

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

PAMUKLU KUMAŞLARIN ULTRASONİK BOYAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURÇİN KESKİN

DENİZLİ, ARALIK - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



PAMUKLU KUMAŞLARIN ULTRASONİK BOYAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURÇİN KESKİN

DENİZLİ, ARALIK - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

ü

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Üye

Üye

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.


KABUL VE ONAY SAYFASI

BURÇİN KESKİN tarafından hazırlanan “Pamuklu Kumaşların Ultrasonik Boyaması” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 21.11.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doktor Öğretim Üyesi Reyhan KESKİN
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi



Üye
Doktor Öğretim Üyesi Ali Serkan SOYDAN
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 25/12/2019 tarih ve ...51/13.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması herhangi bir proje desteği alınmadan çalışılmıştır.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Burın KESKİN



ÖZET

PAMUKLU KUMAŞLARIN ULTRASONİK BOYAMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BURÇİN KESKİN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ REYHAN KESKİN)
DENİZLİ, ARALIK - 2019

Bu tez çalışmasının amacı “geleneksel” ve ultrasonik ön işlem ile geleneksel boyamanın birlikte uygulandığı “geleneksel-ultrasonik” yöntemlerle %100 pamuklu penye kumaşları boyamak ve bu numunelere sürtme haslığı, yıkama haslığı ve su emicilik testleri uygulamaktır. Ayrıca, numunelere spektrofotometre cihazında renk ölçümü yapıldı. Boyar madde olarak, reaktif Remazol marka toz halinde Red DE2GF ve Yellow 3GL boyar maddeleri kullanıldı. Boyamalar sırasında soda ve tuz miktarı sabit tutuldu. Değişken olarak ise boyar madde miktarı ve sonikasyon uygulamalarında süre tercih edildi. Bu değişkenler ile 40 adet “ultrasonik-geleneksel” yöntemle ve 8 adet ise “geleneksel” yöntem ile boyanan numuneler hazırlandı. Uygulanan bu yöntemler sonucunda “ultrasonik-geleneksel” yöntem ile boyanan numunelerin renk derinliklerinin daha yüksek olduğu ve daha az boyarmadde ile hedef renklerin elde edilebileceği sonuçları gözlemlendi.

ANAHTAR KELİMELEER: ultrason, boyama, kavitasyon, renk ölçümü, haslık

ABSTRACT

ULTRASONIC DYEING OF COTTON FABRICS
MSC THESIS
BURÇİN KESKİN
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
TEXTILE ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. REYHAN KESKİN)
DENİZLİ, DECEMBER 2019

The purpose of this master thesis is comparison of dyed 100% cotton knitted fabrics according to two different methods named “ultrasonic-conventional” and “conventional” methods by conducting rubbing fastness, washing fastness and water absorption tests. As well, color measurement of samples is done with a spectrophotometer. Red DE2GF and Yellow 3GL Remazol brand reactive dyes are used as dyestuffs. Salt and ash contents are kept constant during dyeing of samples. The variants during this study are selected as amount of dyestuff and time duration in sonication application. With the variants, we had 40 different samples for the “ultrasonic-conventional” dyeing method and 8 samples for the “conventional” dyeing method. With the comparison of both methods, the color depth of samples dyed with “ultrasonic-conventional” method gave higher results and it is concluded that target color shades might be obtained using less dyestuff amounts by the “ultrasonic-conventional” method. In this study, as the cost of “ultrasonic-conventional” method is calculated and not found high; the “ultrasonic-conventional” method has potential to be a promising method due to its less dyestuff amount consumption and less polluting effect to the environment.

KEYWORDS: ultrasound, dyeing, cavitation, colour measurement, fastness

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Ultrasonik Ses Dalgası	1
1.1.1 Ultrason ses dalga çeşitleri	1
1.1.1.1 Yüzey Dalgası	1
1.1.1.2 Enine Dalga.....	2
1.1.1.3 Boyuna Dalga.....	2
1.2 Ultrason dalgalarının elde edilmesi	2
1.3 Ultrason teknolojisi	3
1.3.1 Ultrason teknolojisinin kullanım alanları	3
1.4 Ultrasonik Dalgalarda Kaviteasyon	4
1.5 Ultrason Teknolojisinin Tekstil Sektöründe Kullanım Alanları	6
1.6 Ultrasonik İşlem Mekanizmaları	6
1.7 Kumaş İçeriğine Göre Ultrason Teknolojisinin Kullanımı	7
1.7.1 Polyester Kumaşlarda	7
1.7.2 Pamuklu Kumaşlarda	7
1.7.3 Yünlü Kumaşlarda	8
1.7.4 Poliamid/Lycra Kumaşlarda	8
1.7.5 Naylon 66 Kumaşlarda	8
1.8 Ultrasonik Boyama	8
1.9 Tekstil İşlemlerinde Kütle Transfer Mekanizması	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
3. YAPILAN ÇALIŞMA	16
4. MATERYAL VE YÖNTEM	17
4.1 Kullanılan Materyal.....	17
4.2 Yöntem	21
4.3 Kumaşa Uygulanan Test Yöntemleri	22
4.3.1 Su Emicilik Testi	22
4.3.2 Yıkama Haslığı Testi	25
4.3.3 Sürtme Haslığı Testi	29
4.3.4 Renk Ölçümü	32
5. BULGULAR	34
5.1 Renk Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirmesi.....	34
5.2 Ultrason İşleminde Enerji Maliyeti	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
6.1 Emicilik testi sonuçları	43
6.2 Yıkama haslığı testi sonuçları	43
6.3 Kuru sürtme haslığı test sonuçları	43
6.4 Renk ölçüm sonuçları	44

6.5	Ultrasonik ön işlem maliyeti	44
7.	KAYNAKLAR.....	46
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Ses dalgalarının yaklaşık frekansları ve genel uygulama alanları	1
Şekil 1.2: Boyuna Dalga ve Enine Dalga	2
Şekil 1.3: Kavitasyon olayının etkisi	4
Şekil 1.4: Kavitasyon olayı	5
Şekil 1.5: Kavitasyon baloncuğunun oluşumu.....	5
Şekil 1.6: İplikler arası ve iplik gözenekleri	9
Şekil 4.1: 0,0030 gr hassas tartıda tartılan boyar madde örneği	17
Şekil 4.2: 24 saat kondüsyonlanan kumaş numuneleri	17
Şekil 4.3: SONICS VCX 500 sonikasyon cihazı	18
Şekil 4.4: Laboratuvar tipi overflow makinesinde kullanılan boyama prosesi .	19
Şekil 4.5: Su emicilik deneyi	23
Şekil 4.6: Yıkama Haslığı Gri Skala Değerlendirmesi	26
Şekil 4.7: Atlas CM-5 sürtme haslığı örneği.....	30
Şekil 4.8: L*a*b koordinatları.....	32
Şekil 4.9: Datacolor Tools 600 cihazı	33
Şekil 4.10: Datacolor ekran görüntüsü.....	33
Şekil 5.1: 0,003 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	35
Şekil 5.2: 0,006 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	36
Şekil 5.3: 0,009 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	36
Şekil 5.4: 0,012 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	37
Şekil 5.5: 0,003 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	37
Şekil 5.6: 0,006 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	38
Şekil 5.7: 0,009 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	38
Şekil 5.8: 0,012 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir).....	39
Şekil 5.9: Red DE2GF ile “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri (Numune kodlarında üçüncü sütunlardaki 1'den 4'e doğru rakamlar boyarmadde miktarında sırasıyla 0,003 - 0,006 - 0,009 ve 0,012 g içindir).....	39

Şekil 5.10: Yellow 3GL ile “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri (Numune kodlarında üçüncü sütunlardaki 1’den 4’e doğru rakamlar boyarmadde miktarında sırasıyla 0,003 - 0,006 - 0,009 ve 0,012 g içindir)40

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Uygulanan sonikasyon ile çözeltide ortaya çıkan enerji miktarı	18
Tablo 4.2: “Ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin parametreleri.....	19
Tablo 4.3: Geleneksel yöntemle boyanan numunelerin parametreleri.....	21
Tablo 4.4: Su emicilik testi sonuçları.....	23
Tablo 4.6: YELLOW 3GL için Yıkama Haslığı	28
Tablo 4.7: Kuru Sürtme Haslığı Sonuçları.....	30
Tablo5.1: Renk ölçüm değeriendirmeesi	40
Tablo5.2: Uygulanan sonikasyon ile çözeltide ortaya çıkan kcal birimiyle enerji miktarı	41
Tablo 5.3: Geleneksel boyama ile sonikasyon ön işlemeine ait proses tüketim değeri ve işlem parametreleri	43

KISALTMALAR LİSTESİ

Hz	:	Hertz
kHz	:	Kilohertz
atm	:	Atmosfer
kW	:	Kilovat
kW x h	:	Kilovat saat
kcal	:	Kilokalori

ÖNSÖZ

Tez çalışmam esnasında bilgi birikimi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, sabır ve hoşgörü ile bana destek olan değerli hocam Dr. Reyhan KESKİN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda kullandığım materyallerin desteği için Deniz Tekstil yönetimi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

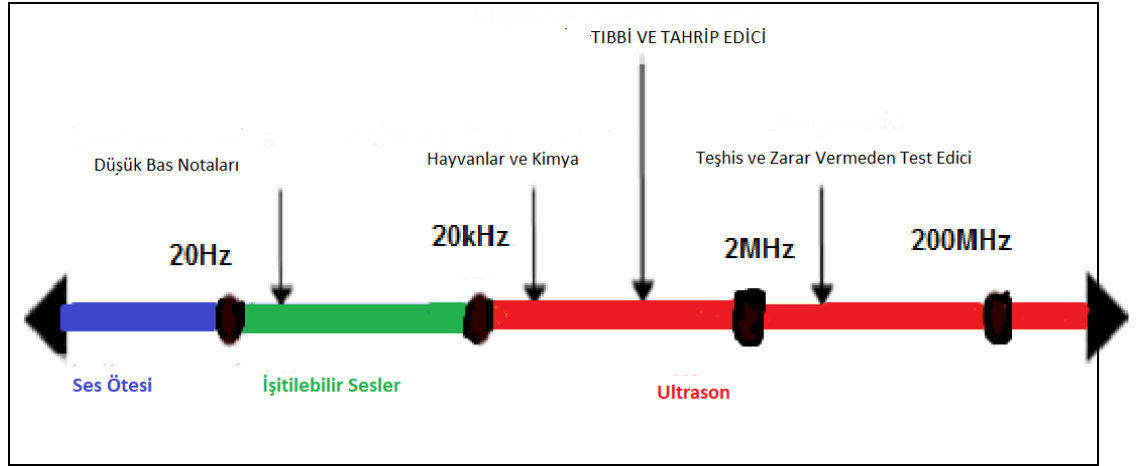
Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni bugünlere getiren, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve eşime sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

1.1 Ultrasonik Ses Dalgası

İnsan kulağı 20 Hz ile 20kHz arasındaki sesleri duyabilir. Bu frekans aralığının üzerinde bulunan ve mekanik titreşimlerden meydana gelen enerji çeşidine ultrason denir. Ultrason frekansının en alt sınırı 20kHz, bu frekansın üzerindeki sesler, ses ötesi veya ultrason adını alır. Şekil 1.1' de ses dalgalarının yaklaşık frekansları ve genel uygulama alanları gösterildi (Bozbey ve diğ. 1996).

Ultrason enerjisi bir ortamda dalgalar şeklinde yayılır.



Şekil 1.1: Ses dalgalarının yaklaşık frekansları ve genel uygulama alanları (Eljaaidi 2016) (web_1)

1.1.1 Ultrason ses dalga çeşitleri

1.1.1.1 Yüzey Dalgası

Yüzey dalgasında titreşim hareketi yayının doğrultusuna dik ve elips şeklindedir. Genlik değiştikçe elips büyür, küçülür veya sıfır olur. Bu dalga çeşidi sadece yüzeyde yayıldığından ve malzemenin derinliğine etki etmediğinden bu

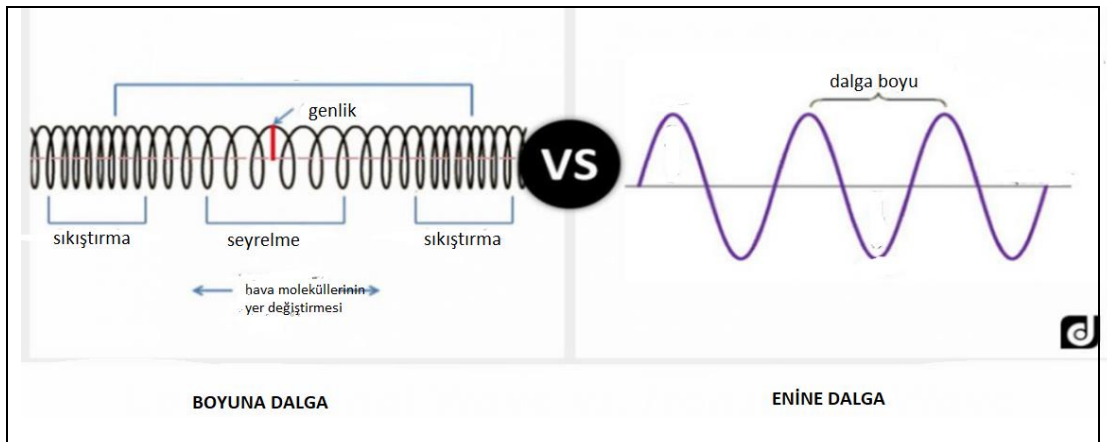
şekilde adlandırıldı. Yüzey dalgalarının hızı ise enine dalgalara göre daha küçüktür (Duran ve diğ. 2007).

1.1.1.2 Enine Dalga

Titreşim ve yayının doğrultuları birbirine diktir. Buna bir diğer adıyla kayma dalgası da denir. Açısal problemlerle muayenede bu dalga kullanılır. Bu dalda sadece katı ortamda yayınabilir. Sıvı ve gazlarda yayınamaz. Enine dalganın yayınma hızı boyuna dalgaların hızının yarısı kadardır (Duran ve diğ. 2007, Sarvazyan ve diğ. 2013).

1.1.1.3 Boyuna Dalga

Titreşim ve yayının doğrultuları aynıdır. Bu dalganın bir diğer adı ise zamanda basınç dalgasıdır. Normal problemlerle muayenede bu dalgalar kullanılır. Bu dalga türü tüm ortam çeşitlerinde (katı, sıvı ve gaz) yayınabilir. Ses dalgaları birer boyuna dalgadır. Yayınma hızı ise ultrasonik dalgalardan daha yüksektir (Duran ve diğ. 2007, Ziskin 1993).



Şekil 1.2: Boyuna dalga ve enine dalga (web_2)

1.2 Ultrason dalgalarının elde edilmesi

Ultrasonik dalgaları elde etmek için bir titreşim hareketi üretmek ve bu titreşim enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek gerekir. Bu dalgaları elde etmek için kullanılan araçlar ve fiziksel olaylar çok daha farklıdır (Duran ve diğ. 2007).

Ultrasonik dalgalar, güç jeneratörleri tarafından üretilen yüksek frekansın ultrason titreştiricileri (transducerlar) yardımıyla mekanik dalgalara çevrilmiş halidir.

