

# BİYOPARLATMA VE REAKTİF BOYAMA İŞLEMLERİNİN KOMBİNE UYGULANMASI İLE HIZLI BOYAMA PROSESİ

Dr. Onur BALCI, Ğassan ASKER, Dr. Nurcan KURTOĞLU  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Tekstil Müh. Bölümü, KAHRAMANMARAŞ

**Özet** - Çalışmada, ön terbiye işlemleri sonrası yüzeyde tüylenmeyi engelleyici yaş proses olarak uygulanan biyoparlatma işleminin ve ardına yapılan boyamanın kombinasyonu için uygun şartların belirlenmesi ve bu yeni hızlı boyama prosesinin üretilen materyale etkilerinin tespit edilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla numune kumaşlarda boncuk oluşum eğilimine, aşınma dayanımına, renk değerlerine ve bazı haslık performanslarına bakılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, kombine prosesin, kumaşın kalite özelliklerinden ödün vermeden uygulanabileceği ve bunun üretim maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlayacağı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** - Pamuk, Reaktif boyarmadde, Selülaz enzimi, Biyoparlatma, Haslık, CIELab.

## RAPID DYEING PROCESS BY COMBINED APPLICATION OF THE BIOPOLISHING AND REACTIVE DYEING PROCESSES

**Abstract** - In the study, we tried to investigate suitable working conditions for the combination of the biopolishing treatments applied as wet process preventing of forming pill on the surface and dyeing, and determine the effects of this new rapid dyeing process on the product. For this aim, we searched the tendency of the pill forming, abrasion resistance, color values and some fastness performances of the specimens. According to the results, we found out that the new process could be applied without giving any damage to the quality properties of the fabric and gained disposition from production costs.

**Key Words** - Cotton, Reactive dye, Cellulase enzyme, Biopolishing, Fastness, CIELab.

### 1. GİRİŞ

Tekstil sanayinde, gerek çevresel kayguların önem kazanması, gerekse bazı yasal zorunluluklar sebebiyle tekstil yaş işlemlerinde enzim kullanımı gittikçe önem kazanmaya başlamıştır. Uygulanan bu yaş işlemler sayesinde ekolojik üretim teknikleri yaygınlaşmakta ve doğal özelliklerini koruyan, daha değerli ürünler üretilmektedir.

Enzimler, spesifik kimyasal reaksiyonları katalizleme yeteneğine sahip, doğal yollardan elde edilen, protein yapısında, yüksek moleküllü, kompleks organik polimerlerdir. Endüstriyel olarak mikroorganizmaların fermantasyonu sonucunda elde edilmektedir. Enzimler kimyasal bir reaksiyonu katalizledikten sonra serbest kalarak bir sonraki reaksiyonu da katalizleyebilmektedir. Bu nedenle işlem için çok az miktarı yeterli olabilmektedir. Doğal protein olan enzimler, çok kolay ve hızlı bir şekilde biyolojik olarak

parçalanmaktadırlar. Bu özellikleriyle atık su yükü oluşturmamaktadırlar [1].

Pamuklu ürünlerin terbiyesinde amilazla birlikte en çok kullanılan enzim selülazdır. Enzimatik işlemlerin büyük bir çoğunluğu selülozik liflerdeki ağır kimyasal maddeleri uzaklaştırmak veya yeni bitim efektleri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Pamuk terbiyesinde selülazların temel iki kullanım amacı vardır. Bunlardan biri taş yıkama, diğeri ise biyoparlatma işlemleridir. Selülazla, kumaş yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarını uzaklaştırma işlemine biyoparlatma işlemi denmektedir [2]. Biyoparlatma işlemi ile başlıca şu amaçlar gerçekleştirilmek istenmektedir;

- baskı işlemi öncesi kumaş yüzeyindeki tüylülüğü ortadan kaldırıp daha keskin konturlu bir baskı işlemi elde etmek,
- tekstil mamulü yüzeyindeki tüylenmeyi önleyerek boncuklaşmayı en aza indirmek ve ortadan kaldırmak,

- yine yüzeydeki nope benzeri hataları ortadan kaldırmak,
- mamulde parlaklık, düzgünlük ve yumuşaklık etkileri elde etmek,
- daha iyi bir üst yüzey görünümü sağlamak,
- kullanılmış bir görünüm havası kazandırmaktır [3].

Enzimlerin tekstil endüstrinde kullanımına bakıldığında ön terbiyeden, bitim işlemlerine kadar birçok yaş proseste kullanılabildiği ve bu nedenle literatürde birçok çalışmanın yapıldığı tespit edilmiştir [1 – 9].

Bu makale, selülaaz enzim uygulamaları hakkında deneysel çalışmanın sonuçlarını içermektedir. Bu bağlamda deneysel tasarım; biyoparlatma amaçlı olarak kullanılan selülaaz enzimatik işleminin, kumaşın renklendirilmesi amaçlı uygulanan boyama işlemine kombinasyonu ve bu yeni prosesin boyanmış kumaşın performansı üzerindeki etkilerini, klasik prosesle karşılaştırmalı şekilde ortaya koyacak şekilde oluşturulmuştur. Bu yeni proses hızlı boyama prosesi olarak adlandırılmıştır. Yeni hızlı proses ile hattan bir proses eksiltmek ve böylece ürün kalitesini değiştirmeden, maliyetleri azaltmak hedeflenmiştir. Çalışmada bu amaçla seçilen üç farklı boyarmadde ve bunun üçlü kombinasyonlarıyla oluşturulan trikromik boyama reçeteleri, %100 pamuklu örme kumaş üzerine hem klasik proses, hem de yeni hızlı boyama prosesleri ile yürütülmüş ve elde edilen numunelere boncuklanma, aşınma dayanımı, renk ölçümü ve bazı renk haslığı testleri uygulanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tekstil terbiye endüstrisinde, pamuklu örme kumaşlar için standart proses, yapılan ön terbiye işlemlerinin ardına, antiperoksit ve biyoparlatma işlemlerinin ardına uygulanması ve kumaşın bunu takiben boyanmasıdır. Çalışmada bu konvansiyonel prostesten farklı olarak biyoparlatma işlemi, boyama prosesi ile kombine edilmeye çalışılmıştır. Böylece ayrı bir biyoparlatma işlemi esnasındaki su, enerji ve zaman gibi maliyet unsurları üzerinde etkisi olacak parametrelerden tasarruf yapılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda çalışmanın genelinde uygulama pH'ı, boyarmadde cinsi, boyama şiddeti, enzim derişimi gibi unsurların kalite parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.

