

Pamuklu Kumaşların Bitki Bazlı Gıda Boyaları İle Boyanabilirliğinin Araştırılması

Investigation of the Dyeability of Cotton Fabrics with Plant-Based Food Colorings

Çağla GÖKBULUT, Hülya KICIK
Elyaf Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Bursa

Doi: 10.51764/smutgd.1223318

Geliş Tarihi :23.12.2022

ÖZET

Kabul Tarihi :28.05.2023

Boyarmaddeler hemen hemen her sektörde kullanılmaktadır. Ancak sentetik boyarmaddelerin çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bundan dolayı son dönemlerde özellikle tekstil sektöründe çevre dostu doğal boyarmaddeler ön plana çıkmıştır. Bu boyarmaddeler toprak, kil, bitki bazlı olabilmektedir. Doğal boyalar tekstil sektörü dışında kozmetik ve eczacılıkta, güneş pillerinde, gıda renklendirmede ve pH indikatörü olarak kullanılabilir. Gıda sektöründe kullanılan boyarmaddelerin amacı işlenmiş gıda ürünlerinin tüketici gözünde albenisini artırmaktır. Ancak tekstil sektöründe olduğu gibi gıda sektöründe de doğal, bitki bazlı boyarmaddelere olan talebin her geçen gün arttığı görülmektedir. Çalışma kapsamında %100 pamuk dokuma kumaş pancar, kara havuç, zerdeçal ve klorofil toz gıda boyaları kullanılarak çektirme metoduna göre boyanmıştır. Boyamalarda %1 ve %10 olmak üzere iki farklı boyarmadde konsantrasyonunda şap ve demir (II) sülfat mordanları kullanılmıştır. Mordanlama işlemi ön ve eş zamanlı olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmiştir. Boyamalar sonucunda elde edilen sarı, kahve, yeşil, bej ve gri renkli kumaşların renk ölçümleri ve yıkama, su, kuru ve yaş sürtme haslık kontrolleri yapılmıştır. Renk ölçümlerinde en iyi renk veriminin ön mordanlama prosesleriyle elde edildiği görülürken, pancarın sıcaklıkla bozunduğu tespit edilmiştir. Her boya için renk verimliliği en yüksek kumaşların yıkama haslıklarına bakıldığında en iyi sonuç klorofil ve pancarda elde edilmiştir. Aynı kumaşların su haslıklarında yalnızca zerdeçalın kirletme (CS) değeri dışında tüm sonuçlar 3/4 ve üzeridir. Sürtme haslıklarında ise zerdeçal dışındaki boyaların haslıkları en az 4 değerindedir. Sonuç olarak gıda boyalarının tekstilde kullanımının umut vadettiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Tekstilde doğal boyama, klorofil, kara havuç, pancar, zerdeçal

ABSTRACT

Dyestuffs are used in almost every industry. However, synthetic dyestuffs have negative effects on the environment and human health. Therefore, in recent years, environmentally friendly natural dyestuffs are come into prominence, especially in textile industry. These dyestuffs can be soil, clay or plant based. Natural dyes can be used in cosmetics and pharmacy, solar cells, food coloring and as a pH indicator, apart from the textile industry. The processed products in the food industry are colored in order to increase their sales appeal on the consumer. However, as in the textile industry, the demand for natural, plant-based dyestuffs in the food sector is increasing day by day. Within the scope of the study, 100% cotton woven fabric was dyed according to the exhaustion method using beet root, black carrot, turmeric and chlorophyll powder food dyes. Alum and iron (II) sulfate mordants were used in dyeings at two different dye concentrations, 1% and 10%. The mordanting process was carried out in two ways as pre-mordanting and simultaneous mordanting. Color measurements of yellow, brown, green, beige and gray fabrics obtained as a result of dyeing and fastness to washing, water, dry and wet rubbing were checked. In the color measurements, it was observed that the best color depth was obtained with the pre-mordanting processes, while it was determined that the beet root decolorized with temperature. Considering the washing fastness of the fabrics with the highest color depth for each dye, the best results were obtained in chlorophyll and beet root. In the water fastness of the same fabrics, all results are 3/4 and above, except for the color staining (CS) value of only turmeric. In terms of rubbing fastness, the fastness of dyes other than turmeric is at least 4. As a result, it can be said that the use of plant-based food colorings in textiles is promising.

Keywords: Natural dyeing in textile, chlorophyll, black carrot, beetroot, turmeric

1. GİRİŞ

Gıda ürünlerinde renk, ürünün kalitesini belirleyen ve tüketicinin satın alımını etkileyen unsurlardandır (Özyurt vd., 2019). İşlenmiş gıdaların üretiminde uygulanan bazı işlemler renk pigmentlerini etkilemektedir. Bu sorunun çözülmesi için ise doğal ve sentetik renklendiriciler kullanılmaktadır. Sentetik renklendiriciler ile kıyaslandığında doğal renklendiriciler daha yüksek kullanım maliyeti ve stabilitelerin düşük olması gibi birçok dezavantaja sahiptir. Fakat tüketiciler giderek sentetik renklendiricilerden uzaklaşmakta ve zararsız doğal pigmentleri tercih etmektedir (Martins et al., 2017). Doğal pigmentler en yaygın şekli ile karotenoidler, klorofiller, antosiyaninler ve betalainlerdir (Stintzing, 2004).