Magnetostriktiv olay düşük frekanslarda ultrasonik enerji üretiminde kullanılır. Magnetostriktiv problemler dış etkenlere karşı dayanıklıdır. Bu problemlerin dayanıklı olması nedeni ile kaya ve beton gibi sert maddelerin muayenesinde, ultrasonik dalgalar ile temizlemede ve denizaltı sonar sistemlerinin çalışmasında bu problemler kullanılır (Duran ve diğ. 2006).

1.3 Ultrason teknolojisi

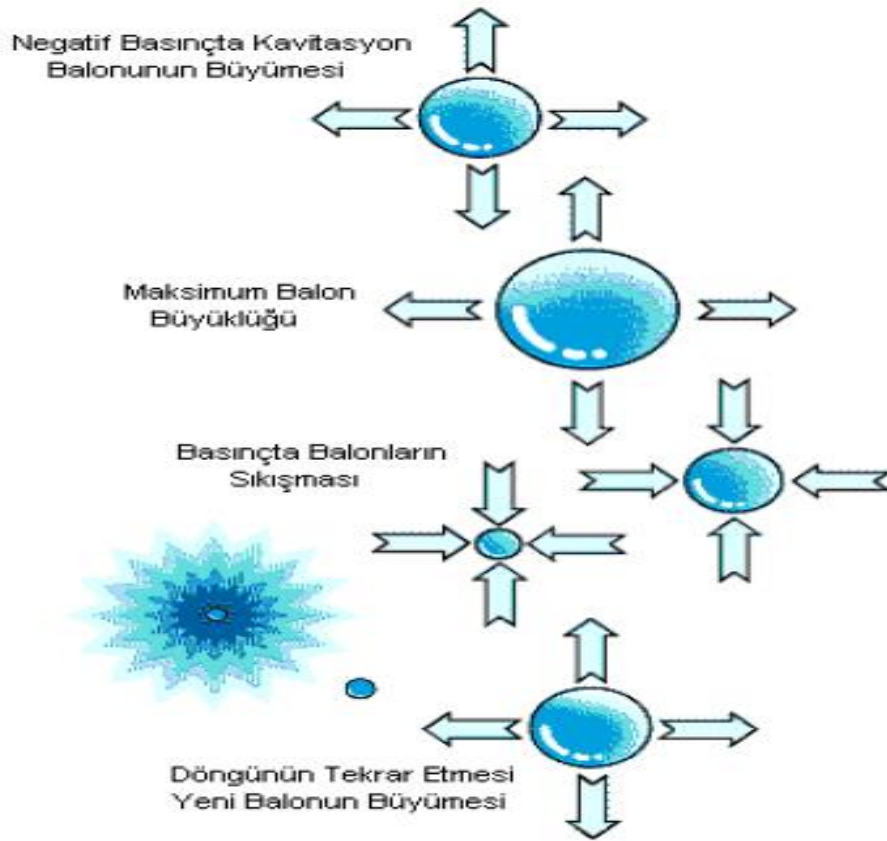
1.3.1 Ultrason teknolojisinin kullanım alanları

Ultrason teknolojisi bilim ve teknolojiye uzun süredir kullanılmakta olup kullanım alanları giderek artmaktadır. Ultrason teknolojisinin en çok kullanıldığı alan ultrasonik kavitasyonla yapılan temizliktir. Tekstil sanayisinde ise kullanımı bilinmesine rağmen pratik uygulamada kullanımı çok yaygın değildir (Duran ve diğ. 2007). Ultrason teknolojisi tekstilde oluşan atık suların enzimler sayesinde arıtılmasında da kullanılmaktadır (Khatri ve diğ. 2015).

Ultrason teknolojisi birçok alanda kullanılmaktadır. Kimyasal tepkimelerde tepkime hızını arttırmada, buharlaştırmada, kimyasal ayrıştırmalarda, bilgisayar yazıcılarının mürekkep püskürtmelerinde kullanılmaktadır. Maden bilimi ve makine teknolojisinde şekil verme yüzey temizleme ve kesme gibi alanlarında kullanılmaktadır. Çevre teknolojisinde ise su işletmelerinin su arıtmasında kullanılmaktadır. Tıp sektöründe de uygulama alanları mevcuttur. Tıp sektöründe en yaygın kullanımı ise hamilelikte karın bölgesini incelemek içindir. Ayrıca diş tedavisi çeşitlerinden olan kanal tedavisinde de ultrasonik yöntem kullanılmaktadır (Ronald ve diğ. 2003).

1.4 Ultrasonik Dalgalarda Kaviteasyon

Sıvı bir hacmin içinde, ultrasonik dalgalarla boşlukların oluşması ve bu boşlukların patlaması “kaviteasyon” olarak adlandırılır. Şekil 1.3’de kaviteasyonun oluşum şekilleri gösterildi. Ultrasonik dalgaların özelliklerinden biri olan sıkışıp seyrelme hareketi kaviteasyon için önemli olup ultrasonik dalgaların temizleme etkisini sağlar.

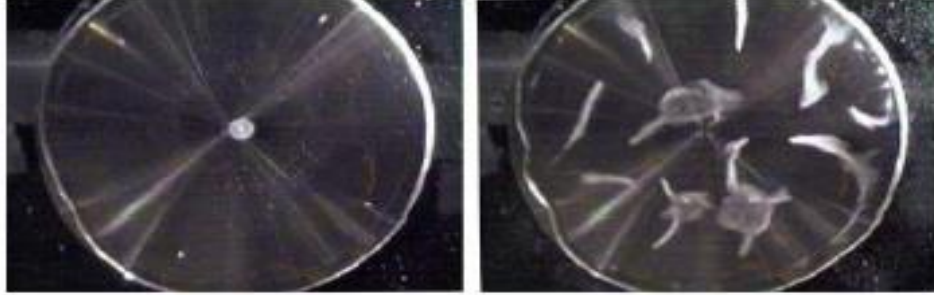


Şekil 1.3: Kaviteasyon olayının etkisi (web_3)

Kaviteasyonun oluşması için sıvı içerisinde herhangi bir büyüklükte basınç olması yeterlidir. Kaviteasyon olayının oluş sıralaması şöyledir:

Ultrasonik dalgaları seyrelme hareketi yaptığı esnada boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur. Sıkıştırma hareketi esnasında buhar yoğunlaşır ve boşluklarda bulunan yüzeyin gerilimini artırır. Bu artan basıncın düşmesi ile baloncuk bozunur. Sıkışma hareketi bittiğinde

ortamda bulunan, hızlı şekilde buharlaşan, etrafı sıvı ile çevrili saniyelik şok dalgaları oluşur (Duran ve diğ. 2007, Kaboorani ve diğ. 2003). Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te kavitasyon olayı ve kavitasyon baloncuğu gösterildi.



Şekil 1.4: Kavitasyon olayı (Moussatov 2000)



Şekil 1.5: Kavitasyon baloncuğunun oluşumu (Web_4)

Kavitasyon olayının sonucunda 1000 atm'den daha fazla basınç ve yüksek enerji açığa çıkar. Ortaya çıkan bu denli yüksek enerji ve basınç kabarcıkların olduğu bölgeyi ısıtır. Kimyasal reaksiyonlara etki edebilir. Aslında kavitasyonun temel prensibi de bu açığa çıkan yüksek ısı ve enerjinin kullanılabilirliği üzerinedir (Gotoh ve Harayama 2013).

1.5 Ultrason Teknolojisinin Tekstil Sektöründe Kullanım Alanları

1. Tekstilde yardımcı işlemlerde ultrason teknolojisinin kullanımında baskı patı için kıvamlaştırıcıların hazırlandığı banyolarda kullanılmaktadır. Baskı patı hazırlama işlemi uzun süreli ve yüksek enerji gerektiren bir işlem olduğundan ultrason enerjisi ile bu işlem daha hızlı sürede ve daha düşük enerjide yapılabilmektedir (Koçak ve Merdan 2002).
2. Haşıl sökme ve pişirme işlemlerinde ultrason teknolojisinin kullanımıyla daha fazla enerji tasarrufu sağlanmıştır (Hao ve diğ. 2013). Ayrıca ağartma işleminin daha iyi olduğu ve enerji kullanımının daha düşük olduğunu belirlemiştir (Basto ve diğ. 2007).
3. Tekstilde yıkama ve durulama işlemlerinde çok yüksek miktarda enerji ve su tüketimleri vardır. Ultrason teknolojisinin kütle transfer etkisini arttırdığı ve bu nedenle yıkama, boyama ve durulama işlemlerinde kullanıldığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda ultrasonik yıkama işlemi kullanıldığında su tüketiminin azaldığını belirlemiştir (Akalin ve diğ. 2004).
4. Boyama işlemlerinde ultrasonik teknolojinin kullanımında boyama kinematığının arttığı ve kavitasyonun boyamaya olan olumlu etkileri belirtilmiştir (Choi ve diğ. 2016).
5. Tekstil sektöründe, enzimatik işlemlerde ise enzimler genelde büyük molekül yapısına sahip olduğundan difüzyon hızı düşük olmaktadır. Ve lif bu durumdan zarar görmektedir. Bu durumda ultrasonik enerji alternatif olarak görülmektedir. Kavitasyon sayesinde oluşan baloncuklar, katı yüzeyde patladıklarında sıvı-katı ara yüzeyinde dalgalar ile bir hareket kazanmaktadır (Yachmenev ve diğ. 2004).

1.6 Ultrasonik İşlem Mekanizmaları

Tekstil malzemelerine uygulanan ultrasonik işlemlerde sırasıyla şu mekanizmalar oluşmaktadır:

- Liflerin su içerisinde şişmesi
- Lifin camlaşma noktası sıcaklığının düşmesi
- Boyarmadde molekülünün difüzyon katsayısının artması

- Boyarmadde içerisinde bulunan moleküllerin lif yüzeyine daha iyi tutunması
- Flottedeki agregatların daha kolay parçalanması (Thakore 1998a, Duran ve diğ. 2007).

Ultrasonik dalgalar tekstil boyama işlemine uygulandığında kavitasyonun etki ettiği görülmektedir. Bu etki iki şekilde görülmektedir:

- Flotte içerisindeki boyarmadde ve kimyasal partiküller su içerisine daha kolay çözünebilmesi ve
- Boyarmaddenin boyanacak tekstil malzemesine daha hızlı ve daha etkili bir şekilde tutulmasıdır (Thakore 1988b).

1.7 Kumaş İçeriğine Göre Ultrason Teknolojisinin Kullanımı

1.7.1 Polyester Kumaşlarda

Polyester (PES) kumaşların düşük sıcaklıklarda dispers boyanmasında ultrasonik enerji de kullanılabilir. PES kumaşların ultrasonik boyama ile boyanmasındaki sonuçların oldukça iyi olduğu ve enerji tasarrufu açısından ümit verici olduğu bilinmektedir. Ultrasonik enerjinin kullanıldığı boyamalarda boyarmadde ile selüloz arasındaki reaksiyonun hızlandığı da belirlendi. Boyama sonrası yapılan ard işlemlerden olan yıkama işlemlerinde yıkama flottesine transfer olan boyarmadde miktarının düştüğü ve haslık özelliklerinin de etkilenmediği gözlemlendi (Duran ve diğ. 2007, Elapasery ve diğ. 2017, Altay ve diğ. 2018, Rehman ve diğ. 2020).

1.7.2 Pamuklu Kumaşlarda

Pamuklu kumaşların boyanmasında ultrason enerjisinin kullanılması sonucunda boyama hızının arttığı ve kumaşın boyarmaddeyi daha çok adsorbladığı görüldü. Boyama iki adımda gerçekleşir. İlk adım boyarmaddenin lif yüzeyine

adsorbsiyonudur. İkinci adım ise lif yüzeyinden lif içerisine difüzyonudur. (Thakore 1998b, Koçak ve Merdan 2002, Vankar ve diğ. 2008, Kamel ve diğ. 2009).

1.7.3 Yünlü Kumaşlarda

Ultrason enerjisi yün liflerinin boyanması için de kullanılmıştır. Doğal lak boyarmaddesi ile boyanan yün liflerinin boyanabilirliğinin arttığı gözlemlendi (Duran ve diğ. 2007, İslam ve diğ. 2017).

1.7.4 Poliamid/Lycra Kumaşlarda

Ultrason enerjisinin etkisini görmek amacıyla geleneksel ve ultrasonik olmak üzere her iki şekilde de boyamalar yapıldı. Gözlemler sonucunda ultrasonik enerjinin boya alımında olumlu bir yönde etkisi olduğu gözlemlendi. Haslıklarda herhangi olumsuz bir etki gözlemlenmedi (Merdan ve diğ. 2004, Duran ve diğ. 2007).

1.7.5 Naylon 66 Kumaşlarda

Bu kumaş türünün de ultrasonik boyamada geleneksel yöntemle göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlendi.

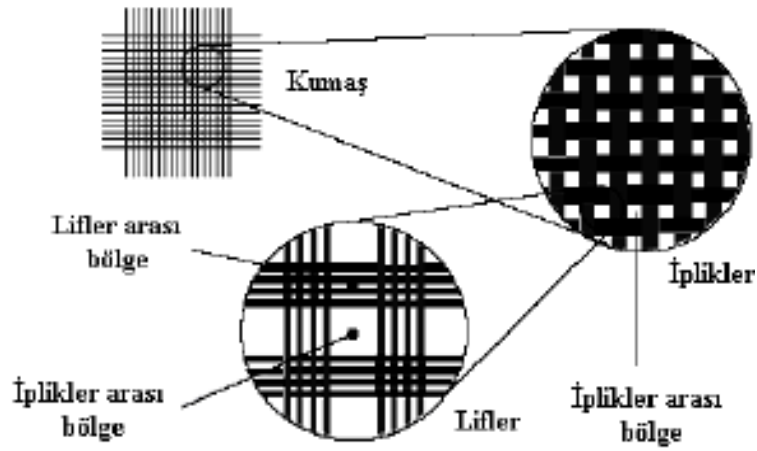
Ultrasonik boyama sonrası geleneksel boyamaya göre liflerin yapısında kristalin bölgelerin daha fazla olduğu gözlemlendi (Jatoi ve diğ. 2017).

1.8 Ultrasonik Boyama

İşlem süresi kısa olduğundan ve düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden enerji tasarrufu sağlamaktadır. Kullanılan yardımcı kimyasallar daha az olduğundan çevreye zararı daha azdır. Renk derinliği zaman parametresi ile kontrol edilebilmektedir. Diğer boyama türlerine göre ultrasonik boyamanın maliyeti daha düşüktür. Tekstil malzemelerinde ultrasonik dalgalar ile daha kısa sürede daha kaliteli boyamalar elde edilmektedir (Hassan ve Bhagvandas 2017).

1.9 Tekstil İşlemlerinde Kütle Transfer Mekanizması

Enerji, tekstilin terbiye işlemleri sırasında yoğun olarak kullanılır. Ağartma, yıkama, boyama, durulama, haşıl sökme ve merserizasyon gibi kütle transferi gerektiren işlemlerde önemli dezavantajlar söz konusudur. Bunlar işlem sürelerinin uzun olması ve kütle transfer hızının yavaş olmasıdır. Yukarıda sayılan yaş tekstil işlemlerinde kütle transfer mekanizması materyalin iplikler arası ve iplik içi gözeneklerine moleküler ve konvektif difüzyondur. Yaş işlemlerin verimliliği bu kütle transferinin şiddeti ile bağlantılıdır (McFarland ve diğ. 2002).



