

**TEKSTİLDE TEMİZ ÜRETİM ÇERÇEVESİNDE PAMUKLU
ÖRME KUMAŞLARIN ENZİMATİK RENKLENDİRİLMESİ**

Ömer BOZKURT

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rıza ATAV

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİLDE TEMİZ ÜRETİM ÇERÇEVESİNDE PAMUKLU ÖRME
KUMAŞLARIN ENZİMATİK RENKLENDİRİLMESİ

Ömer BOZKURT

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. RIZA ATAV

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Bu tez TÜBİTAK tarafından 5170069 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Rıza ATAV danışmanlığında, Ömer BOZKURT tarafından hazırlanan “Tekstilde Temiz Üretim Çerçevesinde Pamuklu Örne Kumaşların Enzimatik Renklendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Rıza ATAV

İmza:

Üye: Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

İmza:

Üye: Doç. Dr. Aylin YILDIZ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdür

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİLDE TEMİZ ÜRETİM ÇERÇEVESİNDE PAMUKLU ÖRME KUMAŞLARIN ENZİMATİK RENKLENDİRİLMESİ

Ömer BOZKURT

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rıza ATAV

Konvansiyonel tekstil yaş işlemlerinde, ekru kumaş bitmiş ürüne dönüşene kadar birçok kimyasal prosese tabi tutulmaktadır. Bu proseslerde kullanılan kimyasallar oldukça toksiktir. Kirliliğin oluşması boyama hazırlık ve boyama işlemlerinde, boyama sonrası işlemlere kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Bu noktada enzimatik işlemler tekstil terbiyesinde çevre dostu üretim yapılması hususunda önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Son yıllarda literatürde lakkaz enzimlerinin tekstil boyamacılığında kullanımı üzerine ilginç ve gelecek için ümit verici çalışmaların yayımlandığı dikkati çekmektedir. Henüz enzimatik renklendirme konusundaki çalışmalar oldukça sınırlıdır ve özellikle pamuk üzerinde yeterli başarı sağlanamamıştır. Bu tezin amacı pamuklu örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyarmadde kullanılmadan, uygun başlangıç maddelerinden yola çıkarak lakkaz enzimi ile oksidasyon yoluyla renklendirilmesidir. Yani tek adımda flotte içerisinde boyanın oluşturulması ve aynı anda boyamanın gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Yapılan denemeler sonucunda pamuklu örme kumaşlar üzerinde kabul edilebilir haslık değerlerine sahip olacak şekilde çeşitli sarı ve kırmızı renklerin enzimatik olarak elde edilebileceği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Enzimatik renklendirme, boyama, haslık, pamuk

2019, 60 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

ENZYMATIC COLORING OF COTTON KNITTED FABRICS WITHIN THE CLEAN PRODUCTION CONCEPT IN TEXTILE

Ömer BOZKURT

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Rıza ATAV

In conventional textile wet processes, ecru fabric is subjected to many chemical processes until it turns into finished product. The chemicals used in these processes are highly toxic. The formation of pollution is significantly higher in dyeing preparation and dyeing processes than in post-dyeing processes. At this point, enzymatic processes constitute an important alternative for environmentally friendly production in textile finishing. In recent years, it is noteworthy that the literatures on the use of laccase enzymes in textile dyeing and promising studies for the future have been published. A study on enzymatic coloring is very limited and there is still not enough success on cotton. The aim of this thesis is to color cotton knitted fabrics by oxidation with laccase enzyme based on appropriate starting materials without using dyestuff according to the exhaust dyeing. In other words, it is aimed to create dye in the liquor and to perform dyeing at the same time. As a result of the experiments, it was determined that various yellow and red colors having acceptable fastness values could be obtained enzymatically on cotton knitted fabrics.

Keywords: Enzymatic coloring, dyeing, fastness, cotton

2019, 60 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÇİZELGELER.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
1.1 Enzimler Hakkında Genel Bilgi	2
1.2 Lakkaz Enzimi.....	2
1.2.1 Lakkazların Eldesi	3
1.2.2 Lakkazların Yapısı ve Özellikleri	3
1.2.3 Lakkazların Etki Mekanizması	4
1.2.4 Lakkazların Enzimatik Renklendirmede Kullanımı ile İlgili Önceki Çalışmalar...7	
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1 Çeşitli Fenol ve Amin Bileşiklerinin Tekli ve İkili Karışımları Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Enzimatik Renklendirmede Elde Edilebilecek Renklerin Belirlenmesi	11
2.2 İyi Sonuç Veren Tekli veya İkili Başlangıç Maddeleri Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Elde Edilecek Renklerin Optimizasyonu	14
2.3 Lakkaz ile Enzimatik Renklendirmede pH'ın Etkisinin İncelenmesi	15
2.4 En İyi Sonuçları Veren Boyaların Yapısal Analizlerinin Gerçekleştirilmesi	15
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	17
3.1 Çeşitli Fenol ve Amin Bileşiklerinin Tekli ve İkili Karışımları Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Enzimatik Renklendirmede Elde Edilebilecek Renklerin Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar.....	17
3.2 İyi Sonuç Veren Tekli veya İkili Başlangıç Maddeleri Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Elde Edilecek Renklerin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar	22
3.3 Lakkaz ile Enzimatik Renklendirmede pH'ın Etkisinin İncelenmesine İlişkin Sonuçlar.....	44
3.4 En İyi Sonuçları Veren Boyaların Yapısal Analizlerine İlişkin Sonuçlar.....	47
4. GENEL SONUÇLAR.....	54
5. KAYNAKÇA.....	55
6. ÖZGEÇMİŞ	58

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1: Denemelerde başlangıç maddesi olarak kullanılan bileşiklerin isimleri,.....	14
Çizelge 4.1: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak yapılan enzimatik boyamalara ait renk verimi (K/S) sonuçları ile boyanmış numunelere ait fotoğraflar	19
Çizelge 4.1 (Devam): Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak yapılan enzimatik boyamalara ait renk verimi (K/S) sonuçları ile boyanmış numunelere ait fotoğraflar	20
Çizelge4.2: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak enzimatik boyanmış kumaşların yıkama ve sürtme haslıkları	23
Çizelge 4.3: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları	25
Çizelge 4.4: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	26
Çizelge4.5: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	26
Çizelge 4.6: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	26
Çizelge 4.7: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	26
Çizelge 4.8: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları	27
Çizelge 4.9: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları	29
Çizelge 4.10: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	29
Çizelge 4.11: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	29
Çizelge 4.12: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	30
Çizelge 4.13: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	30
Çizelge 4.14: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları	31
Çizelge 4.15: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları	32
Çizelge 4.16: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	33

Çizelge 4.17: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı).....	33
Çizelge 4.18: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	33
Çizelge 4.19: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	33
Çizelge 4.20: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları.....	34
Çizelge 4.21: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	36
Çizelge4.22: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	36
Çizelge4.24: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	37
Çizelge4.25: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	37
Çizelge 4.26: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine İlişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları.....	39
Çizelge 4.27: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.28: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	40
Çizelge 4.29: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	40
Çizelge 4.30: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	40
Çizelge 4.31: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	41
Çizelge 4.32: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine İlişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları.....	42
Çizelge 4.33: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4.34: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	44
Çizelge 4.35: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	44
Çizelge 4.36: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)	44

Çizelge 4.37: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı).....	44
Çizelge 4.38: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine İlişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları.....	45
Çizelge 4.39: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak 4 farklı pH'da yapılmış enzimatik boyamalara ilişkin renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri.....	47
Çizelge 4.40: 4 farklı pH'da yapılmış enzimatik boyamalara ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları	48
Çizelge 4.41: Optimum koşullarda sentezlenmiş çeşitli boyaların spektrofotometrik analiz sonuçları	49
Çizelge 4.42: A3 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.43: A2 ve F7 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları	51
Çizelge 4.44: AF3 Bileşik Sentez Boyanın HPLC Sonucu.....	51
Çizelge 5.45: A7 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.46: A5 ve A10 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları	53
Çizelge 4.47: AA3 Bileşik Sentez Boyanın HPLC Sonucu	53
Çizelge4.48: F4 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.49: A8 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları	54

ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Bakır atomlarının oryantasyonunu gösteren lakkazların aktif noktalarının gösterimi	3
Şekil 2.2: Lakkazların kataliz mekanizması	5
Şekil 2.3: Lakkaz-mediyatör sistemlerinin kataliz mekanizması (Tuncay 2014).	6
Şekil 2.4: Siringik asit polimerizasyonu (Ikeda ve ark 1996).	6
Şekil 2.5. Lakkazların yapay mediyatörleri (Tuncay 2014).	7
Şekil 3.1: Denemelerde kullanılan başlangıç maddelerinin kimyasal formülleri	12
Şekil 4.1: Pamuklu kumaşların enzimatik renklendirilmesinde elde edilen renkler	19
Şekil 4.2: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri	22
Şekil 4.3: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	23
Şekil 4.4: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri	26
Şekil 4.5: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	27
Şekil 4.6: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri	30
Şekil 4.7: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	31
Şekil 4.8: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri	34

Şekil 4.9: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	35
Şekil 4.10: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri.....	38
Şekil 4.11: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	39
Şekil 4.12: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri.....	42
Şekil 4.13: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri	43
Şekil 4.14: A3 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı	49
Şekil 4.15: A2 ve F7 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı.....	50
Şekil 4.16: A7 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı	52
Şekil 4.17: A5 ve A10 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı.....	53
Şekil 4.18: F4 Başlangıç Maddesinin ve Sentez Boyasının HPLC kromotogramı	54
Şekil 4.19: A8 Başlangıç Maddesinin ve bu başlangıç maddesinden Sentezlenmiş Boyanın HPLC kromotogramı	55

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim süresince bilgi ve tecrübelerini özveri ile aktaran, tez sürecinde beni yönlendiren, çalışmalarımın doğru ilerlemesi ve sonuçlanması için bana değerli zamanını ayıran danışman hocam Prof. Dr. Rıza ATAV'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde 5170069 nolu 1505 projesi kapsamında destek veren TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde önemli katkılar sağlayan proje ortağı firma ŞETAŞ Kimya A.Ş'ye ve İsmail YAKIN başta olmak üzere katkı sağlayan tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başlamam için beni teşvik eden aileme, bu zorlu sürecin başından itibaren bana destek olan Uğur ERGÜNAY, Bürhan BUĞDAYCI, Evren KALABELİ ve tüm laboratuvar arkadaşlarıma anlayışla çalışmalarına yardımcı olduklarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

MAYIS 2019

Ömer BOZKURT
Tekstil mühendisi

GİRİŞ

Konvansiyonel tekstil yaş işlemlerinde, ekru kumaş bitmiş ürüne dönüşene kadar birçok kimyasal prosese tabi tutulmaktadır. Bu proseslerde kullanılan kimyasallar oldukça toksiktir. Kirliliğın oluşması boyama hazırlık ve boyama işlemlerinde, boyama sonrası işlemlere kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Bu noktada enzimatik işlemler tekstil terbiyesinde çevre dostu üretim yapılması hususunda önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Son yıllarda literatürde lakkaz enzimlerinin tekstil boyamacılığında kullanımını üzerine ilginç ve gelecek için ümit verici çalışmaların yayınlandığı dikkati çekmektedir. Henüz enzimatik renklendirme konusundaki çalışmalar oldukça sınırlıdır ve özellikle pamuk üzerinde yeterli başarı sağlanamamıştır. Bu çalışmanın amacı pamuklu örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyarmadde kullanılmadan, uygun başlangıç maddelerinden yola çıkarak lakkaz enzimi ile oksidasyon yoluyla renklendirilmesidir.

Çevre kirliliğine yol açan maddelerin sürekli olarak artması nedeniyle, birçok ülkede bu kirletici maddelerin salınımı ile ilgili daha katı limitler uygulanmaktadır. Tekstil endüstrisinin, özellikle de kimyasal üretimi yapan sektörlerin, global kirlenmede çok önemli bir payı vardır. Son yıllarda temiz üretim çerçevesinde tekstil terbiyesi ve tekstil boyamacılığı alanında sürekli çevre dostu alternatif yöntemler araştırılmaktadır. Bu noktada enzimatik boyama henüz çok yeni bir konudur. Bu çalışmada pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanmasına alternatif enzimatik boyama yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1 Enzimler Hakkında Genel Bilgi

Tekstil terbiyesinde, çevre yükünü azaltmak ve çevreyle uyumlu bir üretim gerçekleştirmek için, terbiye işlemlerinde kullanılan maddelerin seçilmesi, bilinçli ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu kimyasal maddelerin kullanımı tamamen ortadan kalkamayacağı için, en azından doğayla daha dost, daha uyumlu maddeler ve yeni teknolojiler tercih edilmelidir. Bu nedenlerden dolayı, tekstil yaş işlemlerinde çevre dostu olan enzimler yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Şahin 2003).

Enzimler, spesifik kimyasal reaksiyonları katalizleme yeteneğine sahip, doğal yollardan elde edilen, protein yapısında, yüksek molekülü, kompleks organik polimerlerdir. Spesifik açıdan yalnızca ve tamamen belirli bir reaksiyon ya da materyal üzerinde etkili olmakta ve modern biyoteknolojik yöntemlerle izole edilebilen enzimlerden endüstriyel proseslerde yararlanılabilmektedir. Tekstil terbiyesinde enzimler genel olarak selüloz esaslı materyallerde kullanılmaktadır. Enzim kullanımı, özellikle selüloz esaslı liflerden en yaygın kullanıma sahip olan pamuklu materyaller üzerine yoğunlaşmıştır. Pamuklu ve pamuklu karışım materyallerinin terbiyesinde genel olarak kullanılan enzimler; amilaz, proteaz, selülaz, pektinaz, lipaz, katalaz ve lakkazdır. Kullanılan bu enzimler, materyalde haşıl sökme, hidrofilleştirme, yumuşatma, biyoparlatma, denim yıkama ve diğer çeşitli etkileri sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kullanıldığı materyallere tutum, görünüm ve diğer yüzey karakteristiklerini geliştirme gibi avantajlar sağlamaktadır (Şahin 2003).

1.2 Lakkaz Enzimi

Lakkazlar (EC 1.10.3.2, p-difenol:dioksijenoksidoredüktaz), polifenoloksidaz (PPO) adlı çoklu bakır içeren bir enzim grubunda yer alırlar. Difenoller, süstitüe monofenoller, aromatik ve alifatik aminler gibi çeşitli substratların oksidasyonunu katalizlerler. Oksidasyon sırasında “elektron alıcısı” olarak görev yapan moleküler oksijen suya indirgenir. Lakkaz ilk olarak Yoshida (1883) tarafından *Rhusvernificifera* adı verilen Japon vernik ağacında bulunarak tanımlandı. Bu durum lakkaz enzimini tanımlanan gelmiş geçmiş en eski enzimlerden biri yapmaktadır. Yüksek bitkilerden ve mantarlardan sonra bakterilerde ve böceklerde de lakkaz benzeri enzimlerin varlığına rastlanmaktadır (Tuncay 2014). Metal içeren oksidaz enzimi olarak Bertrand tarafından 1895 yılında karakterize edilmiştir. Lakkaz aynı zamanda Sidjanski ve arkadaşları tarafından 1997 yılında böcek, Alexandre ve Zhulin

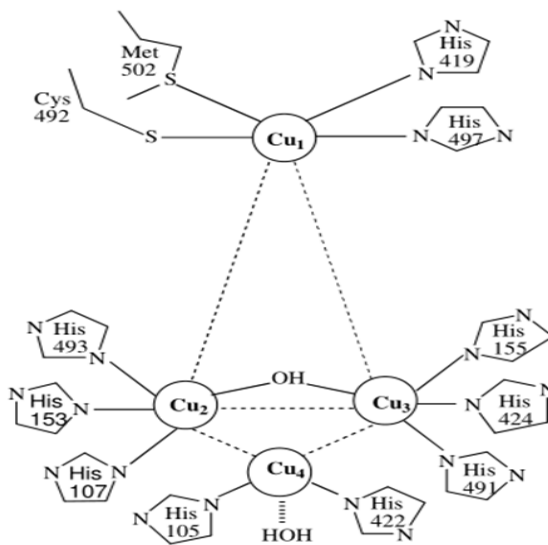
tarafından 2000 yılında bakterilerde tespit edilmiştir. Fakat bu enzimler tüm ağaç ürünlerini parçalayabilen tek mikro organizma olan beyaz çürükçül mantarlarda çok yoğun şekilde bulunmaktadır (Couto ve ark. 2006).

1.2.1 Lakkazların Eldesi

Birçok mantar türünde doğal konağında, ticari amaçlar için çok düşük kalacak seviyelerde lakkaz üretilmektedir. Bu sebeple, lakkaz üretimi üzerine yürütülen çalışmaların ana hedefi verimliliğin artırılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesidir. Lakkaz genlerinin klonlanması ve ardından heterolog ekspresyon daha yüksek verimde enzim eldesini sağlayabilmektedir. Lakkaz üretim seviyesinin genellikle heterolog konaklarda ekspresyon gerçekleştirilerek önemli ölçüde artırılabilmesine rağmen belirtilen seviyeler halen daha endüstriyel uygulamalar için düşük kalmaktadır. Son dönemlerde *basidiomycete Pycnoporus cinnabarinus* için etkili bir transformasyon ve ekspresyon sistemi geliştirilmiştir. Elde edilen verimlilik 1200mgL⁻¹ kadar yüksektir ve rekombinant mantar türleri için raporlanan en yüksek lakkaz üretimidir (Kunamneni ve ark. 2008).

1.2.2 Lakkazların Yapısı ve Özellikleri

Lakkaz fonksiyonu üç farklı bağlanma noktası arasına dağılmış Cu atomlarına bağlıdır. Cu atomları katalitik mekanizmada önemli bir role sahiptir. Lakkaz katalizinde üç önemli adım vardır. Tip 1 Cu indirgen substrat tarafından indirgenerek substrat yükseltgenir. Daha sonra elektron dâhili olarak Tip 1 Cu atomundan Tip 2 ve Tip 3 Cu atomundan oluşan trinuclearcluster'a transfer olur (Şekil 2.1), (Kunamneni ve ark. 2008).



Şekil 2.1. Bakır atomlarının oryantasyonunu gösteren lakkazların aktif noktalarının gösterimi

Mantar kökenli proteinlerin yapısı ve fizikokimyasal özellikleri ile ilgili mevcut bilgi birikimi saflaştırılmış proteinler üzerine yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Bugüne kadar 100'den fazla lakkaz enzimi mantarlardan elde edilmiş ve tamamına yakını karakterize edilmiştir. Lakkaz molekülü, aktif holoenzim formu olarak, üç redoks bölgesine bağlı monomer başına dört bakır (Cu) atomu bağlı bulunan dimerik ya da tetramerik glikoproteindir (Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 Bakır Çifti). Bakır atomları ışık absorbanlığı ve elektron-paramanyetik davranışları ile ayırt edilebilir (Çizelge 3.1) (Coutove ark. 2006).

pH 4 civarında asidik izoelektrik noktaya sahip monomerin moleküler ağırlık aralığı yaklaşık 50-100kDA civarındadır. En önemli özelliği enzimin yüksek stabilitesine katkı yapan yüksek seviyedeki glikozilasyonudur (türe ve heterolog konağa bağlı olarak toplam ağırlığın %10-50'si kadar kovalent bağlı karbonhidrat parçaları içerirler). Birçok lakkaz izoenzimleri birçok mantar türünde tespit edilmiştir. Birçok beyaz çürükçül mantarda birden çok izoenzim üretilmektedir (Coutove ark. 2006; Kunamneni ve ark. 2008).

