2000).** Operational Possibilities and Optimisation of Enzymatic Processes in Textile Finishing Industry, *Melliand English*, 10, E1 98-200s.
8. **Tzanov, T., Calefell, M., Guebitz, G.B. & Cavaco-Paulo, A. (2001).** Bio-Preparation of Cotton Fabrics, *Enzyme and Microbial Technology*, 29: 357-362.
9. **Tzanov, T., Costa, S., Guebitz, G.B. & Cavaco-Paulo, A. (2001).** Dyeing in Catalase-Treated Bleaching Baths, *Coloration Technology*, 117: 1-5.
10. **Tzanov, T., Costa, S., Guebitz, G.B. & Cavaco-Paulo, A. (2001).** Effect of Temperature and Bath Composition on The Dyeing of Cotton With Catalase-Treated Bleaching Effluent, *Coloration Technology*, 117: 166-170.
11. **Tzanov, T., Costa, S., Cavaco-Paulo, A. & Guebitz, G.B. (2011).** Dyeing With Enzymatically Treated Bleaching Effluents, *AATCC Review*, October, 25-28.
12. **Yachmenev, V. G., Blanchard, E.J. & Lambert, A.H. (2004).** Use of Ultrasonic Energy for Intensification of The Bio-Preparation of Greige Cotton, *Ultrasonics*, 42 (1-9): 87-91.
13. **Yılmaz, B. (2004).** Selülozik Materyallerin Tek Banyoda Kombine Proses ile Boyanmasında Optimizasyon, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 152 s.
14. **Yılmaz, B. ve Öner, E. (2005).** Dyeing of Untreated Cotton by One-Bath Combined Process Using Various Enzymes, *84th Textile Institute Annual World Conference*, March, 4th Session, No: 156, Raleigh, North Carolina.
15. **Yılmaz Şahinbaşkan, B. (2012).** Dyeing Properties of Bamboo/Cotton Blended Yarns by Single-Bath Combined Process, *Asian Journal of Chemistry*, 24 (4): 1638-1642.
16. **Yılmaz Şahinbaşkan, B. (2010).** Selülozik Elyaf İçeren Materyallerin Çevre Dostu Yöntemler ile Boyanması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 369 s.
17. **Yılmaz Şahinbaşkan, B., Koçak D., Merdan, N. & Akalın, M. (2017).** Dyeing of Polypropylene Blends By Using Microwave Energy, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics (JEFF)*, 12 (2): 20-27.