

DENİM KUMAŞLARIN *RUBIA TINCTORUM* L. (KÖKBOYA) İLE BOYANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Gökhan ERKAN¹
Kemal ŞENGÜL²
Sibel KAYA¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir
²Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Uşak

ÖZET

Alizarin ve purpurin boyarmaddelerini içeren kökboya ekstraktı antik çağlardan itibaren tekstil boyamacılığında kullanılmaktadır. Boyamaya hazır beyaz ve indigo boyalı iki farklı kumaş, kökboya ekstraktı ile boyanmıştır. Kumaşla boyama sonrasında altı farklı mordan ile mordanlanmıştır. Kumaşların kolorimetrik ölçümleri spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Yıkamaya, sürtmeye ve ışığa karşı renk haslıkları yapılmıştır. K/S değerleri Kubelka-Munk formülüne göre hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Rubia tinctorum* L. (Kökboya), Denim, Boyama, Mordan

A RESEARCH ON DYEING OF DENIM FABRICS WITH *RUBIA TINCTORUM* L. (MADDER)

ABSTRACT

Madder extract, which contains natural colorants such as alizarin, purpurin etc., has been used in textile dyeing science ancient ages. Two types of fabrics, ready to be dyed white and indigo dyed fabrics, were dyed with madder extract. The fabrics were mordanted after dyeing with six different mordants. Colorimetric evaluations of fabrics were carried out by spectrophotometer. Colour fastness to washing, rubbing and light were performed. Colour strength (K/S) of fabrics was calculated from Kubelka-Munk formula.

Keywords: *Rubia tinctorum* L. (Madder), Denim, Dyeing, Mordan

1. GİRİŞ

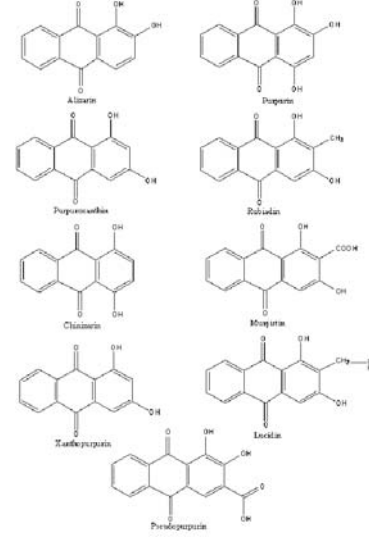
Doğal boyarmaddeler taş devrinden 19. yy sonuna kadar insanoğlu tarafından kullanılmıştır. Özellikle antik çağlarda altın kadar değerliydi. Doğal boyama işlemini nasıl yapılacağı hakkında Mısır çivi yazıtlarında detaylı tarifler bulunmuştur. Fakat sentetik boyaların üretilmesiyle önemini yitirmişlerdi. Son yıllarda doğal boyalar araştırmacıların ilgisini tekrar çekmeye başlamış ve birçok bitki ve böcek türünden elde edilen ekstraktlarla boyama çalışmaları gündeme gelmeye başlamıştır[1]. Kanada Goldenrod [2], *Fraxinus excelsior* L[3], *Hibiscus mutabilis* [4], *Rubia cordifolia* [5], *Terminalia arjuna*, *Punica granatum*, *Rheum emodi* [6], *Coffea arabica* L.[7], *Garcinia mangostana* L. [8], *Rhizoma coptidis*[9], nar kabuğu [10] gibi kaynaklardan elde edilen boyarmaddelerle çalışmalar mevcuttur.

Rahatlık, kolay kullanım gibi özelliklerinden dolayı her gelir sınıfından tüketicinin tercih ettiği denim kumaşlar, son yıllarda modacıların dikkatini çekmiştir. Farklı efektler oluşturmak için denim ürünleri, selüloz[11-13], lak-kaz[14], ponza taşı, permanganat, hipoklorit ve benzoil peroksit [15] gibi birçok kimyasal ile yıkanmakta ve lazer, fırçalama ve zımparalama[16] gibi farklı fiziksel işlemler uygulanmaktadır.

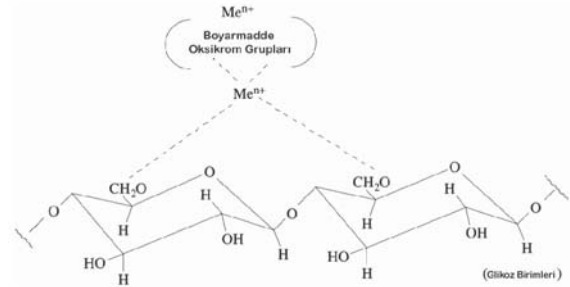
Kökboya (*Rubia tinctorum* L.) bitkisi 1 ile 2 metre boyunda, rizozomlu çok yıllık ve verimli topraklarda yetişen bir bitkidir. Anavatanı büyük bir olasılıkla Anadolu olmasına rağmen, Kafkaslar, İran, Orta Batı Asya ve Himalayalar'a kadar yayılmıştır. Tarımı yapılmaktadır. Çok eski zamanlardan beri kullanılmakta ve ticareti yapılmaktadır. Alizarin, pseudopurpurin, purpurin, munjistin, rubiadin, xanthopurpurin, purpuroxanthin, lucidin, chinizarin, christofin ve anthragallol boyarmaddelerini içermektedir (Şekil 1) [17]. Literatürde yün lifleri, deri ve pamuk liflerinin kökboya ile boyanması üzerine çalışmalar mevcuttur. Önal (1995), kökboya içerisinde bulunan alizarin boyarmaddesini ekstrakte ederek, ekstraktı yün, deri ve pamuk boyamasında kullanmıştır[18]. Şekil 2'de boyarmaddenin selüloz lifine bağlanma mekanizması görülmektedir. De Santis ve Moresi (2007), kökboyadan alizarin boyarmaddesini ekstrakte etmişlerdir. Pamuk ve yünde aynı renk tonlarını elde etmişlerdir. Hem kökboya hem de alizarin ekstraktı ile boyamaları gerçekleştirmişlerdir[19].