Şekil 1.6: İplikler arası ve iplik gözenekleri (Moholkar 2003)

Herhangi bir sıvı tekstil malzemesi ile etkileşime girdiğinde, sıvının çoğu sıvının en geçirgen bölgesi olan iplikler arası bölgede dolaşır. Bu bölgede dolaşan sıvının küçük bir kısmı ipliklerin içine penetre olabilir. Penetre edilebildiği bölge ise iplikler arası bölgenin çok küçük bir kısmı olup sadece ipliğin en dış kısmına yakın bir bölgedir. İpliğin merkezindeki bölge son derece sıkı olduğundan buralarda kütle transferi yavaş bir difüzyonla gerçekleşir. İstenmeyen etkilere neden olabileceğinden, bu kütle transferini artırmak için geleneksel yöntemlerde uygulanan yüksek işlem sıcaklıklarını uygulamak her zaman mümkün değildir. Son birkaç yıldır hem kimyasal hem fiziksel işlemlerin etkinliğini arttırmak ve yaş işlem proseslerinde kütle transfer hızını arttırmak için ultrasonik dalga enerjisi kullanılmaktadır (Moholkar ve Warmoeskerken 2004, Duran ve diğ. 2007, Merdan ve diğ. 2015).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Thakore (1998b), direk boyarmaddelerle pamuklu kumaşı boyarken ultrasonik enerjiyi endüstriyel kumaş boyama makinesi ile birlikte kullanarak boyama işleminde gerekli kimyasal miktarının azaldığını belirledi.

Değirmenci (2005), yüksek lisans çalışmasında %60/40 oranında PES/PA (polyester/poliamid) karışımını ultrason enerji kaynağı kullanarak ve konvansiyonel yöntem ile boyayarak boya çekim yüzdesi, K/S değerleri ve renk haslık değerlerini araştırdı. Deneyler sonucunda ultrasonik boyamalarda boya çekim yüzdesi ve K/S değerlerinin daha iyi olduğunu, renk ve lekeme haslıklarında herhangi bir değişiklik olmadığını, PES ipliğinin mukavemet değerinin arttığını tespit ettiler.

Mistik ve Yükseköğlü (2005), %100 pamuklu örme kumaşlara iki farklı konsantrasyonda (5ml/L ve 10 ml/L) hidrojen peroksit kullanarak, üç farklı sıcaklıkta (20°C, 30 °C ve 40°C) ve farklı sürelerde (20 dakika, 30 dakika ve 60 dakika) olmak üzere geleneksel yöntem ve ultrasonik dalgalar kullanarak ağartma yaptılar. Araştırmacılar sonuçları karşılaştırdığında ultrasonik yöntemin daha kısa sürede ve daha iyi beyazlık elde ettiğini belirlediler.

Bolat (2009), yüksek lisans çalışmasında %100 yün sirospun ve konvansiyonel ipliklerden elde edilen dokuma kumaşları ultrasonik enerji ve konvansiyonel yöntem ile iki farklı sıcaklıkta (80°C ve 90°C) ve iki farklı sürede (80 ve 90 dakika) 1/40 banyo oranında boyayarak CIELab değerleri, K/S değerleri, kumaşların mukavemet, % uzama, sürtme haslığı ve farklı aşınma devir sayılarındaki ağırlıklarını değerlendirdi. Sonuç olarak ultrasonik enerji ile mukavemetin azaldığı, uzama değerinin sıcaklığa bağlı olmadığı, ΔE değerinin sıcaklık arttığında iyileştiğini ve kuru sürtme haslıklarının yaş sürtme haslıklarına göre daha iyi sonuç verdiğini tespit ettiler.

Merdan ve İnancı (2010), mikroelyafın boyanmasında ultrasonik enerjinin etkisini konvansiyonel yöntem ile karşılaştırarak boya çekim yüzdesi ve fiksajı, afinite ve difüzyon katsayısını, renk değerleri ve haslıklarını incelediler. Deney sırasında numarası 184/195 Dtex olan poliamid mikroliften üretilmiş hava jetli

tekstüre iplik kullandılar. Sonuçlar incelendiğinde ultrasonik boyamanın haslık değerlerine pek etkisi olmadığına, renk değerlerinde ise ultrasonik boyanan örneklerin daha koyu olduğunu, konvansiyonel yöntemle göre %34,2 daha fazla boyarmaddenin life transfer olduğunu, afinite ve difüzyon katsayılarının daha iyi olduğunu belirlediler.

Erişmiş ve Eren (2010), ultrason teknolojisinden faydalanarak tekstil materyallerin yıkama işlemlerini gerçekleştirdiler ve materyallerin üzerinden yabancı maddelerin daha iyi uzaklaştığını ve daha verimli bir yıkama yapıldığını buldular. Ayrıca ultrasonun emzimleri daha iyi parçalayarak işlem verimliliğinin arttırdığını rapor ettiler.

Zhao ve Zhang (2011), bu iki araştırmacı enzimle haşıl sökme işlemini geleneksel ve ultrasonikasyon yöntemi ile karşılaştırdılar. Sonuçlara göre aynı haşıl sökme koşullarında ultrason yöntemi haşıl sökme yüzdesini ve kumaşın beyazlık yüzdesinin arttırdığını, ancak kumaş mukavemetini çok az bir miktar düşürdüğünü buldular. Hedeflenen aynı haşıl sökme işleminin geleneksel enzimli haşıl sökme işlemine göre zamandan tasarruf sağladığı ve daha düşük sıcaklıkta gerçekleştiğini buldular.

Öztaş ve diğ. (2012), yün lifini geleneksel ve ultrasonikasyon yöntemi ile boyamışlar ve çıkan sonuçları karşılaştırdılar. Sonuçlar neticesinde ultrasonikasyon ile boyama da geleneksel yöntemle göre daha düşük sıcaklıklarda, daha kısa sürelerde ve enerji kazancı sağlayarak boyama işlemi yaptıklarını gözlemlediler. Aynı zamanda kimyasal yardımcı maddeler daha az kullanıldığından çevreci bir yöntem olduğunu buldular.

Sanoop ve diğ. (2012), nişasta, jelatin ve kitozan biopolimer çözeltilerine nanoçinkooksit (ZnO) ekleyerek bu çözeltilere ultrasonikasyon uygulamışlar ve elde ettikleri biopolimer kolloidini pamuklu kumaşa kaplayarak sağlık alanlarında bakım amacıyla kullanılabilir kumaş geliştirdiler. Bipolimer çözeltisi ile kaplama yapılan pamuklu kumaşın anti-fungal (mantarlara karşı etkili) olduğu ve mor ötesi ışınlarla temizlenebildiğini buldular.

Dumitrescu ve diğ. (2012), annatto tropik ağacının çekirdeklerinden boyarmadde ekstrakte ederek enzimler yardımıyla pamuk, ipek ve yün kumaşları boyadılar. Araştırmacılar kumaşları geleneksel yöntemle boyamışlar ve ultrasonik dalga uyguladıkları boyama ile kıyasladılar. Araştırma sonucunda ultrasonikasyon sayesinde Bixa ekstraktının boyama kabiliyetinin arttığı her 3 kumaşta da boya alımının %8-10 oranında arttığı ve mordan kullanılmayan enzim bu yöntemin ekolojik olduğu buldular. K/S değerlerinin yükseldiği ve haslık değerlerinin (yıkama, sürtme ve ter haslıkları) daha iyi olduğunu incelediler.

Yu ve diğ. (2012), ultrasonikasyon uyguladıkları vinylon kumaşlara grafen içeren poliüretan çözeltileri kapladılar. Araştırmacılar kaplamış oldukları kumaşın mikro dalga emicilik özelliğe olduğunu ölçmüşler ve elde edilen kumaşın radar, kamuflej ve elektromanyetik kalkanlama kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu gösterdiler.

Coman ve diğ. (2013), kırmızı soğandan kırmızı boya ekstrakte ederek keten kumaşları hem geleneksel boyama yöntemi ile hem de ultrasonik banyoda boyadılar. Kumaşların haslık değerlerini (sürtme ve yıkama haslıkları) ve renk ölçümleri spektrofotometre ile ölçmüşler ve sonuçları incelediler. Sonuç olarak sonikasyonlu boyamanın geleneksel boyama yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği ve renk derinliğinin arttığını tespit ettiler.

Sabetzadah ve diğ. (2013), mekanik karıştırma ve ultrasonikasyon yöntemleriyle karbon-kevler ve polyester kumaşlara karbon nanolif kaplayarak elektrik iletkenliklerini ölçtüler. Araştırmacılar karbon nanolif yüzdesi arttıkça elektrik iletkenliğinin arttığını ve en iyi elektrik iletkenliğinin eldesi için optimum sonikasyon süresini 2 saat olarak belirlediler.

Guin ve diğ. (2014), pamuklu kumaşın üzerine tabaka kaplama yöntemi ile tabaka tabaka kitosan ve polisodyum fosfat (PSP) kapladılar. Her kaplama adımından sonra kumaşın yumuşak bir tutuma sahip olması için kumaş ultrasonik banyoda yıkama işlemine tabi tutuldu. Ultrasonikasyon ile durulama kumaşa zayıf bağlanmış olan polimerleri uzaklaştırarak hem kumaşın sert olmasını engellemiş hem de uygulanan kaplama miktarında kumaşa güç tutuşur davranışı kazandırdı. Araştırmacılar kumaşa 17 aşamada kaplama yaparak kumaşın güç tutuşur olmasını

ve yumuşak tutumda olmasını sağladılar. Bu araştırmanın hem evre dostu hem de faydalı bir nano kaplama ile gc tutuşur kumaş araştırmalarında bir dönüm noktası olduğunu belirlediler.

Yavaş ve diğ. (2014), geleneksel boyama, mikrodalga boyama ve ultrasonik banyoda ultrasonik ses dalgaları ile boyamayı kıyaslayarak ultrasonik boyamanın geleneksel boyamaya yakın olsa da geleneksel boyamadan daha az renk derinliği verdiğini gösterdiler.

Khatri ve diğ. (2016), selüloz nano liflerini ultrasonik dalgalar yardımıyla kırmızı ve siyah renklere boyadılar. Araştırmacılar boyama parametrelerini boyama sıcaklığı, boyama süresi ve boyama konsantrasyonlarını değerlendirdiler. Sonuçları incelediklerinde ultrasonik boyamanın geleneksel boyamaya göre daha yüksek renk veriminin olduğunu, boya fiksesinin daha iyi sonuçlar verdiğini ve renk haslıklarının daha iyi olduğunu belirlediler.

Hassan ve Bhagvandas (2017), yn boyamada ultrasonikasyon kullanılarak yapılan boyamada topaklaşma oluşmadığını, renk derinliğinin arttığını ve daha az su, daha az enerji ve daha az kimyasal kullanılarak geleneksel boyamaya göre daha sürdürülebilir boyama yapıldığını tespit ettiler.

Bano ve diğ. (2018), hem yn-keçe hem de elik ızgaralar üzerine sırasıyla polidimetilsiloksan (PDMS) ve titanyum nanopartikülleri uygulayarak süperhidrofob kaplamalar elde ettiler. Araştırmacılar her iki malzemeyi de ultrasonikasyon, toprak ve zımpara kağıdı ile aşındırarak kalıcılıklarını test ettiler. Her iki malzemenin de tüm aşındırıcı koşullara rağmen kalıcı olduklarını, yağ-su karışımlarını ayırabildiklerini ve ayrıca geri dönüştürülebilir olduklarını belirlediler.

Attia ve diğ. (2018), grafit, polivinilalkol (PVA), gümüş nanopartikül içeren zeltiye ultrasonikasyon uygulayarak ve ultrasonikasyon uygulamadan pamuk-polyester kumaşlara kaplama yaptılar. Kaplanmış kumaşların antibakteriyel özellikleri incelendiğinde sonikasyon uygulanmış zelti ile antibakteriyel etkinliğin 6 kat daha iyi olduğunu belirlediler.

Yu ve diğ. (2018), polyester kumaş üzerine soljel yöntemi ile silan su itici kimyasallar uyguladılar. Kaplama yapılan kumaşlara 120 dakika ultrasonikasyon

uygulandığında kumaşların su itici hale geldiğini ve leke tutmaz olduklarını gözlemlədiler.

Du ve diğ. (2018), dokusuz yüzey kumaş üzerine ultrasonik yöntem ile karbon nanotüp kaynaklayarak yıkanabilen yeni nesil giyilebilir elektronik tekstil (etekstil) ürettiler. Karbon nanotüplerin ultrasonik yöntem ile kumaşa kaynaklanabilirliğinin sebebini ultrasonikasyon sırasında oluşan baloncukların sönmesi sırasında oluşan büyük basınç ve sıcaklığa bağlamaktadırlar. Araştırmacılar kumaşa 40 saat süreli yıkama uygulamışlar ve karbon nanotüplerin kumaş yüzeyin de kaldığını, elektro iletkenliğin çok az azaldığını belirlediler. Bu yöntem ile üretilen etekstillerin giyilebilir uzama oranı sensörü ve basınç sensörü olarak kullanılabileceğini ve insan vücudunda nabız – solunum oranının görüntülenmesi amacıyla sağlık alanında uygulamalı olabileceğini belirlediler.

Zou ve diğ. (2018), düşük güçte ultrasonikasyon uygulayarak kitin nanoliflerini ürettiler ve bu lifleri pamuklu kumaşa bitim işlemleri ile uyguladılar. Bitim işlemi uygulanan pamuklu kumaşın renk değişiminin çok az olduğunu ve antibakteriyel özelliğinin %99'un üzerinde olduğunu belirlediler. Bu yöntemin düşük maliyetli çevre dostu antibakteriyel tekstil uygulamalarında kullanım potansiyeli olduğunu belirlediler.

Shaheen ve diğ. (2018), geri dönüşümü mümkün olmayan odun atıklarından olan talaştan önce sodyum klorit ile ağartma ve sonrasında da sülfirik asit kullanarak ultrasonikasyon uyguladılar. Çözeltilerden elde edilen selüloz nano kristaller incelendiğinde kimyasal ve sonikasyon uygulanan çözeltilerden XRD ölçümleriyle %90 kriticaliteye sahip olduğunu ve özellikle tuzlu ortama dayanımları olan kompozit malzemesi olabilecek tipl'e sahip selüloz nano kristaller olduklarını tespit ettiler.

Chambre ve diğ. (2019), %40 keten - %60 pamuk içeren kumaşa, çevresel bir yöntemle kaynatma işlemi uygulamak için enzimlerle ultrasonikasyon uyguladılar ve hem enzim konsantrasyonunu hem de süreyi arttırarak kaynatma işleminin etkinliğini arttırdılar.