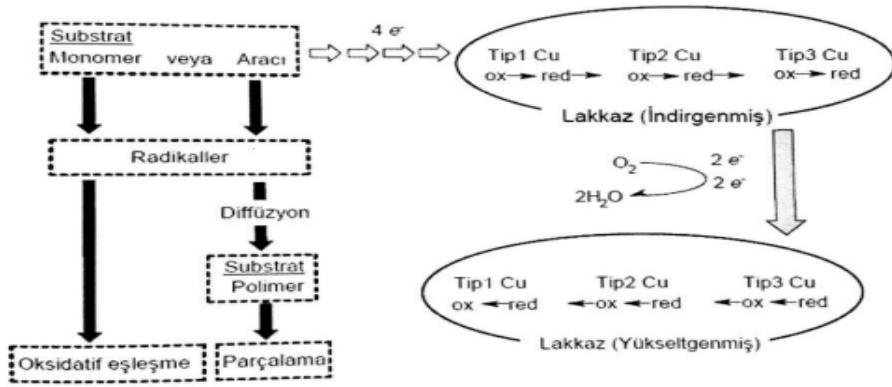
Tip 1 bölgesinin redoks potansiyeli birçok lakkaz için farklı medyatörler kullanılarak tespit edilmiş ve *R. Vernicifera* ağacından elde edilen lakkaz için 430mV'dan, *Polyporusversicolor*'den elde edilen mantar kökenli lakkaz için 780mV'a kadar değişiklik göstermektedir. Daha önceleri, bazı indirgen substratlar için lakkazların katalitik verimliliğinin, Tip 1 bakır türünün redoks potansiyeli ile lineer olarak ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında Tip 1 bölgesinin redoks potansiyeli ne kadar yüksekse katalitik etki de o kadar yüksek olmaktadır (Kunamneni ve ark. 2008).

Lakkazlar rölatif olarak ligninolitik peroksidazlar (>1 V) ile kıyaslandığında daha düşük redoks potansiyeline (450-800mV) sahiptir. Bu nedenle başlangıçta lakkazların yalnızca fenolik maddeleri oksidasyona uğratacağı düşünülmüştü. Fakat, lakkazlar tarafından oksidasyona uğratılabilecek malzeme çeşitliliği medyatör içeren reaksiyon mekanizmaları ile artırılabilir. Medyatörler, lakkazlar tarafından kolaylıkla oksidasyona uğrayarak, bazı durumlarda eski orjinal durumlarına dönmeden daha kompleks maddelerin okside edilmesine olanak sağlayan, hiç stabil olmayan ve reaktif katyonik radikaller açığa çıkaran düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Lakkazlar tarafından alınan elektronlar sonuç olarak su açığa çıkarmak üzere tekrar oksijene geri transfer edilirler (Coutove ark. 2006).

1.2.3 Lakkazların Etki Mekanizması

Çoklu bakır içeren bir protein olan lakkazların, reaksiyon mekanizmaları radikal katalizlidir. Lakkazlar, peroksidazlar ve tirozinazlar ile birlikte doğada yaygın olarak bulunan fenol oksitleyici enzimlerin büyük bir grubunu oluşturmaktadırlar. Reaksiyon tiplerine bağlı

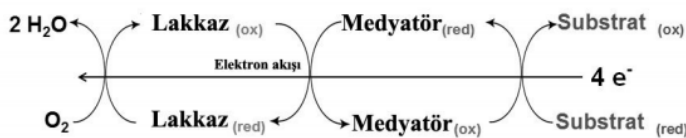
olarak bu enzimler, elektronları bir substrattan başka bir akseptöre transfer eden oksidoredüktaz enzimleridir. Bu enzimlerin katalizlediği tepkimelerde rol oynayan elektron akseptörü, lakkaz ve tirozinaz için atmosferik O_2 iken, peroksidaz için H_2O_2 'dir (Tuncay 2014).



Şekil 2.2. Lakkazların kataliz mekanizması

Lakkazlar fenolik hidroksil gruplarından protonu gidermek için elektron alıcı olarak oksijeni kullanırlar. Bu reaksiyon radikallerin spontane olarak tekrar düzenlenmesine neden olmaktadır. Bu durum alkil yan zincirlerindeki C-C veya C-O bağlarının kopmasına veya aromatik halkanın açılmasına öncülük edebilir (Kunamneni ve ark. 2008).

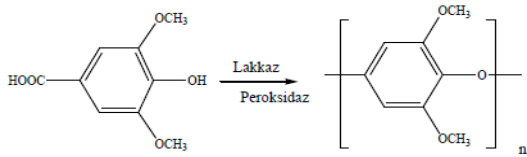
Lakkazlar, geniş aralıklı substrat spesifitesine sahiptirler. Mono, di ve polifenoller, aminofenoller, metoksifenoller, aromatik aminler ve askorbat gibi bileşik gruplarını içeren çok çeşitli substratların oksidasyonunu katalizlerler. Ancak yüksek redoks potansiyelli substratlar, lakkazlar tarafından direkt okside edilemezler. Örneğin, lignin biyodegradasyonunda lakkazın rolü fenolik parçacıklarla sınırlıdır. “Medyatör” denilen elektron taşıyıcı küçük moleküller, bu tip tepkimelerde aracı substratlar olarak rol alırlar ve lakkazın doğrudan oksitleyemediği büyük moleküllerin ve hatta fenolik olmayan substratların bile oksidasyonuna olanak sağlarlar. Lakkazın medyatörleri okside etmesi sonucu ürettiği yüksek redoks potansiyelli araçlar fenolik olmayan bileşiklerin oksidasyonunu sağlar. Bu aracı bileşikler, daha sonra başlangıç formuna indirgenerek redoks döngüsünü tamamlar (Şekil 2.3). Bu nedenle, lakkaz-medyatör sistemleri, lakkazın okside edebildiği bileşik aralığını ciddi oranda artırır (Tuncay 2014).



Şekil 2.3. Lakkaz-medyatör sistemlerinin kataliz mekanizması (Tuncay 2014).

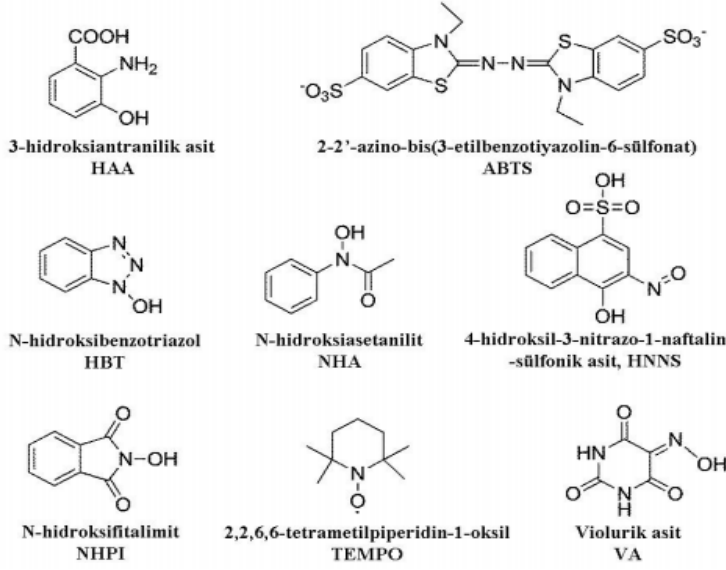
Oksidatif enzimlerin sentetik kimyada kullanımına yönelik çalışmalar hem akademik hem de endüstriyel açıdan ilgi toplamaktadır. Lakkaz oksitleyici enzimler sınıfında olan içerdiği dört bakır molekülü sayesinde bir moleküler bataryayı andıran güçlü bir oksitleyici enzimdir. lakkaz katalizli oksidasyon vasıtasıyla tekstil boyalarının üretimi fikri tamamıyla yeni bir yaklaşımdır. Çalışmamızda, belirli kıstaslara uyularak seçilen on beş farklı substitütif fenolik prekürsörlerin elisa mikrokuyucuklarında lakkaz için uygun koşullarda lakkaz oksidasyonu vasıtasıyla oksitlenmeleri sağlanarak bunun sonucunda oluşan fenolik serbest radikallerin birbiriyle veya kendi aralarında eşleşmesi sayesinde renkli maddelerin oluşturulmaları sağlandı. ITU22 adını verdiğimiz yalnızca bir boyanın sentez ve üretim çalışmaları anlatılmıştır. Tekstil boya kalitesi testleri sonunda, ITU22 ortalama bir kaliteye sahip olduğu belirlendi. Fakat Wetlands ITU22'nin sitotoksik olduğunu tespit etmiştir (Kahraman 2008).

Ikeda ve ark (1996), lakkaz ve peroksidaz katalizörlüğünde siringik asit polimerizasyonunu çalışmalardır.



Şekil 2.4: Siringik asit polimerizasyonu (Ikeda ve ark 1996).

Lakkazın yapay medyatörlerine örnek olarak 2,2'-azino-bis- (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) yanında, 3- hidroksiantranilik asit (HAA), N-hidroksibenzotriazol (HBT), N-hidroksifitalimit (NHPI), violurik asit (VA), N-hidroksiasetanilit (NHA), 4-hidroksil-3-nitrazo-1- naftalin-sülfonik asit (HNNS), 2.2.6.6-tetrametilpiperidin-1-oksil (TEMPO) verilebilir (Şekil 2.5.) (Tuncay 2014).



Şekil 2.5. Lakkazların yapay medyatörleri (Tuncay 2014).

1.2.4 Lakkazların Enzimatik Renklendirmede Kullanımı İle İlgili Önceki Çalışmalar

Enzimler alternatif proses anlamında kilit role sahiptir. Enzimatik prosesler, yıkamadan bitim işlemlerine kadar çok geniş bir alanda tekstil ürünlerinin yaş işlemleri için geliştirilmiştir. Tekstil üretiminde enzimlerin kullanılması, daha ılıman sıcaklık koşulları, basınç ve pH koşulları ve daha az su tüketimi gibi alternatif seçenekler sağlamaktadır (Kim ve ark. 2007).

Konvansiyonel tekstil yaş işlemlerinde, ekru kumaş bitmiş ürüne dönüşene kadar birçok kimyasal prosese tabi tutulur. Bu proseslerde kullanılan kimyasallar oldukça toksiktir. Kirliliğin oluşması boyama hazırlık ve boyama operasyonlarında, boyama sonrası işlemlere nazaran önemli ölçüde yüksektir (Mojsov 2014). Tekstil endüstrisi boyamacılık için yeni renklendirme yöntemleri arayışındadır ve enzim teknolojisi bu yaklaşıma alternatif sunmaktadır. Enzimatik olarak polimerize edilmiş birçok fenolik bileşik, polifenoller ana zincir boyunca büyük konjuge bir yapı oluşturduğundan, karakteristik bir renge sahip olma eğilimindedir (HoonsikShin ve ark. 2001).

Oksidoreduktif enzimler (örneğin lakkazlar, peroksidazlar ve tirozinazlar) yardımı ile polimerik malzemelerin sentetik prosesleri çevre dostu “yeşil polimer kimyası” olarak yaygın bir şekilde rapor edilmiştir. Son zamanlarda, polimerizasyon, çapraz bağlama ve birçok farklı bileşiğin fonksiyonelleştirilmesinde potansiyel olarak lakkazların kullanımı üzerine

çalışılmaktadır. Böylece, artan ilgili organik sentezlerin yeni biokatalizörü olarak enzim uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır (Kim ve ark. 2007).

Verimli ve yeşil oksidasyon teknolojileri üzerine yapılan araştırmalar konvansiyonel yöntemler ile yerdeğiştirebilecek enzim kullanımı üzerine ilgileri artırmıştır. Son on yılda, var olan birçok oksidatif enzimin içinde lakkazlar da yoğun araştırmaların konusu olmaktadır. Lakkazların bu denli ilgi görmesinin diğer nedenleri de düşük moleküllü kofaktör ilavesine veya sentezine ihtiyaç duymaması, birçok lakkazın hücre dışı enzim olması, saflaştırma adımlarının basit olması, hücre dışı ortamda genellikle kabul edilebilir seviyede stabilite sergilemeleri, birçok mantar türünde lakkazların sentezinin birçok biyoteknolojik proseslerde kolaylıkla uygulanabilmesi gibi özellikler sergilemesidir (Couto ve ark. 2006). Lakkazların katalizledikleri oksidatif reaksiyonların en ilginç özellikleri geniş substrat özgüllüğü ve final elektron alıcı olarak doğada bulunan moleküler oksijenin kullanılmasıdır (Couto ve ark. 2006; Jeon ve ark. 2010).

Shin ve ark. yaptıkları çalışmada, mordan prosesi içeren yün kumaşı bir enzim yönteminde boyamayı denemişlerdir. Yün kumaşa yönelik enzim boyama üzerine hidrokinon konsantrasyonu, enzim konsantrasyonu ve hidrojen peroksit konsantrasyonu gibi boyama koşullarının etkilerini incelemişlerdir. Yün için renklendirmeye katkıda bulunan bir enzim reaksiyonu kullanılarak yeni boyama yöntemi elde etmek için girişimde bulunulmuştur. Özellikle hidrokinon, katekol, dopamin, guakol ve ferulik asit gibi fenolik bileşiklerin yünün enzim boyaması için kullanılabilir olduğu biliniyor. Fenolik bileşiklerin seçilmesi yoluyla yünlü kumaşın çeşitli karakteristik renklerini elde etmek mümkün olmuştur (Shin ve ark. 2001).

Hadzhiyska ve ark., ise yaptıkları çalışmalarında lakkaz enzimi kullanarak pamuklu kumaşların renklendirilmesi ile ilgili çalışmışlardır. Başlangıç maddeleri olarak 2,5-diaminobenzensülfonik asit ve 1-hidroksifenol (katekol) kullanılarak farklı süre (1-2-3-4-5 saat) ve sıcaklıklarda (30-40-50-60-70°C) boyamalar yapılmıştır ve renk ölçümleri değerlendirilmiştir. En iyi renk verimi 40°C'da yapılan boyamada görülmüş ve 5 saatlik boyamada renk veriminin en yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Hadzhiyska ve ark.,2006).

Kim ve ark., yaptığı çalışmasında ağartılmamış pamuklu kumaşların sadece lakkaz enzimi kullanılarak renklendirilmesi çalışılmıştır. Lakkaz enzimi pamuğun yapısında bulunan flavonoidleri parçalayarak reaksiyon koşullarına bağlı (sıcaklık ve süre) sarı ve kahverengi

tonları elde edildiği görülmüştür. Ayrıca farklı flavonoidleri (rutin, morin, kuarsetin) kullanarak boyamalar gerçekleştirilmiş ve renk ölçümleri yapılmıştır. En yüksek renk verimi sırasıyla kuarsetin, morin, rutin olarak gözlemlenmiştir. Bu çalışma lakkaz ile katalize edilmiş enzim işlemi vasıtasıyla pamuk boyamak için flavonoidlerin (rutin, morin ve kuarsetin) uygulamasının uygun olduğunu göstermiştir. Flavonoid renklendirilmiş pamuğun test edilen yıkama ve sürtme haslıkları bu yeni ve gelecek vaat eden renklendirme tekniğinin geçerliliğini onaylayan iyi sonuçlar göstermiştir. Pamuk, lakkaz vasıtasıyla desteklenmiş renklendirme reaksiyonunun daha iyi bir performansını elde etmek için yardımcı olan doğal flavonoidlere sahiptir. Eğer pamuğun ağartma ön işlemi yapılmazsa, yapısında renk veren pigmentler kullanılarak lakkaz vasıtasıyla katalize edilmiş renklendirme işlemi yoluyla önemli ölçüde kimyasal, su ve enerji tasarrufu elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Flavonoidler, insan beslenmesinin ayrılmaz bir parçası olan ve doğada meyve ve sebzelerde bulunan, düşük molekül ağırlıklı polifenolik maddelerin geniş bir grubunu kapsamaktadır. Bunlar tamamen sadece β -glikosiz formunda bulunur ve molekül yapıları baz alınarak, flavon, flavonol, flavonon ve isoflavon olarak dört temel gruba ayrılırlar. Flavonoidler biyolojik, farmakolojik ve kimyasal özellikleri nedeniyle yoğun çalışmaların odağındadır (Kim ve ark. 2007).

Jeon ve ark. saç boyamada kullanışlı ürünler elde etmek için doğal fenollerin lakkaz katalizörlüğünde polimerizasyonunu araştırmıştır. Lakkaz işlemi sonrası test edilen renkli ürünler sağlamış 15 fenolün tümü ve renk çeşitliliği 2 fenolikmonomerin karışımlarının kullanımı vasıtasıyla elde edilmiştir. Kahverengi, siyah ve kırmızı renkler elde edilmiştir. Her malzeme saçı uygun bir şekilde renklendirmiş ve boyama geleneksel yıkamaya mükemmel dayanım göstermiştir (Jeon ve ark.2010).

El-Hennawi ve ark. yaptıkları çalışmalarında doğal boyaları lakkaz enzimi ile basılabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Doğal boya olarak flavonoidler (rutin, morin, kuarsetin) kullanılmıştır. Baskı işlem parametrelerinde en iyi renk verimi incelenmiştir. En iyi renk verimi pH (2,5-3,5-4,5-5,5-6,5) 4,5, kurutma sıcaklığı (30-60) 60 derece, enzim işlem süresinin (30-60-90-120-450-180-210 dk) 60 dakika, termofiksaj süre ve sıcaklığı 150°C de 8 dakika olarak belirlenmiştir (El-Hennawi ve ark., 2012).

El-Hennawi ve ark. tarafından yapılan çalışmada, lakkaz enzimi 3 farklı tipte flavonoidin (rutin, morin ve kuarsetin), kumaşların baskısında zararlı bir mordanın yerine geçecek madde olarak kullanılmış ve en iyi sonucu sağlamak için optimum koşullar belirlenmiştir. Enzim konsantrasyonunun etkisi, baskı patının pH'ı, işlem süresi ve sıcaklık;

basılmış substratın türü kadar basılmış mamulün üzerindeki K/S olarak ifade edilen renk özellikleri ve tüm haslık özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Baskılı mamullerin renk kuvvetinin enzim konsantrasyonu, baskı patı pH'ı, işlem süresi, fiksaj koşulları, kullanılan flavanoidlerin çeşitleri ve basılan kumaşın çeşidine bağlı olduğu saptanmıştır (El-Hennawi ve ark. 2014).

Sun ve ark., yapmış olduğu çalışmada ferulik asit ile lakkazın farklı kumaşlarla (ipek, yün, naylon, viskon, pamuk) iki farklı şekilde, 50°C'da ferulik asit ile boyama (tek adımlı yöntem) ve 50°C'da ferulik asit lakkaz polimerizasyonu ve 90°C'da boyama (iki adımlı yöntem) boyanmıştır. Kumaşların renk ölçümleri ve haslık sonuçları değerlendirilmiştir. İki adımlı yöntem ile boyamada, renk veriminin daha iyi (daha sarı renkte) çıktığı gözlenmiştir. Haslıkların karşılaştırılmasında ise iki adımlı yönteme göre yapılan boyamalarda haslıklar daha iyi çıkmış, fakat ışık haslıkları diğer haslıklara kıyasla daha zayıf kalmıştır (Sun ve ark.,2015).