Bu çalışmada, denim kumaşların kökboya kullanarak farklı renk efektlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla beyaz (boyaya hazır) ve indigo ile boyanmış iki tip denim kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar iki farklı konsan-

trasyonda boyanmış ve altı farklı tipte metal tuzu kullanarak ve iki farklı konsantrasyonda mordanlama yapılmıştır. Boyama sonrasında kumaşların renk ölçümleri gerçekleştirilerek, kolorimetrik değerleri ve K/S değerleri incelenmiştir. Örneklerin haslık testleri yapılmıştır.



Şekil 1. Kökboya Bünyesinde Bulunan Bazı Boyarmaddeler



Şekil 2. Boyarmaddenin Selüloz Lifine Bağlanma Mekanizması [18]

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada beyaz ve indigo ile boyanmış olmak üzere iki tip denim kumaş kullanılmıştır. Kumaşlara ait özellikler Tablo I de verilmektedir. Mordanlama maddeleri olarak kurşun asetat ($Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$), potasyum bikromat ($K_2Cr_2O_7$), bakır II sülfat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), demir II sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), nikel II sülfat ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$) ve şap kullanılmıştır. Şap haricinde diğer kimyasallar analitik seviyededir. Kullanılan kökboya (*Rubia Tinctorum* L.) teknik seviyededir ve ekstra saflaştırma işlemi yapılmamıştır. Denemelerde çeşme suyu kullanılmıştır.

Tablo 1. Denemelerde Kullanılan Kumaşlara Ait Özellikler

Kumaş	Çözü		Atkı		Birim Ağırlık (gr/m ²)
	Hammadde	İplik Numarası (Nm)	Hammadde	İplik Numarası (Nm)	
Boyaya Hazır Beyaz Kumaş	Pamuk	18	Pamuk	16	321
İndigo ile Boyanmış Kumaş	Pamuk	14	Pamuk	12	408

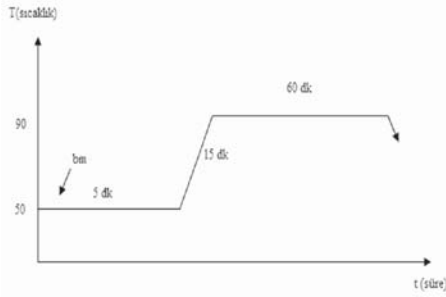
2.2. Metot

Beyaz denim kumaş boyamaya hazır durumda temin edilmiştir. İndigo boyalı kumaşa ise aşağıdaki taşlama işlemi yapılmıştır.

- 5 dk dispersatör ile ön yıkama
- 45 dk 40°C de taş yıkama
- 1 dk taş durulama
- 3 dk 40°C de Hipoklorit (1,5 gr/lit) ile işlem.

2.2.1. Boyama işlemi

Boyamalar Şekil 3 de verilen boyama grafiğine göre yapılmıştır.



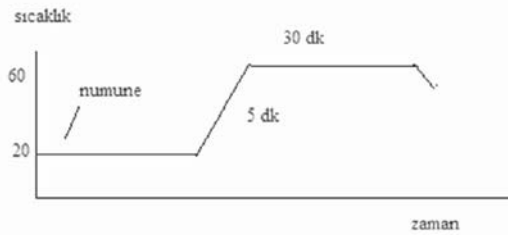
Şekil 3. Boyama Grafiği

Boyamalar, 5, 10 ve 20 gr/lit olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda yapılmıştır. Boyama sonrası ard işlem olarak ise:

- 5 dk ılık durulama
- 5 dk soğuk durulama yapılmış ve kumaşlar serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur.

2.2.2. Mordanlama Yöntemi

Boyamaların ardından kumaş numuneleri Şekil 4 de verilen grafiğe göre mordanlanmıştır. 2 farklı mordan konsantrasyonu kullanılmıştır (0,25 ve 2 gr/lit).



Şekil 4. Mordanlama Grafiği

2.2.3. Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler

2.2.3.1. Renk Ölçümü

Boyanan örneklerin spektrofotometre (Minolta 3600d, D65/10°) kullanılarak renk değerleri ölçülmüştür. Cihaz, kolorimetrik verileri ve K/S (Kubelka-Munk) değerlerini hesaplayarak vermektedir.

