

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAYİDE KULLANILMAK ÜZERE ANTİKOROZİF ÖZELLİKLİ,
DARBE VE SUYA DAYANIKLI SOLVENT BAZLI BOYALARIN
HAZIRLANMASI VE FİZİBİLİTESİ**

Sibel DEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Nil ACARALI

Şubat, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAYİDE KULLANILMAK ÜZERE ANTİKOROZİF ÖZELLİKLİ,
DARBE VE SUYA DAYANIKLI SOLVENT BAZLI BOYALARIN
HAZIRLANMASI VE FİZİBİLİTESİ**

Sibel DEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 12.02.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nil ACARALI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Nil ACARALI, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Jale GÜLEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Selva ÇAVUŞ, Üye
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa



ANNEM'E

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam boyunca bana yön veren, sürekli beni aydınlatan ve tüm manevi desteğiyle her zaman yanımda olan sevgili danışman hocam Doç.Dr. Nil ACARALI'ya,

Tüm yaşamım boyunca beni destekleyen ve hep yanımda olan aileme,

Her adımında bana destek olup, yanımda olan can yoldaşım Erdem GÜZEL'e,

Bütün anlarımda daima yanımda olan çok sevgili dostum Elif GÜLTEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Sibel DEMİR

Danışmanım Doç. Dr. Nil ACARALI sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Sanayide Kullanılmak Üzere Antikorozyon Özellikli, Darbe ve Suya Dayanıklı Solvent Bazlı Boyaların Hazırlanması ve Fizibilitesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Sibel DEMİR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	2
1.2 Tezin Amacı.....	3
1.3 Hipotez.....	3
2 BOYA	4
2.1 Genel Tanımlama.....	4
2.2Hammadde.....	6
2.2.1 Bağlayıcı.....	7
2.2.2 Pigment.....	7
2.2.3 Dolgu Maddesi.....	8
2.2.4 Çözücü.....	8
2.2.5 Katkılar.....	9
2.3 Dispersiyon.....	9
2.4 Su Bazlı Boya.....	10
2.4.1 Su Bazlı Boya Üretimi.....	10
2.5 Solvent Bazlı Boya.....	12
2.5.1 Çözücüler.....	13
2.5.2 Dispersiyon.....	16
2.5.3 Solvent Bazlı Boya Üretimi.....	16
3 LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR	19

4 OPTİMİZASYON	22
4.1 Optimizasyon Tanımı	22
4.2 Box-Behnken	24
5 MATERYAL VE YÖNTEM	25
5.1 Materyal	25
5.2 Yöntem	25
5.2.1 Deney Setinin Hazırlanması	25
5.2.2 Temas Açısı	27
5.2.3 Isı Dayanımı	28
5.2.4 Yaşlandırma	28
5.2.5 Korozyon	28
5.2.6 TG-DTA	28
6 SONUÇLAR VE TARTIŞMA	30
6.1 Optimizasyon Çalışması	31
6.1.1 Design Expert ve Model Denklemi	31
6.2 Teması Açısı Ölçümü Sonuçları	37
6.3 Isı Dayanımı Sonuçları	38
6.4 Yaşlandırma Sonuçları	38
6.5 Korozyon Analizi Sonuçları	39
6.6 TG-DTA	40
6.7 Fizibilite Çalışması	41
7 SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKÇA	44
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	46

SİMGE LİSTESİ

$f(x)$	Bağımlı değişken
Δx	Bağımsız bir değişkenin adım değişim değeri
x	Bağımsız değişken
j	Değer
β	Model sabiti
Y	Yanıt değişkeni (bağımlı değişken)



KISALTMA LİSTESİ

DPOP	2-etil difenilfosfit
DMMEP	2-metakrililoksietil fosfonat
AFM	Atomik kuvvet mikrosbu
BMA	Bütil metakrilat
cP	Centipoise
GMA	Glisidil metakrilatın
LOI	Limiting oxygen index
Na	Sodyum
SB	Solvent bazlı
WB	Su bazlı
SEM	Taramalı electron mikroskobu
TiO ₂	Titanyumdioksit

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Boya Hammaddeleri	6
Şekil 2.2	Boya Üretiminde Islatma-Dispersiyon-Stabilizasyon Aşamaları.....	10
Şekil 2.3	Boya Üretimi Aşamaları.....	12
Şekil 2.4	Solvent Bazlı Boya Üretimi Genel Akış Diagramı.....	17
Şekil 2.5	Solvent Bazlı Boya Ayrıntılı Akış Diagramı.....	18
Şekil 5.1	Aplikatör.....	26
Şekil 5.3	Mekanik Karıştırıcı.....	26
Şekil 5.4	Temas Açısı Gösterimi.....	28
Şekil 6.1	Tahmin edilen değer ile deneysel değerlerin karşılaştırılması.....	31
Şekil 6.2	Viskozite Değerleri için 3D Yanıt Yüzey Grafikleri-1.....	33
Şekil 6.3	Viskozite Değerleri için 3D Yanıt Yüzey Grafikleri-2.....	34
Şekil 6.4	Viskozite ile Tek Bir Faktör Arasındaki Etkileşim Grafikleri-1.....	35
Şekil 6.5	Viskozite ile Tek Bir Faktör Arasındaki Etkileşim Grafikleri-2.....	36
Şekil 6.6	Referans boya(A), Optimum Boya(B) Temas Açısı Sonuçları.....	37
Şekil 6.7	Referans (A) ve Optimum(B) Boya Isı Dayanımı Sonuçları	38
Şekil 6.8	Referans (A) ve Optimum (B) Boya Yaşlandırma Sonuçları	39
Şekil 6.9	Referans (A) ve Optimum(B) Boya Korozyon Sonuçları.....	40
Şekil 6.10	Referans (A) ve Optimum(B) Boya TG-DTA Sonuçları.....	41
Şekil 6.11	Fizibilite Çalışması.....	42