Literatür incelendiğinde çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak lakkaz enzimi ile değişik boyaların sentezlendiği görülmektedir. Ancak bu boyaların pamuk boyamacılığında kullanımı üzerine çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma kapsamında hedeflenen aynı banyoda başlangıç maddesinden hem boya sentezi hem de boyamanın gerçekleştirilmesi yoluyla pamuklu kumaşlar üzerinde sarı, kırmızı ve mavi renklerin eldesidir. Bu amaçla sarı ve kahve tonları, kırmızı ve mavi renk eldesi için hangi başlangıç maddesi veya başlangıç maddesi karışımlarının kullanılacağı aşağıda liste halinde verilmektedir. Her bir alternatif için literatürde daha önce kimler tarafından boyanın elde edildiği parantez içerisinde belirtilmiştir. Sadece boya eldesi ile kalmayıp, pamuk üzerinde de denemenin yapılmış olduğu literatürler ise koyu renk ile işaretlenmiştir.

Sarı ve kahve tonlarının eldesi için;

Ferulik asit (Shin ve ark., 2001; Mustafa ve ark., 2005; **Sun ve ark., 2015**)

Hidrokinon (Shin ve ark., 2001)

Rutin (Hennawi ve ark., 2012)

Morin (Hennawi ve ark., 2012)

Quercetin (Hennawi ve ark., 2012)

4-nitro-1-naftilamin + 4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit (Pogni ve ark., 2013)

2,5-diaminobenzensülfonik asit + Catechol (1-hidroksi fenol) (**Hadzhiyska, 2006**)

H asit (**Yakın, 2015**)

Kırmızı renk eldesi için;

3-hidroksiantranilik asit (**Yakın, 2015**)

3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorür monohidrat + metoksifenol (Setti ve ark., 1999)

2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu + 4-amino-1-naftalinsülfonik asit (Pogni ve ark., 2013)

Ferulik Asit + Siringik asit karışımı (Jeon ve ark., 2010)

Resorsinol + m-fenilendiamin (**Yakın, 2015**)

2-amino,6-metoksi, benzotiyazol + 4-aminonaftalin sülfonik asit (**Yakın, 2015**)

Mavi renk eldesi için;

3-metil-2-benzotiyazolinon hidrazon hidroklorür hidrat + 4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit (Pogni ve ark., 2013)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

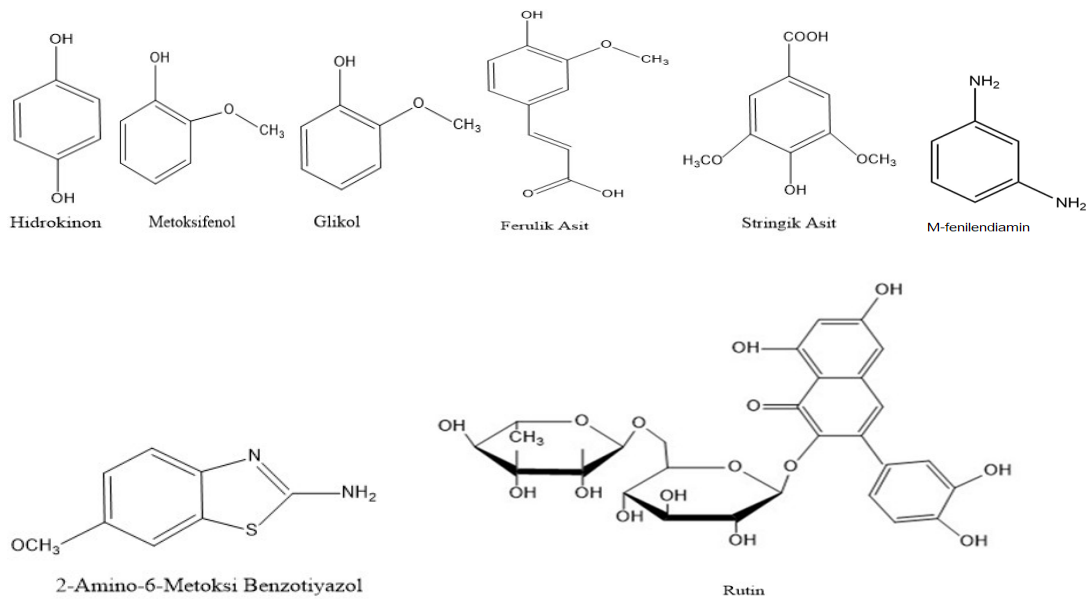
Bu tez çalışmasında;

- çeşitli fenol ve amin bileşiklerinin tekli ve ikili karışımları kullanılarak lakkaz enzimi ile enzimatik renklendirmede elde edilebilecek renklerin belirlenmesi
 - İyi sonuç veren tekli veya ikili başlangıç maddeleri kullanılarak lakkaz enzimi ile elde edilecek renklerin optimizasyonu
 - Lakkaz ile enzimatik renklendirmede pH'ın etkisinin incelenmesi
 - En iyi sonuçları veren boyaların yapısal analizlerinin gerçekleştirilmesi
- olmak üzere 4 adımdan oluşmaktadır.

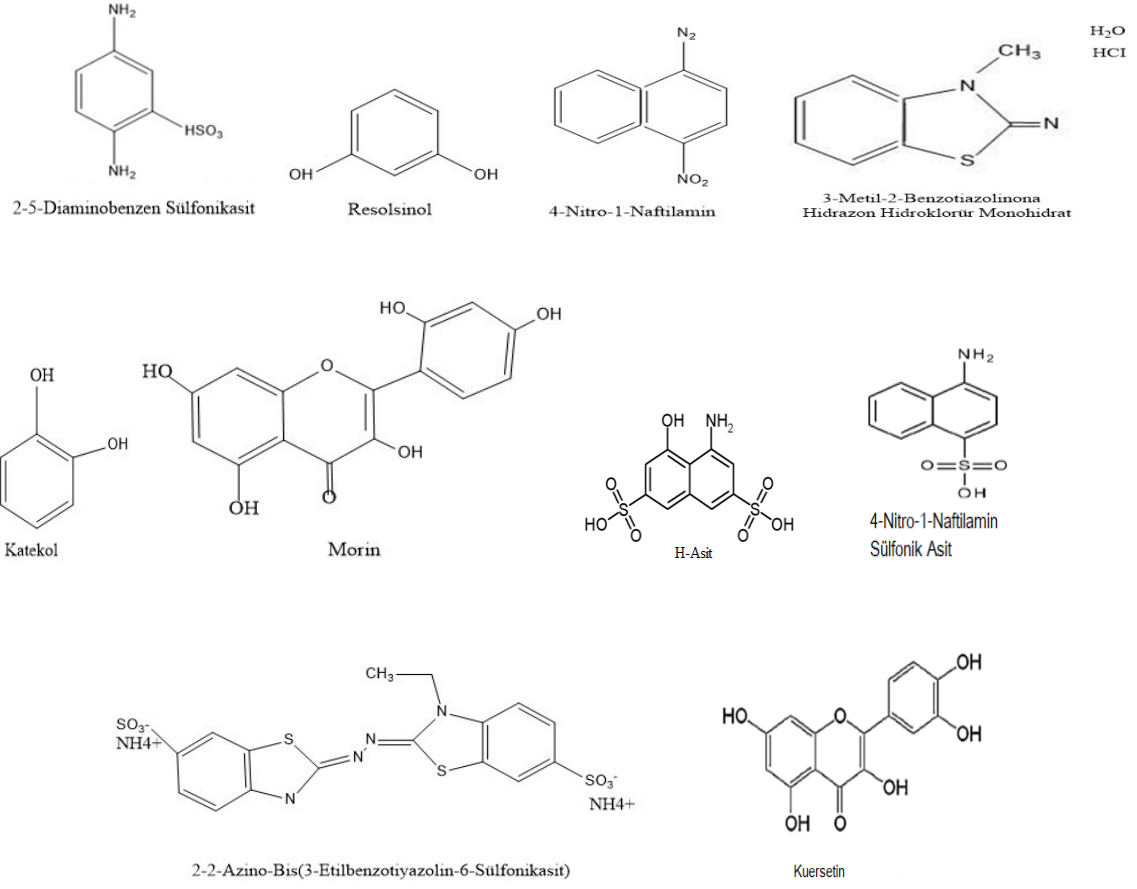
Tüm denemelerde %100 pamuk Ne16/1 iplikten üretilmiş boyamaya hazır ağartılmış süprem örme kumaşlar (158 g/m²) kullanılmıştır. Tüm çalışmalar Termal HT boyama makinesinde saf su kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.1 Çeşitli Fenol ve Amin Bileşiklerinin Tekli ve İkili Karışımları Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Enzimatik Renklendirmede Elde Edilebilecek Renklerin Belirlenmesi

Bu gruptaki denemelerde lakkaz enzimi olarak fungal orijinli 5700 GLacU/g aktiviteye sahip Prima gren Ecofade LT100 ticari isimli lakkaz enzimi kullanılmıştır. Denemelerde başlangıç maddesi olarak kullanılan bileşiklerin isimleri, CAS numaraları ve molekül ağırlıkları Çizelge 3.1'de, kimyasal formülleri ise Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1: Denemelerde kullanılan başlangıç maddelerinin kimyasal formülleri



Şekil 3.1 (devamı): Denemelerde kullanılan başlangıç maddelerinin kimyasal formülleri

Çizelge 3.1: Denemelerde başlangıç maddesi olarak kullanılan bileşiklerin isimleri, CAS numaraları ve molekül ağırlıkları

		CAS No	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Aminler/Aminofenoller/Aminonafoller	2,5-diaminobenzensülfonik asit (Sigma)	88-45-9	188,2
	3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazonhidroklorürmonohidrat (Acros)	38894-11-0	233,72
	4-nitro-1-naftilamine (Aldrich)	776-34-1	188,18
	4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit (Acros)	5460-09-3	359,32
	2-amino,6-metoksi benzotiyazol (Acros)	1747-60-0	180,225
	3-hidroksiantranilik asit (Acros)	548-93-6	153,14
	2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu (Acros)	30931-67-0	548,68
	M-fenilendiamin (Aldrich)	108-45-2	108,14
	H asit (Sigma)	9067-32-7	846,786
	4-amino-1-naftalen sülfonik asit (Aldrich)	84-86-6	223,25
Fenoller	Quarsetine (Sigma)	117-39-5	302,24
	Rutine (Sigma)	207671-50-8	610,52
	Morine (Acros)	654055-01-3	302,238
	Catechol (1-hidroksi fenol) (Acros)	120-80-9	110,11
	Hidrokinon (Merck)	123-31-9	110,11
	Ferulik asit (Aldrich)	537-98-4	194,18
	Metoksifenol (Acros)	150-76-5	124,14
	Stringik asit (Merck)	530-57-4	198,18
	Resorsinol (Merck)	108-46-3	110,11

İyi sonuç veren başlangıç maddelerinin belirlenmesi için öncelikle boyamaya hazır ağartılmış %100 pamuklu örme kumaşlar standart koşullarda (0,4 g/L lakkaz enzimi ve 2 mmol/L başlangıç maddesi kullanılarak 60°C'da 3 saat işlem) işleme tabi tutulmuştur. Tüm denemeler lakkaz enziminin aktivasyonunun en iyi olduğu pH 5'de (asetik asit/sodyum asetat tamponu ile) gerçekleştirilmiştir. Denemelerde Çizelge 4.1'de verilen fenol ve amin bileşiklerinin hepsi tek başlarına denenmiştir. Ayrıca;

- iki ayrı cins fenol bileşiği karışımı

Ferulik Asit + Stringik asit karışımı

- iki ayrı cins amin bileşiği karışımı

4-nitro-1-naftilamin + 4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit

2,2'-azino-bis(3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu + 4-amino-1-naftalinsülfonik asit

2-amino,6-metoksi, benzotiyazol + 4-aminonaftalin sülfonik asit

- *amin bileşiği + fenol bileşiğikarışımı*

2,5-diaminobenzensülfonik asit + Catechol (1-hidroksi fenol)

M-fenilendiamin + resorsinol

3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorür monohidrat + metoksifenol

denenmiştir. İşlem sonrası kumaş numunelerine soğuk su ile durulama, sıcak sabunlama, soğuk durulama işlemleri uygulanmıştır. Ardından numuneler kurutulup, spektrofotometre ile renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri ölçülmüş ve numunelerin fotoğrafları çekilmiştir. Ayrıca numunelere yıkama ve sürtme haslığı testleri yapılmıştır.

2.2 İyi Sonuç Veren Tekli veya İkili Başlangıç Maddeleri Kullanılarak Lakkaz

Enzimi ile Elde Edilecek Renklerin Optimizasyonu

Bir önceki deney gruplarında çeşitli başlangıç maddelerinin tekli ve ikili karışımları ile lakkaz enzimi ile elde edilebilecek renkler belirlendikten sonra, en iyi sonuçların alındığı başlangıç maddeleri için reaksiyon koşullarının (enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık) optimizasyonu denemelerine geçilmiştir. Bu gruptaki denemelerde de lakkaz enzimi olarak fungal orijinli 5700 GLacU/g aktiviteye sahip Prima gren Ecofade LT100 ticari isimli lakkaz enzimi kullanılmıştır. Denemeler bazik işlem + ağartma işlemi görmüş pamuklu örme kumaşlar üzerinde;

- çeşitli lakkazenzimi konsantrasyonlarında (0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 g/L)
- çeşitli başlangıç maddesi konsantrasyonlarında (0,5-1-2-4-8mmol/L)
- farklı sıcaklıklarda (25 (oda sıcaklığı)-40-60-80-100°C)
- farklı sürelerde (1-2-3-4-5 saat)

lakkaz enziminin aktivitesinin en iyi olduğu pH'da (pH 5 asetik asit/sodyum asetat tamponu ile) gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrası kumaş numunelerine soğuk su ile durulama, sıcak sabunlama, soğuk durulama işlemleri uygulanmıştır. Ardından numuneler kurutulup, spektrofotometre ile renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri ölçülmüştür. 3 tekrarlı olarak elde edilen renk verimi değerleri üzerinden enzimatik boya sentezini etkileyen faktörlerin her biri için varyans analizi yapılmış ve boxplot grafikleri çizilmiştir. Ayrıca numunelere yıkama, sürtme, ter ve ışık haslığı testleri yapılmıştır.

2.3 Lakkaz ile Enzimatik Renklendirmede pH'ın Etkisinin İncelenmesi

Önceki bölümlerde yapılan tüm denemeler lakkaz enziminin aktivitesinin en iyi olduğu pH 5 bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Ancak literatürde farklı pH'larda yapılan denemelerde elde edilen rengin cinsinde değişiklikler meydana geldiği belirtildiği için, bu çalışma kapsamında da pH'ın etkisi incelenmiştir. Bu amaçla pH 3-5-7-9 olmak üzere 4 farklı pH'da denemeler yapılmıştır. pH denemelerinde enzim konsantrasyonu 0,6 g/L, başlangıç maddesi konsantrasyonu 2 mmol/L, sıcaklık 60°C ve süre 3 saat olarak çalışılmıştır. Boyama prosesinin yapılışı ve ard işlemler önceki bölümlerde anlatıldığı şekildedir. Boyama sonrası kumaş numunelerinin fotoğrafları çekilmiş ve spektrofotometre ile renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri ölçülmüştür.

2.4 En İyi Sonuçları Veren Boyaların Yapısal Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

Önceki bölümlerde çeşitli başlangıç maddeleri arasından renk anlamında en iyi sonucu verenler saptanmış olup, bu bölümde o boyaların önce optimum koşullarda sentezi yapılmış, ardından yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla;

- A3 başlangıç maddesi için 1 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonu, 80°C, 4 saat
- AF3 başlangıç maddeleri için 1 g/L enzim konsantrasyonu, 4 mmol/L toplam başlangıç maddesi konsantrasyonları (1:1 karışım oranı), 20°C, 1 saat
- A7 başlangıç maddesi için 0,1 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonları, , 60°C, 1 saat
- AA3 başlangıç maddesi için 1 g/L enzim konsantrasyonu, 0,5 mmol/L toplam başlangıç maddesi konsantrasyonları (1:1 karışım oranı), 60°C, 1 saat
- F4 başlangıç maddesi için 1 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonu, 60°C, 3 saat
- A8 başlangıç maddesi için 0,8 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonu, 25°C, 4 saat

Süreyle Termal HT boyama cihazında enzimatik boya sentezi gerçekleştirilmiş ve ardından boya çözeltilerine yapısal karakterizasyon analizleri yapılmıştır.

Sentezlenen boya çözeltilerinin Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesinde bulunan Thermo Spectronic Aquamate ile 400-700 nm arasında absorbans değerleri ölçülmüş ve maksimum absorpsiyon dalga boyu ve absorbans değeri saptanmıştır. Bunun ötesinde optimum reaksiyon koşulları sağlanarak sentezlenen boyalara ve ayrıca bu boyaların eldesinde kullanılan başlangıç maddelerine ait sulu çözeltilerin sıvı kromatografik karakterizasyon karşılaştırması yapmak amacıyla HPLC’de kromatogram sonuçlarına bakılmıştır. Herbir başlangıç maddesi ve bunlardan sentezlenmiş olan boyalar ayrı ayrı gerekli seyreltme işleminden sonra analize tabi tutulmuştur. Bu yöntemde sıvı kromatografik ayırım için ACE 5 C18' Reaktif Kolon kullanılmış, sonuçlandırma normal faz ile gerçekleştirilmiştir. Bütün başlangıç maddeleri, falcon tüplere 5g/L olacak şekilde tartılıp 50mL saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra 0,45 mikronluk filtrelerden süzerek viallere aktarılmış ve cihazın dedektör bölgesine yerleştirilmiştir.

Yapılan Test ve Analizler

Renk verimi ve CIEL*a*b* değerlerinin tespiti: Boyama sonrası renk verimini tespit edebilmek amacıyla kumaş numunelerinin 400-700 nm’lik spektral bölgede ve maksimum absorpsiyon (minimum remisyon) dalga boyunda spektral fotometre (D 65/10°) kullanılarak %R (remisyon) ve K/S değerleri ölçülmüştür. Kubelka/Munk formülüne göre;

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R$$

R: Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki reflektans değeri

K: Absorpsiyon katsayısı

S: Yayılma katsayısı

Spektral fotometre ile numunelerin ayrıca CIEL*a*b* değerleri ölçülmüştür.

L*: Açıklık/koyuluk değeri (+ daha açık, - daha koyu)

a*: Kırmızılık/yeşillik değeri (+ daha kırmızı, - daha yeşil)

b*: Sarılık/mavilik değeri (+ daha sarı, - daha mavi)

Yıkamaya karşı renk haslığı tayini: Boyanmış numunelerin yıkamaya haslığı tayini TS-7584’e (ISO-105 C06) göre yapılmıştır. Yıkama haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilmiş olan numune, 60°C’da 30 dakika süreyle 4 g/L’lik deterjan çözeltisiyle işleme tabi tutulmuştur.