2.2.3.2. Renk Haslığı

Örneklerin yıkamaya, sürtmeye ve ışığa karşı renk haslıkları sırasıyla, TS EN ISO I05 C06 (Atlas marka

Linitest), TS 717 EN ISO 105- X12 ve TS 1008 EN ISO 105 B02 (Atlas marka Xenontest ışık haslığı cihazı) göre yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Mordan ve Boya Konsantrasyonunun Boyanan Beyaz Denim Kumaş Üzerine Etkisi

- Kolorimetrik Ölçümler

Beyaz denim kumaşa ait kolorimetrik özellikler Tablo 2 de özetlenmiştir. Beyaz mamulün L* değerleri (açıklık-koyuluk) incelendiğinde ekstrakt konsantrasyonu arttıkça L* değerlerinde azalma meydana gelmektedir, dolayısıyla boyanan örnekler koyulaşmaktadır. Bu durum konsantrasyonun artmasından dolayı beklenen bir durumdur. Her ne kadar ekstrakt konsantrasyonundaki artış L* değerlerinde gözle görülür bir azalmaya yol açıyorsa da, mordan konsantrasyonundaki artış L* değerleri üzerinde büyük bir etki sağlayamamıştır. Mordanlama görmemiş kumaşların L* değerleri mordanlama sonrasında düşmektedir. a* değerleri (kırmızı-yeşil) incelendiğinde demir ile mordanlama haricinde diğer mordan tiplerinde mordan ve ekstrakt konsantrasyonun artmasıyla a* değerlerinin arttığı gözlenmiştir. En yüksek a* değeri bakır ile mordanlama yapılarak en yüksek ekstrakt ve mordan konsantrasyonunda elde edilmiştir. Yalnız demir ile mordanlama sonucunda mordan konsantrasyonun artmasıyla a* değerlerinde düşüş gözlenmiştir. a* eksenini kırmızı-yeşil eksenine olduğu için, demir ile mordanlama sonucunda elde edilen boyanmış örneklerin renklerinin yeşil tarafa kaydıkları söylenebilir.

Sarı-mavi eksenini olan b* eksenini değerleri incelendiğinde, demir ile mordanlama haricindeki tüm mordan işlemlerinde arttığı gözlenmiştir. En yüksek b* değeri, a* değerlerinde olduğu gibi bakır ile mordanlama yapılarak en yüksek ekstrakt ve mordan konsantrasyonunda elde edilmiştir. Gerek mordan gerekse ekstrakt konsantrasyonun artmasıyla b* değerlerinde artış meydana gelmektedir. Kroma değerleri (C* parlaklık-donukluk) ele alındığında, en canlı boyamaların bakır, en donuk boyamaların da demir kullanarak mordanlama yapıldığında elde edildiği görülmüştür. Demir mordanlaması dışında, diğer tüm mordan maddeleri ile çalışıldığında ekstrakt ve mordan konsantrasyonun artmasıyla kroma değerinin arttığı gözlenmiştir. h° (ton açısı) değerlerinde ise konsantrasyonların artmasıyla değerlerde azalma gözlenmiştir. Mordansız boyamalar mordanlı boyamalara göre daha düşük h° açılara sahiptir. h° açılara bakıldığında, elde edilen boyamaların renk düzleminde b* pozitif eksenine daha yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Boyanan Beyaz Denim Kumaşa Ait Kolorimetrik Veriler

Ekstrakt Kons, (gr/lit)	Mordan Kons, (gr/lit)	Mordan tipi	L*	a*	b*	C*	h°
5	-	-	70,556	4,233	8,947	9,898	64,682
	0,25	Cr	68,003	4,675	10,885	11,847	66,757
		Pb	69,842	4,041	9,459	10,286	66,869
		Fe	59,476	3,045	7,676	8,258	68,362
		Cu	66,613	4,747	11,172	12,139	66,977
		Ni	68,474	4,544	12,091	12,917	69,404
		Al	70,358	3,842	9,078	9,858	67,061
	5	Cr	68,197	4,675	11,559	12,469	67,979
		Pb	69,247	4,296	10,343	11,200	67,442
		Fe	61,912	2,465	7,296	7,702	71,334
		Cu	66,291	4,399	12,525	13,275	70,649
		Ni	68,842	4,362	11,957	12,727	69,957
		Al	70,758	3,771	8,631	9,419	66,398
	10	-	-	64,152	6,767	10,598	12,574
0,25		Cr	59,473	7,734	14,806	16,704	62,419
		Pb	63,824	6,142	11,597	13,123	62,094
		Fe	46,644	3,825	6,673	7,691	60,178
		Cu	59,222	7,305	12,769	14,711	60,227
		Ni	60,910	7,602	17,232	18,835	66,194
		Al	64,805	6,013	10,119	11,771	59,280
5		Cr	60,079	7,629	15,596	17,361	63,933
		Pb	59,372	7,501	14,276	16,127	62,280
		Fe	46,446	3,495	6,082	7,015	60,113
		Cu	55,064	8,948	18,584	20,626	64,288
		Ni	59,964	7,711	18,119	19,691	66,947
		Al	63,324	6,487	10,732	12,54	58,849
20		-	-	63,191	7,111	11,448	13,477
	0,25	Cr	56,11	9,199	16,684	19,02	61,13
		Pb	62,613	6,587	11,576	13,319	60,357
		Fe	43,905	3,900	6,000	7,156	56,977
		Cu	56,98	8,349	13,468	15,846	58,206
		Ni	59,204	8,554	18,277	20,179	64,92
		Al	63,083	7,055	11,471	13,467	58,407
	5	Cr	55,148	9,543	18,104	20,465	62,205
		Pb	56,147	9,082	16,535	18,865	61,223
		Fe	40,236	3,529	5,136	6,232	55,509
		Cu	49,468	11,167	20,265	23,138	61,144
		Ni	57,473	8,805	18,985	20,927	65,118
		Al	61,066	7,436	12,245	14,326	58,730