Çalışmada %100 pamuklu, 30/1 open-end iplikten, 30 pus yuvarlak örgü makinesinde süprem örgü ile üretilmiş ve ham gramajı 140 g/m<sup>2</sup> olan kumaş kullanılmıştır. Tablo 1'de konvansiyonel olarak uygulanan proses belirlenmiş boyarmaddeler ve bunlardan elde edilen üç adet trikromi reçete ile numune kumaşlar, üç farklı renk şiddetinde (açık-orta-koyu) boyanmıştır. Bu planda toplam 30 boyama gerçekleştirilmiştir (Numune 1 – 30). Her deney noktası aynı şartlarda iki kere tekrar edilip,

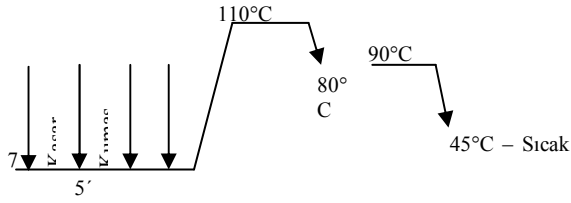
uygulamanın tutarlılığı ve doğruluğu test edilmiştir. Bu deney planında boyama için kullanılan numune kumaşların, ön terbiye – antiperoksit enzim işlemleri işletme şartlarında yapılmış, sonra alınan numunelerin laboratuvar şartlarında biyoparlatma enzim prosesleri tamamlanmıştır. Biyoparlatma işlemleri gerçekleştirilen numuneler, Tablo 1'de gösterilen deney planına bağlı kalınarak laboratuvar şartlarında boyanmıştır. Dolayısıyla ön terbiye, biyoparlatma ve boyama prosesleri ayrı ayrı, her seferinde banyo boşaltılarak uygulanmıştır.

Tablo 1. Konvansiyonel proses için boyama planı

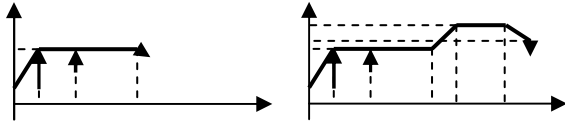
Deney No	Boyarmadde	pH	Renk Şiddeti (%)
1	Reactive Yellow 176	4.5	0.5
2	Reactive Yellow 176	4.5	1
3	Reactive Yellow 176	4.5	3
4	<b>Reactive Yellow 176</b>	<b>6.5</b>	<b>0.5</b>
5	<b>Reactive Yellow 176</b>	<b>6.5</b>	<b>1</b>
6	<b>Reactive Yellow 176</b>	<b>6.5</b>	<b>3</b>
7	Reactive Red 239	4.5	0.5
8	Reactive Red 239	4.5	1
9	Reactive Red 239	4.5	3
10	<b>Reactive Red 239</b>	<b>6.5</b>	<b>0.5</b>
11	<b>Reactive Red 239</b>	<b>6.5</b>	<b>1</b>
12	<b>Reactive Red 239</b>	<b>6.5</b>	<b>3</b>
13	Reactive Blue 221	4.5	0.1
14	Reactive Blue 221	4.5	0.5
15	Reactive Blue 221	4.5	0.9
16	<b>Reactive Blue 221</b>	<b>6.5</b>	<b>0.1</b>
17	<b>Reactive Blue 221</b>	<b>6.5</b>	<b>0.5</b>
18	<b>Reactive Blue 221</b>	<b>6.5</b>	<b>0.9</b>
19	Reactive Black 5	4.5	1
20	Reactive Black 5	4.5	3
21	Reactive Black 5	4.5	5
22	<b>Reactive Black 5</b>	<b>6.5</b>	<b>1</b>
23	<b>Reactive Black 5</b>	<b>6.5</b>	<b>3</b>
24	<b>Reactive Black 5</b>	<b>6.5</b>	<b>5</b>
25	Trikromi 1	4.5	1.1
26	Trikromi 1	4.5	2.5
27	Trikromi 2	4.5	4.5
28	<b>Trikromi 2</b>	<b>6.5</b>	<b>1.1</b>
29	<b>Trikromi 3</b>	<b>6.5</b>	<b>2.5</b>
30	<b>Trikromi 3</b>	<b>6.5</b>	<b>4.5</b>

Konvansiyonel proses için boyama öncesi uygulanan ön terbiye işlemlerinin çalışma grafikleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de, bu yaş işlemlerin reçeteleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Bu boyarmaddeler ve grafikler benzer enzim çalışmalarında da tercih edilen grafikler olmuştur [10]. Numune kumaşlara öncelikle peroksit kasarı uygulanmıştır. Peroksit kasarı sonrası, kumaş

üzerinde kalması muhtemel peroksit kalıntısını yok etmek için katalaz enzimi prosesi yürütülmüştür.



Şekil 1. Kasar uygulaması [10]



Şekil 2. Antiperoksit enzim uygulamaları [10] Şekil 3. Biyoparlatma enzim uygulamaları [10]

Tablo 2. Standart proses için ön terbiye – antiperoksit - biyoparlatma enzim reçeteleri [10]

İşlem	Kimyasal	Miktarı
<b>Kasar + Antiperoksit Enzim Reçetesi</b>		
1	Islatıcı	0.8 g/l
2	İyon tutucu	1 g/l
3	Sıvı kostik (48 Be°)	2 g/l
4	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2 g/l
5	Asetik asit (%80)	0.7 g/l
6	Katalaz enzimi	0.2 g/l
<b>Biyoparlatma Enzim Reçetesi</b>		
1	Selüloz enzimi	1 g/l
2	Asetik asit (%80)	0.5 g/l

Ön terbiye ve katalaz enzim uygulamaları işletme şartlarında jet makinesinde 1/8 flotte oranında, biyoparlatma prosesleri ise laboratuvar tipi yağ ısıtılmalı boyama makinesinde 1/8 flotte oranına gerçekleştirilmiştir. Biyoparlatma uygulanan numunelerin boyama işlemleri yine aynı boyama makinesinde, 1/8 flotte oranında Tablo 3'de gösterilen reçete ve Şekil 4'deki grafiğe göre boyanmıştır. Reçete kullanılan tuz ve soda oranları boyarmaddenin cinsine ve reçetedeki miktarına göre değişmektedir. Buna göre Tablo 4'de farklı boyarmadde şiddetleri için kullanılması gereken tuz – soda miktarları gösterilmiştir. Boyama alkalinin ilave edilmiş biçimine göre çift adımlı, izoterm boyama prensibine göre yapılmıştır. Baştan boyarmadde, tuz verilmiş, 40 dakika sonra pH'ın ideal boyama şartlarına getirilmesi için uygun miktarda (Tablo 4) soda dozajlanmıştır. Boyamanın başında reaktif boyarmaddenin aniden hidroliz olmaması için başlangıç pH'ı asetik asit ile 6,5 – 7 arasına tamponlanmıştır.