Hebeish ve diğ. (2019), sonikasyon uygulayarak ve sonikasyon uygulamadan nanokil, kitosan ve metal nanopartikülleri içeren baskı patı hazırlayarak pamuklu kumaşın yüzeyine bu patı uyguladılar. Kumaşın yüzey görünümünü, antibakteriyal etkinliğini ve haslık (yıkama, ter ve sürtme haslığı) değerlerini, renk ölçüm değerlerinden de K/S değerlerini incelediler. Araştırmacılar, sonikasyon uygulanarak hazırlanan baskı patının baskı işleminde daha düzgün bir yüzey oluştuğunu, baskı patının daha iyi difüzyon ve daha iyi fikse olduğunu, haslık değerlerinin daha iyi ve renk ölçümünde K/S değerinin daha iyi olduğunu gözlemlediler.

Baharadiya ve diğ. (2019), pamuklu kumaşa ultrasonikasyon uygulayarak nano grafit parçacıkları içeren polyanilin kaplama yaptılar. Kaplanan kumaşta mukavemeti, mor ötesi ışın koruma yüzdesi ve güç tutuşurluğun daha iyi değerler verdiğini belirlediler.

Wang ve diğ. (2019), pamuklu kumaşa çinko oksit (ZnO) uygulayarak kumaşın yağ ve suya karşı davranışını incelediler. Ultrasonikasyon uygulanmış kumaşı zımpara kağıdıyla aşındırarak, suda kaynatarak ve organik çözümler uygulayarak kumaşın kalıcılığını incelediler. Araştırmacılar tüm zorlayıcı etkenlere rağmen ZnO içeren pamuklu kumaşın yağ ile ıslanabildiğini, su ile ıslanmadığını ve özellikle yağ-su karışımının filtrasyonunda kullanılabilecek çevre dostu süperhidrofob olduğunu belirlediler.

3. YAPILAN ÇALIŞMA

Bu tez çalışmasında, ultrasonik dalgalar kullanılarak pamuklu örme kumaşlara boyama uygulanması yapıldı. Bilim ve teknolojiye ultrason teknolojisi uzun zamandır kullanılmaktadır ve ultrasonik uygulamaların kullanım alanları giderek artmaktadır. Tekstil sanayinde kullanımı yönünde ise çalışmalar yenidir ve hala sanayide boyama uygulamalarına yansımış değildir. Ultrason teknolojisi, tekstil endüstrisinde yıkamalarda tekstil materyali üzerindeki yabancı maddelerin daha etkin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır ve böylece yıkama verimi artmaktadır. Ayrıca ultrasonik dalgalar enzimlerle kombine edilerek enzimlerin etkinliklerini arttırmak mümkündür. Enzimlerin büyük moleküllü olması nedeniyle hareket kabiliyetleri düşüktür. Ultrason, bu dezavantajları gidererek enzimlerin daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada öncelikle pamuklu kumaşlar, ultrasonik dalgalardan faydalanılarak çözelti haline getirildi ve bu çözeltiler geleneksel çektirme yöntemi ile çalışan laboratuvar boyama cihazında boyandı. Bu yönteme tez çalışması boyunca geleneksel-ultrasonik yöntem denildi. Kıyaslama yapmak amacıyla numuneler ayrıca mekanik yöntemle çözülen boya çözeltileri “geleneksel yöntem”le de boyandı.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Kullanılan Materyal

Bu tez çalışmasında 30/1 Ne iplik numaralı, %100 pamuklu 180 g/m² gramajlı süprem örme kumaş kullanıldı. Kumaşlar 29,5x21 cm ebadında ve 10 gram olacak şekilde hazırlandı ve RADWAG AS 220/C/2 hassas terazide (Şekil 4.1) ölçüldü. Hazırlanan kumaşlar 20 ±2 °C sıcaklık ve %65±2 bağıl nem içeren koşullarda 24 saat kondüsyonlandı (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: 0,0030 gr hassas tartıda tartılan boyar madde örneği



Şekil 4.2: 24 saat kondüsyonlanan kumaş numuneleri

Kumaşların boyanmasında reaktif Remazol marka toz halinde Red DE2GF ve Yellow 3GL boyarmaddeleri kullanıldı. “Sonikasyon-geleneksel” yöntemle yapılan numune boyamalarında boyarmadde çeşidi (Red DE2GF ve Yellow 3GL boyarmaddeleri), boyarmadde miktarı (0,003g; 0,006 g; 0,009 g ve 0,012 g

ağırlıklarında) ve sonikasyon süresi (1 dk, 3 dk, 5 dk, 10 dk ve 15 dk) değiştirilerek 40 adet numune yumuşak su ile SONICS VCX 500 (Şekil 4.3) marka sonikasyon cihazında sonikasyon uygulanarak ön işlem yapıldı.



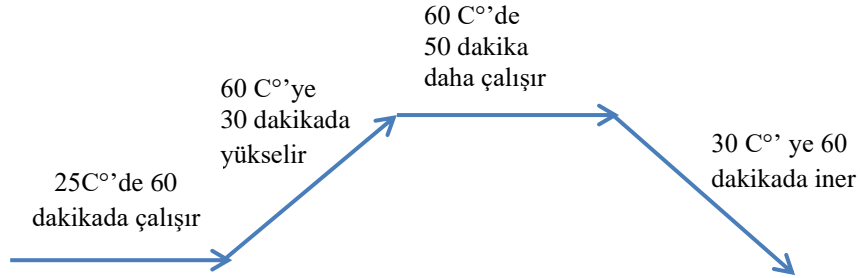
Şekil 4.3: SONICS VCX 500 sonikasyon cihazı

Sonikasyon sürecinde sonik dalga darbe ayarı sabit 1sn çalışıp 1 sn durarak uygulandı. Sonikasyon işleminde çözelti sıcaklığının 29 °C'yi geçmemesi için programlama yapıldı. Her sonikasyon uygulamasında çıkan enerji değerleri (joule) olarak Tablo 4.1'de listelendi. Sonikasyon işleminde amplitude değeri sabit %20 olarak alındı, böylece sonikasyon sürecinde uygulanan güç 100W değerindedir.

Tablo 4.1: Uygulanan sonikasyon ile çözültide ortaya çıkan enerji miktarı

Sonikasyon süresi (dk)	Çıkan enerji (joule)
1	119
3	359
5	867
10	1120
15	1801

Hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin tamamı COPOWER Supermat V1 marka laboratuvar tipi overflow makinesinde standart seçilen yönteme (Şekil 4.4’e göre) boyandı.



Şekil 4.4: Laboratuvar tipi overflow makinesinde kullanılan boyama prosesi

Tablo 4.2’de ultrasonikasyon-geleneksel yöntemle boyanan numunelerin işlem parametreleri listelendi. Numune kodlamada ilk harf boyarmadde rengini ifade ederken (R: kırmızı, Y: sarı); numune kodundaki ikinci harf ise sonikasyon uygulanıp uygulanmadığını ve uygulandıysa süresini belirtir (0: sonikasyon yok; A: 1 dk, B:3 dk; C: 5 dk, D: 10 dk ve E: 15 dk) ve üçüncü sütunda belirtilen rakam ise boyarmadde miktarını belirtir (1: 0,003 g; 2: 0,006 g; 3: 0,009 g; 4: 0,012 g). “Ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelere Tablo 4.2’de belirtilen sürelerde sonikasyon uygulandı.

Tablo 4.2: “Ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin parametreleri

Numune kodu	Boyarmadde adı	Boyarmadde miktarı (g)	Sonikasyon süresi (dk)	Boyama prosesi
RA1	Red DE2GF	0,003	15	60°C’de 50 dk
RB1	Red DE2GF	0,003	10	60°C’de 50 dk
RC1	Red DE2GF	0,003	5	60°C’de 50 dk
RD1	Red DE2GF	0,003	3	60°C’de 50 dk
RE1	Red DE2GF	0,003	1	60°C’de 50 dk
RA2	Red DE2GF	0,006	15	60°C’de 50 dk
RB2	Red DE2GF	0,006	10	60°C’de 50 dk
RC1	Red DE2GF	0,006	5	60°C’de 50 dk
RD2	Red DE2GF	0,006	3	60°C’de 50 dk
RE2	Red DE2GF	0,006	1	60°C’de 50 dk
RA3	Red DE2GF	0,009	15	60°C’de 50 dk
RB3	Red DE2GF	0,009	10	60°C’de 50 dk

Tablo 4.2 devamı

RC3	Red DE2GF	0,009	5	60°C'de 50 dk
RD3	Red DE2GF	0,009	3	60°C'de 50 dk
RE3	Red DE2GF	0,009	1	60°C'de 50 dk
RA4	Red DE2GF	0,012	15	60°C'de 50 dk
RB4	Red DE2GF	0,012	10	60°C'de 50 dk
RC4	Red DE2GF	0,012	5	60°C'de 50 dk
RD4	Red DE2GF	0,012	3	60°C'de 50 dk
RE4	Red DE2GF	0,012	1	60°C'de 50 dk
YA1	Yellow 3GL	0,003	1	60°C'de 50 dk
YB1	Yellow 3GL	0,003	3	60°C'de 50 dk
YC1	Yellow 3GL	0,003	5	60°C'de 50 dk
YD1	Yellow 3GL	0,003	10	60°C'de 50 dk
YE1	Yellow 3GL	0,003	15	60°C'de 50 dk
YA2	Yellow 3GL	0,006	15	60°C'de 50 dk
YB2	Yellow 3GL	0,006	10	60°C'de 50 dk
YC2	Yellow 3GL	0,006	5	60°C'de 50 dk
YD2	Yellow 3GL	0,006	3	60°C'de 50 dk
YE2	Yellow 3GL	0,006	1	60°C'de 50 dk
YA3	Yellow 3GL	0,009	15	60°C'de 50 dk
YB3	Yellow 3GL	0,009	10	60°C'de 50 dk
YC3	Yellow 3GL	0,009	5	60°C'de 50 dk
YD3	Yellow 3GL	0,009	3	60°C'de 50 dk
YE3	Yellow 3GL	0,009	1	60°C'de 50 dk
YA4	Yellow 3GL	0,012	15	60°C'de 50 dk
YB4	Yellow 3GL	0,012	10	60°C'de 50 dk
YC4	Yellow 3GL	0,012	5	60°C'de 50 dk
YD4	Yellow 3GL	0,012	3	60°C'de 50 dk
YE4	Yellow 3GL	0,012	1	60°C'de 50 dk

Karşılaştırma yapmak için, sonikasyon yapılmadan mekanik karıştırıcıda 3 dk süreyle 400 d/dk hızda hazırlanan boya çözeltileri ile ise “geleneksel yöntem”e göre laboratuvar tipi overflow makinesinde standart seçilen yöntem takip edilerek boyama yapıldı. Geleneksel yöntemle boyamada boyarmadde çeşidi (Red DE2GF ve Yellow 3GL boyarmaddeleri) ve boyarmadde miktarı (0,003g; 0,006 g; 0,009 g ve 0,012 g ağırlıklarında) değişkenleriyle toplam 8 adet numune daha boyandı. Tablo 4.3'te “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin işlem parametreleri listelendi.

Tablo 4.3: Geleneksel yöntemle boyanan numunelerin parametreleri

Numune kodu	Boyarmadde adı	Boyarmadde miktarı (g)	Sonikasyon süresi (dk)	Boyama prosesi
R01	Red DE2GF	0,003	–	60°C’de 50 dk
R02	Red DE2GF	0,006	–	60°C’de 50 dk
R03	Red DE2GF	0,009	–	60°C’de 50 dk
R04	Red DE2GF	0,012	–	60°C’de 50 dk
Y01	Yellow 3GL	0,003	–	60°C’de 50 dk
Y02	Yellow 3GL	0,006	–	60°C’de 50 dk
Y03	Yellow 3GL	0,009	–	60°C’de 50 dk
Y04	Yellow 3GL	0,012	–	60°C’de 50 dk

Boyamaların tamamı (“geleneksel-sonikasyon” ve “geleneksel”) 250 ml flotte ve 1/25 oranında tamamlandı. Her numuneye yıkama, sürtme, su emicilik ve renk haslığı testleri uygulandı ve Datacolor 600 spektrofotometre cihazıyla D65 ve 12° açıyla renk ölçümü yapıldı. Boyamalarda yardımcı madde olarak sabit değerde 1 gram sodyum sülfat tuzu ve yine sabit değerde 1 gram soda hassas terazide tartılarak deneylerde kullanıldı.

4.2 Yöntem

Numuneler sonikasyon-geleneksel yöntem ve geleneksel yöntemle boyandı. Boyama işlem akışı Şekil 4.4’te şematize edildi. Deneyler iki şekilde yapıldı. Sonikasyon cihazı yardımı ile çözülerek yapılan “sonikasyon-geleneksel yöntem” le hazırlanan deneyler ve “geleneksel yöntem” takip edilerek balık miktatsızlar yardımı ile çözelti hazırlanarak boyama yapılan deneyler.

“Sonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numuneler için sonikasyon cihazı yardımı ile boya çözeltileri çözülerek belirlenen sonikasyon sürelerinde ön işlem yapıldı. Çözelti hazırlarken boyar maddeler RADWAG AS 220/C/2 marka hassas terazi de ağırlık yüzdelerine uygun ağırlıklarda tartıldı. Boyamalarda sabit tutulan soda ve tuz 1’er gram tartılarak behere konuldu, 250 ml yumuşak su ile çözelti tamamlandı. Bu hazırlanan çözeltiler “kumaş içermeden” sonikasyon cihazına yerleştirildi ve cihazda uygun sürelerde sonikasyon yapıldı. Sonikasyon cihazından çıkan çözeltiler COPOWER Supermat V1 cihazının paslanmaz çelik tüplerine alınıp içerisine 10gr olan kumaş numuneleri konuldu ve tüplerin ağzı sıkıca kapatıldı

makineye boyama işlemi için yerleştirildi. Thakore (1998b), literatüre direk boyarmaddelerle pamuklu kumaşı boyarken ultrasonik enerjiyi ve endüstriyel kumaş boyama makinesini arka arkaya kullanarak tamamladığı gerekli kimyasal miktarının azaldığını belirledi.

“Geleneksel” yöntemle boyanan ve sonikasyon olmadan yapılan deneylerde ise hazırlanan bu çözeltiler aynı şekilde uygulanıp sadece bu çözeltinin çözünmesi için sonikasyon yapılmadan mekanik karıştırıcıda 3 dk süreyle 400 d/dak hızda balık miknatıslar yardımıyla çözeltiler hazırlanarak boyama yapıldı.

4.3 Kumaşa Uygulanan Test Yöntemleri

4.3.1 Su Emicilik Testi

TS EN 14697 standardına göre kumaşların suyu emme özelliği revize edilmiş bir test yöntemi ile ölçüldü. Numuneler yatay düzleme değil 45° eğimli yağmurlama düzeneğine (Şekil 4.5) yerleştirildi. Kumaşların su emicilik ve iticilik özellikleri belirlendi. Su emicilik testi için uygulanan yöntem şöyledir:

- Numune kasnak yardımı ile gergin bir hale getirildi.
- Kasnak kullanılacak olan mekanizmaya yerleştirildi.
- Pastöre beherden yumuşak su çekildi.
- Pastör numuneden 10 cm yukarıda olacak şekilde gergin haldeki kumaşa su damlatıldı.
- Su damlasının kumaş üzerinde ki durumu incelendi.

Genel olarak iki sonuç elde edildi; “ultrasonik-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde su damlası kumaş yüzeyinden kayıp giderken “geleneksel yöntem”le boyanan numunelerde ise su damlası kumaşa nüfus etti, emicilik gözlemlendi. Deneyler tüm numuneler için tamamlandı, sonuçlar Tablo 4.4’te verildi.