- K/S Değerleri ve Maksimum Absorbsiyon Dalga Boyu

Boyanmış örnekler için K/S değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Mordansız boyamalarda kromatik nokta 510 nm ve K/S değerleri konsantrasyonun artmasıyla artmaktadır. Demir ile mordanlama haricinde diğer

mordanlar ile elde edilen kromatik noktalar 500 ile 530 nm arasında değişmektedir. En yüksek K/S değeri maksimum ekstrakt ve mordan konsantrasyonunda bakır ile mordanlama sonucunda elde edilmiştir.

Tablo 3. K/S Değerleri

Ekstrakt Kons. (gr/lt)	Mordan Kons. (gr/lt)	Mordan Tipi	Beyaz Denim Kumaş		İndigo Boyalı Denim Kumaş Ön Yüz		İndigo Boyalı Denim Kumaş Arka Yüz	
			Maks. Abs. Dalga Boyu (nm)	K/S	Maks. Abs. Dalga Boyu (nm)	K/S	Maks. Abs. Dalga Boyu (nm)	K/S
5	-	-	510	1,040	650	10,191	540	2,968
	0,25	Cr	510	1,170	650	9,284	540	2,830
		Pb	510	1,434	650	10,060	540	2,746
		Fe	500	2,916	640	11,011	540	2,904
		Cu	510	1,075	650	10,420	530	2,928
		Ni	510	0,972	650	11,136	540	2,930
		Al	510	0,822	650	10,035	540	2,592
	2	Cr	500	0,988	650	9,469	540	2,923
		Pb	510	1,114	650	9,722	540	2,665
		Fe	400	1,566	640	11,488	400	3,491
		Cu	520	0,966	650	10,411	540	2,656
		Ni	540	1,003	650	9,609	540	2,782
		Al	510	1,029	650	10,317	510	2,720
	10	-	-	510	1,848	640	12,842	540
0,25		Cr	510	1,707	550	11,540	540	3,704
		Pb	510	1,554	550	10,275	540	3,832
		Fe	500	1,704	640	11,295	530	4,061
		Cu	510	2,214	550	11,688	510	4,381
		Ni	510	1,765	550	12,130	540	4,053
		Al	510	1,512	550	10,740	510	3,743
2		Cr	510	1,653	650	11,509	530	3,824
		Pb	510	1,622	550	10,906	530	3,965
		Fe	400	1,595	640	12,211	400	4,161
		Cu	530	1,761	640	12,017	520	3,812
		Ni	500	1,846	640	11,796	540	3,780
		Al	510	1,653	540	11,950	510	3,852
20		-	-	510	2,285	540	11,688	530
	0,25	Cr	510	2,059	540	11,478	510	4,702
		Pb	510	2,268	540	11,656	530	4,660
		Fe	400	1,297	550	12,188	510	5,218
		Cu	510	2,945	540	11,961	510	5,336
		Ni	510	2,553	550	12,767	540	4,738
		Al	500	1,870	540	11,861	510	4,753
	2	Cr	510	2,203	540	11,540	510	4,249
		Pb	510	2,183	550	10,878	520	4,604
		Fe	400	2,409	640	11,646	400	4,627
		Cu	510	2,562	550	11,215	510	4,518
		Ni	510	2,268	550	12,316	540	4,472
		Al	500	1,928	540	11,499	500	4,570

-Haslık Değerleri

Tablo 4'te beyaz kumaşın kökboya ile boyanması sonrasında elde edilen haslık sonuçları verilmektedir. Tablo 4 incelendiğinde mordanlamanın ışık haslığı değerleri üzerinde çok etkisi olmadığı görülmektedir. Artan ekstrakt konsantrasyonuyla ışık haslığı değerlerinin yükseldiği gözlenmiştir. En yüksek ışık haslığı değeri, en yüksek mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda bakır ile yapılan mordanlama sonucunda elde edilmiştir. Yıkama haslığı sonuçları incelendiğinde yüksek haslık değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Renk değişimi

değerlerinin mordanlama işlemi sonrasında arttığı gözlenmiştir. 10 ve 20 gr/lt ekstrakt konsantrasyonunda mordansız boyamaların yıkama sonucunda renginin sarıya kaydığı ve demir ve nikel mordanları kullanıldığında rengin kırmızıya kaydığı gözlenmiştir. Pamuklu refakat bezini kirletme değerleri 4-5 ve 5 haslık değerlerini vermiştir. Hem renk değişimi hem de kirletme değerlerinin iyi çıkması, ekstraktta bulunan boyaların life iyi bağlandığını göstermektedir. Kuru ve yaş sürtme haslık sonuçları 4 ve 5 değerleri arasında bulunmaktadır.