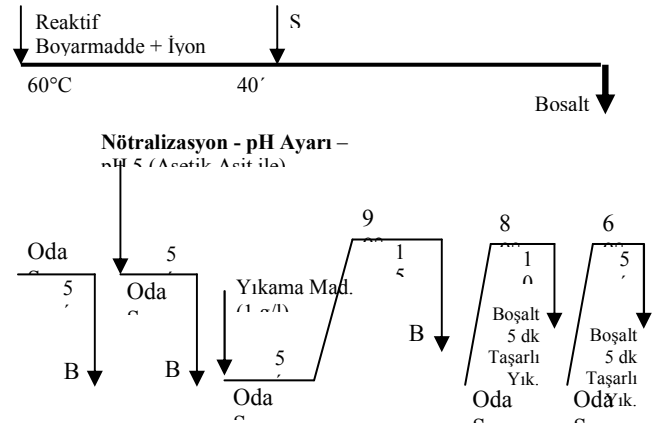
Tablo 3. Boyama reçetesi [10]

İşlem	Kimyasal	Miktarı
-------	----------	---------

<b>Boyama Reçetesi (F.O. 1/8)</b>		
1	% Boyarmadde	Tablo 1
2	Sodyum Sülfat	Tablo 4
3	Soda	Tablo 4
<b>Yıkama Reçetesi</b>		
5	Asetik Asit	1.5 g/l
6	Anyonik Sabun	1 g/l

Tablo 4. Tuz – soda miktarları [10]

Boyama Şiddeti (%)	Tuz (g)	Soda (ml) (200 g/l hazırlanmış stok çözeltiden)
0 – 0.1	0.56	4
0.1–0.5	0.8	4
0.5–1	1.6	6
1–2	2.4	8
2–3	3.6	8
3–4	4.4	8
4–5	5.6	8
>5	6.4	8



Şekil 4. Boyama ve ard işlemlerin grafikleri [10]

Yıkama ardına kurutma işlemi 80°C'de 30 dakika boyunca etüvde gerçekleştirilmiştir. Tablo 5'de yeni proses olarak adlandırılan ve sadece kasar + antiperoksit işlemleri tamamlanmış, üzerine biyoparlatma ve boyama proseslerinin kombine edildiği işlem için deney planı verilmiştir. Bu planda toplam 90 boyama gerçekleştirilmiştir (Numune 31–120). Bu işlemlerin tümü laboratuvar şartlarında, numune boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Yeni prosesin ön terbiye ve katalaz enzim uygulamaları konvansiyonel prosesdeki gibi olup grafikleri Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. Yeni hızlı proseste, konvansiyonelden farklı olarak selüloz enzim uygulaması ve boyama aynı banyoda ve birleştirilmiş bir grafik içerisinde gerçekleştirilmiştir. Uygulanan yeni prosesin boyama ve ard işlem grafikler Şekil 4'deki gibidir. Sadece selüloz enzimi boyamanın başında, boyarmadde ve yardımcı kimyasallar ile

birlikte flotteye ilave edilmiştir. Bu bağlamda yeni prosesin deney planı Tablo 5’de verilmiştir.

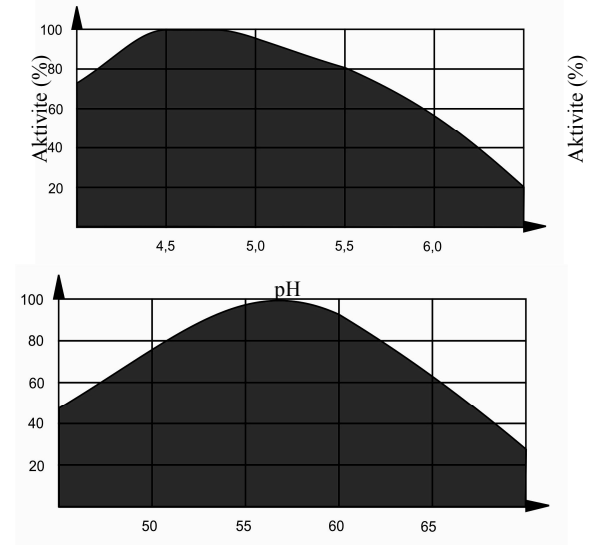
Tablo 5. Hızlı boyama prosesi (selülaz enzim+boyama)

Dene y No	Boyarmadde	pH	Renk Şiddeti (%)	Selülaz Enzim Derişimi (g/l)
31	Reactive Yellow 176	4.5	0.5	1
32	Reactive Yellow 176	4.5	0.5	1.25
33	Reactive Yellow 176	4.5	0.5	1.5
34	Reactive Yellow 176	4.5	1	1
35	Reactive Yellow 176	4.5	1	1.25
36	Reactive Yellow 176	4.5	1	1.5
37	Reactive Yellow 176	4.5	3	1
38	Reactive Yellow 176	4.5	3	1.25
39	Reactive Yellow 176	4.5	3	1.5
40	Reactive Yellow 176	6.5	0.5	1
41	Reactive Yellow 176	6.5	0.5	1.25
42	Reactive Yellow 176	6.5	0.5	1.5
43	Reactive Yellow 176	6.5	1	1
44	Reactive Yellow 176	6.5	1	1.25
45	Reactive Yellow 176	6.5	1	1.5
46	Reactive Yellow 176	6.5	3	1
47	Reactive Yellow 176	6.5	3	1.25
48	Reactive Yellow 176	6.5	3	1.5
49 – 66	Reactive Red 239	Deney sistematığı 31 – 48 de olduğu gibidir.		
67 – 84	Reactive Blue 221	Deney sistematığı 31 – 48 de olduğu gibidir.		
85 – 102	Reactive Black 5	Deney sistematığı 31 – 48 de olduğu gibidir.		
103	Trikrömi	4.5	1.1	1
104	Trikrömi	4.5	1.1	1.25
105	Trikrömi	4.5	1.1	1.5
106	Trikrömi	4.5	2.5	1
107	Trikrömi	4.5	2.5	1.25
108	Trikrömi	4.5	2.5	1.5
109	Trikrömi	4.5	4.5	1
110	Trikrömi	4.5	4.5	1.25
111	Trikrömi	4.5	4.5	1.5
112	Trikrömi	6.5	1.1	1
113	Trikrömi	6.5	1.1	1.25
114	Trikrömi	6.5	1.1	1.5
115	Trikrömi	6.5	2.5	1
116	Trikrömi	6.5	2.5	1.25
117	Trikrömi	6.5	2.5	1.5
118	Trikrömi	6.5	4.5	1
119	Trikrömi	6.5	4.5	1.25
120	Trikrömi	6.5	4.5	1.5