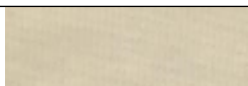





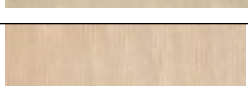
Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini: Numunelerin sürtünmeye karşı renk haslığı tayini TS-717'ye (ISO 105-X12) göre sürtünme test cihazı (crockmeter) ile kuru ve yağ olarak yapılmış ve gri skala ile değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA








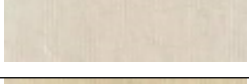
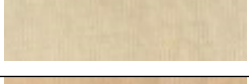


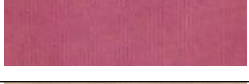
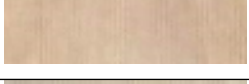
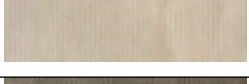


3.1 Çeşitli Fenol ve Amin Bileşiklerinin Tekli ve İkili Karışımları Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Enzimatik Renklendirmede Elde Edilebilecek Renklerin Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar

Çeşitli fenol ve amin bileşiklerinin tekli ve ikili karışımları kullanılarak lakkaz enzimi ile enzimatik renklendirmede elde edilebilecek renklerin belirlenmesine ilişkin yapılan deneyler sonucunda elde edilen renkler ve renk verimi (K/S) değerleri Çizelge4.1’de verilmektedir.

Çizelge4.1: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak yapılan enzimatik boyamalara ait renk verimi (K/S) sonuçları ile boyanmış numunelere ait fotoğraflar

		Numune	K/S
Aminler/Aminofenoller/Aminonafoller	2,5-diaminobenzensülfonik asit(A1)		1,09
	3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorür monohidrat(A2)		0,55
	4-nitro-1-naftilamin(A3)		2,87
	4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit(A4)		0,73
	2-amino,6-metoksi benzotiyazol(A5)		0,74
	3-hidroksiantranilik asit(A6)		1,77
	2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu(A7)		0,68
	M-fenilendiamin(A8)		2,76
	H asit(A9)		0,85
	4-amino-1-naftalen sülfonik asit(A10)		1,08

Çizelge4.1 (Devamı): Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak yapılan enzimatik boyamalara ait renk verimi (K/S) sonuçları ile boyanmış numunelere ait fotoğraflar

		Numune	K/S
Fenoller	Quarsetine(F1)		2,06
	Rutine(F2)		0,87
	Morine(F3)		1,28
	Catechol (1-hidroksi fenol)(F4)		2,89
	Hidrokinon(F5)		0,62
	Ferulik asit(F6)		1,24
	Metoksifenol(F7)		1,14
	Stringik asit(F8)		0,48
	Resorsinol(F9)		0,94
	Fenol/Fenol	Ferulik Asit + Stringik asit karışımı(FF1)	
Amin/Amin	4-nitro-1-naftilamin + 4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit (AA1)		2,30
	2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu + 4-amino-1-naftalinsülfonik asit (AA2)		4,07
	2-amino,6-metoksi, benzotiyazol + 4-aminonaftalin sülfonik asit(AA3)		1,34
Amin/Fenol	2,5-diaminobenzensülfonik asit + Catechol (1-hidroksi fenol) (AF1)		1,44
	M-fenilendiamin + resorsinol(AF2)		3,64
	3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklürür monohidrat + metoksifenol(AF3)		1,84

Bu çalışma kapsamında denenen başlangıç maddeleri ile elde edilen renkler Şekil 4.1’de şematik olarak verilmektedir.



Şekil 4.1: Pamuklu kumaşların enzimatik renklendirilmesinde elde edilen renkler

Çizelge 4.1 ve Şekil 5.1 incelendiğinde ilk dikkati çeken husus enzimatik renklendirme sonucunda daha ziyade sarı ve toprak tonlarının elde edildiğidir. Bazı başlangıç maddelerinde (A2, A5, F2, F5 ve F8) ise hiç renk elde edilememiştir.

4-nitro-1-naftilamin maddesi (A3), 4-nitro-1-naftilamin + 4-amino-5-hidroksinaftalin-2,7-disülfonik asit (AA1) karışımı veya Ferulik asit (F6) ile sarı tonları elde edilmiştir. Ancak F6 ile elde edilen sarı çok düşük renk verimine sahiptir. Bu nedenle, verim açısından AA1 veya A3’ün daha iyi alternatifler olduğu söylenebilir. Bunlar içerisinde de A3 hem tek bir başlangıç maddesi ile elde edilebildiği için eldesinin daha kolay olması hem de elde edilen rengin daha canlı net bir sarı olması nedeniyle daha iyi bir alternatif olarak görülmektedir.

Çalışmada 3-metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorür monohidrat + metoksifenol (AF3) veya özellikle 2,2’-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu + 4-amino-1-naftalinsülfonik asit (AA2) karışımları ile oldukça iyi renk verimine sahip kırmızı renkler elde edilebilmiştir. Ancak AA2 ile elde edilen renkte düzensizlik problemi saptandığından kırmızı renk eldesi için en iyi alternatif AF3 olarak belirlenmiştir.

Mavi renk ise tam olarak elde edilememiş olup, 2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzunun (A7) başlangıç maddesi olarak kullanıldığı denemede mavimsi bir renk elde edilebilmiştir.

A1, A4, A9, A10 ve AA3 ile ten rengi elde edilmiş olup içlerinde renk verimi anlamında en iyisi AA3 ile elde edilendir.

A6, F1, F3, F7, F9, AF1, FF1, AF2 ve F4 ile bej ve toprak tonları elde edilmiştir. Renk verimi açısından değerlendirildiğinde en koyu renk AF2 ve F4 ile elde edilmiştir. Catechol (1-hidroksi fenol) (F4) ve M-fenilendiamin + resorsinol (AF2) karışımı ile kahverengi renk elde edilmiş olmakla birlikte, AF2'de düzgünsüzlük problemi vardır. Zaten F4 tek bir başlangıç maddesinden yola çıkılarak elde edilebilir olması bakımından da daha avantajlı olduğundan kahverengi renk eldesi için F4'ün renk açısından daha iyi bir alternatif olduğu söylenebilir.

Bunların dışında, M-fenilendiamin (A8) ile ise nefli yeşil elde edilmiştir.

Boyamacılık açısından sadece elde edilen renk verimi değil, haslıklar da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kumaş numunelerine yıkama ve sürtme haslığı testleri uygulanmış olup, sonuçlar Çizelge4.2'de verilmektedir.

Çizelge 5.2 incelendiğinde sarı renk elde edilmiş olan A3 ve AA1'in her ikisinin de yaş haslık açısından kötü seviyede olduğu ve aralarında önemli fark bulunmadığı anlaşılmaktadır. Buna karşın, A3 ile elde edilen rengin daha canlı net bir sarı olması nedeniyle sarı renk için A3 ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Çizelge 5.2 incelendiğinde kırmızı renk eldesini sağlayan AF3 ve AA2'nin her ikisinin de haslık açısından bazı liflere karşı akma değerleri anlamında sıkıntılı olduğu görülmektedir. Bu nedenle boyama düzgünlüğü dikkate alınarak sadece AF3 numunesi ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Mavi renk sadece A7, nefli yeşil ise A8 başlangıç maddesi ile elde edilebildiğinden haslık özelliklerine bakılmaksızın bunlar da bir sonraki çalışma grubuna dâhil edilmiştir.

Çizelge4.2: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak enzimatik boyanmış kumaşların yıkama ve sürtme haslıkları

Kumaş Adı	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
	WO	PAC	PES	PA	CO	CA	Kuru	Yaş
A1	5	5	5	2/3	4	3	4/5	4
A2	5	5	5	5	5	5	4/5	4/5
A3	1/2	4/5	4	1	4	1	4	2/3
A4	4/5	5	5	4	5	4	4/5	4
A5	5	5	5	3	4	3/4	4/5	4
A6	5	5	5	5	5	5	4/5	3/4
A7	5	5	5	3/4	4/5	4	4/5	4/5
A8	5	5	5	4/5	4/5	5	4/5	2/3
A9	5	5	5	5	5	5	4/5	4
A10	5	5	5	4	4	5	4/5	4
F1	5	5	5	2/3	4/5	3	4/5	3/4
F2	5	5	5	5	5	5	4/5	4
F3	5	5	5	5	5	5	4/5	4
F4	5	5	5	5	5	5	4	3
F5	5	5	5	3	5	3/4	4/5	4/5
F6	5	5	5	4	4	4	4/5	3/4
F7	5	5	5	4/5	5	5	4/5	4
F8	5	5	5	3	4/5	3/4	4/5	4/5
F9	5	5	5	5	5	5	4/5	4
FF1	5	5	5	5	5	5	4/5	4
AA1	1	4/5	4	1	3/4	1	4	2/3
AA2	4	4/5	4/5	3/4	2	3/4	4/5	1/2
AA3	5	5	5	4	4	5	4/5	3/4
AF1	5	5	5	3/4	4/5	4	4/5	4
AF2	5	5	5	4	4/5	4/5	3/4	2/3
AF3	2	4/5	4	1/2	2/3	1/2	4	3/4

A1, A4, A9, A10 ve AA3 ile ten rengi elde edilmiş olup, içlerinde renk verimi anlamında en iyisi AA3 ile elde edilendir. AA3 için yıkama ve sürtme haslığı değerleri de iyi olduğundan ten rengi eldesi için bu başlangıç maddesi karışımı ile denemelere devam edilmesi uygun görülmüştür.

Bej ve toprak tonları eldesi için renk verimi ve düzgünlüğün yanı sıra haslık açısından da değerlendirildiğinde F4'ün en iyi alternatif olduğu saptanmıştır.

Bu bilgilerin ışığı altında;

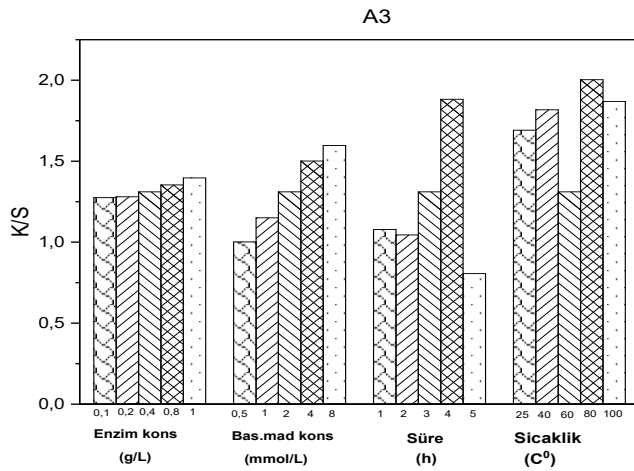
- Sarı renk eldesi için A3
- Kırmızı renk eldesi için AF3
- Mavi renk eldesi için A7
- Ten rengi eldesi için AA3
- Kahverengi eldesi için F4
- Nefti yeşil eldesi için A8

başlangıç maddesi veya başlangıç maddesi karışımlarının üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir.

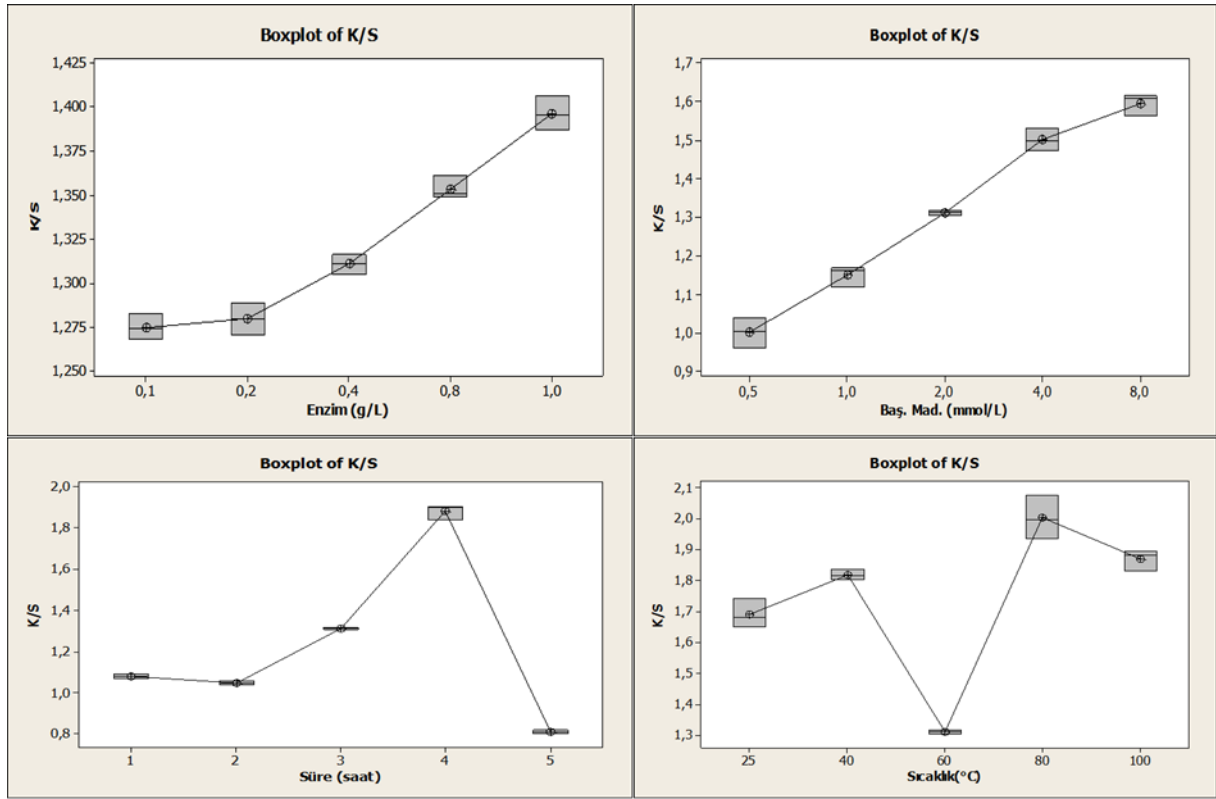
3.2 İyi Sonuç Veren Tekli veya İkili Başlangıç Maddeleri Kullanılarak Lakkaz Enzimi ile Elde Edilecek Renklerin Optimizasyonuna İlişkin Sonuçlar

Bir önceki deney gruplarında çeşitli başlangıç maddelerinin tekli ve ikili karışımları ile lakkaz enzimi ile elde edilebilecek renkler belirlendikten sonra, en iyi sonuçların alındığı başlangıç maddeleri için reaksiyon koşullarının (enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık) optimizasyonu denemelerine geçilmiştir.

4-nitro-1-naftilamin(A3) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.3'de verilmektedir.



Şekil 4.2: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



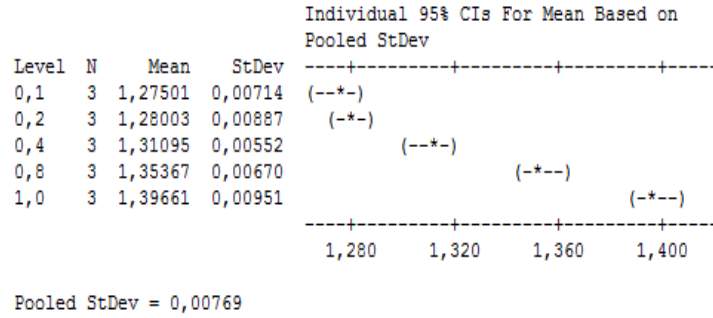
Şekil 4.3: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

Çizelge 4.3: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

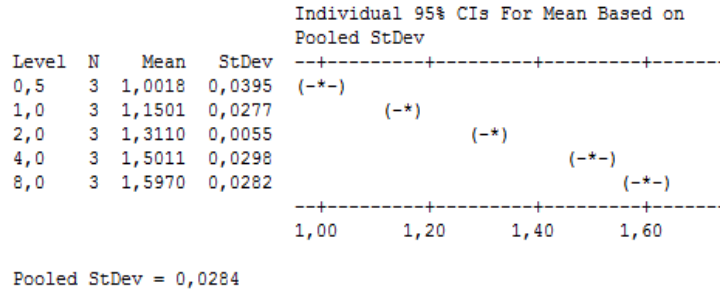
Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	0,0319617	0,0079904	135,23	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	0,718278	0,179570	221,89	0,000
Süre (saat)	4	2,004515	0,501129	1464,72	0,000
Sıcaklık(°C)	4	0,83479	0,20870	123,01	0,000

Çizelge 4.3 incelendiğinde A3 başlangıç maddesi ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık parametrelerinin her birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parametre için farklılığın kaynağını görmek için Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.4-4.7’de verilmektedir.

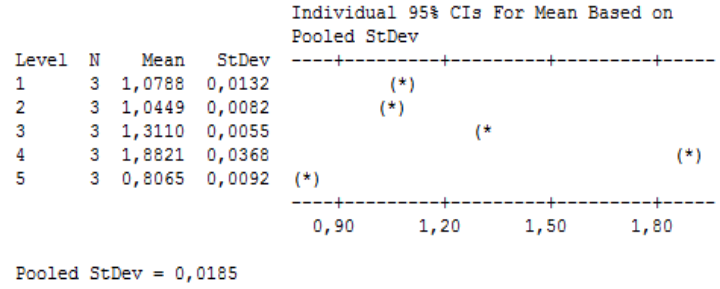
Çizelge 4.4: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



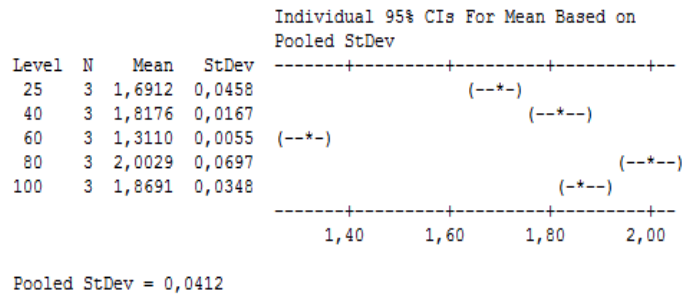
Çizelge4.5: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.6: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.7: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)

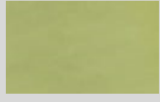
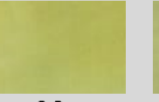
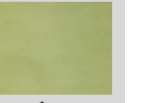

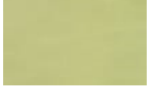
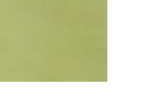
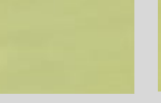
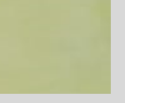





Çizelge 4.4 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek enzim konsantrasyonu olan 1g/L’de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.5’de ise başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 5 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek başlangıç maddesi konsantrasyonu olan 8 mmol/L’de elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi sonucun 4 saatlik sürenin sonunda elde edildiği söylenebilir.Çizelge 4.7 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin 80°C’da elde edildiği görülmektedir.