Şekil 4.5: Su emicilik deneyi

Tablo 4.4: Su emicilik testi sonuçları

Numune kodu	Emicilik süresi (sn)	Emicilik sonuçları	
		Emicilik değeri:	İtici değeri:
RA1	182	Yok	İtici
RB1	185	Yok	İtici
RC1	185	Yok	İtici
RD1	157	Yok	İtici
RE1	153	Yok	İtici
RA2	155	Yok	İtici
RB2	138	Yok	İtici
RC2	132	Yok	İtici
RD2	130	Yok	İtici
RE2	130	Yok	İtici
RA3	125	Yok	İtici
RB3	125	Yok	İtici
RC3	120	Yok	İtici
RD3	120	Yok	İtici
RE3	120	Yok	İtici
RA4	120	Yok	İtici

Tablo 4.4 devamı

RB4	120	Yok	İtici
RC4	120	Yok	İtici
RD4	120	Yok	İtici
RE4	120	Yok	İtici
YA1	186	Yok	İtici
YB1	181	Yok	İtici
YC1	174	Yok	İtici
YD1	159	Yok	İtici
YE1	155	Yok	İtici
YA2	130	Yok	İtici
YB2	132	Yok	İtici
YC2	132	Yok	İtici
YD2	120	Yok	İtici
YE2	120	Yok	İtici
YA3	120	Yok	İtici
YB3	120	Yok	İtici
YC3	120	Yok	İtici
YD3	120	Yok	İtici
YE3	120	Yok	İtici
YA4	120	Yok	İtici
YB4	120	Yok	İtici
YC4	120	Yok	İtici
YD4	120	Yok	İtici
YE4	120	Yok	İtici
R01	32	İyi	Yok
R02	39	İyi	Yok
R03	35	İyi	Yok
R04	36	İyi	Yok
Y01	37	İyi	Yok
Y02	35	İyi	Yok
Y03	34	İyi	Yok
Y04	30	İyi	Yok

Tablo 4.4’ te “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin su itici özellikte; “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin ise su emici özellikte oldukları görülmektedir.

4.3.2 Yıkama Haslığı Testi

Bu testte yapılan işlem TS EN ISO 105-C06 standardına göre boyalı kumaşların renginin yıkama şartlarına karşı gösterdiği dayanıklılıktır.

Yıkama haslığı testinde numuneden standart olan 4x10 cm ebadında 1 adet parça kesildi. Kesilmiş olan 4x10 cm ebadında ki bu numune yine 4x10 cm ebadında kesilmiş olan multifibre DW 'nin yün tarafından diğer numune ile dikildi. Yıkama için ECE deterjan kullanıldı. Deterjandan 4g/L kullanılır. Deterjan çözeltisi 1 litre yumuşak su ile tamamlandı. Bu çözelti COPOWER makinesi tüplerine banyo oranı 150 mililitre olacak şekilde konuldu. Tüpler ağızı kapatılıp makineye yerleştirildi. Makine ilk 5 dakikada 40°C sıcaklığa yükselir ve daha sonra 30 dakika boyunca 40°C sıcaklıkta yıkama yapıldı. Süre bitiminde numuneler makineden çıkartıldı.

Numunelerin durulanmasında 100 ml %1 asetik asit çözeltisi yumuşak su ile hazırlandı. Her behere 100 ml bu hazırlanan yumuşak su konuldu. Numuneler durulama suyunda birer dakika bekletildi. Son durulama için numuneler tekrar 100 ml yumuşak su içinde yeniden 1 dk bekletildi.

Durulanan numuneler kumaş ve multifibre birbirine değmeyecek şekilde kurutuldu. Kuruma sonrası yıkanmamış olan multifibre ile yıkanmış olan multifibre karşılaştırılır ve gri skala ile (Şekil 4.6) değerlendirildi. Değerlendirme sonucu Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da mevcuttur.



Şekil 4.6: Yıkama Haslığı Gri Skala Değerlendirmesi

Tablo 4.5: RED DE2GF için yıkama haslığı sonuçları

Numune kodu	yün	akrilik	PES	naylon	pamuk	asetat
RA1	5	5	5	5	5	5
RB1	5	5	5	5	5	5
RC1	5	5	5	5	5	5
RD1	5	5	5	5	5	5
RE1	5	5	5	5	5	5
RA2	5	5	5	5	5	5
RB2	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.5 devam

RC2	5	5	5	5	5	5
RD2	5	5	5	5	5	5
RE2	5	5	5	5	5	5
RA3	5	5	5	5	5	5
RB3	5	5	5	5	5	5
RC3	5	5	5	5	5	5
RD3	5	5	5	5	5	5
RE3	5	5	5	5	5	5
RA4	5	5	5	5	4-5	5
RB4	5	5	5	5	4-5	5
RC4	5	5	5	5	4-5	5
RD4	5	5	5	5	4-5	5
RE4	5	5	5	5	4-5	5
R01	5	5	5	5	5	5
R02	5	5	5	5	5	5
R03	5	5	5	5	5	5
R04	5	5	5	5	4-5	5

Tablo 4.5’te görüldüğü gibi kırmızı boyarmadde ile renk boyamalarında en fazla boyarmadde (0.012 g RED DE2GF) kullanılan boyamalar dışında yıkama renk haslığı en iyi dereceyi gösterirken 0.012 g RED DE2GF boyarmadde kullanılan en koyu tonlu boyamalarda multifibre pamuk kısmını hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin hepsi (RA4-RE4 ve R04) az miktarda akma yaptılar.

Tablo 4.5'te ise sarı boyarmadde (YELLOW 3GL) ile hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin haslıklarının en yüksek değerleri gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.5: YELLOW 3GL için yıkama haslığı

Numune kodu	yün	akrilik	PES	naylon	pamuk	asetat
YA1	5	5	5	5	5	5
YB1	5	5	5	5	5	5
YC1	5	5	5	5	5	5
YD1	5	5	5	5	5	5
YE1	5	5	5	5	5	5
YA2	5	5	5	5	5	5
YB2	5	5	5	5	5	5
YC2	5	5	5	5	5	5
YD2	5	5	5	5	5	5
YE2	5	5	5	5	5	5
YA3	5	5	5	5	5	5
YB3	5	5	5	5	5	5
YC3	5	5	5	5	5	5
YD3	5	5	5	5	5	5
YE3	5	5	5	5	5	5
YA4	5	5	5	5	5	5
YB4	5	5	5	5	5	5
YC4	5	5	5	5	5	5
YD4	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.6 devamı

YE4	5	5	5	5	5	5
Y01	5	5	5	5	5	5
Y02	5	5	5	5	5	5
Y03	5	5	5	5	5	5
Y04	5	5	5	5	5	5

4.3.3 Sürtme Haslığı Testi

Bu testte yapılan işlem ise TS EN-ISO 105-X12 standardına göre boyalı kumaşların renginin sürtmeye karşı gösterdiği dayanıklılıktır. 2 çeşit sürtme testi yöntemi vardır. Birincisi kuru sürtme ikincisi ise yaş sürtme testidir. Bu tez çalışmasında gerçekleştirmiş olduğumuz yöntem ise “kuru sürtme yöntemidir”.

- Numune kumaşın ortası sürtmeye tabi tutulacak şekilde krokmetreye test edilecek yüzey yukarda kalacak şekilde yerleştirildi.
- Sürtme kolundaki parçaya beyaz kumaşı bezi mandal yardımıyla yerleştirildi.
- Sürtme kolu 10 saniye süresince 10 defa gidip gelerek sürtme hareketini gerçekleştirdi.
- İşlem sonunda referans bezi çıkarılır. Temiz referans kumaşı ile karşılaştırılıp gri skalada değerlendirildi.

Gri Skala

Renk haslıklarını değerlendirmek amacı ile deneyin sonuçlarını gerekli standart derecelere sahip olan skaladır. Skala da 1’den 5’e kadar numaralandırılmıştır. 1 en düşük haslık değeri iken 5 en yüksek haslık değerini ifade eder. Değerlendirmeler için iki çeşit gri skala kullanılır. Bunlardan biri solma skalası diğeri ise lekeleme skalasıdır. Solma skalası boyalı numunenin renginde meydana

gelen değişimleri derecelendirirken, lekeleme skalası ise boyalı numuneye birlikte bulunan refakat bezinin kirlenmesi sonucu ortaya çıkan değerlendirme derecesidir (Megap, 2012). Değerlendirme sonuçları Tablo 4.7'deki gibidir.



Şekil 4.7: Atlas CM-5 sürme haslığı örneği

Tablo 4.7'de tüm numunelerin kuru sürme haslıklarının refakat bezine hiçbir lekeleme yapmadığı görölmektedir.

Tablo 4.7: Kuru Sürme Haslığı Sonuçları

Numune kodu	Kuru sürme değeri
RA1	5
RB1	5
RC1	5
RD1	5
RE1	5
RA2	5
RB2	5
RC2	5
RD2	5

Tablo 4.7 devamı

RE2	5
RA3	5
RB3	5
RC3	5
RD3	5
RE3	5
RA4	5
RB4	5
RC4	5
RD4	5
RE4	5
R01	5
R02	5
R03	5
R04	5
YA1	5
YB1	5
YC1	5
YD1	5
YE1	5
YA2	5
YB2	5
YC2	5
YD2	5
YE2	5
YA3	5
YB3	5
YC3	5
YD3	5
YE3	5
YA4	5
YB4	5
YC4	5
YD4	5
Y01	5
Y02	5

Tablo 4.7 devamı

Y03	5
Y04	5

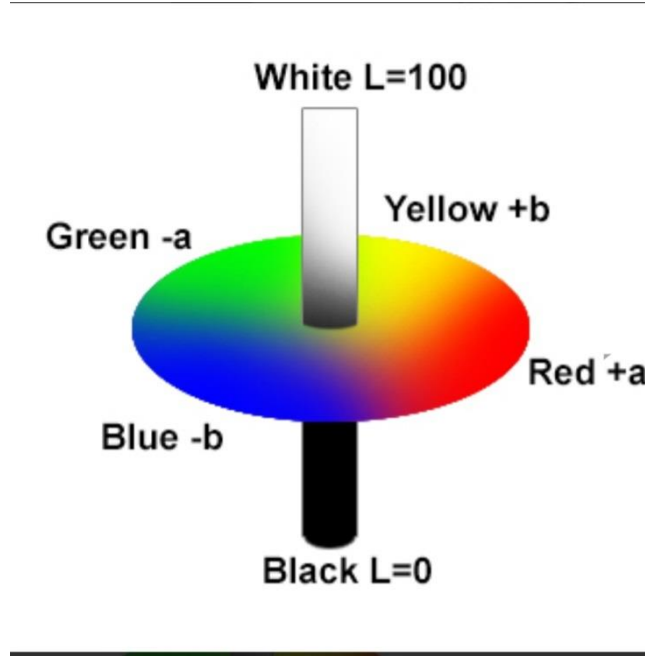
4.3.4 Renk Ölçümü

Renk ölçümü, göz ile algıladığımız işlemlerin matematiğe dökülmüş halidir. Ölçümü yapılan numunenin rengini, referans renk ile karşılaştırarak iki renk arasındaki farkın sayısal olarak görülmesini sağlamaktadır. Richard Hunter renk farklılıklarını tanımlamak, renk koordinatlarını belirlemek amacı ile L^*a^*b değerlerini geliştirdi. Şekil 4.8'de L^*a^*b koordinatları gösterildi. L^*a^*b açılımı:

L: Açıklık koordinatları (L=0 ise siyah L=100 ise beyaz)

a*: Kırmızı/yeşil koordinatı +a= kırmızı -a=yeşildir

b*: Sarı/mavi koordinatları +b=sarı -b=mavidir.



Şekil 4.8: L^*a^*b koordinatları

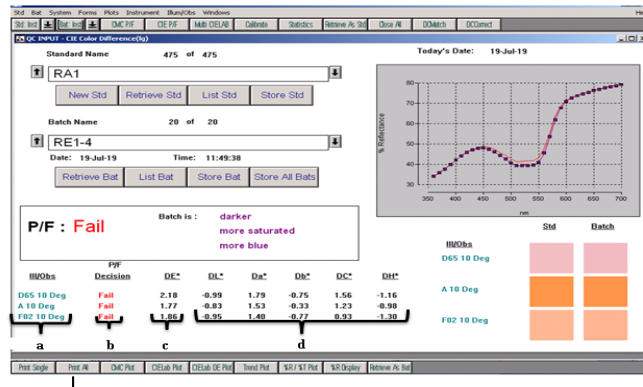
Renk ölçümü için kullanılan cihaz Datacolor Tools 600, Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Datacolor Tools 600 cihazı

Spektrofotometre cihazının kullanımı şu şekildedir: Renk ölçümüne başlamadan önce cihaz kalibresi sırasıyla yeşil ve beyaz iki aparat ile yapılır. Daha sonra ölçüm için uygun olan ölçüm gözü seçimi yapılır, bu çalışmada D65 gün ışığı kaynağı ve 10° açılı ölçüm başlığı kullanıldı. Cihaza uygun göz aparatı yerleştirildikten sonra ölçümün yapılacağı kısma numune, manuel olarak sabitlenir. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra sayısal ve görsel veriler ekranda görüntülenir ve kaydedilir (Şekil 4.10).

Spektrofotometre ölçümlerinde her dalga boyundaki ışığın numune tarafından % ne kadarının etrafa yansıtıldığı % reflektans-dalga boyu grafiği ile verilir. Spektrofotometreden elde edilen % reflektans-dalga boyu grafiğinde reflektansın artması o numunenin ilgili dalga boyundaki ışığı soğurmak yerine yansıttığını ifade eder. Reflektans yüzdesinin artması, numune renk derinliğinin azalması anlamına gelir.