Curcuma longa latince ismi ile bilinen zerdeçalın içerdiği boyarmadde kurkumindir ve sarı renk eldesinde kullanılır (Tilak et al., 2004). Altın baharat olarak da bilinen bu baharat, ilaç ve kozmetik sektöründe gıda koruyucu ve renklendirici olarak kullanılmaktadır (Ghoreishian et al., 2013). Kara havuç (*Daucus carota* L), içerisinde antosiyanin bulunduran bitkilere örnek gösterilebilir. Antosiyaninler pembe, mavi, mor ve kırmızı rengi veren bileşiklerdir (Turgay & Çelik 2016). Antosiyaninlerin rengi bulunduğu konsantrasyon ve ortamın pH'ından etkilenmektedir (Rodriguez, 2016). Betalainler, kırmızı-mor ve sarı-turuncu rengi veren pigmentlerdir (Ravichandran, 2013). Gıda endüstrisinde doğal renklendirici olarak kullanılan pancar (*Beta vulgaris*) en önemli betalain kaynaklarından (Özyurt vd., 2019). Klorofil pigmenti biber, elma, kivi gibi tüm bitkilerin yeşil renk kaynağıdır. Bu pigment asit, ısı ve metal iyonları etkisiyle dönüşmekte ve rengini kaybetmektedir. Ayrıca fotodegradasyon ve asidik pH'larda stabil olmaması sebebiyle gıdalarda kullanımı sınırlanmaktadır (Rodriguez, 2016).

Son yıllarda özellikle tekstil ürünleri için sentetik boyalar yerine doğal boyaların kullanımı söz konusu hale gelmektedir (Tilak et al., 2004). Yukarıda bahsi geçen bitkilerin tekstil boyamacılığında kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Yapılan bir çalışmada Curcuma Longa ekstraktı kullanarak pamuklu ve yünlü kumaşlarda bakır sülfat ($CuSO_4$), demir sülfat ($FeSO_4$) ve alüminyum potasyum sülfat $KAl(SO_4)_2$ ile boyama gerçekleştirildiğinde sarı, turuncu, kahverengi tonları elde edilmiştir. Boyanan kumaşların haslık değerleri incelendiğinde şap ile mordanan kumaşların yıkama ve ışık hasılığının diğer mordanlara göre daha kötü olduğu tespit edilmiştir (Onal vd., 2020).

Yapılan başka bir araştırmada doğal renklendirici olan zerdeçal ile boyanmış ipek kumaşlara renk ve antibakteriyel özellik kazandırmak amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında boya konsantrasyonunun artması ile antibakteriyel özelliklerinin arttığı görülmüştür. Oran olarak %30 zerdeçal ile muamele gören numunelerde optimum düzeyde antibakteriyel aktivite gözlenmiştir (Ghoreishian et al., 2013).

Diğer bir çalışma kapsamında zerdeçal boyalı örme kumaşların renk haslığı, ter, su, sürtme ve tükürüğe karşı haslık özellikleri incelenmiştir. Boyama işleminde mordanlı ve mordanlı olmayan kumaşlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda mordan içeren pamuklu kumaşların renk haslığı özelliklerini, mordan içermeyen kumaşlara göre dahi iyi olduğu görülmüştür (Rahman et al., 2020).

Kırmızı pancar kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada yün ve pamuklu kumaşlar boyanmıştır. Boyama işlemi demir, kalay, çinko, krom, bakır ve şap metal tuzları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama ve test sonuçları, pamuklu ve yünlü kumaşların kırmızı pancar ile boyanabilirlik performansının kullanılan mordan ve uygulama yönteminden büyük ölçüde etkilenebileceğini göstermiştir. Boyanan renklere bakıldığında, pamuk kumaşların çok açık renklere olduğu fakat bunun yanında yün kumaşların oldukça koyu renklere boyandığı görülmüştür (Benli, 2020). Kara havuç ile yapılan bir çalışmada 4 farklı ortamda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan ekstraksiyonların K/S değerleri ölçülmüş ve ekstraksiyon için en iyi ortam %2 asitlendirilmiş metanol ile elde edilmiştir. Bunun dışında 70°C ve 55 dk boyama şartlarının en iyi şartlar olduğu görülmüştür (Batool et al., 2019).

Bugüne dek tekstilde yapılan doğal boya çalışmaları incelendiğinde bitkilerin ekstrakte edilerek kullanıldığı görülmüştür. Ancak bu durum endüstriyel ölçekteki üretimlerde yüksek nakliye gideri, depolamada fazla yer ihtiyacı, ekstraksiyon işlemi için özel teçhizatlarla gerek duyulması, sulu ekstraktların dayanımının düşük olması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu çalışmada yukarıda bahsi geçen olumsuzlukları gidermek amacıyla suda çözünebilir, toz, doğal gıda boyalarının çektirme metoduna pamuklu kumaş renklendirmedeki boyama performansı ve haslıkları incelenerek kullanım olanakları değerlendirilmiştir. Böylece endüstriyel uygulamada renk verimi yüksek ve daha pratik bir doğal boyama yönteminin geliştirilmesi sağlanacaktır.