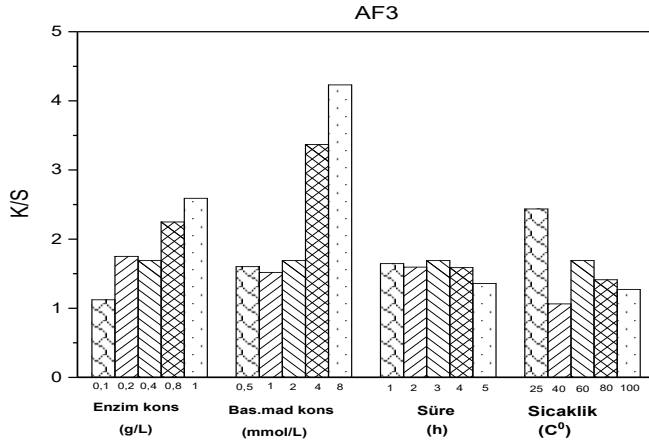
Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.8’de verilen A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.8: A3 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

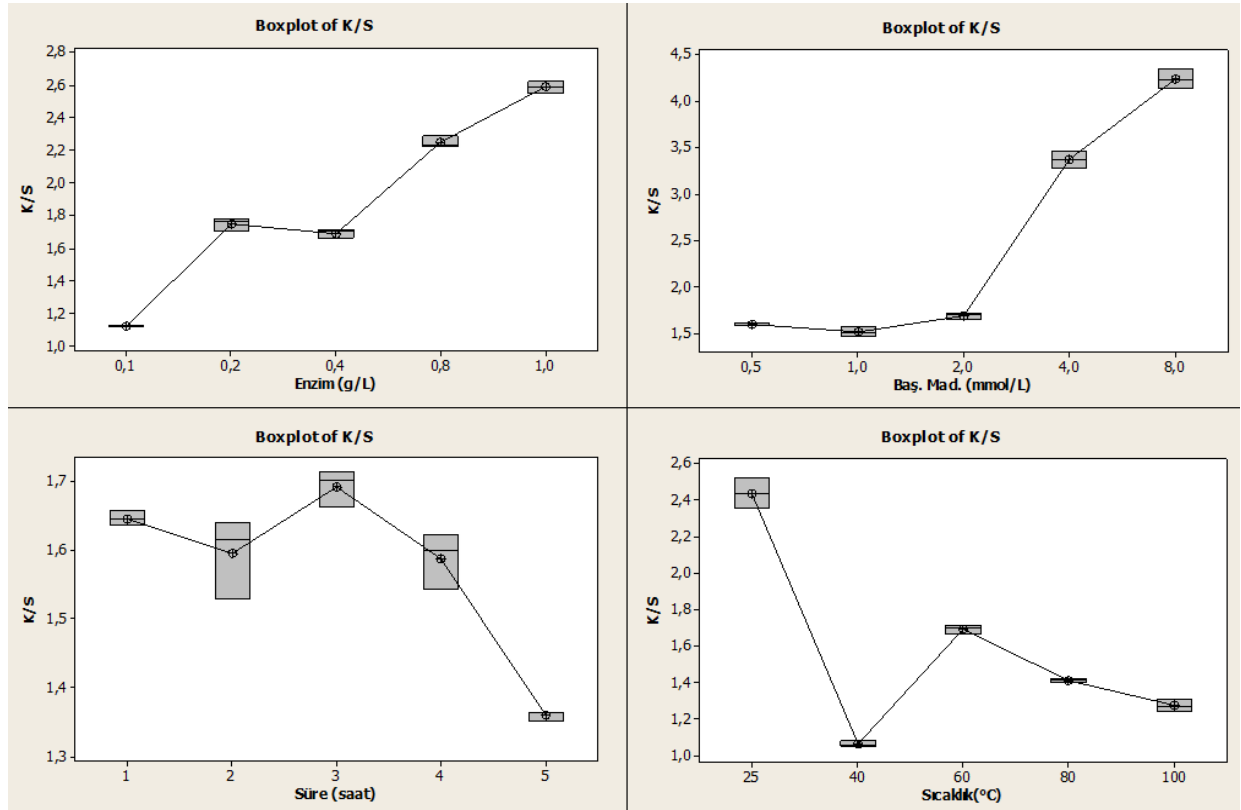
Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda A3 başlangıç maddesi ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 1 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonları, 80°C, 4 saat olarak belirlenmiştir.

3-metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklörür monohidrat ile metoksifenol karışımı (AF3) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.9’da verilmektedir.



Şekil 4.4: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



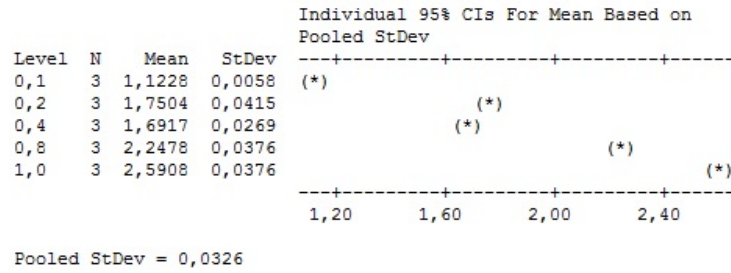
Şekil 4.5: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

Çizelge 4.9: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

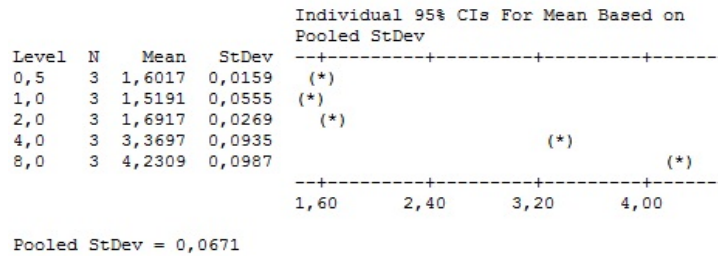
Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	3,79841	0,94960	894,54	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	18,51988	4,62997	1027,28	0,000
Süre (saat)	4	0,19712	0,04928	41,81	0,000
Sıcaklık(°C)	4	3,40496	0,85124	423,76	0,000

Çizelge 4.9 incelendiğinde AF3 başlangıç maddeleri ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, toplam başlangıç maddesi konsantrasyonu (1:1 karışım oranı), süre ve sıcaklık parametrelerinin her birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parametre için farklılığın kaynağını görmek amacıyla Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.10-4.13’de verilmektedir.

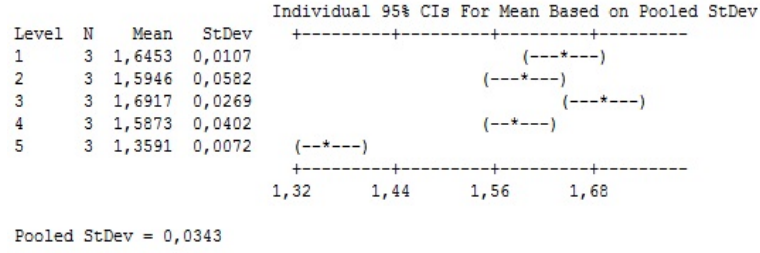
Çizelge 4.10: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



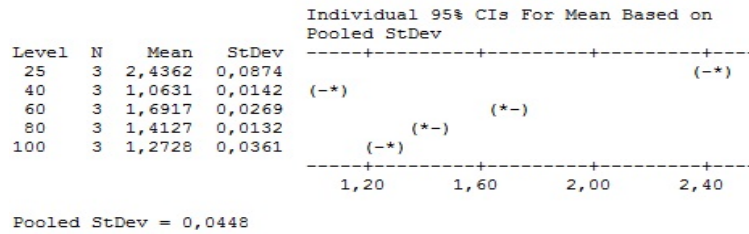
Çizelge 4.11: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.12: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.13: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)

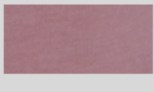
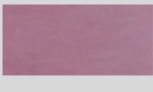

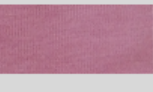
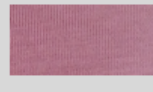






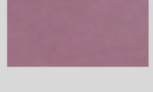
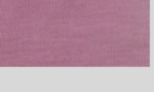
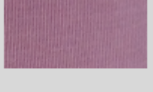




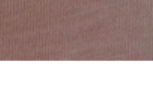



Çizelge 4.10 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek enzim konsantrasyonu olan 1g/L’de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.11’de ise toplam başlangıç maddesi konsantrasyonunun (1:1 karışım oranı) etkisine göre elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek başlangıç maddesi konsantrasyonu olan 8 mmol/L’de elde edildiği görülmektedir. Ancak 8 mmol/L’lik toplam başlangıç maddesi konsantrasyonunda elde edilen rengin cinsi değiştiği için ve renk istediğimiz kırmızıdan çıkıp, turuncu bir tona döndüğü için optimum toplam başlangıç maddesi konsantrasyonu (1:1 karışım oranı) 4 mmol/L olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.12 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 2 grupta toplandığı ve en iyi sonucun aynı grupta bulunan 1-2-3-4 saatte elde edildiği görülmektedir. 1-2-3-4 arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, bu nedenle 1 saatlik sürenin en uygun olduğu söylenebilir. Çizelge 4.13 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 5 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en düşük sıcaklık değeri olan 20°C’da (oda sıcaklığı) elde edildiği görülmektedir.

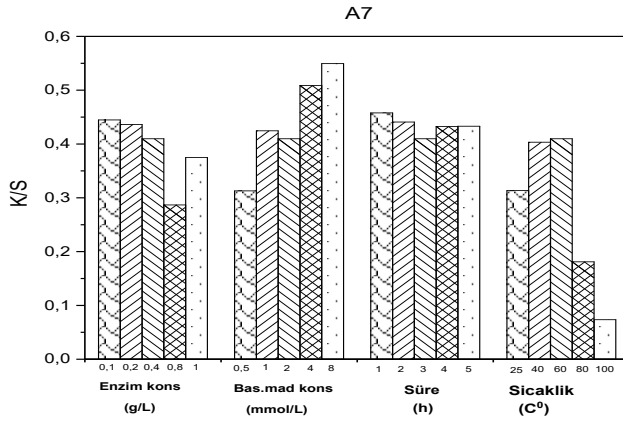
Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.14’de verilen AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.14: AF3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

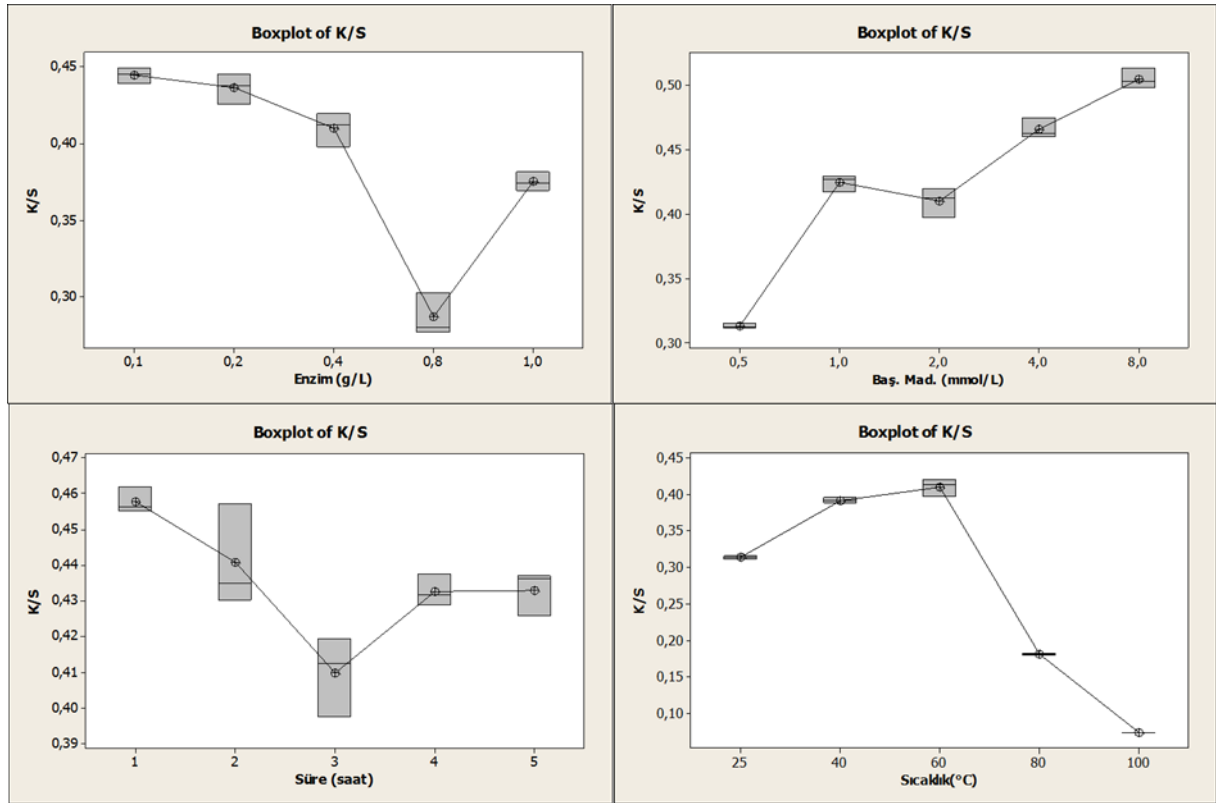
Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda AF3 başlangıç maddeleri ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 1g/L enzim konsantrasyonu, 4mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonları, 20°C, 1 saat olarak belirlenmiştir.

2,2-azino-bis(3 etil benzotiazolin-6-sülfonikası) diamonyum tuzu (A7) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.15’de verilmektedir.



Şekil 4.6: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



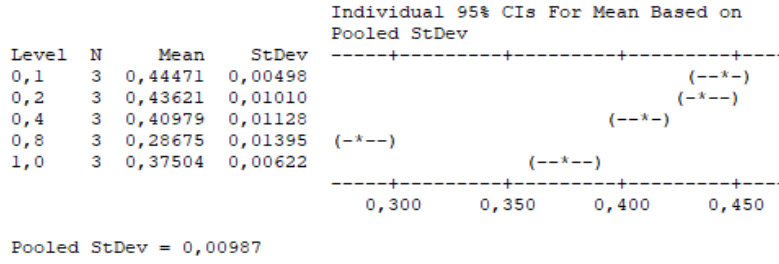
Şekil 4.7: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

Çizelge 4.15: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

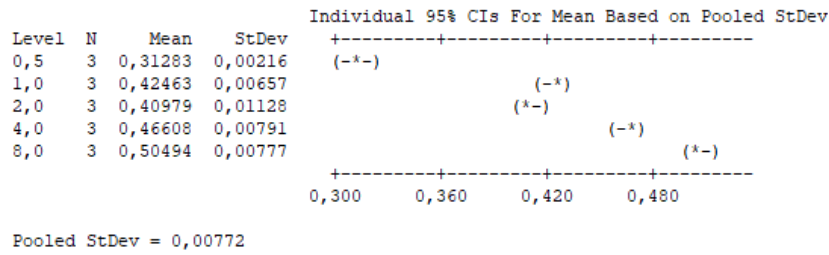
Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	0,0492100	0,0123025	126,22	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	0,0626522	0,0156630	262,67	0,000
Süre (saat)	4	0,0036039	0,0009010	11,16	0,001
Sıcaklık(°C)	4	0,2477249	0,0619312	2099,93	0,000

Çizelge 4.15 incelendiğinde A7 başlangıç maddesi ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık parametrelerinin her birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parametre için farklılığın kaynağını görmek için Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.16-4.19’da verilmektedir.

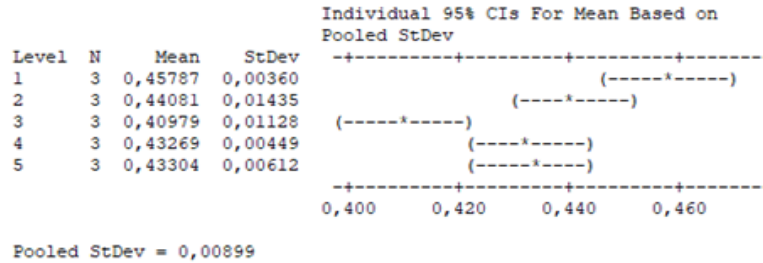
Çizelge 4.16:A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



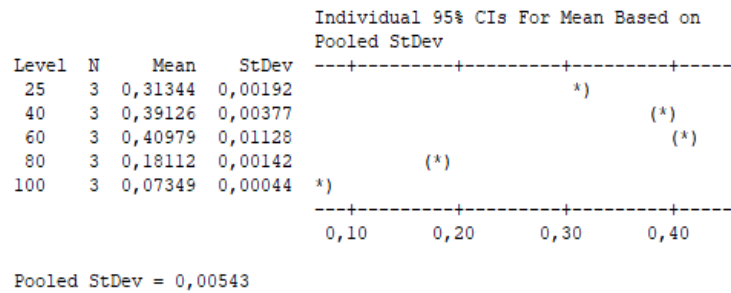
Çizelge 4.17:A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.18:A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.19:A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)























Çizelge 4.16 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en düşük enzim konsantrasyonu olan 0,1g/L’de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.17’de ise başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek başlangıç maddesi konsantrasyonu olan 8 mmol/L’de elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 2 grupta toplandığı ve en iyi sonucun aynı grupta bulunan 1-2-4-5 saatte elde edildiği görülmektedir. 1-2-4-5 h arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, bu nedenle 1 saatlik sürenin en uygun olduğu söylenebilir. Çizelge 4.19 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin 40°C ve 60°C’da elde edildiği görülmektedir. Ancak 40°C ve 60°C arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmadığından daha az enerji tüketimine yol açan 40°C en uygun sıcaklık olarak seçilmiştir.

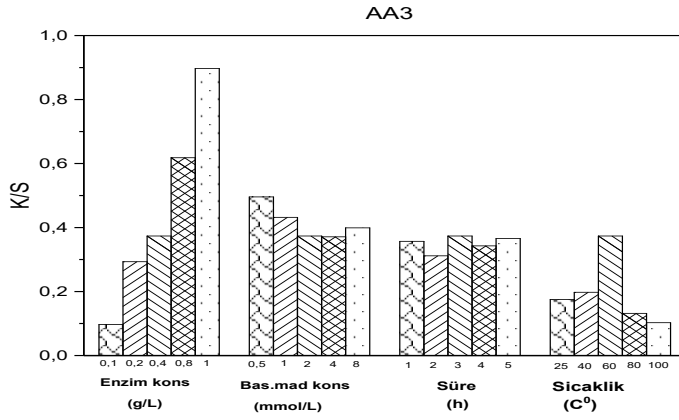
Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.20’de verilen A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.20: A7 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

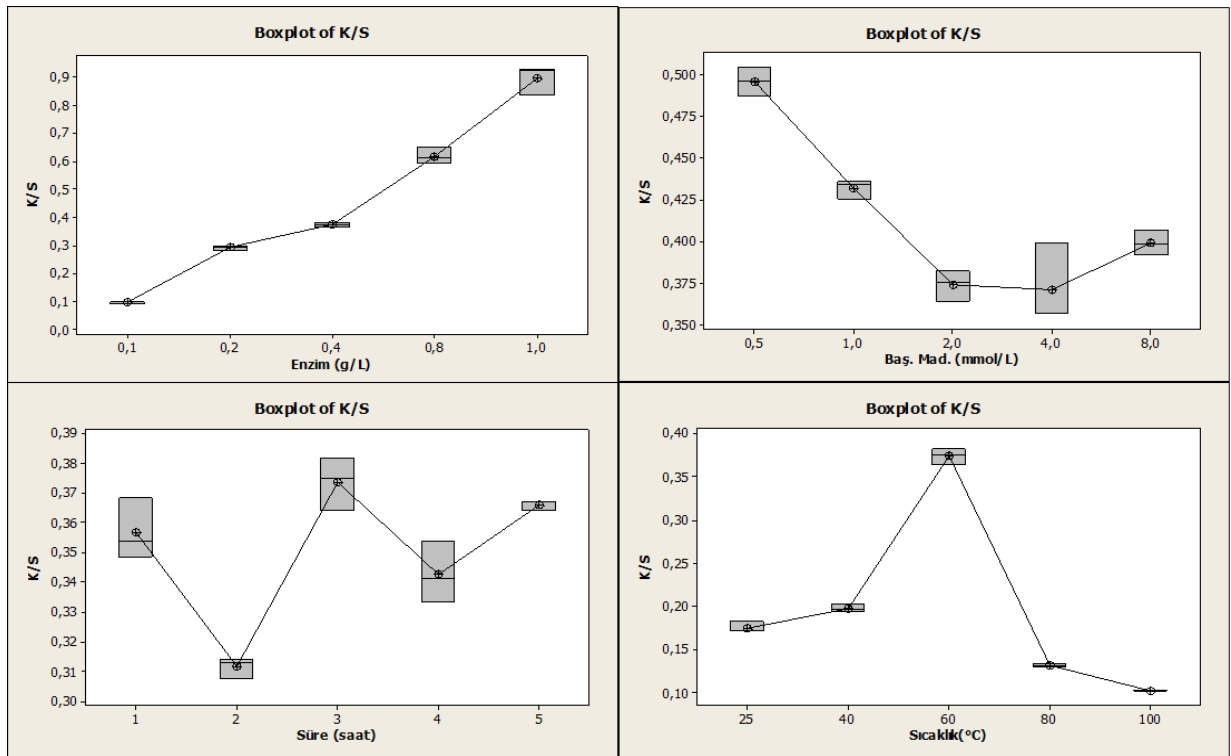
Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda A7 başlangıç maddesi ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 0,1 g/L enzim konsantrasyonu, 8 mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonları 60°C, 1 saat olarak belirlenmiştir.