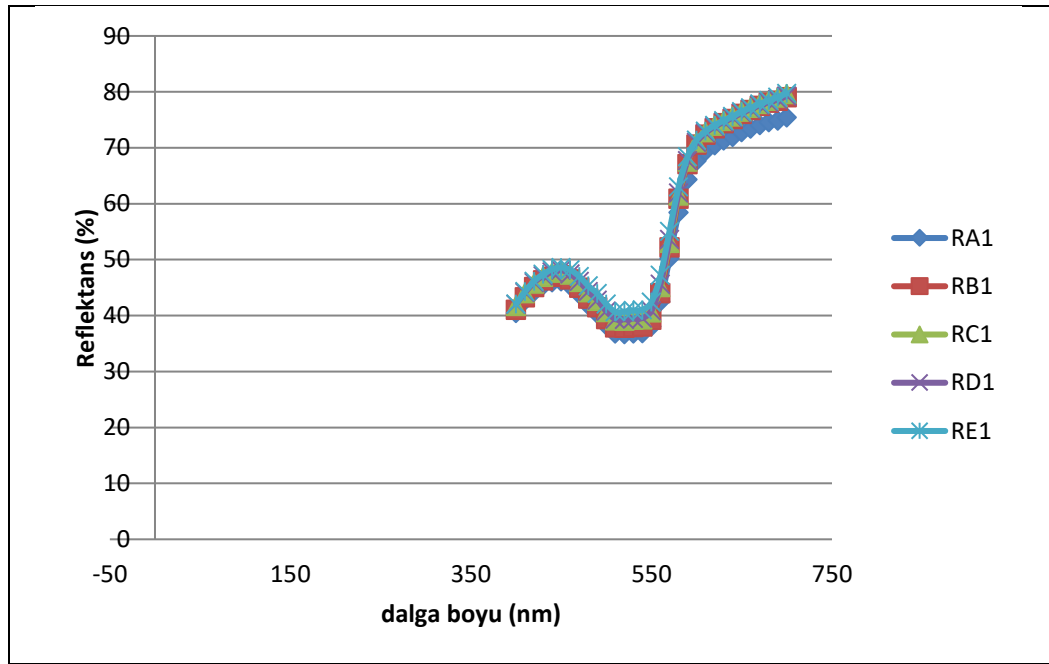


Şekil 4.10: Datacolor ekran görüntüsü

5. BULGULAR

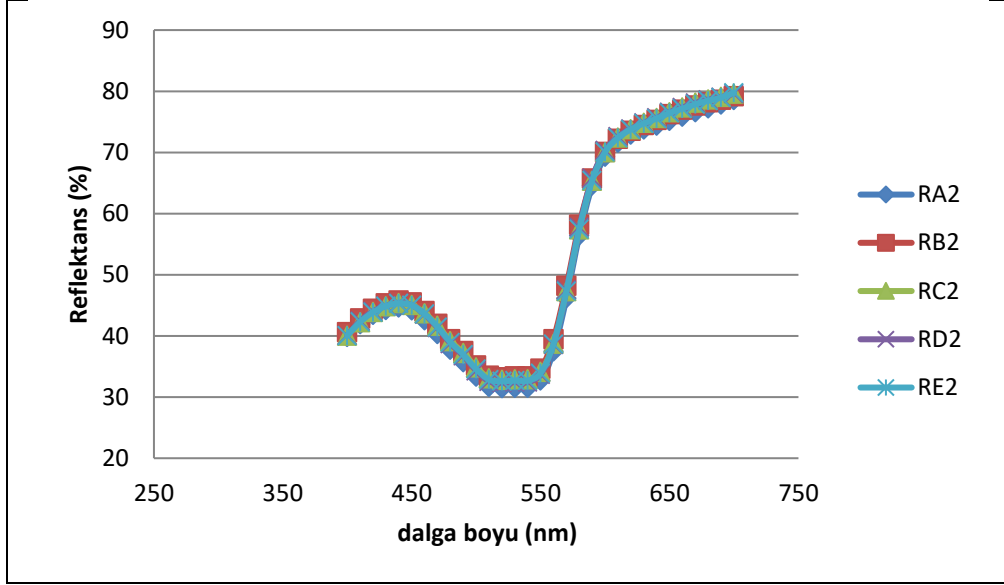
5.1 Renk Ölçümü Sonuçlarının Değerlendirmesi

“Ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri, Şekil 5.1’den Şekil 5.8’e kadar verildi.



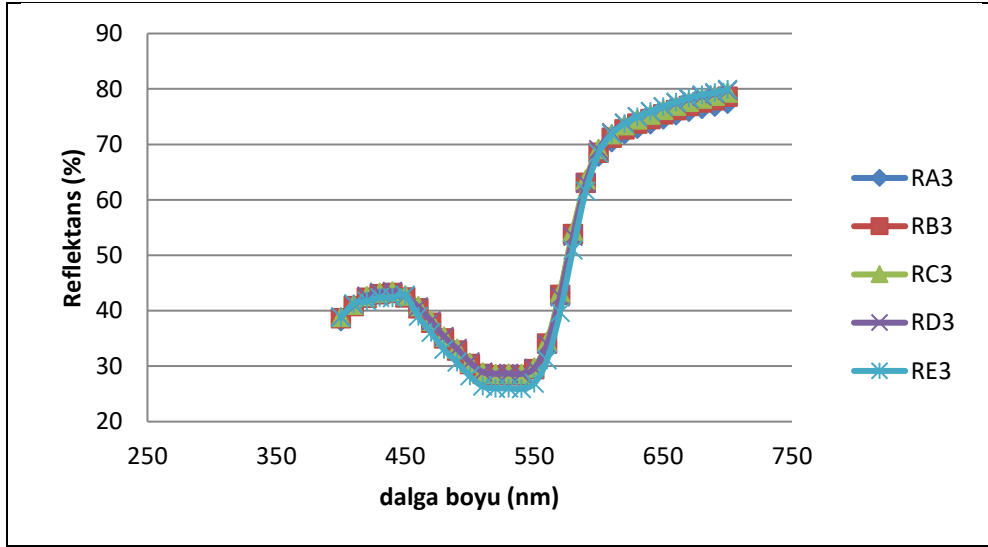
Şekil 5.1: 0,003 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E’den A’ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)

Şekil 5.1’de “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde sonikasyon süresi arttıkça % reflektans değerinin düştüğü görülmektedir. Şekil 5.1’de sonikasyon süresi arttıkça renk derinliği artmıştır. Hassan ve Bhagvandas (2017), yün boyamada ultrasonikasyon kullanılarak yapılan boyamada topaklaşma oluşmadığını, renk derinliğinin arttığını gözlemlediler.



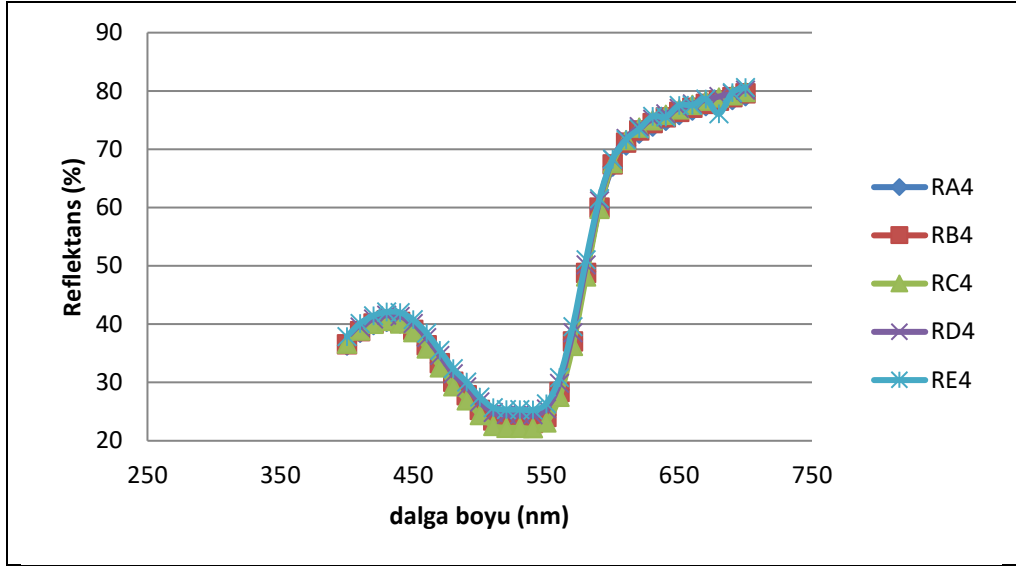
Şekil 5.2: 0,006 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerinin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)

Şekil 5.2'de “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle 0,006 g Red DE2GF ile boyanan numunelerde sonikasyon süresi arttıkça % reflektans değerinin düştüğü görülmektedir. Şekil 5.1’de sonikasyon süresi arttıkça renk derinliği artmıştır.

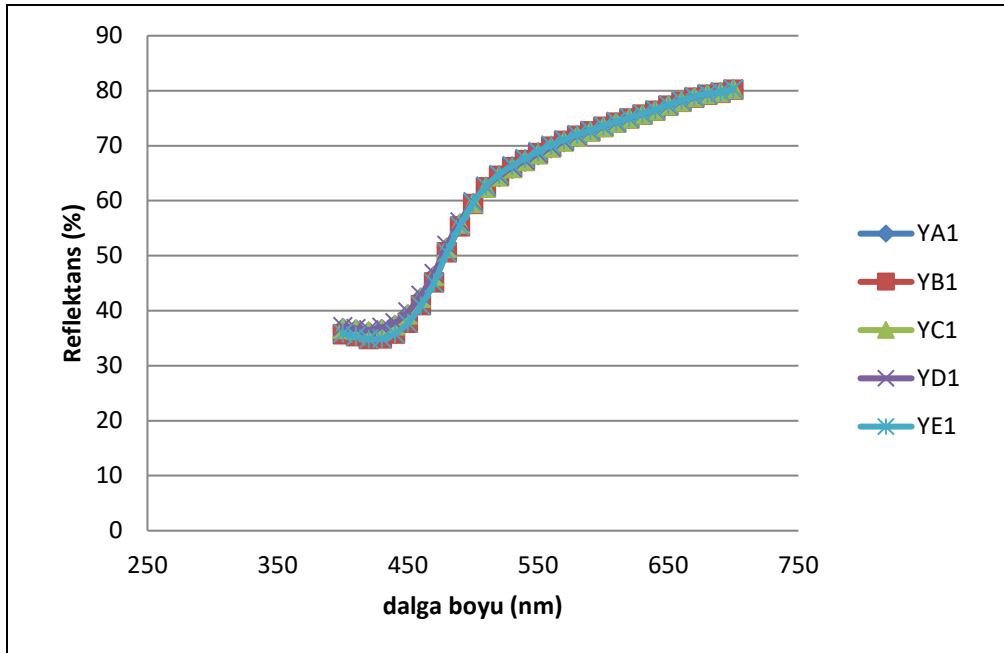


Şekil 5.3: 0,009 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerinin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)

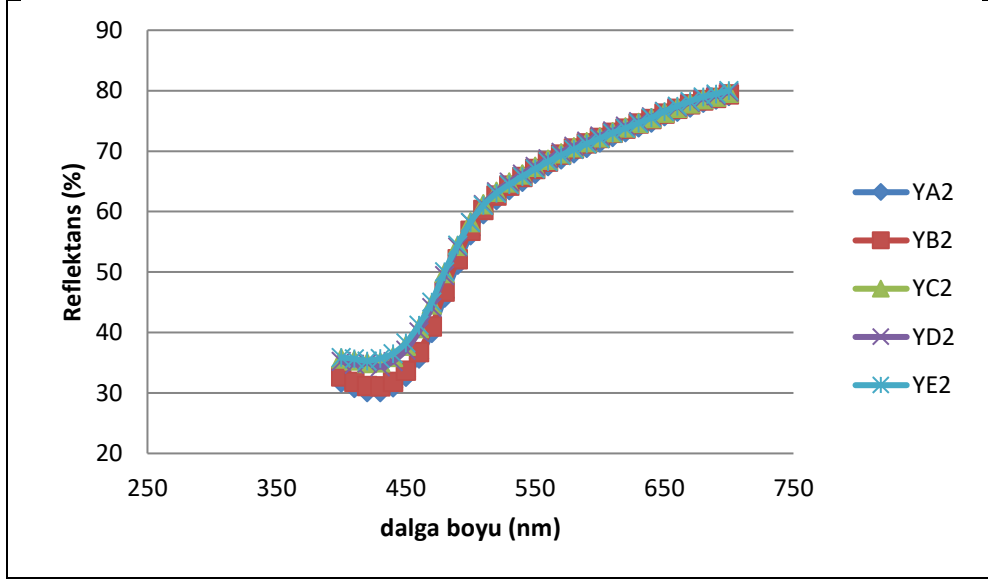
Şekil 5.3'ten Şekil 5.8'e kadar olan “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde de sonikasyon süresi arttıkça % reflektans değerinin düştüğü; sonikasyon süresi arttıkça renk derinliğinin arttığı görülmektedir.



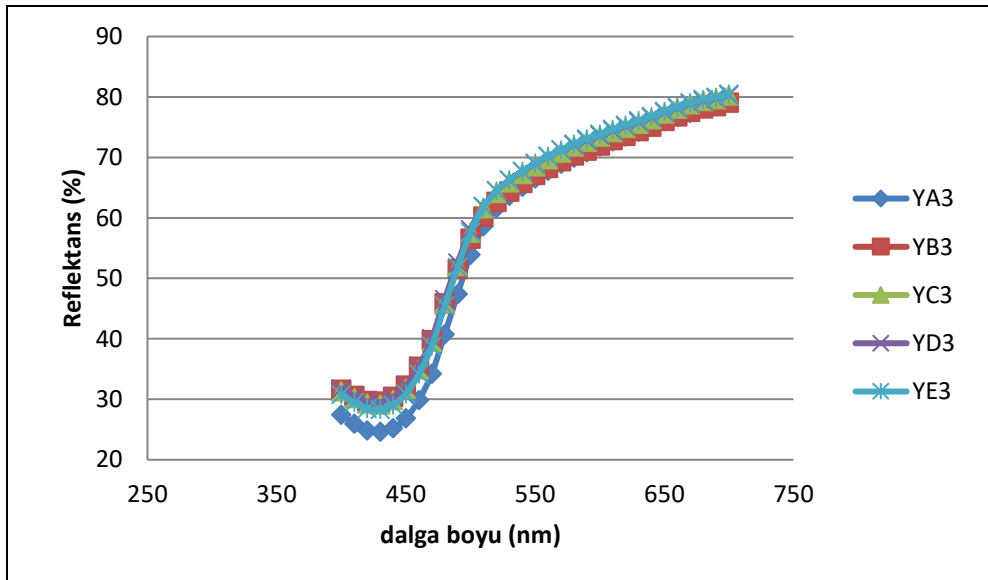
Şekil 5.4: 0,012 g Red DE2GF ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)



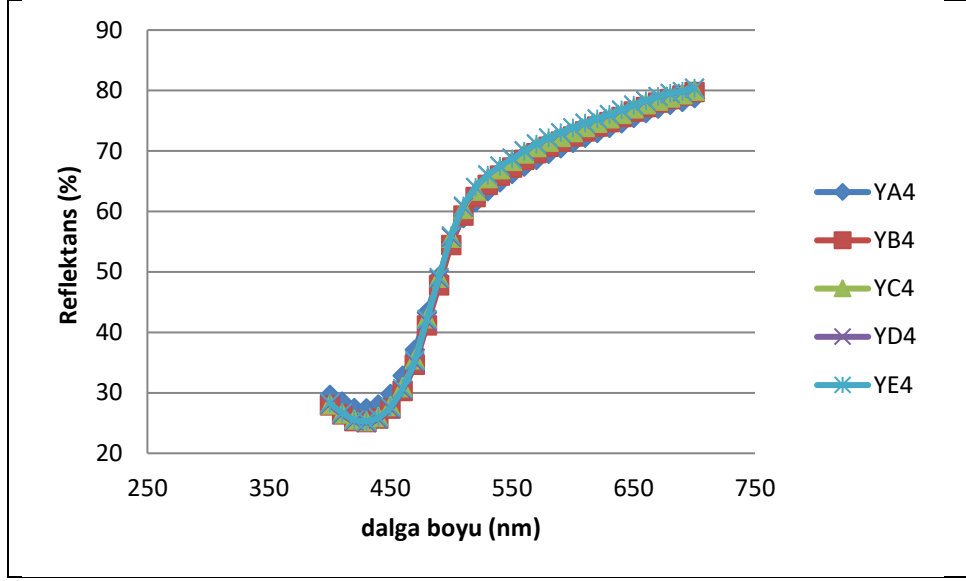
Şekil 5.5: 0,003 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)