Tablo 4. Boyanmış Beyaz Denim Kumaşa Ait Haslık Değerleri

Ekstrakt Konsantrasyonu (gr/lt)	Mordan Konsantrasyonu (gr/lt)	Mordan Tipi	Yıkama			Sürtme	
			Işık	Renk Değişimi	Kirletme (Co)	Kuru	Yaş
5	-	-	2-3	4	5	5	4-5
	0,25	Cr	3	5	5	5	5
		Pb	2-3	5	5	5	4-5
		Fe	3	4-5	5	5	4-5
		Cu	3	5	5	5	4-5
		Ni	3-4	4-5	5	5	4-5
		Al	3	5	5	4-5	4-5
	2	Cr	3	5	5	5	4-5
		Pb	2-3	5	5	5	5
		Fe	3	4-5	5	4-5	4-5
		Cu	3-4	5	5	5	5
		Ni	3-4	4-5	5	4-5	4-5
Al		3	5	5	5	5	
10	-	-	3-4	S 3-4	4-5	5	4-5
	0,25	Cr	3-4	5	5	4-5	4-5
		Pb	3	4	4-5	4-5	4-5
		Fe	3	K 4	4-5	4-5	4
		Cu	3	4-5	4-5	5	4-5
		Ni	3-4	5	5	4-5	4-5
		Al	3	5	5	4-5	4
	2	Cr	3	5	5	5	4-5
		Pb	3	4-5	5	4-5	4-5
		Fe	3-4	K 4	4-5	4-5	4
		Cu	4	5	5	5	4-5
		Ni	3-4	K 4-5	5	5	4-5
Al		3	5	5	4-5	5	
20	-	-	4	S 3-4	4-5	5	4
	0,25	Cr	4	5	5	4-5	4-5
		Pb	3	4	4-5	4-5	4
		Fe	4	K 3-4	4-5	4-5	4
		Cu	3-4	4-5	4-5	4-5	4
		Ni	3-4	4-5	5	4-5	4-5
		Al	3	4-5	4-5	4-5	4
	2	Cr	3-4	5	5	5	4-5
		Pb	3-4	4	4-5	4-5	4
		Fe	4	K 3	4-5	5	4
		Cu	5	4-5	4-5	5	4-5
		Ni	4	K 4	5	5	4-5
Al		3	5	5	4-5	4-5	

*K kırmızı, S sarı ton

3.2. Mordan ve Boya Konsantrasyonunun İndigo Boyalı Denim Kumaş Üzerine Etkisi

-Kolorimetrik Ölçümler

İndigo boyalı denim kumaşlara ait kolorimetrik değerler Tablo 5'te verilmektedir. Konsantrasyonun artmasıyla L^* değerleri düşmektedir. En düşük L^* değeri en yüksek mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda demir ile mordanlama sonucunda elde edilmiştir. Bu durum boyaya hazır beyaz kumaş ile yapılan boyamalar sonucu ile örtüşmektedir. En yüksek L^* değeri, en az mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda krom ile mordanlamada elde edilmiştir. a^* değerleri incelendiğinde; 20 gr/lt ekstrakt konsantrasyonunda bakır ve krom ile yapılan mordanlamalar haricinde

tüm a^* değerleri negatif değer almışlardır. Negatif a^* değerleri rengin yeşile kaymasını gösterdiği için, elde edilen boyamaların yeşil tona kaydığı ve bunun sebebinin daha önce gördüğü indigo boyama işlemi olduğu söylenebilir. Kökboya içerisinde bulunan alizarin ve purpurin gibi kırmızı renkli boyalar, hem atkı ipliklerini hem de çözgü ipliğinin indigo ile boyanmamış iç kısımlarını boyamaktadır. Mavi ve kırmızı renklerin bir arada bulunmasından dolayı elde edilen renkler yeşil tonuna kaymıştır. Arka yüzeydeki a^* değerleri incelendiğinde (Tablo 6) indigo ile işlem görmemiş atkı ipliklerinin pozitif değerler aldığı, dolayısıyla kırmızı tonda boyandığı gözlenmiştir. Arka yüzde en yüksek a^* değeri ön yüzde olduğu gibi bakır ile mordanlama ile elde edilmiştir.

Tablo 5. İndigo ile Boyanmış Denim Kumaşın Boyama Sonrası Kolorimetrik Verileri (Ön Yüz)