**Not.** Trikrömik reçeteler Yellow 176, Red 239, Blue 221 boya larının karıştırılmasıyla elde edilmiştir.

Yeni hızlı proses için boyamada gerçekleşen bir diğer fark da boyama başlangıç pH’ının 6.5 - 7’nin yanı sıra, 4.5 – 5 olarak da kabul edilip, uygulanmasıdır. Bu bağlamda 45 deneme pH 4.5 – 5’de, 45 deneme ise pH 6.5-7’de gerçekleştirilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5’de selülaz enzim derişiminin de üç seviyede değişken olarak kabul edildiği görülmektedir. Bunun nedeni selülaz enzim aktivitesinin prosesin pH ve sıcaklığından direkt olarak etkileniyor olmasıdır. Şekil 5’de pH’nın ve sıcaklığın enzim aktivitesine etkisi gösterilmiştir [10].



Şekil 5. Selülaz enzim aktivitesinin pH ve sıcaklık ile değişimi [10]

Şekil 5’de görüldüğü gibi çalışmada tercih edilen selülaz enzimi için ideal pH 4.5 – 5, ideal çalışma sıcaklığı ise 55°C civarındır. Ancak çalışmada, yeni proses kapsamında biyoparlatma işleminin boyama ile kombinasyonu hedeflendiğinden, selülaz enzimi çalışma sıcaklığı 60°C’ye, çalışma pH’ı 6.5 – 7’ye yükseltmiştir. Bu değişiklik enzim aktivitesinde Şekil 5’de de görülebileceği gibi olumsuz yönde bir etki gösterecektir ve enzim aktivitesini düşürecektir. Dolayısıyla konvansiyonel proses ile aynı anti pilling efektini elde etmek için flotteye daha fazla selülaz enzimi ilave edilmesinin bir çözüm olabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda yeni proste selülaz enzimi konvansiyonel proste olduğu gibi 1 g/l’nin yanında, 1.25 g/l ve 1.5 g/l olarak da çalışılmıştır (Tablo 5). Böylece pH ve selülaz enzimi etkileşimi de tespit edilebilmiştir. Konvansiyonel proses içerisinde selülaz enziminin inaktivasyonu 80°C’de 10 dakika çalışmayla sağlanırken, yeni hızlı proste bu şekilde ek bir işleme gerek duyulmamıştır. Çünkü Şekil 4’de verilen boyama grafiğinin 40. dakikasında, ideal boyama pH’ına çıkmak amacıyla ortama soda verilmiş ve pH en az 10.5 değerine yükseltilmiştir. Şekil 5’de görüldüğü gibi selülaz enziminin bu pH değerinde aktivitesi bulunmayıp, enzimlerin tamamı yok

olmaktadır. Bu da prosesin kısalması bir avantaj olarak görülmektedir.

### 2.1. Kumaşlara Uygulanan Testler

Çalışmada elde edilen (30 konvansiyonel proses, 90 hızlı boyama prosesi) 120 numuneye Martindale boncuklanma, aşınma dayanımı gibi fiziksel testleri yapılmış, renk değerleri ölçülmüş, renk farkı değerleri hesaplanmış ve yıkamaya, tere (asidik-bazik), sürtünmeye karşı renk haslığı testleri yapılmıştır [11–16]. Yıkamaya karşı renk farkı testleri, ATAÇ marka yıkamaya ve kuru temizlemeye renk haslığı test cihazında gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri, Macbeth marka spektrofotometrede, 10° standart gözlemci kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan renk farkı değerleri değerlendirilirken bazı tolerans değerler kabul edilmiştir. Bu değerler, değerlendirmede en önemli parametre olan  $\Delta L^*$  ve  $\Delta E$  için "1" olarak kabul edilmiştir. Ayrıca incelemede diğer bir önemli husus, oluşan renk farkı değerleri üzerinde etkili olan çalışma parametrelerinin belirlenmesi için toplam renk farkı (TRF -  $\Delta E$ ) değerleri üzerinde tek yönlü varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar incelenmiştir. Analiz, Design-Expert paket programı kullanılarak %95 güvenilirlik düzeyinde gerçekleştirilmiştir [17].

### 3. BULGULAR

Çalışma kapsamında elde edilen numunelere öncelikli olarak boncuklanma ve aşınma dayanımı testleri yapılmıştır. Eğer konvansiyonel ve yeni hızlı proses bu iki testten geçecek performansı göstermiş ise, diğer testlere geçilmiştir. Yüzey özelliklerini test eden bu iki proses dışında numune kumaşlara bazı haslık testleri ve renk ölçüm analizi uygulanmıştır.

#### 3.1. Boncuklanma ve Aşınma Dayanımı Sonuçları

Selülaz enziminin bilinen temel fonksiyonu yüzeyde yer alan tüylerin ortadan kaldırılarak, kumaşın boncuk oluşum eğilimini düşürmek, tutumu iyileştirmek ve yüzey parlaklığını artırmaktır. Pilling testi için James Heal Nu-Martindale pilling cihazında numuneler 2000 devir işleme tabi tutulmuşlardır. Test sonrasında yapılan değerlendirmede, gerek konvansiyonel proses (Numune 1–30) ve gerekse hızlı boyama numunelerinde (Numune 31–120), 2000 devir sonrasında pilling derecesi 4-5 olarak belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin yüzeyinde tüylenme eğilimi de tespit edilmemiştir.