Şekil 5.6: 0,006 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)



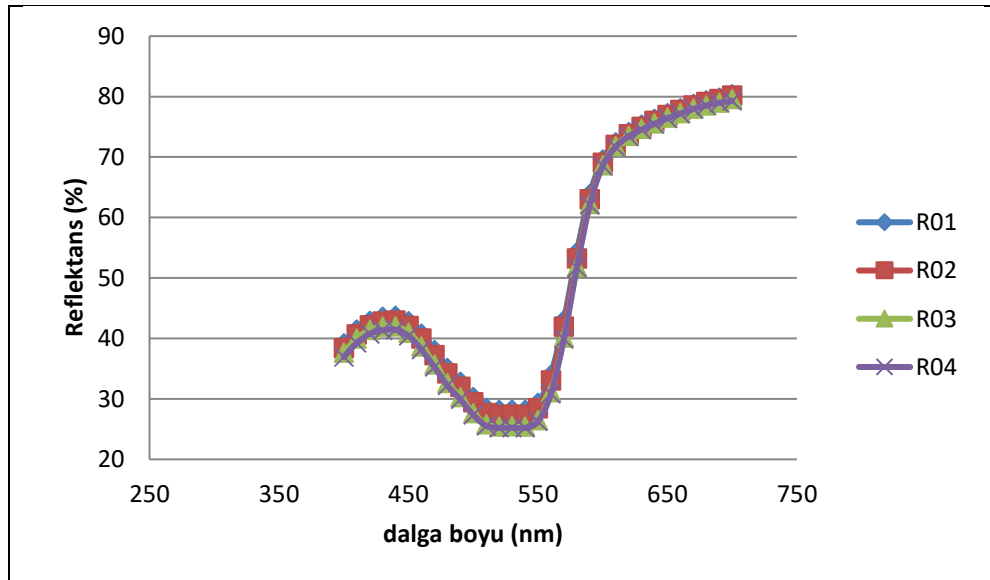
Şekil 5.7: 0,009 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)



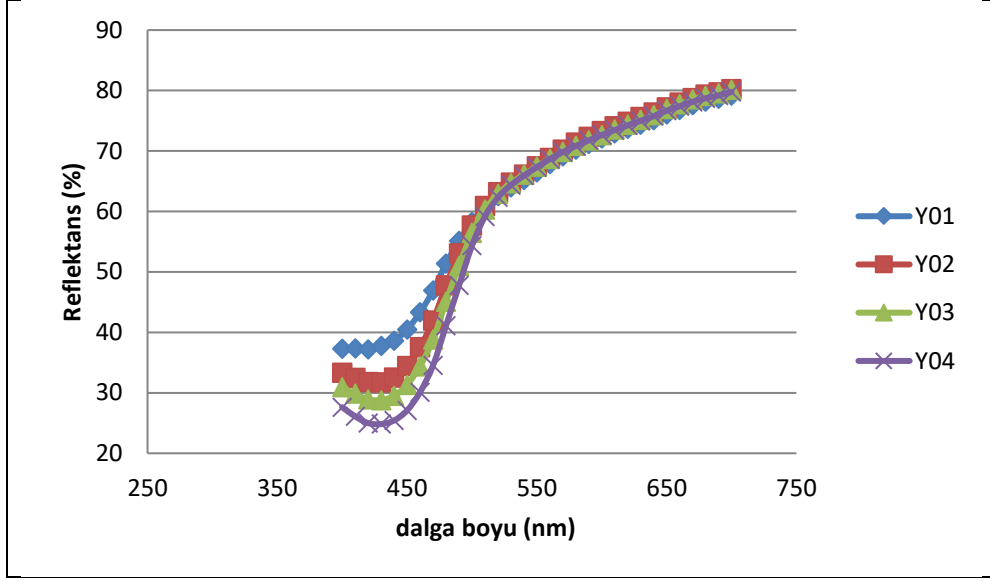
Şekil 5.8: 0,012 g Yellow 3GL ile boyanan renk ölçüm grafikleri numunelerin (sonikasyon süreleri numune kodlarında ikinci sütunlardaki E'den A'ya doğru 1-3-5-10 ve 15 dk içindir)

“Geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri ise, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmiştir.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde boyarmadde miktarı arttıkça % reflektans değerinin düştüğü görülmektedir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da boyarmadde miktarı arttıkça renk derinliği artmıştır.



Şekil 5.9: Red DE2GF ile “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri (Numune kodlarında üçüncü sütunlardaki 1’den 4’e doğru rakamlar boyarmadde miktarında sırasıyla 0,003 - 0,006 - 0,009 ve 0,012 g içindir)



Şekil 5.10: Yellow 3GL ile “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin renk ölçüm grafikleri (Numune kodlarında üçüncü sütunlardaki 1’den 4’e doğru rakamlar boyarmadde miktarında sırasıyla 0,003 - 0,006 - 0,009 ve 0,012 g içindir)

L (dalga boyu) rengin doygunluğunun (siyahlık-beyazlık) değeridir ve 0 ile 100 arasında bir değerdir. L 0’a yaklaştıkça mamulün rengi açılmakta olup beyaz rengi ifade eder, 100’e yaklaştığında ise koyulaşmaktadır ve 100 değeri siyah rengi ifade eder. Kısaca L açıklık/koyuluk ölçüsünü ifade etmektedir.

Aynı rengin farklı tonları, a* ve b* eksenlerinde gösterilir. Bu eksenlerin en yüksek değeri +80 ve -80 arasındadır. +a* kırmızı, -a* yeşil tonlarının değeri için +b* sarı, -b* ise mavi tonlarının değeri için kullanılır. ΔE değeri herhangi iki renk arasında ki renk farkıdır.

Bu bilgiler doğrultusunda Tablo 5.1 incelendiğinde boyarmadde miktarı ve süre arttırıldığında L değerinin azaldığı, renk doygunluğunun arttığı, renklerin koyulaştığı gözlemlenmiştir. Tablo 5.1’de ΔE hesaplamaları için: Kırmızı ile boyanan numunelerin renk ölçümü için RE1 numunesi referans kabul edilmiştir. Sarı ile boyanan numunelerin renk ölçümü için YE1 numunesi referans kabul edilmiştir.

Tablo5.1: Renk ölçüm değerlendirilmesi

Numune kodu	L	a*	b*	ΔE
RA1	76	22	4,2	5,2
RB1	76,4	22	4,3	4,6
RC1	76,9	21,8	4,5	4,5
RD1	77	21,5	4,6	4,3
RE1	77,3	20	5,2	–
RA2	73,1	28,1	3	2,2
RB2	73,3	28	3,1	1,3
RC2	73,4	27,5	3,2	1,1
RD2	73,5	27,3	3,3	0,6
RE2	74	26	3,4	0,5
RA3	70,1	33,5	1,9	15,5
RB3	71	31,3	2,3	13
RC3	71,3	31	2,4	12,7
RD3	71,5	30,7	2,5	12,6
RE3	71,7	30,5	2,6	12,2
RA4	67,7	37,7	1,5	20
RB4	67,9	36,5	1,6	18
RC4	68,7	35,7	1,8	18
RD4	69,3	35,6	1,9	19
RE4	69	34,7	1,9	17
R01	76,8	23	4,9	0,3
R02	73,2	28	3,02	8
R03	70,8	33,6	2,2	13,2
R04	69,5	34,6	2,1	15,6
YA1	84,4	-0,9	26,6	2,4
YB1	85,2	-1	26,3	2,3
YC1	85,4	-1,15	25	1,7
YD1	85,7	-1,2	24,1	1,1
YE1	86	-1,7	24	–
YA2	84,1	-1,8	30,3	2,3
YB2	84,4	-1,7	29,6	2,1
YC2	84,5	-1,5	27	2,1
YD2	84,7	-1,4	27	1,4
YE2	84,8	-1,4	26,4	0,3
YA3	83,8	-2,8	37,4	11,1
YB3	84,3	-2,7	34,4	8,1
YC3	85	-2,6	32,7	6,8

Tablo 5.1 devamı

YD3	85	-2,5	33,1	6,5
YE3	85,2	-1,9	29,8	3,7
YA4	83,9	-3,1	38,7	12,5
YB4	84,1	-3,1	38,2	12
YC4	84,7	-3,07	37,6	11,3
YD4	84,8	-2,6	37,2	11
YE4	84,9	-2,1	33,4	7,1
Y01	85	-0,3	22,3	0,6
Y02	84,6	-1,5	29,5	6,8
Y03	84,3	-2,1	32,8	10,3
Y04	84,2	-2,5	37,6	15

5.2 Ultrason İşleminde Enerji Maliyeti

Materyal ve Yöntem bölümünde Tablo 4.1’de sonikasyon sürelerine bağlı olarak ortaya çıkan enerji joule değerleri 10 g kumaş ve 250 ml çözelti için verilmişti. Joule değerleri formül 5.1 yardımıyla kcal değerlerine ve watt = joule / saniye yardımıyla kW/h değerlerine dönüştürülerek Tablo 5.1’de belirtilmiştir. Reaktif boyama prosesinde, 1000 litre su, 60 C° sıcaklık, 150 dk süre ve 150 kg kumaş için toplam enerji harcaması 30 000 kcal’dir (Gülümser 2016).

$$kcalori = joule \times 4.184 \quad (5.1)$$

Tablo5.2: Uygulanan sonikasyon ile çözültide ortaya çıkan kcal birimiyle enerji miktarı

Sonikasyon süresi (dk)	Çıkan enerji (joule)	Enerji (kWh)	Enerji (kcal)
1	119	0,000033	0,50
3	359	0,000099	1,50
5	867	0,000240	3,63
10	1120	0,000311	4,69
15	1801	0,000500	7,54

Uygulanan sonikasyon ile renk derinliği artmıştır ancak sonikasyon süresinin artışının renk derinliğini çok fazla değiştirmemesi sebebiyle enerji hesaplamalarında optimum sonikasyon süresi 1 dk alınarak hesaplama yapıldı. Tablo 5.2’de geleneksel

boyama ile sonikasyon ön işlemine ait proses tüketim değerleri ve işlem parametreleri verildi.

Tablo5.3: Geleneksel boyama ile sonikasyon ön işlemine ait proses tüketim değerleri ve işlem parametreleri

Proses	Su (litre)	Sıcaklık (C°)	Kumaş (kg)	Süre (dk)	Enerji (kcal)	Enerji/kg (kcal/ kg)
Geleneksel boyama	1000	60	150	150	30 000	200
Sonikasyon ön işlemi	0,25	29 (max)	0,01	1	0,50	50

Tekstil sektörü dünya ve ülkemizde büyük öneme sahip olmakla birlikte enerji kullanımı oldukça yüksek bir sektördür. Kullanılan bu yüksek enerjiden dolayı enerji verimliliği çalışmaları ülke ekonomisi açısından önemli bir konuma gelmektedir. İşletmelerimizde yapılacak olan en küçük tasarruflar bile birim maliyetimizi düşürecek ve bu rekabet ortamında avantaj sağlayacaktır. Ancak, yatırım aşamasında amortisman hesaplarının ve fizibilite etüdünün de yapılması önerilmektedir. Hassan ve Bhagvandas (2017), yün boyamada ultrasonikasyon kullanılarak yapılan boyamada daha az su, daha az enerji ve daha az kimyasal kullanılarak geleneksel boyamaya göre daha sürdürülebilir boyama yapıldığını gözlemlediler.

Yenilenebilir kaynaklarımız olan güneş ve rüzgâr enerjisi üzerine yapılan çalışmalar bu kadar hızlı gelişen sanayileşmeye yaygın biçimde uygulanamadığından yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı tek başına kıt enerji kaynakları sorununun çözümünü sağlayamamaktadır. Bunun yanında, üretilen enerjinin verimli ve tasarruflu bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Kabakçı, 2011).

Tablo 5.2'deki bulgular kıyaslandığında boyalı kumaş elde etmek için ultrasonik ön işlemi ile renk derinliği artırılırken ultrasonik ön işlem maliyetinin geleneksel boyama maliyetine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Kısa süreli ultrasonik ön işleme renk derinliğinin artırılması geleneksel boyamada müşterinin istediği renk derinliğinin daha az boyarmadde tüketimi ile elde edilebileceğini dolayısıyla daha çevre dostu bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Emicilik testi sonuçları

Tablo 4.4’ te “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin su itici özellikte; “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerin ise su emici özellikte oldukları görülmektedir. Bu durumun sebebi pamuk yapısında bulunan hidrofob bir bileşenin ultrasonikasyon ile kumaş yüzeyini kaplayarak numunenin su itici özellik göstermesi olabilir.

6.2 Yıkama haslığı testi sonuçları

Tablo 4.5’te görüldüğü gibi kırmızı boyarmadde ile renk boyamalarında en fazla boyarmadde (0.012 g Red DE2GF) kullanılan boyamalar dışında yıkama renk haslığı en iyi dereceyi gösterirken 0.012 g Red DE2GF boyarmadde kullanılan en koyu tonlu boyamalarda multifibre pamuk kısmını hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin hepsi (RA4-RE4 ve R04) az miktarda akma yapmışlardır. Kırmızı boyarmadde ile yapılan boyamalarda boyarmadde miktarı artınca hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin haslık değerleri azalma gösterdi. Bu sonuçlar, ultrasonikasyonun yıkama haslığı test sonuçlarına etkisi olmadığını göstermektedir. Tablo 4.5’te sarı boyarmadde ile hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de “geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin haslıklarının en yüksek değerleri gösterdiği görülmektedir. Yıkama haslığı testlerinde sadece kırmızı rengin koyu boyamalarında akma görüldü.

6.3 Kuru sürtme haslığı test sonuçları

Tablo 4.7’de tüm numunelerin kuru sürtme haslıklarının refakat bezine hiçbir lekeleme yapmadığı görülmektedir. Hem “ultrasonikasyon-geleneksel” hem de

“geleneksel” yöntemleriyle boyanan numunelerin hiçbirinin kuru sürtme haslığında bir sorun gözlenmedi.

6.4 Renk ölçüm sonuçları

Şekil 5.1’den Şekil 5.8’e kadar olan “ultrasonikasyon-geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde sonikasyon süresi arttıkça % reflektans değerinin düştüğü ve sonikasyon süresi arttıkça renk derinliğinin arttığı görülmektedir. Bu çalışmada uygulanan sonikasyon süresi en fazla 15 dakika olup sonikasyon süresince sıcaklık en fazla 29 C° olarak programlandığı için sonikasyon işleminin boyarmadde yapısına zarar ihtimali ortadan kaldırılmıştır. Belirlenen sonikasyon süresi parametre aralığında her iki boyarmadde için de her iki boyama yöntemi (“ultrasonikasyon-geleneksel” ve “geleneksel”) için de renk derinliğinin arttığı görülmektedir.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da “geleneksel” yöntemle boyanan numunelerde hem kırmızı hem sarı boyarmadde miktarı arttıkça % reflektans değerinin düştüğü görülmektedir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da boyarmadde miktarı arttıkça renk derinliği artmıştır. Hassan ve Bhagvandas (2017), yün boyamada ultrasonikasyon kullanılarak yapılan boyamada topaklaşma oluşmadığını ve renk derinliğinin arttığını tespit ettiler.