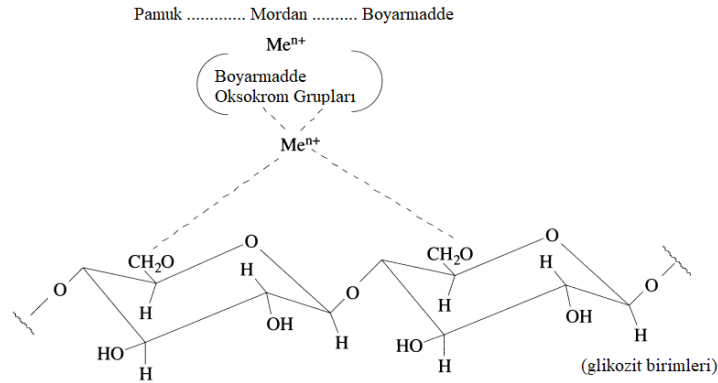
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada ön işlemleri tamamlanmış bez ayağı örgüsünde, 108 g/m² gramaja sahip, %100 pamuklu poplin kumaş kullanılmıştır. Kumaşların boyanması için kullanılan gıda boyaları Picta firmasından temin edilen PC21TZ003 kodlu zerdeçal, PC17TZ001 kodlu klorofil, PC02TZ001 kodlu pancar ve PC01TZ002 kodlu kara havuçtur ve bu boyaların tamamı suda çözünebilir toz formundadır. Çalışmada potasyum alüminyum sülfat dodekahidrat bir diğer adıyla şap [KAl(SO₄)₂·12H₂O] ve demir (II) sülfat heptahidrat (FeSO₄·7H₂O) olmak üzere iki adet mordan malzemesi kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

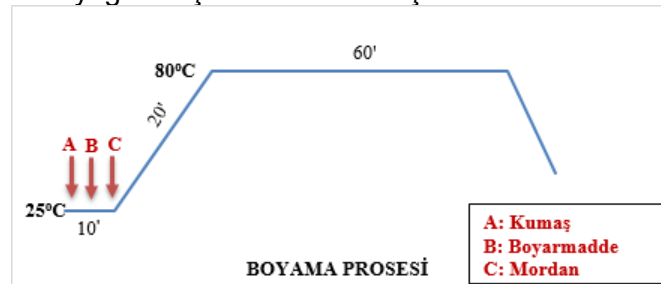
Boyarmaddeler, genellikle elyaf ve pigment ile bir kompleks oluşturan çok değerlikli metalik iyonların bulunduğu farklı metal tuzları kullanılarak farklı ton ve farklı renklerde renk verebilirler (Benli, 2020). Bu kapsamda çalışmada kumaşların gıda boyası ile boyanma işlemi iki farklı mordan kullanılarak, iki farklı mordanlama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Pamuk kumaşların mordan kullanılarak boyanmasında mordan malzemenin pamuk ve boyarmadde arasında hidrojen bağı oluşmaktadır (Önal, 1996). Boyama mekanizması Şekil 1'de verildiği gibidir.



Şekil 1. Kumaş ve boyarmadde arasındaki boyama mekanizması (Önal, 1996)

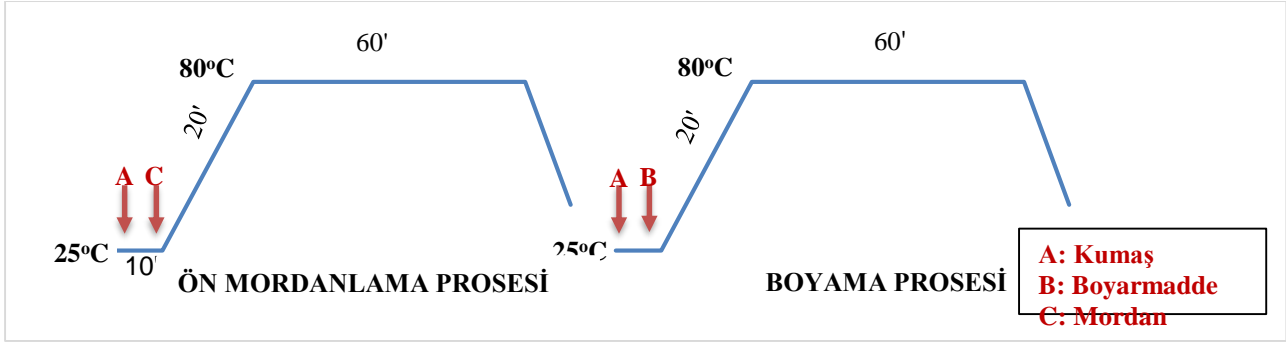
Kullanılan zerdeçal, klorofil, pancar ve kara havuç boyalarının hem eş zamanlı mordanlama hem de ön mordanlama işlemi ile boyamaları yapılmıştır. Tüm prosesler TERMAL marka 30 litrelik su banyosu kullanılarak yapılmıştır. Yapılan her boyamada 10 g kumaş kullanılmıştır.