Ayrıca yüzey karakteristiği ve dayanımı bakımından numune kumaşlara aynı cihazda aşınma dayanım testi de uygulanmıştır. Sonuçlandırma kriteri olarak kumaş yüzeyindeki iki iplik kopuşunun baz alındığı testte sonuçlar incelendiğinde, 20000 devir sonra dahi hiçbir numune de kopuş gözlemlenmediği tespit edilmiştir.

Gerek pilling ve gerekse aşınma dayanımı sonuçları incelendiğinde, konvansiyonel prosesler ile yeni prosesler arasında herhangi bir performans kaybı gözlemlenmemiştir. Bu neticeye göre kumaşlara diğer performans testlerinin (haslık ve renk ölçümü) uygulanmasına karar verilmiştir.

#### 3.2. Renk Ölçüm Sonuçları

Çalışmada amaç, biyoparlatma ve boyama prosesinin kombine uygulaması olarak seçilmiştir. Ancak bu uygulama yapılırken, aynı reçete ile boyama sonunda yeni prosesten elde edilen numunelerin rengi, konvansiyonel prosesten elde edilene göre kıyaslanmalıdır. Yeni proseste, konvansiyonel prosese göre rengin değişmesi söz konusu ise, reçetede değişiklik yapma gereği ortaya çıkacaktır. Bu nedenle konvansiyonel proses (Numune 1-30) referans alınarak, renk farkı değerleri hesaplanmıştır. Tablo 6-7-8'de hesaplanan renk farkı değerleri verilmiştir.

Tablo 6. Numune 31-66 için renk farkı değerleri

Numune	pH	$\Delta L^*$	$\Delta E$	
4-31	4,5	0.25	0.32	
4-32		0.14	0.55	
4-33		0.14	0.52	
5-34		0.12	0.52	
5-35		0.21	0.71	
5-36		0.24	0.75	
6-37		0.33	0.71	
6-38		0.31	0.7	
6-39		0.38	0.75	
4-40		6,5	0.06	0.41
4-41	0.12		0.33	
4-42	-0.27		0.61	
5-43	0.01		0.58	
5-44	0.08		0.7	
5-45	0.04		0.86	
6-46	0.33		0.7	
6-47	0.2		0.57	
6-48	0.14		0.76	
10-49	4,5		0.23	0.31
10-50		0.09	0.11	
10-51		-0.12	0.14	
11-52		-0.09	0.11	
11-53		-0.25	0.32	
11-54		-0.27	0.4	
12-55		-0.3	0.35	
12-56		-0.27	0.38	
12-57		-0.31	0.32	
10-58		6,5	-0.19	0.29
10-59			-0.09	0.23
10-60			-0.18	0.39

11-61		-0.05	0.05
11-62		-0.23	0.28
11-63		-0.43	0.52
12-64		-0.3	0.43
12-65		-0.39	0.51
12-66		-0.24	0.36

Tablo 7. Numune 67-102 için renk farkı değerleri

Numune	pH	$\Delta L^*$	$\Delta E$
16-67	4.5	0.3	0.39
16-68		0.17	0.34
16-69		0.33	0.4
17-70		0.51	0.54
17-71		0.69	0.74
17-72		0.84	0.9
18-73		0.46	0.48
18-74		0.29	0.29
18-75		0.75	0.77
16-76		6.5	0.15
16-77	0		0.53
16-78	0.05		0.3
17-79	0.71		0.74
17-80	0.53		0.58
17-81	0.61		0.64
18-82	0.26		0.32
18-83	0.32		0.33
18-84	0.3		0.31
Numune	pH		$\Delta L^*$
22-85	4.5	-0.22	0.24
22-86		-0.04	0.32
22-87		-0.34	0.42
23-88		0.57	1.02
23-89		0.84	1.38
23-90		0.4	1.01
24-91		-0.3	0.78
24-92		-0.84	0.86
24-93		-0.51	0.59
22-94		6.5	0.24
22-95	-0.05		0.24
22-96	-0.08		0.46
23-97	0.24		0.6
23-98	0.23		0.9
23-99	-0.16		0.65
24-100	-0.33		0.55
24-101	-0.12		0.64
24-102	-0.51		1

Tablo 8. Numune 103-130 için renk farkı değerleri

Numune	pH	$\Delta L^*$	$\Delta E$
28-103	4,5	0.09	0.73
28-104		0.42	1.02
28-105		0.45	0.92
29-106		0.26	0.68
29-107		0.19	0.61
29-108		0.16	0.53
30-109		-0.51	0.71
30-110		-0.55	0.74
30-111		-0.24	0.97
28-112		6,5	0.82
28-113	0.9		1.81
28-114	0.7		1.71
29-115	0.97		1.66
29-116	-0.61		0.83
29-117	-0.94		1
30-118	-1.07		1.21
30-119	-1.23		1.29
30-120	-1.05		1.18

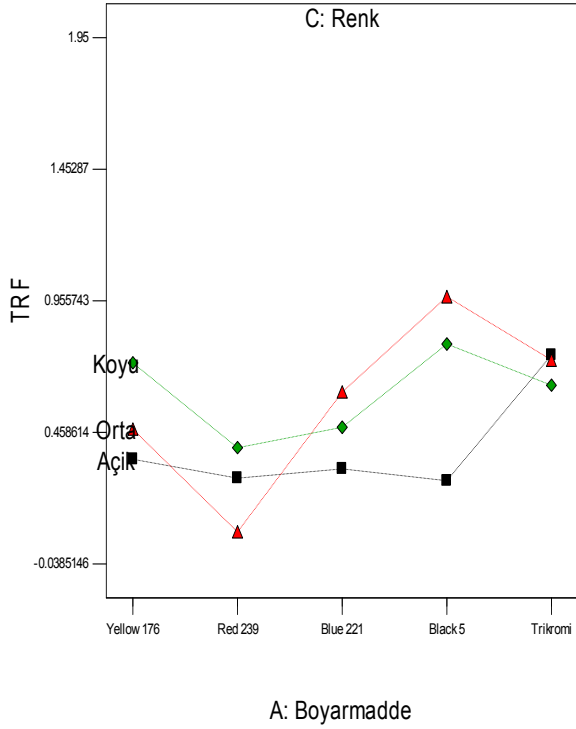
Toplam renk farkı (TRF -  $\Delta E$ ) üzerinde uygulanan varyans analizinin sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Varyans analizi sonuçları