6.5 Ultrasonik ön işlem maliyeti

Tablo 5.2’deki bulgular kıyaslandığında boyalı kumaş elde etmek için ultrasonik ön işlemi ile renk derinliği arttırılırken ultrasonik ön işlem maliyetinin geleneksel boyama maliyetine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Kısa süreli ultrasonik ön işleme renk derinliğinin arttırılması geleneksel boyamada müşterinin istediği renk derinliğinin daha az boyarmadde tüketimi ile elde edilebileceğini dolayısıyla daha çevre dostu bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir. Geleneksel yöntemle göre ultrasonik dalgalarla daha kısa sürede ön işlem yapılarak, daha az enerji ile, daha az kimyasal ve daha az boyarmadde kullanarak boyama yapılabilir. Bunun sonucu olarak da daha sürdürülebilir ve daha çevreye duyarlı bir yaklaşımla daha az enerji harcanacak ve arıtma maliyetleri de azalacaktır. Ancak, yatırım

aşamasında amortisman hesaplarının ve fizibilite etüdünün de yapılması önerilmektedir. Hassan ve Bhagvandas (2017), yün boyamada ultrasonikasyon kullanılarak yapılan boyamada daha az su, daha az enerji ve daha az kimyasal kullanılarak geleneksel boyamaya göre daha sürdürülebilir boyama yapıldığını tespit ettiler.

7. KAYNAKLAR

Akalin, M., Merdan, N., Kocak, D., ve Usta, İ., ‘ Effects of ultrasonic energy on the wash fastness of reactive dyes’, *Ultrasonics*, 42, 161-164, (2004).

Altay, P., Özcan, G., Teçkin, M., Şahin, G., ve Çelik, S., ‘Comparison of conventional and ultrasonic method for dyeing of spunbond polyester nonwoven fabric’, *Ultrasonics- Sonochemistry*, 42, 768-775, (2018).

Attia, F.N., Eid, A.M., Soliman, M.A. and Nagy, M., “Exfoliation and Decoration of Graphene Sheets with Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Properties”, *Ultrasonics*, 26, 1072–1073, (2018).

Bano, S., Zulfiqar, U., Zaheer, U., Awais, M., Ahmad, I. and Subhani, T., “Durable and Recyclable Superhydrophobic Fabric and Mesh for Oil–Water Separation”, *Advanced science*, 16, 1700460 , (2018).

Basto, C., Tzanov, T. and Cavaco-Paulo, A., ‘Combined ultrasound-laccase assisted bleaching of cotton’, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 350-354, (2007).

Bharadiya, P., Mahajan, C., Sharma A. K. and Mishra, S., “Enriched mechanical, UV shielding and flame retarding properties of cotton fabric coated with graphite nano platelets filled polyaniline–gum arabic nanocomposites”, 26, 8135–8136, (2019).

Bolat, N., ‘%100 Yün Sirospun ve Konvansiyonel İpliklerden Üretilmiş Kumaşların Özellikleri ve Bu Kumaşların Ultrasonik Enerji Yöntemi ile Boyanması’, Yüksek lisans tezi, *Sütcü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2009)

Bozbey, S.Y., Turunç, U. ve Büte, G., ‘Büyük Şiddetli Ultrases Dalgalarının Teknolojideki Uygulamaları’, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 155-158 İzmir, (1996).

Chambre, D., Dochia, M. and Gavrilaş, S., ‘TG/DTG Analysis of an ecofriendly scoured fabric’, *Ultrasonics*, 64(5), 453-454, (2019).

Choi, J., Kim, T., Kim, H. and Kim, W., ‘Ultrasonic washing of textiles’, *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 563-567, (2016).

Coman, D., Oancea, S., Vrinceanu, N. and Stoia, M., ‘Sonication and conventional dyeing procedures of flax fibres with allium cepa anthocyanin extract’, *Cellulose Chemistry and Technology*, 48(1-2), 145-157,(2013).

Değirmenci, S.D., ‘Sentetik liflerin ve karışımlarının ultrasonik enerji yardımıyla boyanması’, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,(2005).

Du, D., Tang, Z. and Ouyang, J., ‘Highly washable e-textile prepared by ultrasonicsoldering of carbon nanotubes onto polymer Fibers’, 6, 883, (2018).

Dumitrescu, I., Vankar, P.S., Srivastava, J., Mocioiu, M., and Iordache, O.G., “Dyeing of cotton, silk and wool with Bixa orellana in the presence of enzymes”, 63(6), 327-328, (2012).

Duran, K., Bahtiyari ve M., Ekmekçi A., “Ultrason Teknolojisi”, *Tekstil ve konfeksiyon* 3, 162-166, (2006).

Duran, K., Bahtiyari M., Perincek, S. ve Ekmekçi, A. “Ultrason Teknolojisinin Tekstilde Kullanım Olanakları” , *Tekstil ve konfeksiyon* 3, 178-184, (2007).

El-Asasery, M.A., Abdelghaffar, R.A., Kamel, M.M., Kamel, M.M., Youssef B.M., and Haggag K.M, ‘Microwave, ultrasound assisted dyeing part I: dyeing characteristics of C.I. disperse red 60 on polyester fabric’, *Egypt J. Chem*, 8, 143-151, (2017).

Erişmiş, B. ve Eren, H.A., “ Tekstil Terbiye İşlemlerinde Ultrason Kullanımı”, *Electronic journal of textile Technologies*, 4/(3), 30-38, 2010

(web_2_3),(<http://www.differencebtw.com/difference-between-longitudinal-and-transverse-wave>),(13.08.2018), (2007).

(Web_1) Eljaaidi, A.A., 2D&3D ultrasound systems in development of medicalimagingtechnology,(08.11.2019),(<https://www.semanticscholar.org/paper/2D-%26-3D-ultrasound-systems-in-development-of-Eljaaidi/c10da950f283c0b78c9e6fad455557c3220db368>) (2016).

Guin ,T., Krecker, M., Milhorn, A., and Grunlan J.C., “Maintaining hand and improving fire resistance of cotton fabric through ultrasonication rinsing of multilayer nanocoating”, *Ultrasonics*, 21, 3023–3024, (2014).

Gülümser, T., ‘Doğal renkli pamuklu ve beyaz pamuklu kumaşın boyahanedeki prosesler açısından karşılaştırılması’, *Tekstil ve konfeksiyon*, (26)3, 291-292, (2016).

Gotoh, K., and Harayama, K., ‘Application of ultrasound to textiles washing in aqueous solutions’, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 747-753, (2013).

- Hao, L., Wang L., Fang, K., and Liu, J., 'Ultrasonic effect on the desizing efficiency of α -amylase on starch-sized cotton fabrics', *Carbohydrate Polymers*, 96, 474-480, (2013).
- Hassan, M.M., and Bhagvandas, M., 'Sustainable ultrasound-assisted ultralow liquor ratio dyeing of wool textiles with an acid dye', *ACS Sustainable chemistry and engineering*, 5, 1, 973-981, (2016).
- Hebeish, A.A, Allam, E.E., Abd El-Thalouth, I., Ragheb, A.A., Shahin, A.A. and Shaban, H.A., 'Multifunctional Smart Nanocolorants for Simultaneous Printing and Antibacterial Finishing of Cotton Fabrics', *Egyptian journal of Chemistry*, 62, 621-637, (2019).
- Islam, G.M., Ke, G., Md, A.N., Haque, A., and Islam, A., 'Effect of ultrasound on dyeing of wool fabric with acid dye', *Int. J Ind Chem.*,8, 425-431, (2017).
- Jatoi, A.W., Ahmed, F., Khatri, M., Tanwari, A., Khatri, Z., Lee, H., and Kim, I.S., 'Ultrasonic-assisted dyeing of Nylon-6 nanofibers', *Ultrasonics Sonochemistry*, 39, 34-38, (2017).
- Kabakçı, O.K. "Tekstil Sanayi Sektöründe Minimum Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans tezi, *Enerji Enstitüsü*, İstanbul Üniversitesi, (2011).
- Kaboorani, A., Riedl, B. and Blanchet, P., "Ultrasonication Technique: A Method for Dispersing Nanoclay in Wood Adhesives", *Journal of Nanomaterials*, (2013).
- Kamel, M.M., El Zawahry, M.M., Ahmed, N.S., Abdelghaffar, F., 'Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with naturel dye. Part 1 : cationization of cotton using solfix e.' *Ultrasonics Sonochemistry*, 16, 243-249, (2009).
- Khatri, A., Peerzada, M.H., Mohsin, M., and White, M., 'A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution', *Jornal of Cleaner Production*, 87, 50-57, (2015).
- Khatri, M., Ahmed, F., Jatoi, A.W., Mahar, R.B., Khatri, Z., and Kim I.S., 'Ultrasonic dyeing of cellulose nanofibers', *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 350-354, (2016).
- Koçak, D., ve Merdan, N, "Sonokimya ve Ultrasonik Enerjinin Tekstil Sektöründe Kullanımı", *Kimya Teknolojileri*, 17, (2002).

(Web_4) Lühken, A., and Joachim, H., 'Bader energy input from microwaves and ultrasound-examples of new approaches to green chemistry', (13.07.2018), (scheikundeinbedrijf.nl/contact/modules/modulenaam/files/microwaves/.pdf), (2005).

McFarland, E.G., Carr, W.W., and Michielsen, S., 'Determining diffusion and convective mass transfer coefficients in dyeing a thin flat film', *Article Information*, 72, 9, 756-763, (2002).

Merdan, N., ve İnancı, Y., 'Mikroelyafın boyanmasında ultrasonik enerjinin etkisi', *İstanbul ticaret üniversitesi fen bilimleri dergisi*, 18, 31-32, (2010).

Megep., Tekstil Teknolojisi Renk Haslığı Testleri (Kimyasal Maddelerle)1, (17.10.2019), ([http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Renk%20Hasl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Testleri%20\(Kimyasal%20Maddelerle\)%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Renk%20Hasl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Testleri%20(Kimyasal%20Maddelerle)%201.pdf)), (2013).

Mistik, S.İ., ve Yükseloğlu, S.M., 'Hydrogen peroxide bleaching of cotton in ultrasonic energy', *Ultrasonics*, 43, 811-814, (2005).

Hebeish, A., Allam, E., Raghed, A., Shahin, A. and Shaban H., 'Multifunctional Smart Nanocolorants for Simultaneous Printing and Antibacterial Finishing of Cotton Fabrics', *Egyptian journal of chemistry*, 62, 4. pp. 621- 622, (2019).

Moholkar, V.S., Nierstrasz, V.A., and Warmoeskersem, M.M.C.G., 'Intensification of mass transfer in wet textile process by power ultrasound', *Faculty of Science and Technology*, 10, 3, 129-138, (2003)

Mossatov, A., Granger, C., and Dubus, B., 'Ultrasonic cavitation in thin liquid layers', *Ultrasonics Sonochemistry*, 12, 6, 415-422, (2005).

Öztaş, M., Yıldız, A., ve Atav, R., " Ultrason teknolojisinden faydalanılarak yün lifinin boyanabilirliği üzerine yapılan çalışmalar", *Tekstil ve konfeksiyon*, 6, 1 , 40-41, (2012).

Rehman, F., Adeel, S., Saif, M.J., Khosa, M.K., Anjum, M.N., Kamran, M., Zuber M., and Asif M., 'Ultrasonic assisted improvement in dyeing behavior of polyester fabric using disperse red 343', *Pol. J. Environ stud.*, 29(1), 261-265, (2020).

Ronald, A., Sabins, DDS, MSJames, D., Johnson, DDS, MSJohn, W., HellsteinDDS, and MS, 'A Comparison of the Cleaning Efficacy of Short-

Term Sonic and Ultrasonic Passive Irrigation after Hand Instrumentation in Molar Root Canals', *Journal of Endodontics*, 29 (10), 674-678, (2003).

Sabetzadeh, N., Najar, S.S., and Bahrami, S.H., "Electrical Conductivity of Vapor-Grown Carbon Nanofiber/Polyester Textile-Based Composites", 10.1002/, 3009, (2013).

Sanoop, P. K., Mahesh, K. V., Nampoothiri, K. M., Mangalaraja, R. V., and Ananthakumar, S., "Multifunctional ZnO-Biopolymer Nanocomposite Coatings for Health-Care Polymer Foams and Fabrics", *Wiley Online Library*, (2012).

Sarvazyan, A.P., Urban, M.W., and Greenleaf, J.F., 'Acoustic waves in medical imaging and diagnostics', *Ultrasound in Med. & Biol*, 39(7), 1133-1146, (2013).

Shaheen, Th. I., and Emam, H.E., 'Sono-chemical synthesis of cellulose nanocrystals from woodsawdust using Acid hydrolysis', *International Journal of Biological Macromolecules*, 130-135, (2017).

Thakore, K.A., 'Application of ultrasonics in dyeing of cotton fabrics with direct dyes: Part I – kinetics of dyeing', *Indian Journal of Textile Research*, 13, 133-139, (1988b).

Thakore, K.A., 'Application of ultrasonics in dyeing of cotton fabrics with direct dyes: Part II –Diffusion kinetics', *Indian Journal of Textile Research*, 13, 208-212, (1988a).

Wang, M., Peng, M., Weng, Y., Li Y., and Zeng, J., "Toward durable and robust superhydrophobic cotton fabric through hydrothermal growth of ZnO for oil/water separation", *Journal Cellulose*, 26, 8121–8122, (2019).

Yavas, A., Avinç O.O., ve Gedik G., 'Ultrasound and microwave aided natural dyeing of nettle biofibre (*Urtica dioica* L.) with madder (*Rubia tinctorum* L.)', *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 25(4), 111-120, (2017).

Yachmenev, V.G., Blanchard, E.J. and Lamberth, A.H., "Use of Ultrasonic Energy for Intensification of the Bio-Preparation of Greige Cotton' *Ultrasonics*, 42, 87-91, (2004).

Yu, M., Li, P., Feng, Y., Li, Q., Sun, W., Quan, M., Liu, Z., Sun, J., Shi, S. and Gong, Y., "Positive effect of polymeric silane-based water repellent agents on the durability of superhydrophobic fabrics" *Ultrasonics*, 4, (2018).

Yu, M., Chen, S., Zhou, Z. and Zhu, M., “Novel flexible broadband microwave absorptive fabrics coated with graphite nanosheets/polyurethane nanocomposites”, 22(4), 288–289, (2012).

Zhao, Q. and Zhang, S., “Study on the Enzyme Desizing Process for Cotton Fabric Using Ultrasonication”, *Ultrasonics Journal*, 331, 261-262, (2011).

Ziskin, M.C., MD. and MS., ‘Fundamental physics of Ultrasound and its propagation in tissue’, *Radiographics*, 13, 3, 705-709, (1993).

Zou, H., Lin, B., Xu, C., Lin, M. and Zhan, W., “Preparation and characterization of individual chitin nanofibers with high stability from chitin gels by lowintensity ultrasonication for antibacterial finishing”, 25, 999–1000, (2018).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burçin Keskin

Doğum Yeri ve Tarihi : Balıkesir 16/01/1991

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : burcinkeskin91@hotmail.com

İletişim Adresi : Çamlaraltı mahallesi 6083 sokak Karaağaç
apart No:6 Daire:14