Eş zamanlı mordanlama uygulanan kumaşların boyama işlemleri 1:20 flote oranında 80°C'de 60 dakika boyunca gerçekleştirilmiş, ardından kumaşlar 50°C'de 20 dk yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Literatür incelendiğinde kullanılan mordan miktarlarının %1 ile %10 arasında değiştiği görüldüğünden çalışma kapsamında da mordan miktarı %10 olarak belirlenmiştir. (Hosen et al., 2021, Batool et al., 2019, Yılmaz Şahinbaşkan et al., 2018) Çalışmada boyarmadde miktarı %1 ve %10 oranında kullanılmıştır. Şaplı ön mordanlama banyolarının pH değeri 3,46 ile 3,7 arasında değişmektedir. Demir (II) sülfatlı ön mordanlama banyolarının pH değeri 3,5 ile 4,3 arasında değişmektedir. Ön mordanlama prosesinden sonra boyama prosesleri incelendiğinde pH'lar 6,1 ile 8,7 arasında değişmektedir. En yüksek pH değerleri klorofil boyama banyolarında görülmüştür. Eş zamanlı mordanlama ile yapılan boyamalarda şap kullanıldığında boyama banyoları pH'ı 3,1-3,7 arasındadır. Demir (II) sülfatın mordan olarak kullanıldığı banyolarda ise bu değerler 3,5-6 arasında değişmektedir. Boyama diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Eş zamanlı mordanlama prosesi için boyama diyagramı

Ön mordanlama işleminde ise kumaşlar boya verilmeden önce yine %10 mordan miktarı ile 80°C'de 60 dakika muamele edilmiş, ardından boyama banyosunda boyarmadde oranı %1 ve %10 olacak şekilde yine 80°C'de 60 dakika boyanmış ve kumaşlar 50°C'de 20 dk yıkanmıştır. Boyama diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ön mordanlama prosesi için boyama diyagramı

Yapılan tüm boyama reçeteleri ve numunelere ait kumaş kodları Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada gerçekleştirilen denemeler

Kumaş Kodu	Boyarmadde Miktarı	Mordan Türü	Mordan Uygulama Türü
1	1% Zerdeçal	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
2	1% Zerdeçal	%10 Şap	Ön Mordanlama
3	10% Zerdeçal	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
4	10% Zerdeçal	%10 Şap	Ön Mordanlama
5	1% Zerdeçal	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
6	1% Zerdeçal	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
7	10% Zerdeçal	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
8	10% Zerdeçal	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
9	1% Klorofil	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
10	1% Klorofil	%10 Şap	Ön Mordanlama
11	10% Klorofil	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
12	10% Klorofil	%10 Şap	Ön Mordanlama
13	1% Klorofil	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
14	1% Klorofil	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
15	10% Klorofil	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
16	10% Klorofil	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
17	1% Pancar	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
18	1% Pancar	%10 Şap	Ön Mordanlama
19	10% Pancar	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
20	10% Pancar	%10 Şap	Ön Mordanlama
21	1% Pancar	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
22	1% Pancar	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
23	10% Pancar	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
24	10% Pancar	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
25	1% Kara Havuç	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
26	1% Kara Havuç	%10 Şap	Ön Mordanlama
27	10% Kara Havuç	%10 Şap	Eş Zamanlı Mordanlama
28	10% Kara Havuç	%10 Şap	Ön Mordanlama
29	1% Kara Havuç	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
30	1% Kara Havuç	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama
31	10% Kara Havuç	%10 Demir (II) Sülfat	Eş Zamanlı Mordanlama
32	10% Kara Havuç	%10 Demir (II) Sülfat	Ön Mordanlama

Renk ölçümü

Boyanan kumaşlar için renk ölçümleri Datacolor 1050 model spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler CIELab renk uzayına göre D65 gün ışığı altında 10° standart gözlemci kullanılarak 6,6 mm açıklıkta yapılmıştır. Her bir boya için maksimum absorpsiyon dalga boyunda (λ_{max}) görünür spektrumdaki (400–700 nm) yansıma değerlerinden (R), numunelerin karşılık gelen renk gücü (K/S) değerleri incelenmiştir (Park, 1993).

Yıkama haslığı

ISO 105-C06:2012 A2@40°C (URL-1) standarda göre James Heal marka gyrowash makinesinde yıkama haslığı testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar gri skalaya göre değerlendirilmiştir.

Su haslığı

ISO 105-E01:2013 (URL-2) standarda göre NÜVE marka etüvde su haslığı testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar gri skalaya göre değerlendirilmiştir.

Sürtme Haslığı

ISO 105X12:2006 (URL-3) standardına göre JAMES HEAL marka sürtünme haslığı test cihazında yapılmıştır. Sonuçlar gri skalaya göre değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. CIE $L^*a^*b^*$ Spektrofotometre Sonuçları

Farklı boya oranlarında, iki farklı mordan malzemesiyle, ön mordanlama ve eş zamanlı mordanlama prosesleri uygulanarak yapılan 32 adet deneme sonucunda pancar dışında diğer 3 gıda boyasının kumaşa bağlanması sağlanmıştır. Zerdeçal gıda boyası ile sarı ve kahve tonları, klorofil gıda boyası ile yeşil, kara havuç gıda boyası ile mavi renkler elde edilmiştir. Elde edilen renklere ait CIE $L^*a^*b^*$ değerleri Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. CIELAB'daki CIE, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Fransızca adı olan Commission Internationale de l'Éclairage'in kısaltmasıdır. L^* , a^* ve b^* harfleri, CIELAB renk uzayının objektif rengi ölçmek ve renk farklılıklarını hesaplamak için kullandığı üç değer her birini temsil eder. L^* , sıfırdan 100'e kadar bir ölçekte siyahtan beyaza açıklığı temsil ederken, a^* ve b^* belirli bir sayısal sınır olmaksızın renkliliği temsil eder. Negatif a^* yeşile, pozitif a^* kırmızıya, negatif b^* maviye ve pozitif b^* sarıya karşılık gelir (URL-4). Boyanan numunelere ait görüntüler Şekil 4'te verilmiştir. Yapılan ilk değerlendirmede ön mordanlama yapılarak boyanan tüm kumaşlarda abrajlı görünümün eş zamanlılara kıyasla ciddi oranda yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin ön mordanlama işleminde kumaşın katyonikleştirilmesi ve doğrudan boya banyosuna alındığında boyarmaddelerin kontrolsüzce kumaş yüzeyine bağlanması olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Zerdeçal ile boyanan kumaşların CIE $L^*a^*b^*$ değerleri