Ekstrakt Konsantrasyonu (gr/lt)	Mordan Konsantrasyonu (gr/lt)	Mordan tipi	L^*	a^*	b^*	C^*	h^o
5	0,25	-	27,240	-0,539	-7,189	7,209	265,715
		Cr	28,003	-0,759	-6,293	6,338	263,123
		Pb	27,642	-0,749	-7,195	7,234	264,054
		Fe	24,059	-0,476	-6,119	6,137	265,553
		Cu	25,596	-0,571	-5,762	5,790	264,344
		Ni	25,916	-0,819	-5,705	5,764	261,829
		Al	27,059	-0,639	-7,241	7,270	264,954
	5	Cr	26,410	-0,780	-6,432	6,479	263,088
		Pb	26,614	-0,671	-6,401	6,436	264,016
		Fe	23,159	-0,643	-5,911	5,946	263,794
		Cu	24,995	-0,739	-5,227	5,279	261,948
		Ni	26,311	-0,974	-5,926	6,005	260,663
		Al	25,730	-0,494	-7,332	7,349	266,148
		10	0,25	-	26,010	0,065	-6,462
Cr	25,185			-0,267	-5,224	5,231	267,072
Pb	25,331			-0,398	-6,820	6,832	266,661
Fe	22,374			-0,271	-4,758	4,765	266,738
Cu	24,729			-0,159	-5,063	5,065	268,198
Ni	25,620			-0,586	-4,293	4,333	262,234
Al	25,251			-0,151	-7,131	7,132	268,789
5	Cr		24,876	-0,246	-4,358	4,365	266,764
	Pb		25,350	-0,417	-5,390	5,156	265,362
	Fe		22,412	-0,357	-5,442	5,454	266,247
	Cu		23,117	0,036	-2,131	2,132	270,959
	Ni		24,132	-0,535	-3,601	3,64	261,544
	Al		25,453	-0,217	-6,702	6,706	268,141
	20		0,25	-	25,738	0,077	-6,461
Cr		24,730		0,125	-3,393	3,396	272,116
Pb		26,126		-0,019	-5,177	5,177	269,793
Fe		21,697		-0,165	-4,461	4,464	267,778
Cu		23,007		0,634	-2,479	2,558	284,354
Ni		25,097		-0,287	-5,273	5,281	266,881
Al		26,489		-0,126	-6,578	6,579	268,901
5		Cr	24,439	-0,192	-2,816	2,822	266,204
		Pb	25,274	-0,281	-4,751	4,760	266,613
		Fe	20,007	-0,090	-4,295	4,296	268,80
		Cu	23,207	0,633	-1,282	1,430	296,276
		Ni	25,359	-0,492	-3,835	3,866	262,695
		Al	25,665	-0,028	-6,290	6,290	269,746

Arka yüzeyin b* değerleri incelendiğinde, pozitif değerler aldığı, dolayısıyla daha sarımsı tona sahip olduğu gözlenmiştir. Mordan konsantrasyonuna bağlı olarak çok değişmemesine karşılık, ekstrakt konsantrasyonunun artmasıyla değerlerde yükselme saptanmıştır. Ön yüzün b* değerlerine bakıldığında, ekstrakt konsantrasyonunun

artmasıyla şap ile mordanlama haricindeki tüm mordanlamalarda rengin maviden sarıya doğru kaydığı fakat pozitif değerler almadığı görülmüştür. En düşük negatif b* değeri, en yüksek mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda bakır ile mordanlamada elde edilmiştir.

Tablo 6. İndigo ile Boyanmış Denim Kumaşın Boyama Sonrası Kolorimetrik Verileri (Arka Yüz)

Ekstrakt Konsantrasyonu (gr/lit)	Mordan Konsantrasyonu (gr/lit)	Mordan tipi	L*	a*	b*	C*	h°
5	-	-	47,980	1,323	1,420	1,941	47,020
	0,25	Cr	46,147	1,638	2,800	3,244	59,672
		Pb	47,993	1,094	2,266	2,517	64,235
		Fe	41,099	0,939	1,278	1,586	53,690
		Cu	45,265	2,128	4,169	4,681	62,964
		Ni	46,095	1,313	3,562	3,796	69,765
		Al	46,919	1,305	1,730	2,167	52,966
	5	Cr	46,219	1,514	3,426	3,746	66,160
		Pb	47,217	1,321	2,705	3,010	63,964
		Fe	40,791	0,313	1,713	1,742	79,639
		Cu	44,534	1,698	3,579	3,962	64,613
		Ni	44,580	1,195	3,561	3,756	71,455
		Al	47,291	1,365	1,701	2,181	51,254
	10	-	-	44,945	2,256	1,131	2,524
0,25		Cr	43,873	3,131	5,034	5,929	58,118
		Pb	46,306	1,950	2,459	3,139	51,591
		Fe	33,783	1,826	1,435	2,323	38,157
		Cu	40,015	3,830	5,677	6,848	55,995
		Ni	43,615	2,535	5,904	6,425	66,767
		Al	44,628	2,506	2,492	3,534	44,832
5		Cr	43,352	3,153	5,662	6,481	60,888
		Pb	43,056	2,582	4,343	5,052	59,269
		Fe	34,040	1,150	1,755	2,099	56,760
		Cu	39,932	3,636	6,540	7,483	60,926
		Ni	43,566	2,438	6,307	6,761	68,862
		Al	44,389	2,876	2,670	3,924	42,875
20		-	-	44,949	3,030	3,113	4,344
	0,25	Cr	41,155	4,230	6,498	7,753	56,938
		Pb	48,209	3,223	3,898	5,715	52,253
		Fe	32,828	1,910	1,789	2,617	43,125
		Cu	37,771	5,154	6,942	8,647	53,409
		Ni	42,016	3,404	7,637	8,361	65,978
		Al	43,456	3,511	3,985	5,311	48,623
	5	Cr	40,267	4,128	6,957	8,090	59,321
		Pb	42,728	2,008	6,804	7,094	73,558
		Fe	30,226	1,338	1,093	1,728	39,246
		Cu	37,296	5,540	9,608	11,091	60,031
		Ni	41,514	3,527	8,177	8,905	66,671
		Al	43,373	3,409	3,727	5,051	47,555

İndigo boyalı kumaşın ön yüzü C* değerleri incelendiğinde ekstrakt ve mordan konsantrasyonu arttıkça, elde edilen renklerin matlaştığı gözlenmiştir. Minimum C* değeri, en yüksek mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda bakır ile

mordanlamada elde edilmiştir. Düşük boya konsantrasyonunda C* değerlerinde çok fazla değişim olmamakla beraber, 10 ve 20 gr/lit konsantrasyonlardaki boyamalarda mordan konsantrasyonunun artmasıyla düşmektedir.