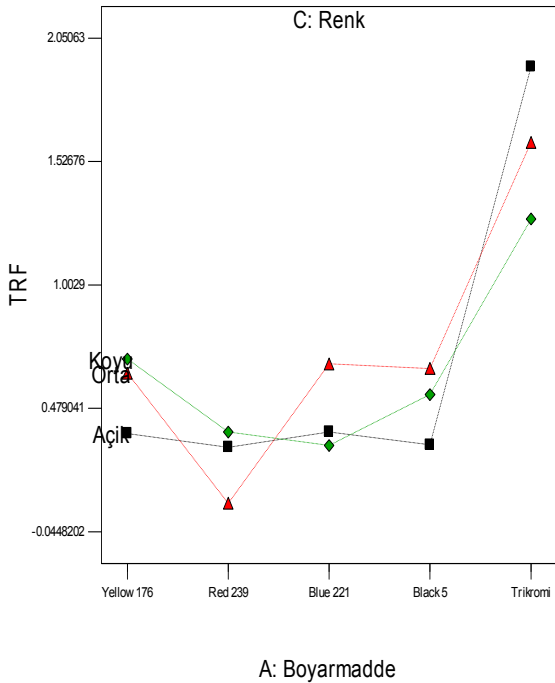
Faktör	F Değeri	p Değeri	Anlamlılık
Model	20,85767689	< 0.0001	Anlamlı
A (Boyarmadde)	189,3434162	< 0.0001	Anlamlı
B (pH)	22,12021192	0.0003	Anlamlı
C (Renk Şiddeti)	18,39113019	< 0.0001	Anlamlı
D (Enzim Derişimi)	3,081865762	0.0756	Anlamsız
Modelin R Değeri	0,99		
Düzeltilmiş R Değeri	0,94		

Varyans analizinde modelin ve incelenen parametrelerin sonuç üzerinde anlamlı olarak etkisinin olabilmesi için "p değerlerinin" 0.05'den küçük olması gerekmektedir. Bu bağlamda Tablo 9 incelendiğinde, kurulan modelin ve deneysel tasarımda incelenen parametreler arasında olan boyarmadde cinsi, uygulama pH'ı ve renk şiddetinin toplam renk farkı üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu, enzim derişiminin ise etkisiz bir parametre olduğu anlaşılmıştır. Bu da biyoparlatmadaki enzim derişiminin miktarının değişiminin oluşan nihai rengi etkilemediğini göstermektedir. Diğer faktörlerin ise dikkat edilmesi gereken parametreler olduğu söylenebilmektedir. Tablo 6-7-8 incelendiğinde sarı, kırmızı, mavi ve siyah ile boyanan numunelerde prosesin değişmesinin renk üzerine etkisinin toleranslar içerisinde kaldığı, trikromik reçetede ise hızlı proses ile uygulama sonrası bir miktar renk değişimi olduğu tespit edilmiştir. pH ise özellikle trikromik reçetelerde etkili faktör

olmuştur. Şekil 6 ve 7’de pH’a ve diğer faktörlere bağlı olarak renkteki değişim verilmiştir.



Şekil 6. TRF (Toplam Renk Farkı- $\Delta E$ ) değerleri – pH 4,5 uygulamaları için



Şekil 7. TRF (Toplam Renk Farkı- $\Delta E$ ) değerleri – pH 6,5 uygulamaları için

Şekil 6 ve Şekil 7 incelendiğinde, prosesin pH 4.5 veya pH 6.5 da yapılması en çok Reactive Black 5 ve

trikromik reçetelerde hassasiyete sebep olmuştur. Sonuçlar incelendiğinde biyoparlatma ve boyama işlemlerinin kombinasyonunun en uygun pH 4.5-5’da yapılabileceği söylenebilmektedir. Aslında bu biyoparlatmanın daha verimli yapılabilmesi için bir avantaj olarak görülebilmektedir. Çünkü bu pH değerinde selülaz enzimi pH 6.5’a göre daha aktif ve etkilidir. Ayrıca Tablo ve şekiller incelendiğinde, enzim uygulamasının kombine olarak yapılmasında, reçetede hangi boyarmadde olduğu ve bu boyarmadden ne kadar kullanıldığı da önemli bir faktör olarak göze çarpmaktadır. Bu sonuç varyans analizi sonuçlarında da vurgulanmıştır. Biyoparlatma ve boyamanın kombinasyonu için üzerinde durulması gereken nokta, boyarmaddeler karıştırıldığında özellikle pH 6.5’da toleranslar dışında bir renk sapması değerinin ölçüldüğüdür.

### 3.3. Haslık Testleri Sonuçları

Tablo 10-15’de proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları verilmiştir. Tablolarda görüldüğü gibi haslık testler sonucunda refakat bezi üzerindeki sekonder asetat, pamuk ve poliester elyaflarına akma değerleri verilmiştir. Özellikle pamuk ve polyester kullanım alanı ve test edilen numunenin hammaddesi bakımından önem kazanmaktadır [10]. Çalışma kapsamında konvansiyonel prosten ve yeni proseslerden elde edilen numunelerin yıkamaya, tere ve sürtünmeye karşı renk haslığı performanslarına bakılmıştır.