Kumaş Kodu	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
1	86,45	3,73	43,98	44,14	85,15	1,013
2	85,40	4,21	47,55	47,74	84,94	1,283
3	82,04	5,81	55,41	55,72	84,01	2,225
4	75,41	17,28	77,63	79,53	77,45	8,733
5	82,37	3,59	32,98	33,17	83,78	0,838
6	68,89	9,24	35,22	36,41	75,31	2,324
7	67,76	9,69	36,77	38,21	74,22	2,680
8	61,48	10,39	31,60	33,06	72,95	3,330

Zerdeçal ile boyanmış 1-2-3-4-5-6-7-8 kodlu kumaşlar diğer gıda boyaları ile boyanan kumaşlarla

karşılaştırıldığında %1 boya oranıyla bile renk veriminin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ghoreishian ve ark. yaptığı çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da mordan olarak şapın kullanıldığı proseslerde sarı renkler elde edilirken, mordan malzemesi olarak demir (II) sülfatın kullanıldığı numunelerde kahverengi renkler elde edilmiştir (Ghoreishian et al., 2013). Şap mordanı kullanılarak yapılan boyamalarda 1 ve 3 kodlu eş zamanlı mordanlama yapılan kumaşlar, sıra ile 2 ve 4 kodlu ön mordanlama yapılan kumaşlar ile karşılaştırıldığında Tablo 2'deki K/S değerine bakılarak ön mordanlamada renk veriminin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Demir (II) sülfat ile yapılan boyamalarda 5 ve 7 kodlu eş zamanlı mordanlama yapılarak boyanmış kumaşlar sırası ile 6 ve 8 kodlu ön mordanlama yapılarak boyanan kumaşlarla karşılaştırıldığında ön mordanlama yapılan kumaşların daha koyu olduğu görülmüştür. Hem kumaş görüntüleri hem de K/S değeri değerlendirildiğinde en koyu boyanan kumaşın 8,733 K/S değeri ile 4 kodlu kumaş olduğu görülmüştür. Ön mordanlama prosesi ve demir (II) sülfat ile boyanan 8 nolu kumaş kahverengi olduğundan diğer kumaşlara göre daha kırmızıdır, a^* değerinin yüksek olması da bu sonucu doğrulamaktadır. b^* değerlerine bakıldığında ise en sarı olan kumaşın şap mordanı ile ön mordanlama prosesi ile boyanmış 4 kodlu kumaş olduğu görülmüştür.

Tablo 3. Klorofil ile boyanan kumaşların CIE $L^*a^*b^*$ değerleri

Kumaş Kodu	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
9	92,92	-2,41	7,25	7,64	108,42	0,091
10	73,54	-10,62	15,30	18,65	124,73	1,531
11	87,24	-4,59	8,14	9,34	119,73	0,214
12	66,89	-12,72	10,78	16,67	139,70	2,427
13	89,61	-1,18	12,17	12,23	95,52	0,217
14	75,02	-7,41	14,71	16,48	116,74	1,366
15	85,97	-3,44	12,12	12,60	105,83	0,344
16	73,07	-9,71	10,52	14,32	132,72	1,379

Klorofil pigmenti ile gerçekleştirilen boyamalarda Şekil 4'te görüldüğü gibi özellikle ön mordanlama prosesi ile boyanmış 10-12-14 ve 16 kodlu kumaşlarda yeşil renkler elde edildiği, 9-11-13 ve 15 kodlu kumaşların renk alımlarının ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi klorofil pigmentinin asidik pH değerlerinde stabil olmaması (Khatir et al., 2015) ve eş zamanlı mordanlama yapılan boyama banyolarının pH değerlerinin 4 civarında olmasıdır (Rodriguez, 2016). Benzer şekilde Tablo 3 incelendiğinde ön mordanlama yapılmış kumaşların K/S değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. 12 nolu kumaş 2,427 K/S değeri ile en yüksek renk verimine sahiptir. Bu kumaşın 66,89 ile en düşük L^* değerine sahip olması ve -12,72 ile en düşük a^* değerine sahip olması klorofil ile boyanmış kumaşlar arasında en koyu ve en yeşil renk olmasını kanıtlamaktadır.