Tablo 7. İndigo ile Boyanmış Denim Kumaşın Boyama Sonrası Haslık Değerleri

Ekstrakt Konsantrasyonu (gr/lit)	Mordan Konsantrasyonu (gr/lit)	Mordan tipi	Işık	Yıkama		Sürtme	
				Renk Değişimi	Kirletme (Co)	Kuru	Yaş
5	-	-	4	5	4-5	4-5	3-4
	0,25	Cr	3-4	4-5	4-5	4-5	2
		Pb	3-4	5	4-5	4-5	2-3
		Fe	3-4	5	5	3-4	1
		Cu	4	5	4-5	4-5	2-3
		Ni	3	5	5	4	2
		Al	3	5	4-5	4	1-2
	2	Cr	3-4	4-5	4-5	4	2
		Pb	3	4-5	4-5	3-4	1-2
		Fe	4	5	5	4	1-2
		Cu	4	5	4-5	4	1-2
		Ni	3	5	4-5	4	2-3
		Al	3	5	4-5	3-4	2-3
	10	-	-	3	5	4-5	4
0,25		Cr	3-4	4-5	4-5	4	2
		Pb	3-4	4-5	4-5	4	2
		Fe	3-4	5	4-5	4	1
		Cu	4	4-5	4-5	4	1-2
		Ni	3	5	4-5	3-4	1-2
		Al	3	5	4	4	1-2
2		Cr	3-4	4-5	4-5	4	1-2
		Pb	3-4	4-5	4	3-4	1-2
		Fe	3	4-5	4-5	3-4	1-2
		Cu	4-5	5	4-5	4-5	1-2
		Ni	4	5	4-5	3-4	2-3
		Al	3-4	5	4-5	3	2-3
20		-	-	4	4-5	4	4
	0,25	Cr	4	4-5	4-5	4-5	2
		Pb	3-4	4-5	4-5	3	1
		Fe	4	4-5	4-5	3-4	1
		Cu	4	5	4-5	3-4	1
		Ni	4	5	4-5	3-4	2
		Al	3-4	5	4-5	3	2-3
	2	Cr	4	4-5	4-5	3-4	1-2
		Pb	4	4	4	4-5	1
		Fe	4	4-5	4	3-4	1
		Cu	5	5	4-5	4-5	1
		Ni	4	5	4-5	3-4	2
		Al	3-4	5	4-5	3	2-3

h° açıları incelendiğinde, örneklerin renk ordinat sisteminde negatif b^* ordinatına yakın olduğu görülmektedir. Kumaşın arkasına ait C^* değerleri incelendiğinde, mordanlama sonucunda demir ile mordanlama haricindeki tüm değerlerin arttığı gözlenmiştir. Maksimum C^* değeri ön yüzde gözlemlendiği gibi bakır ile mordanlama işleminde en yüksek mordan ve ekstrakt konsantrasyonunda gözlenmiştir. Arka yüzde ölçülen h° açılarına bakıldığında, örneklerin renk düzleminde $+a^*$ ve $+b^*$ ordinatlarının orta kısmına yakın olarak dizildikleri söylenebilir.

-K/S Değerleri ve Maksimum Absorbsiyon Dalga Boyu

Tablo 3 incelendiğinde 5 gr/lit ekstrakt konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda maksimum absorpsiyon dalga boyu değişmemektedir. Konsantrasyon artırıldığında, mordanlama tipine göre (demir ile mordanlama hariç) maksimum dalga boyunun değiştiği gözlenmiştir. Arka yüzün değerleri ele alındığında, demir ile mordanlama sonucunda 2 gr/lit mordan konsantrasyonlarında maksimum absorpsiyon dalga boyunun 400 nm'ye kaydığı gözlenmiştir. Diğer boyamalarda maksimum absorpsiyon dalga boyu 500-540 nm arasında değişmektedir. Ekstrakt konsantrasyonun artmasıyla K/S değerleri artmaktadır.

-Haslık Değerleri

İndigo boyalı kumaşın kökboya ekstraktı ile boyanması sonucunda elde edilen haslık değerleri Tablo 7'de verilmektedir. Işık haslığı sonuçları 3 ve 5 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek ışık haslığı sonucu, maksimum ekstrakt ve mordan konsantrasyonlarında bakır ile mordanlama sonucunda ölçülmüştür. Yıkama haslığı sonuçları (4 ve 5 arasında) yüksek çıkmıştır. Kuru sürtme haslığı değerleri 3 ve 4-5 arasında oynamaktadır. Fakat yaş sürtme haslığı değerlerinin oldukça düşük çıktığı gözlenmiştir. Mordanlamanın yaş sürtme haslıkları üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır. Sürtme haslıklarında gözlenen düşmeler, kumaşın bünyesinde bulunan indigo ile açıklanabilir.