Tablo 10. Konvansiyonel proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları

Num.	Yıkama			Ter [Asidik (A) –Bazik (B) ]						Sürtünme
	Sekonder Asetat	Pamuk	Polies ter	Sekonder Asetat		Pamuk		Poliester		
				A	B	A	B	A	B	
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
3	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	4
4	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
6	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	4
7	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
8	5	4/5	5	5	4/5	4	4/5	4	5	4
9	5	4/5	5	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	4/5	3
10	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
11	5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
12	5	4/5	5	4/5	4/5	3	4	4/5	4/5	3
13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
15	5	4	5	5	5	4/5	5	4/5	5	4
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
17	5	4/5	5	5	5	4/5	5	5	5	4
18	5	4/5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	4
19	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	3/4
20	5	4/5	5	5	5	4	4	4/5	4/5	2/3
21	5	4/5	5	5	5	3/4	4	4/5	4/5	2
22	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	4/5	3
23	4/5	4/5	4/5	5	5	4	4/5	4/5	4/5	2/3

24	5	4/5	5	5	5	3/4	4/5	4/5	4/5	1/2
25	5	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	4
26	5	4/5	5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	3/4
27	5	5	5	4/5	5	3/4	4	4/5	5	3
28	5	5	5	5	5	4	4	5	5	2/3
29	5	5	5	5	5	4/5	4	5	4/5	3
30	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	3/4

Sürtünmeye karşı renk haslığı sonuçları incelendiğinde, konvansiyonel prosesler ile kombine olarak uygulanmış proseslerden elde edilmiş numunelerin performansları arasında, prosesin kombine yapılması ile ilgili önemli bir fark tespit edilememiştir. Kumaş üzerindeki boyarmaddenin miktarının artırılışı yaş sürütme haslığını düşürücü yönde etki yaptığı, uygulama pH'nın ise haslık performansı üzerinde etkili olmadığı kanısına varılmıştır. Uygulamadaki enzim derişiminin farklı seçilmesi yine haslıkları etkilemeyen bir parametre olarak göze çarpmaktadır.

Sonuçlar boyarmadde bazında genel olarak incelendiğinde Reactive Red 239 boyarmaddesi ile konvansiyonel veya yeni proses ile boyanmış numunelerin renk haslığı değerleri diğer boyarmaddelere göre daha düşük çıkmıştır. Ayrıca bu boyarmadde ile yapılan boyama uygulamalarının, yeni hızlı prosese daha hassas olduğu söylenebilmektedir. Bunun nedeni olarak Reactive Red 239 boyarmaddesinin çekim özellikleri gösterilebilmektedir. Reactive Red 239'un renk derinliği koyulaştıkça, boya banyosundaki çekim düşmekte ve banyoda kalan boyarmadde miktarı artmaya başlamaktadır. Bu durum boyama verimini düşürmekte ve haslık değerlerini olumsuz olarak etkilemektedir.

Tablo 11. Yeni proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları (BM:Yellow 176)

Nu m.	Yıkama			Ter [Asidik (A) –Bazik (B) ]						Sürt ün me
	Seko nder Aseta t	Pamu k	Po lie ste r	Sekonde r Asetat		Pamuk		Polieste r		
				A	B	A	B	A	B	
31	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	4/5
32	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
33	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5
34	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
35	5	5	5	5	5	5	5	4/5	5	4/5
36	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	4/5
37	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
38	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
39	5	5	5	4/5	5	4/5	5	5	4/5	4
40	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
41	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	5	4/5
42	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
43	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
44	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	5	4/5
45	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5
46	5	4/5	5	3	4/5	4	4/5	5	5	4
47	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	5	4
48	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5

Tablo 12. Yeni proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları (BM:Red 239)

Nu m.	Yıkama			Ter [Asidik (A) –Bazik (B) ]						Sürt ün me
	Seko nder Aseta t	Pa mu k	Po lie ste r	Sekonde r Asetat		Pamuk		Polieste r		
				A	B	A	B	A	B	
49	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4
50	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4
51	5	5	5	5	5	4	4/5	4/5	4/5	4
52	5	4/5	5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	3/4
53	5	4/5	5	4/5	5	4	4/5	4/5	4/5	3
54	5	5	5	5	5	4	4/5	4/5	4/5	3/4
55	5	4/5	5	4/5	5	3	3	3/4	4/5	2/3
56	5	4/5	5	5	5	3	4	4	4/5	2/3
57	5	4/5	5	4/5	5	3	3/4	4	4/5	2/3
58	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
59	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
60	5	5	5	5	5	4	4/5	4/5	5	4/5
61	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4
62	5	4/5	5	5	5	4	4/5	4/5	4/5	3/4
63	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
64	5	4/5	5	4/5	5	3	4	4/5	4/5	2/3
65	5	4/5	5	4/5	5	3	2/3	4/5	4/5	2/3
66	5	4/5	5	4/5	5	4	3/4	4/5	4/5	3

Tablo 13. Yeni proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları (BM:Blue 221)

Nu m.	Yıkama			Ter [Asidik (A) –Bazik (B) ]						Sürt ün me
	Seko nder Aseta t	Pa mu k	Po lie ste r	Sekonde r Asetat		Pamuk		Polieste r		
				A	B	A	B	A	B	
67	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
68	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
69	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
70	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	4/5
71	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
72	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
73	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
74	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
75	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
76	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
77	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
78	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
79	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
80	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
81	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
82	5	4/5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
83	5	4/5	5	5	5	4/5	5	5	5	4/5
84	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4



Tablo 14. Yeni proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları (BM:Black 5)

Num.	Yıkama			Ter [Asidik (A) –Bazik (B) ]						Sürtünme
	Seko nder Asetat	Pa muk	Polies ter	Sekonde r Asetat		Pamuk		Polieste r		
				A	B	A	B	A	B	
85	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	3/4
86	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3/4
87	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4
88	5	4/5	5	5	5	4	4	5	5	2/3
89	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	2/3
90	5	4/5	5	5	5	4	4/5	4	5	2/3
91	5	4/5	5	4/5	5	3	3/4	4/5	5	2/3
92	5	4/5	5	4/5	5	3	3/4	4/5	5	2
93	5	4/5	5	4/5	5	3/4	4/5	4/5	5	2/3
94	5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	4
95	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4
96	5	5	5	5	5	4/5	5	5	5	4
97	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	3
98	5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	3
99	5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	3
100	5	4/5	5	4/5	5	3	4	4/5	5	2/3
101	5	4/5	5	5	5	4/5	4	5	5	3
102	5	4/5	5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	2

Tablo 15. Yeni proseslerden elde edilen numunelerin haslık sonuçları (BM:Trikromi)

Num.	Yıkama Haslığı			Ter Haslığı [Asidik (A) – Bazik (B) ]						Sürtünme
	Seko nder Asetat	Pa muk	Po lies ter	Sekonde r Asetat		Pamuk		Poliester		
				A	B	A	B	A	B	
103	5	5	5	5	5	5	4/5	5	5	4/5
104	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4/5
105	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
106	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
107	5	4/5	5	5	5	4	4/5	5	5	4
108	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4
109	5	4/5	5	4/5	5	4	4	4/5	5	3/4
110	5	4/5	5	5	4/5	4	4	4/5	5	3/4
111	5	4/5	5	4/5	5	4	4	4/5	4/5	3/4
112	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
113	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
114	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
115	5	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4
116	5	5	5	5	5	4/5	4	5	5	3/4
117	5	5	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	3/4
118	5	4/5	5	4/5	5	4	3/4	4/5	4/5	3/4
119	5	4/5	5	4/5	5	4	4	4/5	4/5	2/3
120	5	4/5	5	5	5	4	4	4/5	4/5	3