Tablo 4. Pancar ile boyanan kumaşların CIE $L^*a^*b^*$ değerleri

Kumaş Kodu	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
17	94,71	-0,41	5,14	5,16	94,51	0,037
18	94,58	-0,78	4,52	4,58	99,82	0,042
19	89,01	0,17	7,05	7,05	88,65	0,121
20	93,88	-0,29	6,53	6,53	92,52	0,056
21	90,40	1,87	13,55	13,97	82,32	0,194
22	93,55	1,65	14,85	14,94	83,65	0,205
23	89,11	2,23	15,07	15,07	15,23	0,248
24	89,58	0,27	8,28	8,29	88,11	0,131

Pancar ile gerçekleştirilen boyamalarda Şekil 4'te görüldüğü gibi renk verimi elde edilmemiştir. Bunun sebebinin 80°C gibi yüksek sıcaklıkların betalain pigmentinin hidrolizine neden olmasıdır. Ayrıca literatür incelendiğinde betalainlerin stabilitesinin düşük olduğu belirtilmiştir (Özyurt vd., 2019). Şekil 4'e bakıldığında mordan malzemesi olarak demir (II) sülfat kullanıldığında, kumaşlarda mordan malzemesinden gelen sarılık olduğu görülmektedir. Tablo 4'te belirtilen b^* değerleri incelendiğinde 21-22-23-24 kodlu demir (II) sülfat ile işlem gören kumaşların 17-18-19-20 kodlu şap ile işlem gören kumaşlara göre daha sarıda çıkması bunu ispatlamaktadır.

Tablo 5. Kara Havuç İle Boyanan Kumaşların CIE $L^*a^*b^*$ Değerleri

Kumaş Kodu	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
25	93,35	-0,44	4,93	4,95	95,06	0,049
26	91,08	-0,46	5,45	5,47	94,79	0,076
27	85,66	0,01	4,04	4,04	89,88	0,144
28	87,07	-0,09	2,54	2,54	92,14	0,098
29	90,44	0,82	11,54	11,57	85,95	0,165
30	90,17	0,51	10,71	10,72	87,27	0,158
31	77,91	-0,31	4,65	4,66	93,81	0,339
32	89,86	-0,05	5,00	5,00	90,58	0,088

Kara havuç antosiyenin pigmenti içermektedir ve antosiyenlerin gıda boyasında kullanılması önündeki en büyük engel, dayanıksız bir yapıda olmasıdır. Termal işlemler, pH değişimleri kullanımını kısıtlamaktadır (Demirci, vd., 2022). Dayanıksız yapısı dolayısıyla Şekil 4'te görüldüğü gibi özellikle %1 boya oranında boyanan 25-26-29 ve 30 kodlu kumaşların kara havuç ile boyanmadığı görülmüştür. Boyama prosesleri incelendiğinde eş zamanlı mordanlama ile gerçekleştirilen boyama banyolarının renginin pembe-kırmızı olduğu; ancak bu kumaşların boyama sonrası yapılan yıkama banyolarında renksizleştiği görülmüştür. Bunun sebebinin antosiyenlerin pH değişimlerine dayanıksız olmasıdır (Nabi et al., 2023).

Pancarda elde edilen sonuçlara paralel şekilde demir (II) sülfat ile boyanan %1'lik kumaşlar şap ile boyanan kumaşlara göre daha sarıdadır. Demir (II) sülfatın kumaşlara sarılık verdiği bu çalışma ile de ispatlanmaktadır. 27-28 ve 31-32 kodlu kumaşlar incelendiğinde eş zamanlı mordanlama prosesi ile boyanan 27 ve 31 kodlu kumaşların renk veriminin yüksek olması kara havucun en uygun eş zamanlı mordanlama yöntemi ile boyanacağını göstermektedir. 77,91 L^* değeri ve 0,339 K/S değeri ile en koyu renk 31 kodlu %10 kara havuç ve %10 demir (II) sülfat ile eş zamanlı olarak boyanan kumaşta elde edilmiştir.

ZERDEÇAL		KLOROFİL		PANCAR		KARAHAVUÇ	
1		9		17		25	
2		10		18		26	
3		11		19		27	
4		12		20		28	
5		13		21		29	
6		14		22		30	
7		15		23		31	
8		16		24		32	

Şekil 4. Boyanan kumaşların görüntüleri

Haslık Sonuçları

Boyanan kumaşların yıkama haslığı, su haslığı ve sürtme haslıkları kontrol edilmiştir. Çıkan sonuçlar Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 6. Zerdeçal ile boyanan kumaşların fiziksel test sonuçları

	Yıkama Haslığı		Su Haslığı		Sürtme Haslığı	
	ISO 105-C06:2012 A2@40°C		ISO 105-E01:2013		ISO 105X12:2006	
	CC	CS	CC	CS	YAŞ	KURU
1	1	3	4	3/4	4	2/3
2	2	2/3	4	2/3	2/3	2/3
3	2	2/3	4	2/3	3/4	2/3
4	3/4	2	4	2	2	1/2
5	2	4	4	3/4	4	3/4
6	2	2/3	4	2/3	2/3	2
7	2	2/3	4	2/3	3/4	2
8	2	2/3	4	2	3	2/3

Tablo 6'da zerdeçal ile yapılan boyamaların haslık sonuçları incelendiğinde, mordan malzemesi olarak şap

kullanılan 1-2 ve 3-4 kodlu kumaşlarda yıkama haslığı renk değişimi (CC) değerlerinin ön mordanlama yapılan 2 ve 4 nolu kumaşlarda daha iyi olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin boyarmaddenin kumaşa daha iyi bağlanması olduğu düşünülmektedir. Kirletme değerlerine (CS) bakıldığında ön mordanlama yapılan 2 ve 4 kodlu kumaşta eş zamanlı mordanlamaya göre ½ puan daha geride olduğu görülmekte, bunun sebebinin ise renklerin daha koyu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İyi haslık sonuçları elde etmek için düşük boyarmadde oranlarında demir (II) sülfat ile eş zamanlı mordanlama yapılması gerektiği görülmektedir.