2-amino, 6-metoxy benzotiazol (A5) ile 4-amino-1-naftelen sülfonikası (A10) karışımı (AA3) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.21’de verilmektedir.



Şekil 4.8: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



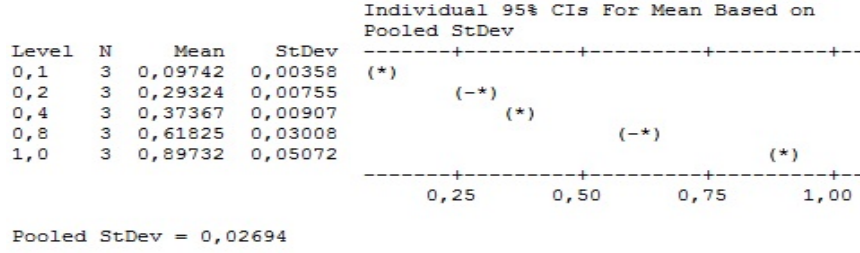
Şekil 4.9: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

Çizelge 4.21: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

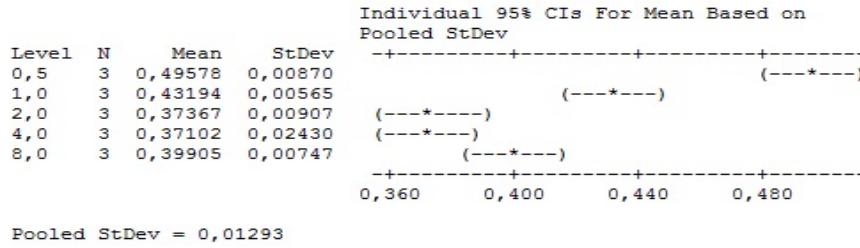
Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	1,148800	0,287200	395,61	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	0,032121	0,008030	48,01	0,000
Süre (saat)	4	0,0071709	0,0017927	29,11	0,000
Sıcaklık(°C)	4	0,1344397	0,0336099	1109,34	0,000

Çizelge 4.21 incelendiğinde AA3 başlangıç maddeleri ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, toplam başlangıç maddesi konsantrasyonu (1:1 karışım oranı), süre ve sıcaklık parametrelerinin her birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parametre için farklılığın kaynağını görmek için Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.22-4.25’de verilmektedir.

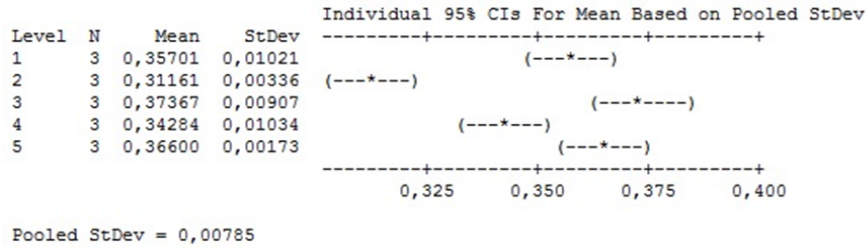
Çizelge4.22: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



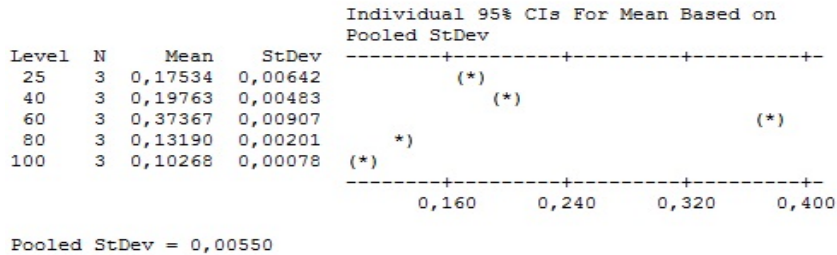
Çizelge4.23: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge4.24: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



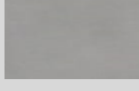
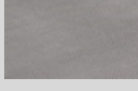

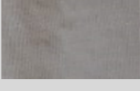
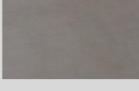
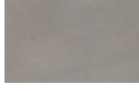
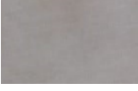


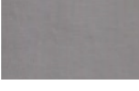

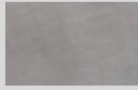








Çizelge4.25: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.22 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 5 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek enzim konsantrasyonu olan 1g/L’de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.23’de ise başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine göre

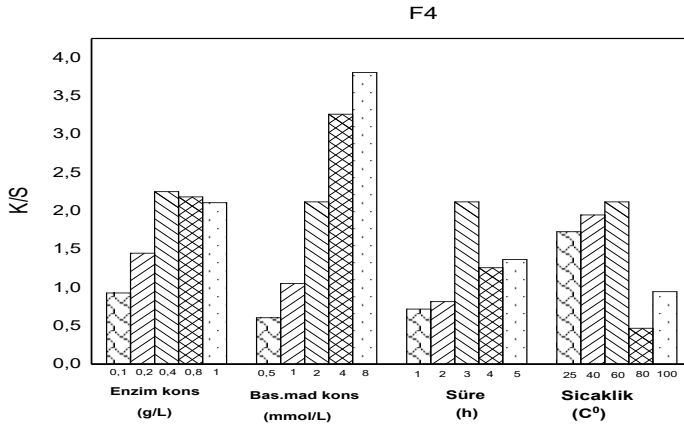
elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en düşük toplam başlangıç maddesi konsantrasyonu (1:1 karışım oranı) olan 0,5 mmol/L’de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.24 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 2 grupta toplandığı ve en iyi sonucun aynı grupta bulunan 1-3-4-5 saatte elde edildiği görülmektedir. 1-3-4-5 h arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, bu nedenle 1 saatlik sürenin en uygun olduğu söylenebilir. Çizelge 4.25 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 5 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin 60°C’da elde edildiği görülmektedir. Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.26’da verilen AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.26: AA3 başlangıç maddeleri için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

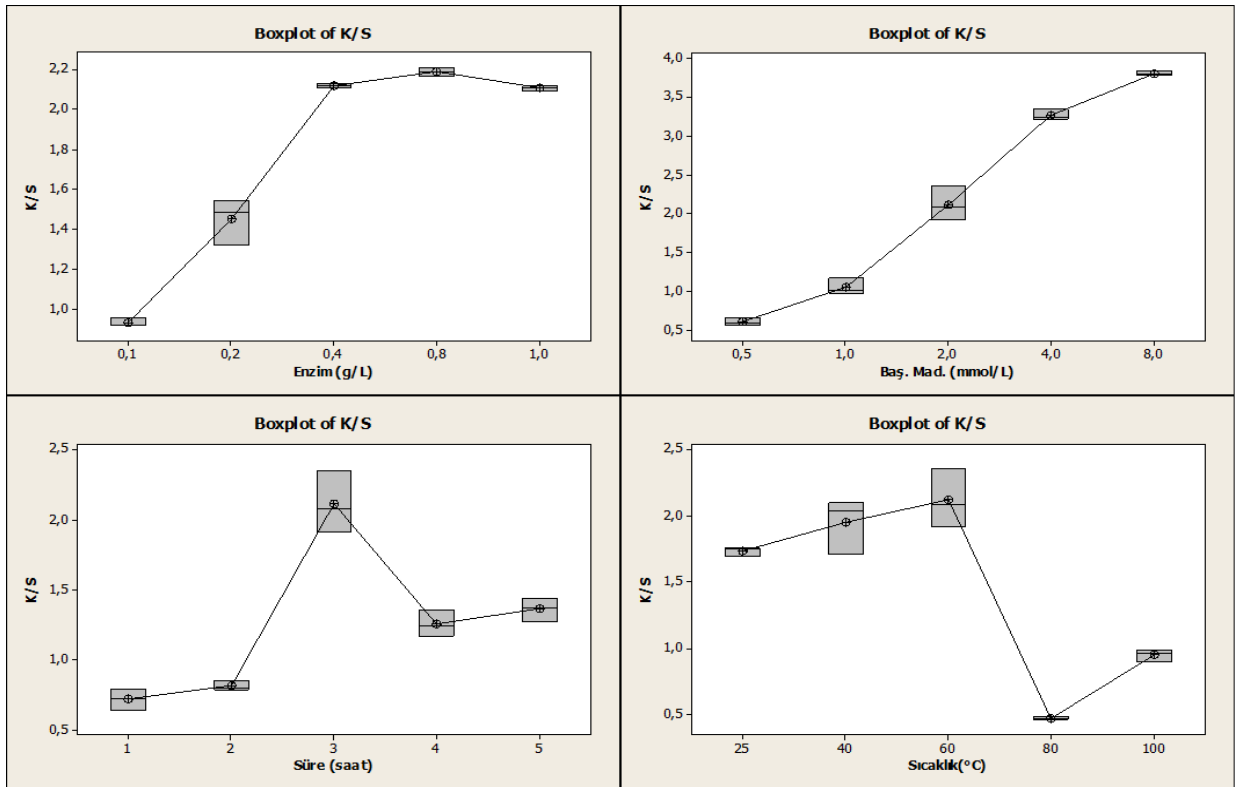
Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda AA3 başlangıç maddesi ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 1 g/L enzim konsantrasyonu, 0,5mmol/L toplam başlangıç maddesi konsantrasyonları (1:1 karışım oranı), 60°C, 1 saat olarak belirlenmiştir.

Catechol (1-hidroksifenol) (F4) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.10 ve Şekil 5.11’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.27’de verilmektedir.



Şekil 4.10:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



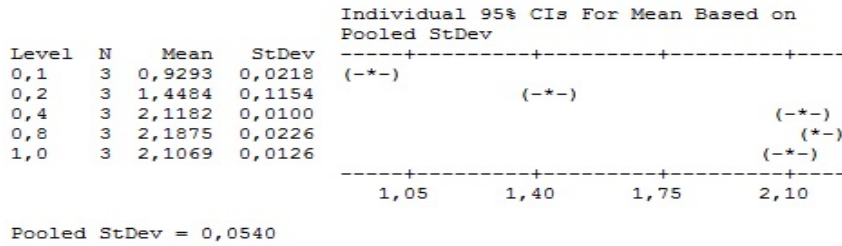
Şekil 4.11: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

Çizelge 4.27: F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

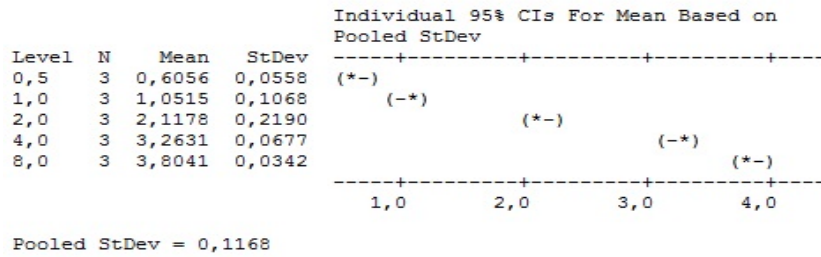
Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	3,65568	0,91392	313,66	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	22,6992	5,6748	415,87	0,000
Süre (saat)	4	3,7116	0,9279	64,44	0,000
Sıcaklık(°C)	4	5,9602	1,4901	78,09	0,000

Çizelge 5.27 incelendiğinde F4 başlangıç maddesi ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık parametrelerinin her birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parametre için farklılığın kaynağını görmek için Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 5.28-5.31’da verilmektedir.

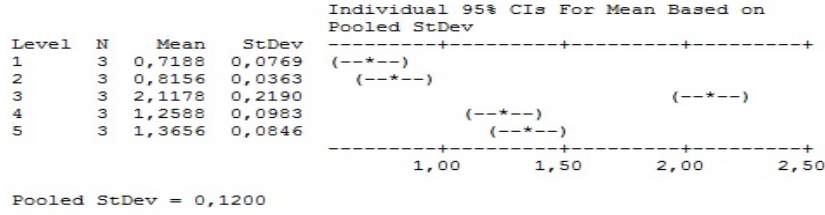
Çizelge 4.28:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



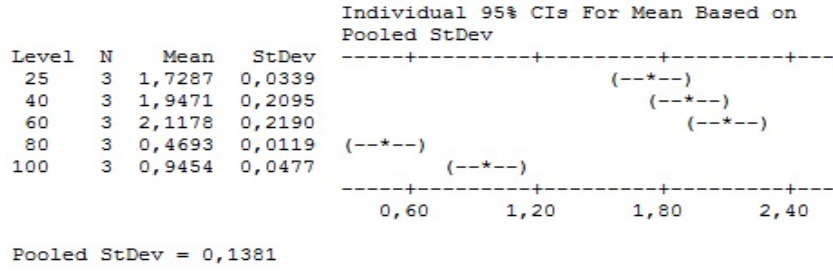
Çizelge 4.29:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.30:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.31:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.28 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin aynı grupta yer alan 0,4-0,8-1 g/L’de elde edildiği görülmektedir. 0,4-0,8-1 g/L enzim konsantrasyonları arasında istatistiki olarak fark bulunmadığından optimum enzim konsantrasyonu 0,4 g/L olarak alınmıştır. Çizelge 4.29’da ise başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 5 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek başlangıç maddesi konsantrasyonu olan 8 mmol/L’de elde edildiği görülmektedir.

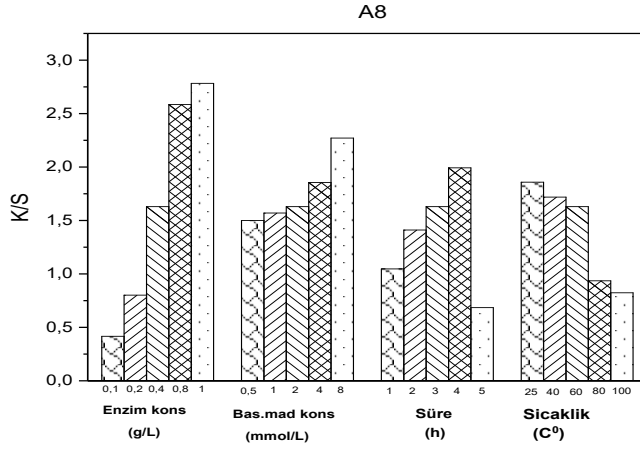
Çizelge 4.30 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi sonucun 3 saatte elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.31 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin aynı grupta yer alan 25-40-60°C’da elde edildiği görülmektedir. Ancak 25-40-60°C arasındaki fark istatistiki olarak önemli olmadığından, en düşük sıcaklık olan 25°C (oda sıcaklığı) seçilmiştir. Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.32’de verilen F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.32:F4 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

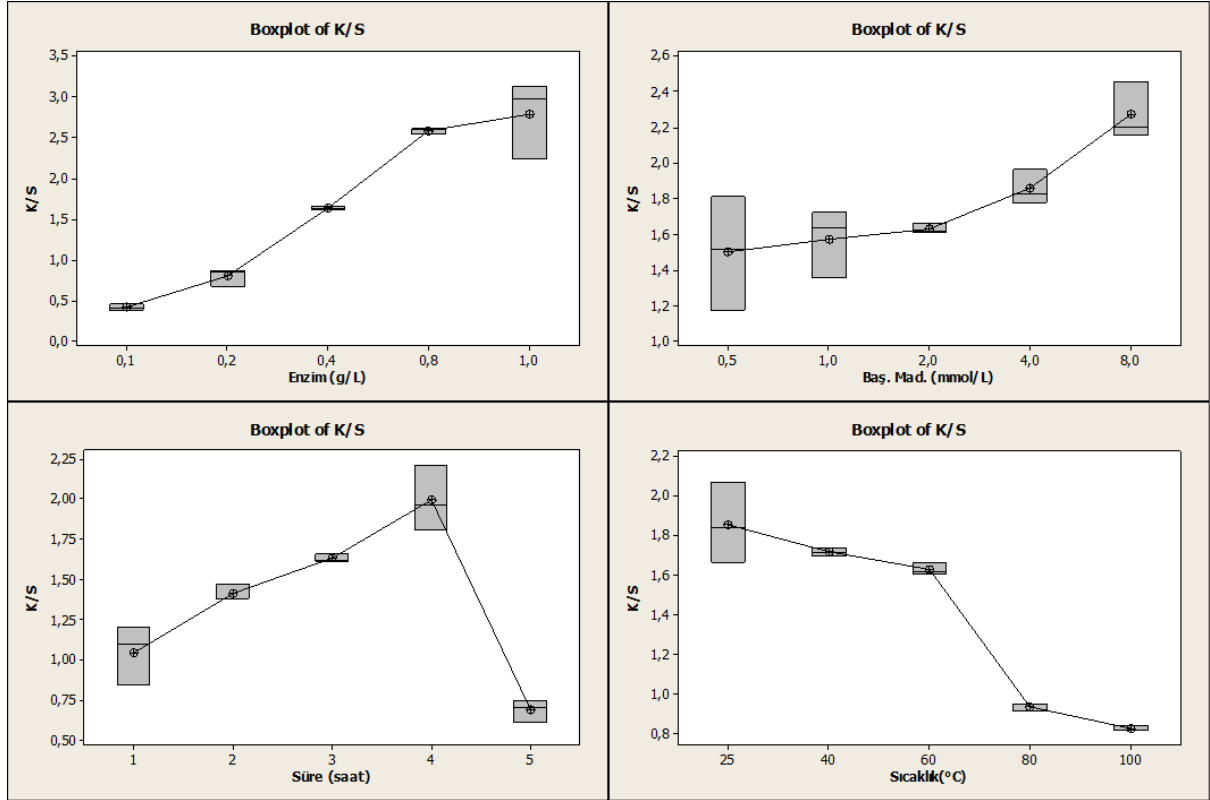
Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda F4 başlangıç maddesi ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 1 g/L enzim konsantrasyonu, 8mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonu, 60°C, 3 saat olarak belirlenmiştir.