#### 4. DEĞERLENDİRME

Çalışmada biyoparlatma amaçlı olarak kasar sonrası kumaşlara uygulanan selüloz enzim uygulaması ile renklendirme prosesinin kombine edilmesi ve “hızlı proses” olarak adlandırılan bu uygulamanın performans üzerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 120 deneme yapılmış olup, kullanılan reaktif boyarmaddenin cinsi, renk şiddeti,

proses pH'ı ve kullanılan selüloz enzim derişimi değişken olarak seçilmiştir. Elde edilen numunelere renk ölçümü ve renk haslığı testleri uygulanmıştır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde,

- Prosesin kombine uygulanması neticesinde renkte diğer proses şartlarına bağlı sapmalar meydana gelmiştir. Ancak bu sapmaların toleranslar dahilinde olduğu ve çoğu zaman reçetelerde herhangi bir değişiklik yapmadan kombine prosesin kullanılabilceği kanısına varılmıştır.

- Renk haslığı sonuçları incelendiğinde, prosesin haslıkları önemli sayılabilecek düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir.

- Yukarıda sıralanan iki sonuç ışığında, biyoparlatma işleminin, boyama prosesi ile kombine olarak uygulanabileceği sonucuna varılabilmektedir.

- Bir örnek işletme seçilip, maliyet açısından yeni proses incelendiğinde;

Zaman/Kapasite: Konvansiyonel boyama prosesinde (biyoparlatma + boyama) proses yaklaşık 480 dakika (8 saatte) tamamlanmaktadır. Bu da yaklaşık günde 3, ayda 90, yılda 1080 boyama sayısı anlamına gelmektedir. Ancak hızlı prosesle enzim uygulamasının boyama ile kombine edilmesiyle yaklaşık 64 dakika süreden tasarruf sağlanmakta ve proses yaklaşık 416 dakikaya düşmektedir. Buda yılda yaklaşık 1246 boyama anlamına gelmektedir. Dolayısıyla işletme kapasitesi herhangi bir yatırım yapmadan yaklaşık %13 oranında artırılabilmiştir. Bu hesap ilk seferde doğru boyama prensibine göre, düzeltme yapılmaksızın boyama yapıldığı farz edilerek hesaplanmıştır.

Su Tüketimi: Konvansiyonel proses; kasar, taşarlı yıkama, katalaz enzim uygulaması, biyoparlatma, boyama ve ard yıkamalar şeklinde 9 banyodan oluşmaktadır. Yeni hızlı proses ise biyoparlatma ve boyamanın kombine edilmesiyle birlikte 8 banyoya indirilmiştir. Bu da banyo kullanımı açısından yaklaşık %10'luk bir tasarrufu beraberinde getirmektedir.

Ayrıca zaman, su, işçilik parametrelerinin yanında enerji tasarrufu da yine yeni prosesin olumlu yanları arasında sayılabilmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1]Bozacı, E., Karahan, A., H., Protein Esaslı Mamullerin Enzimatik Ön Terbiyesi, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 187-191, 2007.
- [2]Körlü, E., A., Duran, K., Bahtiyari, İ., M., Perinçek, S., Selüloz Enziminin Selülozik Esaslı Kumaşlar Üzerine Etkisi, Tekstil ve Konfeksiyon, 1, 35-41, 2008.
- [3]Çoban, S., Tekstil endüstrisinde Enzim Kullanım Durumları, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 229-231, 1997.
- [4]Ayaz, Ö., Y., Duran, K., Enzimlerin Tekstil Terbiyesinde Kullanımına Yönelik Farklı Perspektifler, Tekstil ve Konfeksiyon, 1, 14-24, 2001.
- [5]Duran, K., Korkmaz, A., Ön Terbiyede Enzim Kullanımı, Tekstil ve Konfeksiyon, 4, 321-325, 1999.
- [6]Devrent, N., Tekstil Terbiyesinde Enzimler ve Selüloz Enzimleri”, Tekstil&Teknik, Sayı:Mart, 205-210, 2003.
- [7]Konkart, O., Selülozik Kumaşlarda Biyo-Parlatma İşlemi ve Enzim Seçimi, Tekstil&Teknik, Sayı:Ağustos, 127-130, 2001.

- [8] Sarıışık, M., Pamuk Mamullerin Hidrofilleştirilmesinde Enzim Kullanımı, *Tekstil&Teknik*, Sayı:Kasım, 166-177, 2000.
- [9] Arık, B., Körlü, A., E., Duran, K., Lakkaz Enzimlerinin Tekstilde Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 17-22, 2008.
- [10] Balcı, O., Katalaz ve Selülaz Enzim Uygulamalarının Boyama ile Kombine Edilmesi ve Bu Proseslerin Performans Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (Değerlendirmede), 2010.
- [11] TS EN ISO 12945-2, Textiles- Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling- Part 2: Modified Martindale method (ISO 12945-2:2000), 2002.
- [12] TS EN ISO 12947-2, Textiles- Determination of abrasion resistance of fabrics by the Martindale method- Part 2: Determination of specimen breakdown, 2001.
- [13] Duran, K., *Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma*, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, No.17, İzmir, 2001.
- [14] TS EN ISO 105 C06, Test for colour fastness- Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering, 2001.
- [15] TS EN ISO 105-E04, Textiles - Tests for colour fastness - Part E04: Colour fastness to perspiration, 2006.
- [16] TS EN ISO 105-X16, Textiles-test for colour fastness-Part X16: Colour fastness to rubbing-small areas, 2003.
- [17] Design-Expert İstatistik Paket Programı, Trial Versiyon, [www.statease.com](http://www.statease.com), Web Sitesi, 2009.

#### **Teşekkür**

Bu deneysel uygulamanın laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi için yardımlarını esirgemeyen İlker AKMAN ve Sevgi KAYA'ya teşekkür ederiz.