Tablo 7. Klorofil ile boyanan kumaşların fiziksel test sonuçları

	Yıkama Haslığı		Su Haslığı		Sürtme Haslığı	
	ISO 105-C06:2012 A2@40°C		ISO 105-E01:2013		ISO 105X12:2006	
	CC	CS	CC	CS	YAŞ	KURU
9	1/2	4/5	3/4	4/5	4/5	4
10	1/2	4	4/5	4	4	3
11	1/2	4/5	4	4/5	4	4
12	3/4	4/5	4	3/4	4/5	4
13	1/2	4/5	4	4/5	4	4
14	3/4	4/5	4	4	4/5	4
15	3	4/5	4	4/5	4	4
16	3/4	4/5	4	4	4/5	4

Klorofil ile ilgili yapılan çalışmaların haslık sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. En iyi haslık değerlerinin demir (II) sülfat mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamalar olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra ön mordanlama yapılan 14-16 kodlu kumaşların haslık değerleri, eş zamanlı mordanlama yapılan 13-15 kodlu kumaşlardan daha iyidir.

Tablo 8. Pancar ile boyanan kumaşların fiziksel test sonuçları

	Yıkama Haslığı		Su Haslığı		Sürtme Haslığı	
	ISO 105-C06:2012 A2@40°C		ISO 105-E01:2013		ISO 105X12:2006	
	CC	CS	CC	CS	YAŞ	KURU
17	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5
18	3	4/5	3/4	4/5	4/5	4/5
19	4	4/5	4/5	4/5	4	4
20	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
21	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
22	3/4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
23	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
24	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Tablo 8’de görüldüğü gibi haslık değerleri en iyi pancar ile boyanan kumaşlarda elde edilmiştir. Bunun nedeni pancar ile renk veriminin elde edilmemesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 9. Kara havuç ile boyanan kumaşların fiziksel test sonuçları

	Yıkama Haslığı		Su Haslığı		Sürtme Haslığı	
	ISO 105-C06:2012 A2@40°C		ISO 105-E01:2013		ISO 105X12:2006	
	CC	CS	CC	CS	YAŞ	KURU
25	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
26	3/4	4/5	4	4/5	4/5	4
27	1/2	4/5	4	4/5	4/5	4/5
28	2	4/5	4	4/5	4/5	4/5
29	3/4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
30	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5
31	1/2	4/5	4	4/5	4/5	4/5
32	3	4/5	4	4/5	4/5	4/5

Kara havuç ile boyanan kumaşların haslık sonuçları incelendiğinde, Tablo 9'da görüldüğü gibi su haslığı ve sürtme haslıklarında oldukça iyi değerler elde edilmiştir. Yıkama haslıklarında renk değişim değerlerinin kötü olmasının sebebi boyarmaddenin ağartıcılara dayanımının olmayışındır. 25-26-29-30 kodlu kumaşların haslık değerlerinin iyi çıkmasının sebebi kumaşların zaten boya almadığından renklerinin açık olmasıdır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zerdeçal ile yapılan çalışmalarda farklı mordan malzemeleri kullanılarak farklı renkler elde edildiği görülmüştür. Şap ile sarı renk elde edilirken, demir (II) sülfat ile kahverengi elde edilmiştir. 77,63 b* değeri ile en koyu sarı 4 numaralı %10 zerdeçal, %10 şap ile ön mordanlama prosesi ile elde edilmiş, aynı şekilde en koyu kahverengi de 61,48 L* değeri ile 8 numaralı %10 zerdeçal, %10 demir (II) sülfat ile ön mordanlama prosesi ile elde edilmiştir. En iyi renk verimi olan zerdeçalın haslıklar incelendiğinde en koyu sarı olan 4 numaralı kumaşın kirlenme değerlerinin (CS) 2, kuru sürtme haslığının $\frac{1}{2}$ olduğu görülmüştür. İyi haslık sonuçları elde etmek için düşük boyarmadde oranlarının denenebileceği düşünülmektedir.

Klorofil ile yapılan eş zamanlı mordanlama denemelerinde banyo pH'nın 3,1-3,7 civarında olması ve klorofilin asidik ortamda renk verimi vermemesi nedeniyle renk elde edilmemiştir. Ön mordanlama ile yapılan çalışmalarda hem şap hem demir (II) sülfat ile en koyu yeşil renkler ve iyi haslık değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Özellikle 2,427 K/S değeri ile en koyu yeşil elde edilmiş %10 şap, %10 klorofil ile ön mordanlama proselinin haslık değerleri en düşük $\frac{3}{4}$ olduğundan kumaş boyamada rahatlıkla kullanılabilir.