M-fenilendiamin (A8) için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.33’de verilmektedir.



Şekil 4.12: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin renk verimi değerleri



Şekil 4.13: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin boxplot grafikleri

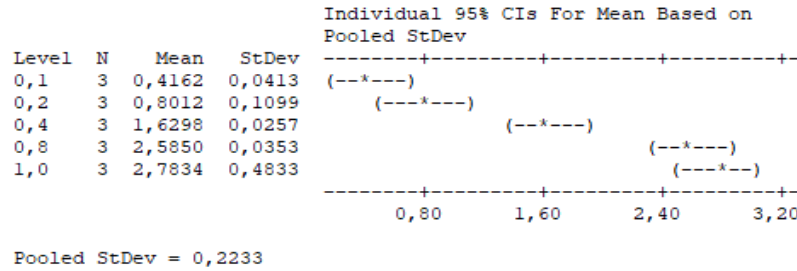
Çizelge 4.33: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Source	DF	SS	MS	F	P
Enzim (g/L)	4	13,2057	3,3014	66,22	0,000
Baş.mad.(mmol/L)	4	1,1747	0,2937	8,42	0,003
Süre (saat)	4	3,0878	0,7720	46,59	0,000
Sıcaklık(°C)	4	2,73306	0,68327	79,01	0,000

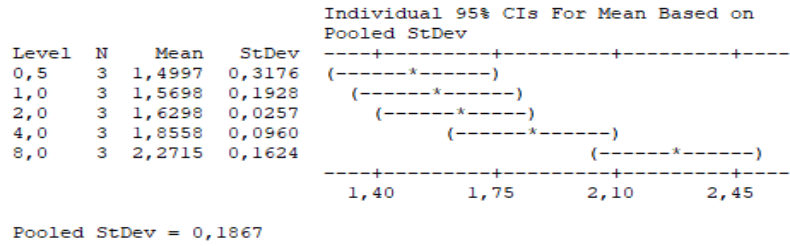
Çizelge 4.33 incelendiğinde A8 başlangıç maddesi ile enzimatik boyama üzerine enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, süre ve sıcaklık parametrelerinin her

birinin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Ancak her bir parameter için farklılığın kaynağını görmek için Tukey testi de yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.34-4.37’de verilmektedir.

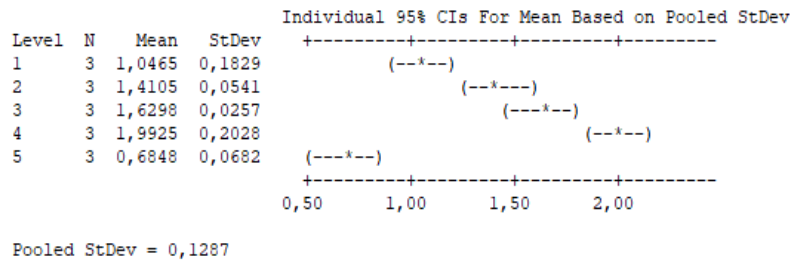
Çizelge 4.34: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada enzim konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



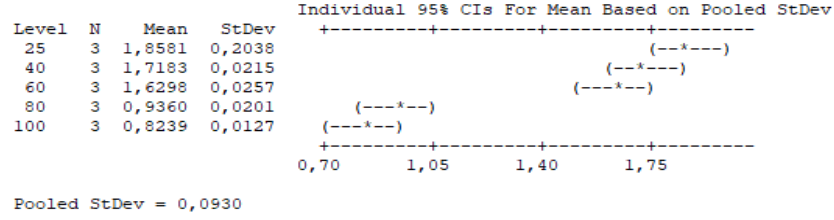
Çizelge 4.35: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.36: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sürenin etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.37: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyamada sıcaklığın etkisine ilişkin Tukey test sonuçları (Standart sapma bazında ortalamalar için %95 güven aralığı)



Çizelge 4.34 incelendiğinde enzim konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların 3 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin en yüksek enzim konsantrasyonları olan 0,8 ve 1g/L’de elde edildiği görülmektedir. Ancak 0,8 ve 1 g/L enzim konsantrasyonları arasında istatistikî olarak fark bulunmadığından, en uygun enzim konsantrasyonununun 0,8 g/L olduğu söylenebilir.

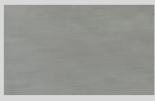




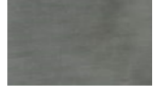

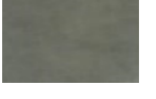
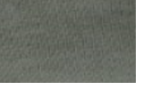





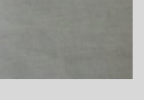
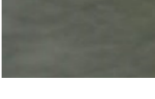
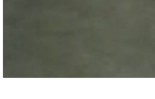
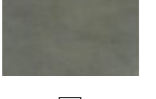

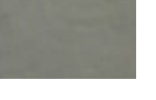
Çizelge 4.35’de ise başlangıç maddesi konsantrasyonunun etkisine göre elde edilen sonuçların tek bir grupta toplandığı görülmektedir.

Ancak 8 mmol/L’de elde edilen renk verimi değeri diğerlerine göre belirgin ölçüde daha yüksek olduğundan en uygun başlangıç maddesi konsantrasyonununun 8mmol/L olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.36 incelendiğinde sürenin etkisine göre elde edilen sonuçların 4 grupta toplandığı ve en iyi sonucun 4 saatte elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.37 incelendiğinde sıcaklığın etkisine göre elde edilen sonuçların 2 grupta toplandığı ve en iyi renk veriminin 25-40-60°C’da elde edildiği görülmektedir. Ancak 25-40-60°C arasındaki fark istatistikî olarak önemli olmadığından, en düşük sıcaklık olan 25°C (oda sıcaklığı) seçilmiştir.

Yukarıda açıklanan tüm bulgular Çizelge 4.38’de verilen A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğraflarından da açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 4.38: A8 başlangıç maddesi için enzimatik boyama koşullarının optimizasyonu denemelerine ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

Enzim Kons. (g/L)					
	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Başlangıç Mad. Kons. (mmol/L)					
	0,5	1	2	4	8
Süre (h)					
	1	2	3	4	5
Sıcaklık (°C)					
	25	40	60	80	100

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda A8 başlangıç maddesi ile enzimatik boyamanın optimum koşulları 0.8 g/L enzim konsantrasyonu, 8mmol/L başlangıç maddesi konsantrasyonu, 25°C, 4 saat olarak belirlenmiştir.

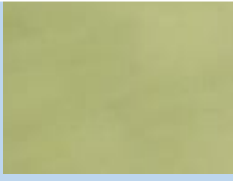


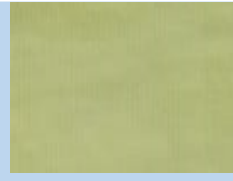

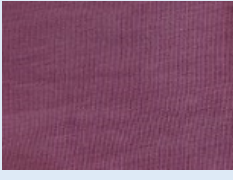






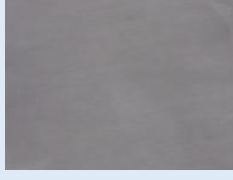
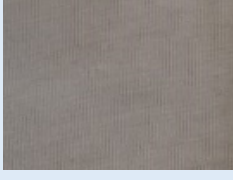
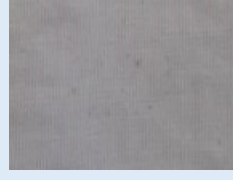
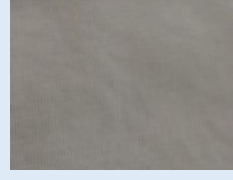
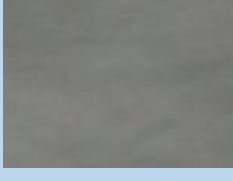


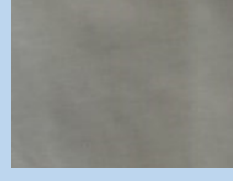



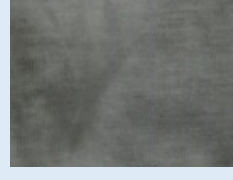
3.3 Lakkaz ile Enzimatik Renklendirmede pH'ın Etkisinin İncelenmesine İlişkin Sonuçlar

Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak 4 farklı pH'da yapılmış enzimatik boyamalara ilişkin renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri Çizelge 4.39'da, kumaş numunelerinin fotoğrafları ise Çizelge 4.40'da verilmektedir. Çizelgeler incelendiğinde pH'ın elde edilen rengin cinsinden çok koyuluğunu etkilediği anlaşılmaktadır. Genel olarak tüm başlangıç maddeleri için pH 5'in en iyi sonuç verdiği, ancak pH 7'de elde edilen sonuçların da oldukça iyi olduğu anlaşılmaktadır. AF3 başlangıç maddelerinde ise pH'a bağlı olarak rengin tonunda da değişiklikler olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.39: Çeşitli başlangıç maddeleri kullanılarak 4 farklı pH'da yapılmış enzimatik boyamalara ilişkin renk verimi (K/S) ve CIEL*a*b* değerleri

	pH	L*	a*	b*	c	h	nm	%R	K/S
A3	3	87,603	-2,530	48,070	48,140	93,054	440	22,640	1,322
	5	88,760	-3,990	49,400	49,560	94,620	440	22,757	1,311
	7	88,213	-3,173	44,373	44,487	94,097	440	25,560	1,085
	9	87,517	-2,403	43,817	43,893	93,140	440	25,183	1,111
AF3	3	62,137	20,223	8,463	21,920	22,710	530	22,480	1,337
	5	56,167	24,443	-3,363	24,677	352,160	530	19,267	1,692
	7	56,497	25,183	2,483	25,310	5,637	530	16,970	2,032
	9	56,193	23,217	-4,130	23,583	349,910	530	17,677	1,919
A7	3	73,567	5,810	-5,953	8,327	314,270	550	42,707	0,384
	5	72,783	6,027	-4,720	7,660	322,003	550	41,610	0,410
	7	76,950	4,603	-3,237	5,640	324,703	550	48,563	0,272
	9	78,757	4,107	-2,633	4,873	327,320	550	51,703	0,226
AA3	3	82,863	6,770	4,353	8,050	32,750	400	54,343	0,192
	5	79,697	9,593	12,213	15,527	51,860	400	39,910	0,374
	7	83,607	7,603	5,077	9,147	33,743	400	54,860	0,186
	9	82,570	7,327	8,720	11,390	49,960	400	48,727	0,270
F4	3	72,000	1,923	5,517	5,843	70,767	400	35,003	0,605
	5	57,280	4,007	9,957	10,733	68,073	400	16,533	2,118
	7	52,837	3,730	12,167	12,723	72,970	400	11,930	3,258
	9	69,777	3,243	8,547	9,143	69,230	400	30,020	0,816
A8	3	55,047	1,340	5,350	5,513	75,960	400	17,127	2,025
	5	60,230	0,483	8,340	8,357	86,673	400	19,757	1,630
	7	58,307	0,923	5,113	5,197	79,887	400	20,793	1,553
	9	56,763	1,717	6,873	7,083	75,987	400	18,743	1,779

Çizelge 4.40: 4 farklı pH’da yapılmış enzimatik boyamalara ilişkin kumaş numunelerinin fotoğrafları

	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
A3				
AF3				
A7				
AA3				
F4				
A8				

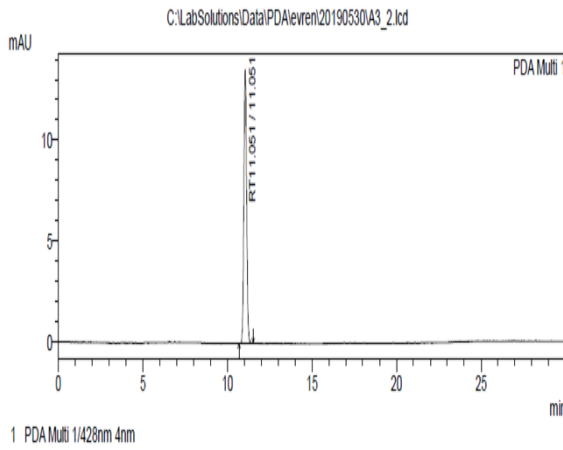
3.4 En İyi Sonuçları Veren Boyaların Yapısal Analizlerine İlişkin Sonuçlar

Çeşitli başlangıç maddelerinden optimum koşullarda sentezlenmiş boyaların spektrofotometrik analiz sonuçları Çizelge 4.41 verilmektedir.

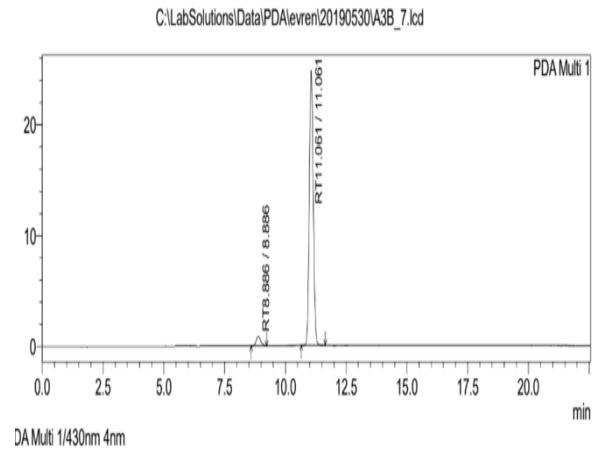
Çizelge 4.41: Optimum koşullarda sentezlenmiş çeşitli boyaların spektrofotometrik analiz sonuçları

	Maksimum Absorbsiyon Dalga Boyu	Absorbans Değeri Kumaşsız
A3	400	1,667
AF3	400	3,110
A7	400	0,794
AA3	400	2,510
F4	400	4,530
A8	400	0,477

4-Nitro 1- Naftilaminbaşlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın [A3] HPLC kromotogramı Şekil 4.14’de, HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.42’de verilmektedir.



A3 başlangıç maddesi



A3 boya

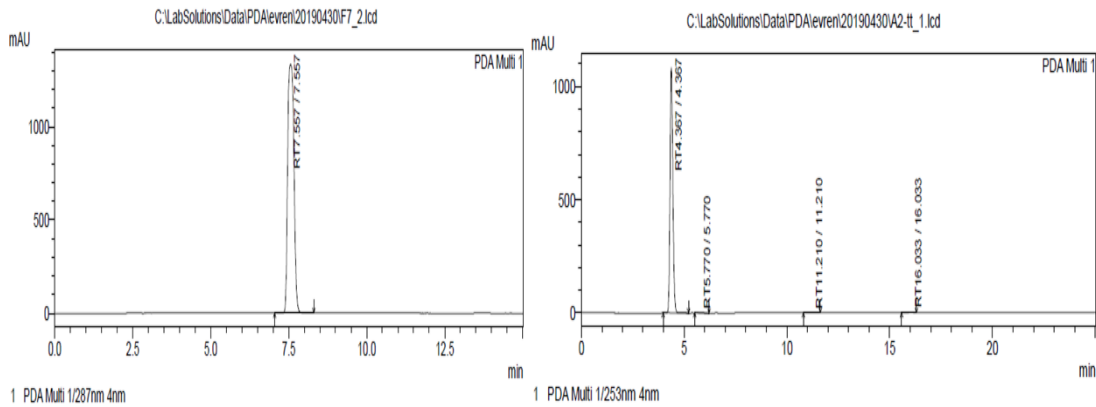
Şekil 4.14: A3 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı

Çizelge 4.42: A3 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları

PeakTable						PeakTable					
PDA Ch1 428nm 4nm						PDA Ch1 430nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	11.051	152206	13522	100.000	100.000	1	8.886	10301	835	3.556	3.262
Total		152206	13522	100.000	100.000	2	11.061	279353	24759	96.444	96.738
						Total		289654	25594	100.000	100.000

Çizelge 4.42’den görülebileceği üzere A3 başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 11,051, A3 sentez boyasının HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 11,061 olarak elde edilmiş olup, her ikisinin pikleri (Şekil 4.14) aynı kromotografik düzlemde olduğundan dolayı boyanın verimli bir şekilde sentezlenmiş olduğu söylenebilir.

3-Metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorür monohidrat [A2] başlangıç maddesinin HPLC kromotogramı Şekil 4.15’te ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları Çizelge 4.43’ verilmiş, Metoksifenol [F7] başlangıç maddesinin HPLC kromotogramı Şekil 4.15’te ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları Çizelge 4.43’ verilmiş, başlangıç maddelerinin ve bu başlangıç maddelerinden sentezlenmiş olan boyanın [AF3] HPLC kromotogramı ve HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.44’de verilmiştir.



A2 Başlangıç Maddesi

F7 Başlangıç Maddesi

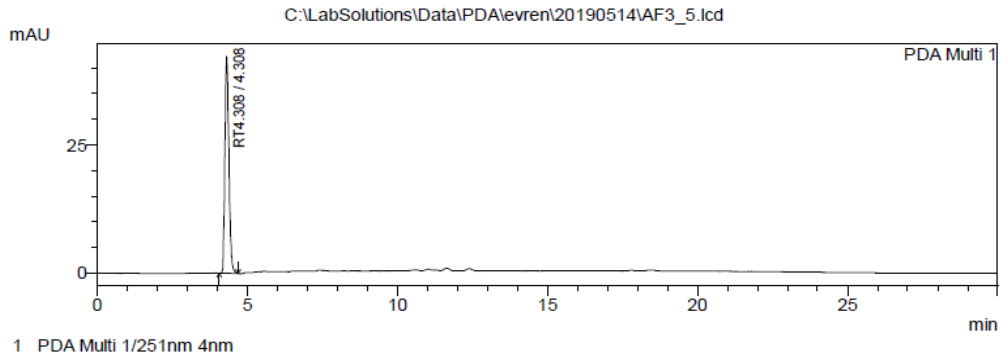
Şekil 4.15: A2 ve F7 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı

Çizelge 4.43: A2 ve F7 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları

PeakTable					
PDA Ch1 253nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.367	10259968	1081887	99.228	99.461
2	5.770	9953	1054	0.096	0.097
3	11.210	16092	1327	0.156	0.122
4	16.033	53775	3484	0.520	0.320
Total		10339789	1087752	100.000	100.000

PeakTable					
PDA Ch1 287nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	7.557	18525176	1334511	100.000	100.000
Total		18525176	1334511	100.000	100.000

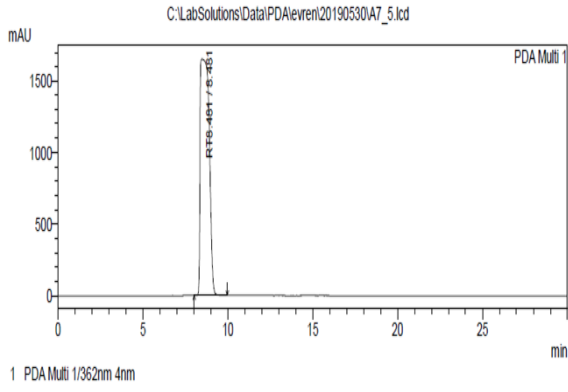
Çizelge 4.44: AF3 Bileşik Sentez Boyanın HPLC Sonucu



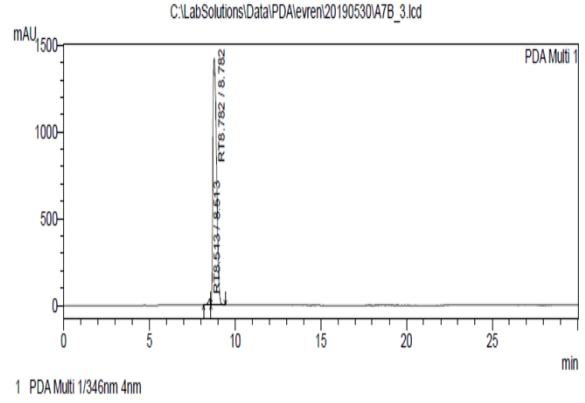
PeakTable					
PDA Ch1 251nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.308	392142	42182	100.000	100.000
Total		392142	42182	100.000	100.000

Çizelge 4.43'ten de görüleceği gibi AF3 Bileşik Sentez Boyasında ise bileşiği oluşturan başlangıç maddelerinden A2 başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 4.367 de, F7 başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 7.557 de vermiş olup AF3 bileşik sentez boyamızın RT değeri ise 4.308, bileşiğinin pikleri (Şekil 4.15) aynı kromatografik düzlemde olmadığından dolayı boya tam verimli sentezlenmemiştir. A2'nin tonuna çok daha yakın bir şekilde sentezlenmiştir.