4. SONUÇLAR

En düşük L^* değerleri her iki tipteki kumaşta demir ile mordanlama sonucu elde edilen boyamalarda gözlenmiştir. Bu durum a^* ve b^* değerlerinde de aynıdır. Demir ile mordanlama haricinde, diğer mordan çeşitlerinde kolorimetrik değerler daha yüksek çıkmıştır.

İndigo boyalı kumaş ile yapılan denemelerde kumaşın ön yüzünde maksimum absorpsiyonun 550-640 nm dalga boyları arasında iken arka yüzünde 400-540 nm dalga boylarında olduğu görülmektedir. Beyaz denim kumaşın maksimum absorpsiyon dalga boyu incelendiğinde, demir ile yapılan mordanlamalarda 400 nm olduğu gözlenmiştir.

İndigo boyalı kumaşta, ışık haslığı değerleri beyaz denim kumaş ile yapılan denemelere göre daha yüksek çıkmıştır.

Yıkama haslıkları, mordan konsantrasyonuna ve boya konsantrasyonuna bağlı olarak bir değişiklik göstermemiştir. Her iki tipteki kumaş ile yapılan denemelerde yüksek değerler elde edilmiştir. Kuru sürtme haslıklarının yüksek çıkmasına rağmen, indigo boyalı denim kumaş ile yapılan denemelerde düşüş gözlenmiştir. Sonuç olarak, kökboyanın denim mamul üretiminde alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Bechtold, T.; Turcanu, A.; Ganglberger, E.; Geissler, S. (2003), *Natural dyes in modern textile dyehouses — how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future?*, Journal of Cleaner Product, 11, 499.
2. Bechtold, T.; Mahmud-Ali, A.; Mussak R. (2007), *Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material*, Dyes and Pigments, 75, 287.
3. Bechtold, T.; Mahmud-Ali, A.; Mussak R.A.M. (2007), *Reuse of ash tree (Fraxinus excelsior L.) bark as natural dyes for textile dyeing: process conditions and process stability*, Coloration Technology, 123, 271.
4. Shanker, R.; Vankar, P.S. (2007), *Dyeing cotton, wool and silk with Hibiscus mutabilis (Gulzuba)*, Dyes and Pigments, 74, 464.
5. Vankar, P.S.; Shanker, R.; Mahanta, D.; Tiwari S.C. (2008), *Ecofriendly sonicator dyeing of cotton with Rubia cordifolia Linn. using biomordant*, Dyes and Pigments, 76, 207.
6. Vankar, P.S.; Shanker, R.; Verma, A. (2006), *Enzymatic natural dyeing of cotton and silk fabrics without metal mordants*, J Cleaner Product, 15, 1441.
7. Lee, Y. H. (2007), *Dyeing, fastness, and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics dyed with coffee sludge (Coffea arabica L.) extract*, Journal of Applied Polymer Science, 103, 1, 251.
8. Chairat, M.; Bremner, J.B.; Chantrapromma K. (2007), *Dyeing of cotton and silk yarn with the extracted dye from the fruit hulls of mangosteen, Garcinia mangostana linn*, Fibers and Polymers, 8, 6, 613.
9. Ke, G.; Yu, W.; Xu, W. (2006), *Color evaluation of wool fabric dyed with Rhizoma coptidis extract*, Journal of Applied Polymer Science, 101, 5, 3376.
10. Seventekin N, Buğra N, Sarper T.A., (1997) *Nar kabuğu ile pamuklu kumaşların boyanması*, Tekstil ve Konfeksiyon, 7, 4, 239.
11. Pazarlıoğlu, N. K., Sarıışık, A. M., Telefoncu, A., (2005), *Treating denim fabrics with immobilized commercial cellulases*, Process Biochemistry, 40, 2, 767.
12. Sarıışık A. M., (2004) *Use of Cellulases and Their Effects on Denim Fabric Properties*, AATCC Review, 4, 1, 24.
13. Sarıışık (Öneş) M, (2001), *Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yay.
14. Pazarlıoğlu, N., Sarıışık A. M., Telefoncu A., (2005) *Laccase: Production by Trametes versicolor and application to denim washing*, Process Biochemistry, 40, 5, 1673.
15. Başdoğan, M. B., Erkan G., Sarıışık M., (2004) *Denim mamullerinin aşındırma işlemlerinde benzoil peroksit kullanımı*, II. Ulusal Tekstil Yardımcı Kimyasalları Kongresi, Eylül, Bursa.
16. Tarhan M., Sarıışık M., (2009) *A Comparison Among Performance Characteristics of Various Denim Fading Processes*, Textile Research Journal, 79, 4, 301.
17. Karadağ R., (2007) *Doğal Boyamaçlık*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü, Ankara.
18. Önal A., (1996), *Extraction of Dyestuff From Maddar Plant (Rubia tinctorum L.) and Dyeing of Wool, Feathered-Leather and Coton*, Turkish Journal of Chemistry, 20, 204.
19. D. De Santis, M. Moresi, (2007), *Production of Alizarin Extracts from Rubia tinctorum and Assessment of Their Dyeing Properties*, Industrial Crops and Products, 26, 151.