Pancar gıda boyası kullanılarak yapılan çalışmalarda betalainin sıcaklıkla hidrolize olması nedeniyle renk verimi elde edilememiştir. Bu sebeple soğukta uzun süreli yapılan boyama proseleri denenebilir. %10 şap ve %10 kara havuç ile eş zamanlı mordanlama (27) ve ön mordanlama (31) yapılan denemelerde K/S değerleri sırasıyla 0,144 ve 0,098 olarak bulunmuştur. Demir (II) sülfat ile yapılan denemeler incelendiğinde kara havuç ile elde edilen en yüksek K/S değeri 0,339 %10 demir (II) sülfat %10 kara havuç ile eş zamanlı uygulanan boyamada görülmüştür. Kara havucun dayanıksız yapısı gıda boyalarında kullanımının kısıtlı olmasına neden olduğu gibi tekstil sektöründe de kullanımı kısıtlı olabileceği görülmüştür. Yıkama sonrası renk değişim değeri dışındaki tüm haslık değerleri oldukça iyidir. Yıkama proselerinde ağartıcıların kullanılmamasıyla bu değerlerin iyileştirilebileceği öngörülmektedir. Sonuç olarak gıda boyalarının tekstil kumaşlarına uygulanabileceği sonucuna ulaşılmış, bu kapsamda farklı gıda boyaları için farklı proseler ile boyama yapılabilmesi görülmüştür. Zerdeçal ve klorofil ön mordanlama prosesiyle en iyi renk verimi elde etmişken, kara havuç eş zamanlı mordanlamada daha iyi boyanmıştır. Çalışma kapsamında mordan malzemeler %10 oranında kullanılmıştır. Bu oran özellikle zerdeçalda renk veriminin yüksek olması nedeniyle ilerleyen çalışmalarda %3, %5 gibi oranlarda denenebilir. Aynı şekilde pancar gıda boyasından renk verimi elde edilmediğinden mordan malzemesinin %15, %20 ve boyanın %15, %20 gibi daha yüksek oranlarında boyama denemeleri gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada sentetik boyaların kullanılmamasının yanı sıra doğal gıda boyalarının antioksidan, antibakteriyel, antikanserojen faydalarının kumaşa kazandırılmış olması beklenmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Batool F., Iqbal N., Azeem M., Adeel S., & Ali M. (2019). Sustainable dyeing of cotton fabric using black carrot (*daucus carota* l.) plant residue as a source of natural colorant. *Pol. J. Environ. Stud.*, 28(5), 3081-308.
- Benli H. (2020). Coloration of cotton and wool fabric by using bio-based red beetroot (*beta vulgaris* l.). *Journal of Natural Fibers*.
- Demirci, Ş. N., Metin, B. & Demirci, M. (2022). Antosiyanin Stabilite Artırma Metotları: Fenolik Kopigmentasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 276-281.
- Ghoreishian S. M., Maleknia L., Mirzapour H. & Norouzi M. (2013). Antibacterial properties and color fastness of silk fabric dyed with turmeric extract. *Fibers and Polymers*, 14(2), 201-207.
- Hosen, M. D., Rabbi, M. F., Raihan, M. A. & Al Mamun, M. A. (2021). Effect of turmeric dye and biomordants on knitted cotton fabric coloration: A promising alternative to metallic mordanting. *Cleaner Engineering and Technology*, 3.

- Khatri A., Peerzada M. H., Mohsin M. & White M. (2015). A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution. *Journal of Cleaner Production*, 87, 50–57.
- Martins N., Roriz C., L., Morales P., Barros L. & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Coloring attributes of betalains: A key emphasis on stability and future applications. *Food and Function*, 8(4), 1357-1372.
- Nabi, B. G., Mukhtar, K., Ahmed, W., Manzoor, M. F., Ranjha, M. M. A. N., Kieliszek, M., Bhat, Z. F. & Aadil, R. M.(2023). Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. *Food Bioscience*, 52.
- Onal A., Tombul K. C. & Nached S. (2020). Investigation of dyeing properties of different fabric species with curcuma longa extracts. *Revue Roumaine de Chimie*, 65(11), 983-988.
- Önal, A. (1996). Extraction of Dy action of Dyestuff F estuff From Madder Plant (Rubia tinctorum L.) orum L.) and Dyeing of W eing of Wool, Feathered-Leather and Cott ed-Leather and Cotton. *Turkish Journal of Chemistry*, 20(3), 204-213.
- Özyurt V. H., Saralı H. & Ötleş S. (2019). Betalain ekstraktlarının gıdalarda kullanım olanakları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 864-870.
- Park, J.(1993). Instrumental colour formulation: A practical guide. *West Yorkshire, UK: The Society of Dyers and Colourists*.
- Rahman M., Ireen S., Biswas J. & Alam N. (2020). Effects of different mordants used in turmeric dyeing with cotton fabric. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(4), 1184-1188.
- Ravichandran K., Saw N. M. M. T., Mohdaly A. A. A., Gabr A. M. M., Kastell A., Riedel H., Cai Z., Knorr D. & Smetanska I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*, 50, 670–675.
- Rodriguez D. B. (2016). Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science*, 7, 20-26.
- Stintzing F. C. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalain in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 19-38.
- Tilak J. C., Banerjee M., Mohan H. & Devasagayam T. P. A. (2004). Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. *Phytother. Res.*, 18, 798–804.
- Turgay Ö. & Çelik E. (2016). Kırmızı biberden pigment ekstraksiyonunda kullanılan yöntemler. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 184-188.
- URL-1 ISO 105-C06:2012 A2@40oC. Textile test for colour fastness – Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- URL-2 ISO 105-E01:2013. Textile test for colour fastness – Part E01: Colour fastness to water, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- URL-3 ISO 105X12:2006. Textile test for colour fastness – Part X12: Colour fastness to rubbing, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- URL-4 What is CIELAB Color Space?["What is CIELAB Color Space?" [Online]. Available: <https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/>.
- Yılmaz Şahinbaşkan, B., Karadağ, R. & Torgan, E. (2018). Dyeing of silk fabric with natural dyes extracted from cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) and gall oak (*Quercus infectoria* Olivier). *Journal of Natural Fibers*, 15(4), 559-574.