2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın [A7] HPLC kromatogramı Şekil 4.16'de, HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.45'de verilmektedir.



A7 Başlangıç maddesi



A7 Boya

Şekil 4.16: A7 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı

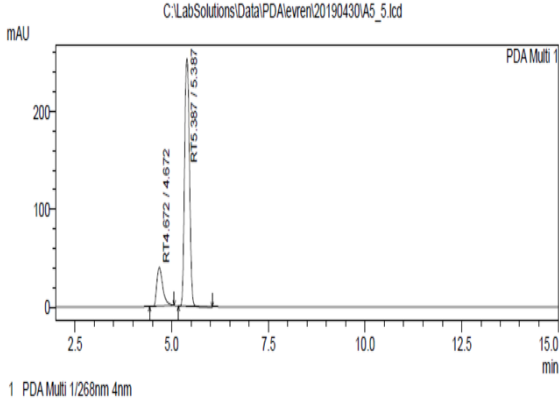
Çizelge 4.45: A7 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları

PeakTable					
PDA Ch1 362nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	8.481	60442747	1651503	100.000	100.000
Total		60442747	1651503	100.000	100.000

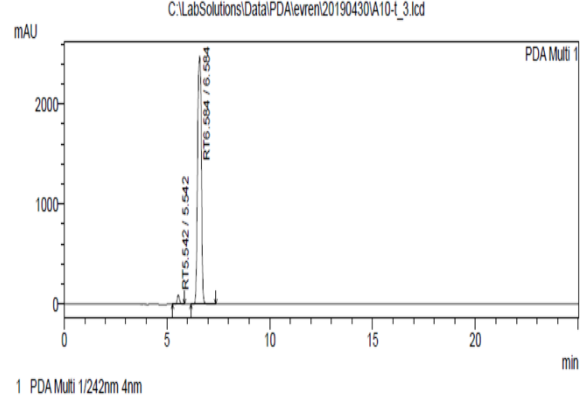
PeakTable					
PDA Ch1 346nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	8.513	324769	33744	1.504	2.322
2	8.782	21271938	1419190	98.496	97.678
Total		21596706	1452934	100.000	100.000

Çizelge 4.45'den görülebileceği üzere A7 başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 8.481, A7 sentez boyasının HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 8.782 olarak elde edilmiş olup, her ikisinin pikleri (Şekil 4.16) aynı kromotografik düzlemde olduğundan dolayı boyanın verimli bir şekilde sentezlenmiş olduğu söylenebilir.

2-amino-6-metoksi benzotiyazol [A5] başlangıç maddesinin HPLC kromotogramı Şekil 4.17'de ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiş, 4-amino-1-naftalen sülfonik asit [A10] başlangıç maddesinin HPLC kromotogramı Şekil 4.15'te ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları Çizelge 4.45'verilmiş, başlangıç maddelerinin ve bu başlangıç maddelerinden sentezlenmiş olan boyanın [AA3] HPLC kromotogramı ve HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.47'de verilmiştir.



A5 Başlangıç Maddesi



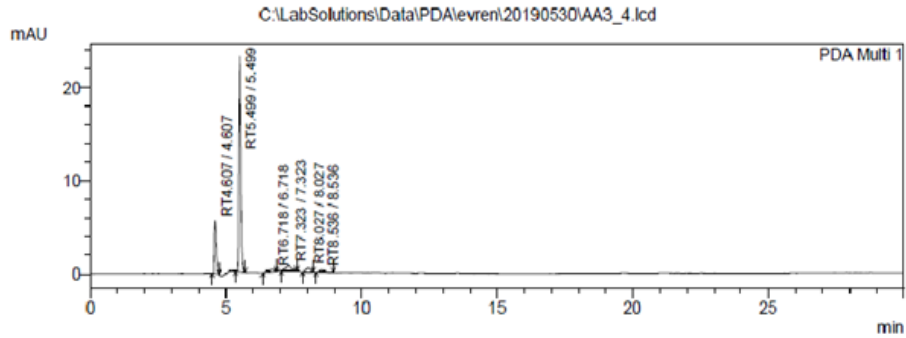
A10 Başlangıç Maddesi

Şekil 4.17: A5 ve A10 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC kromotogramı

Çizelge 4.46: A5 ve A10 Başlangıç maddelerinden ve bu başlangıç maddelerden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları

PeakTable						PeakTable					
PDA Ch1 268nm 4nm						PDA Ch1 242nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %	Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.672	422850	39482	16.043	13.511	1	5.542	732636	93284	2.251	3.632
2	5.387	2212939	252738	83.957	86.489	2	6.584	31812234	2474838	97.749	96.368
Total		2635789	292221	100.000	100.000	Total		32544870	2568123	100.000	100.000

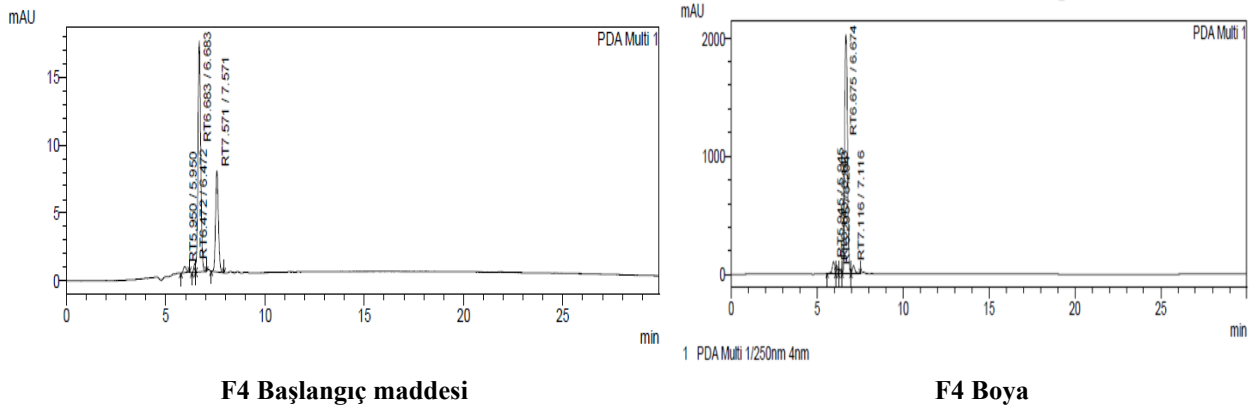
Çizelge 4.47: AA3 Bileşik Sentez Boyanın HPLC Sonucu



PeakTable					
PDA Ch1 268nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.607	29782	5683	18.834	18.932
2	5.499	109824	23009	69.453	76.647
3	6.718	3880	225	2.454	0.750
4	7.323	7140	546	4.516	1.818
5	8.027	4398	367	2.781	1.222
6	8.536	3103	189	1.962	0.630
Total		158128	30019	100.000	100.000

Çizelge 4.47’den de görüleceği gibi AF3 Bileşik Sentez Boyasında ise bileşiği oluşturan başlangıç maddelerinden A5, RT değeri 5.387 de pik vermiş olup, A10, RT değeri 6.584 de pik vermiş olup bileşik sentez boyamızın RT değeri ise 5.499 da pik sonucunu verip bu sentez bileşikte A5 ve A10 her ikisinin pikleri (Şekil 4.17) aynı kromotografik düzlemde olduğundan dolayı boyanın verimli bir şekilde sentezlenmiş olduğu söylenebilir.

Catechol (1-hidroksi fenol) başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın [F4] HPLC kromotogramı Şekil 4.18’de, HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.48’de verilmektedir.



Şekil 4.18: F4 Başlangıç Maddesinin ve Sentez Boyasının HPLC kromotogramı

Çizelge 4.48: F4 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan Boyanın HPLC analiz sonuçları

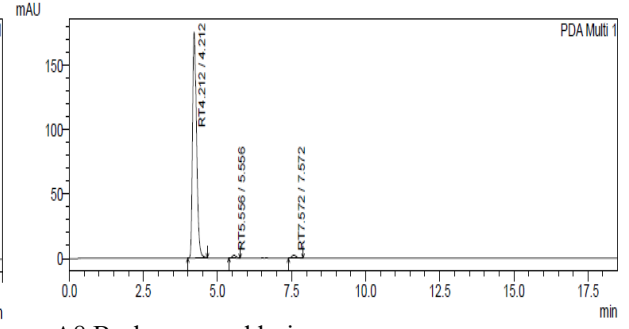
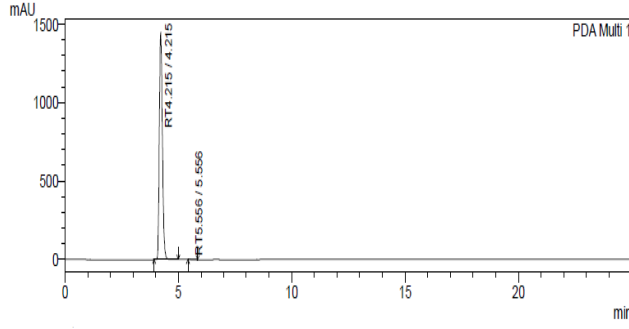
PeakTable					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	5.945	994074	99087	3.967	4.336
2	6.143	476579	68477	1.902	2.997
3	6.294	254361	30741	1.015	1.345
4	6.674	22658644	2021381	90.412	88.463
5	7.116	677781	65311	2.704	2.858
Total		25061440	2284996	100.000	100.000

PeakTable					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	5.950	4989	464	2.023	1.815
2	6.472	4180	672	1.695	2.626
3	6.683	163510	17014	66.315	66.474
4	7.571	73888	7444	29.967	29.085
Total		246567	25594	100.000	100.000

PeakTable

Çizelge 4.48’den görülebileceği üzere F4 başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 6.674, A7 sentez boyasının HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 6.683 olarak elde edilmiş olup, her ikisinin pikleri (Şekil 4.18) aynı kromotografik düzlemde olduğundan dolayı boyanın verimli bir şekilde sentezlenmiş olduğu söylenebilir.

M-fenilendiamin başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın [A8] HPLC kromotogramı Şekil 4.19’de, HPLC analiz sonuçları ise Çizelge 4.49’de verilmektedir.



A8 Başlangıç maddesi

A8 Boya

Şekil 4.19: A8 Başlangıç Maddesinin ve bu başlangıç maddesinden Sentezlenmiş Boyanın HPLC kromotogramı

Çizelge 4.49: A8 başlangıç maddesinin ve bu başlangıç maddesinden sentezlenmiş olan boyanın HPLC analiz sonuçları

PeakTable					
PDA Ch1 238nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.215	13703873	1447931	99.933	99.922
2	5.556	9189	1134	0.067	0.078
Total		13713062	1449065	100.000	100.000

PeakTable					
PDA Ch1 238nm 4nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	4.212	1602262	175230	97.477	97.527
2	5.556	18139	2121	1.104	1.181
3	7.572	23335	2322	1.420	1.292
Total		1643737	179673	100.000	100.000

PeakTable

Çizelge 4.49'den görülebileceği üzere A8

başlangıç maddesinin HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 4.215, A7 sentez boyasının HPLC sonucundan elde edilmiş RT değeri 4.212 olarak elde edilmiş olup, her ikisinin pikleri (Şekil 4.19) aynı kromotografik düzlemde olduğundan dolayı boyanın verimli bir şekilde sentezlenmiş olduğu söylenebilir.

4. GENEL SONUÇLAR

Bu tez projesi kapsamında elde edilen genel sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Enzimatik renklendirme sonucunda daha ziyade sarı ve toprak tonları elde edilmektedir. Bazı başlangıç maddelerinde ise lakkaz ile renk elde edilememiştir.
- ✓ Çalışmada 3-metil-2-benzothiazolinone hidrazon hidroklorü rmonohidrat + metoksifenol (AF3) veya özellikle 2,2'-azino-bis (3etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu + 4-amino-1-naftalinsülfonik asit (AA2) karışımları ile oldukça iyi renk verimine sahip kırmızı renkler elde edilebilmiştir.
- ✓ Enzimatik boya sentezinde her bir renk için enzim konsantrasyonu, başlangıç maddesi konsantrasyonu, sıcaklık ve süre optimizasyonları yapılmış olup, genelde en iyi sonuçlar enzim ve başlangıç maddesi konsantrasyonu arttıkça renk verimi anlamında iyileşmiştir. Optimum sıcaklıklar ise genelde oda sıcaklığı ile 60°C olarak bulunmuştur. Pek çok başlangıç maddesi için 1 saatlik süre yeterli gelmiş, buna karşın sarı ve nefti yeşil için 4 saatlik süre optimum sonucu vermiştir.
- ✓ Enzimatik boya sentezi ve tek adımda boyama işleminde en uygun pH 5 olarak saptanmış olsa da, pH 7'de de iyi sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.
- ✓ Yapılan HPLC analizleri söz konusu başlangıç maddelerinden boya sentezinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebildiğini ortaya koymuştur.

Bütün bu değerlendirmelerin ışığı altında pamuklu örme kumaşların sarı ve kırmızı renkler ile haki ve kahve tonlarında enzimatik olarak renklendirilebileceği söylenebilir. Özellikle kırmızı rengin elde edilebilmiş olmasının enzimatik renklendirme konusundaki çalışmalara önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bundan sonra yapılacak yeni çalışmalarda özellikle enzimatik renklendirmenin performans açısından şu anda pamuk boyamada yaygın kullanılan reaktif boyamaya alternatif olup olamayacağı konusunun irdelenmesi yararlı olacaktır.

5. KAYNAKÇA

- Basto C, Tzanov T, and Cavaco-Paulo A, (2007). Combined Ultrasound-Laccase Assisted Bleaching of Cotton, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 350-354.
- Couto S, Toca-Herrera J. L, Laccases in the Textile Industry *Biotechnology and Molecular Biology Review*, December 2006, Vol.1(4), pp.115-120.
- El-Hennawi H. M, Ahmed K, A, & I Abd El Thalouth (2012). A Novel BioTechnique Using Laccase Enzyme in Textile Printing to Fix Natural Dyes, *Indian Journal of fiber & Textile Research*, September, Vol. 37, pp. 245-249.
- Hadzhiyska H, Calafell M, Josep M. Gibert, Daga J. M, Tzanov T. Laccase assisted dyeing of cotton Received: 17 October 2005 / Accepted: 31 January 2006 / Published online: 23 May 2006.
- H M El-Hennawi, K A Ahmed & I Abd El Thalouth Dyeing Printing and Textile Auxiliaries Department, Textile research Division. Received 4 April 2011, revised received and accepted 27 July 2011.
- HoonsikShinH, Guebitz G, Paulo A.C (2001). "InSitu" Enzymatically Prepared Polymers for Wool Coloration, *Macromol. Mater. Eng.* 286, 691-69.
- Ikeda R, Sugihara J, Uyama H, Kobayashi S, (1996). Enzymatic Oxidative Polymerization of 2,6-Dimethylphenol *Macromolecules* 1996, 29,27,8702-8705 Publication Date: December 30, 1997.
- Jeon J. R, Kim E, Murugesan K, Park H, Kim Y, Kwon Y, Kim W, Lee J, Chang Y (2010). Laccase-catalysed polymeric dye synthesis from plant-derived phenols for potential application in hair dyeing: Enzymatic colourations driven by homo- or hetero-polymer synthesis, *Microbial Biotechnology*, 3(3), 324-335.
- Kahraman M (2008). Lakkaz Katalizli Oksidasyon Vasitasiyla Yeni Tekstil Boyalarının Üretimi İçin Yeni Bir Metot. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kim S, Moldes D, Paulo A. C (2007). Laccases for Enzymatic Colouration of Unbleached Cotton *Enzyme and Microbial Technology*, 40 1788-1793.
- Kunamneni, Adinarayana; Plou, Francisco J.; Ballesteros, Antonio; Alcalde, Miguel (2008). Laccases and their applications: A patent review Vol. 2, Number 1, January, pp. 10-24 (15).
- Mojsov K (2014). Biotechnological Applications of Laccases in the Textile Industry, *Advanced technologies*, 3(1), 76-79.

- Mojsov K (2011). Application of Enzymes in the Textile Industry A Review, II International Congress ‘‘ Engineering, Ecology and Materials in the Processing Industry, Jahorina.
- R. Mustafa, L. Muniglia, B. Rovel , M. Girardin (2005). Phenolic colorants obtained by enzymatic synthesis using afungal laccase in a hydro-organic biphasic system Laboratoire Bioproche´de´ s Agroalimentaires, ENSAIA-INPL, 2 avenue de la Foreˆt de Haye, BP 172, F54505 Vandoeuvre-le`s-Nancy Cedex, France, University al Baath, BP 77, Homs, Syria.
- Sun S, Xing T. & Tang R (2015). Enzymatic Dyeing and Funtional Finishing of Textile Fibers with Ferulic Acid, Indian Journal of Fiber & Textile Research, March, Vol.40, pp. 62-69.
- Şahin U.K, (2003). Pektinaz Enzimiyle Pamuklu Tekstil Ürünlerinin Ön Terbiye İşlemlerinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Tuncay T, (2014). Trakya Bölgesi’nde Yetişen BoletusEdulis Mantarından İzole Edilen Lakkaz Enziminin Çeşitli Desteklere İmmobilizasyonu ve Tekstil Atık Sularındaki Boyarmaddelerin Renksizleştirilmesinde Kullanılması, Doktora Tezi Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Edirne.

6. ÖZGEÇMİŞ

27.10.1991 tarihinde İstanbul'da dünyaya gelmiş olan Ömer BOZKURT ilköğretimini Cemal Reşit Rey İlkokulu Arnavutköy/İstanbul'da, lise eğitimini Rami Atatürk Anadolu Lisesi/İstanbul'da tamamlamıştır. 2016 yılında Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2016-2018 yılları arasında Çağlayan Kumaş Boya Tekstil'de Ar-Ge Sorumlusu, 2019 yılında Işıl Tekstil AŞ'de Boyahane İşletme Mühendisi olarak çalışmıştır. Halen bu firmadaki görevine devam etmektedir.