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Farklı Boyalarda Boya Bileşenleri	7
Tablo 2.2 Solvent Bazlı Boya İçeriği	13
Tablo 2.3 Solvent Bazlı Boyalar İçin Tipik Solventler.	14
Tablo 2.4 Bir Boya Filminden Çözücünün Buharlaşması.	15
Tablo 6.1 Design Expert Deney Seti.	30
Tablo 6.2 Model Denklemi.	32



Sanayide Kullanılmak Üzere Antikorozyon Özellikli, Darbe ve Suya Dayanıklı Solvent Bazlı Boyaların Hazırlanması ve Fizibilitesi

Sibel DEMİR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Nil ACARALI

Boya sektöründe artan rekabet ve boya pazarındaki çeşitlilik sonucunda, boyadan beklenen özelliklerin artmasıyla, boyayla ilgili çalışmalar talep görmektedir. Son yıllarda, yüzeyi yoğun su etkilerinden korumak amacıyla süperhidrofobik malzemeler oldukça ilgi görmektedir. Hidrofobik özellikli organik kaplamalar, kaplanmış olan ekipmanı/malzemeyi kirlenmeden, korozyondan, diğer tehlikeli kimyasallardan koruyan ve birçok pratik uygulama içinde yer alan kaplamalardır. Isıya dayanıklı boyalar ise kaplandığı yüzeye ısı ve kimyasal işlem uygulamalarında yüksek dayanım sağlayan ve sararmayı önleyen/geciktiren organik kaplamalardır. Bu çalışmada, silikon bazlı hidrofobik bir malzeme olan aerosil, stabilizasyona katkı sağlaması ve hidrofobik özelliği arttırması amacıyla, floroalkilakrilat kopolimer ise yaşlanmaya, kimyasallara, yüksek ısıya dayanıklı süper hidrofobik bir malzeme olarak farklı oranlarda boyalara ilave edilmiştir. 2-etil difenilfosfit (DPOP) ise yanma geciktirici, yüksek ısıya dayanımı sağlayan ve yaşlandırmayı geciktiren bir katkı malzemesi olarak katılmıştır. Bilindiği üzere korozyon paslanma sonucu

oluşmaktadır. Paslamayı önlemenin yolu ise yüzeyi boya ile kaplamaktan geçmektedir. Bu amaçla, fosfanat bazlı ürün kullanılarak, paslanmanın minimum düzeye indirilip, korozyonun geciktirilmesi hedeflenmiştir. Bu komponentler kullanarak hidrofobik özellikli, ısıya ve yaşlandırmaya dayanım özelliğı yüksek, korozyonu geciktiren katkılı solvent bazlı boya hazırlanması amaçlanmıştır. Buradan yola çıkarak, farklı seviyeler ve parametreler için üretim kalitesini artırmak, maliyeti düşürmek amacıyla optimizasyon çalışması yapılmıştır. Yapılan optimizasyon çalışması ve testler sonucunda, kullanılan katkı maddelerinin, hazırlanan organik kaplamaların özelliklerini geliştirdiğı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: 2-etil difenilfosfit, aerosil, floroalkilakrilat kopolimer, fosfanat bazlı ürün, boya

Feasibility and Preparation of Anticorrosive-Solvent Based Organic Coatings Having Impact and Water Resistance for Industrial Applications

Sibel DEMİR

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Nil ACARALI

As a result of the increasing competition in the paint industry and the diversity in the paint market, paint related studies are in demand due to the increase in the properties expected from paint. In recent years, hydrophobic materials have attracted great attention to protect the surface from intense water effects. Superhydrophobic organic coatings are coatings that protect the coated equipment/material from contamination, corrosion, other hazardous chemicals and are included in many practical applications. Heat-resistant paints, on the other hand, are organic coatings that provide high strength to the surface it is coated in thermal and chemical treatment applications and prevent/delay yellowing. In this study, aerosil, a silicone-based hydrophobic material, was added to the paints in different proportions as a super hydrophobic material resistant to aging, chemicals and high temperatures, in order to contribute to stabilization and increase hydrophobic properties. 2-ethyl diphenylphosphite (DPOP) is added as an additive material that retards fire, provides high temperature resistance and delays aging. As is known, corrosion occurs as a result of rusting. The way to prevent rusting is to cover the

surface with paint. For this purpose, by using a phosphonate-based product, it is aimed to minimize rust and delay corrosion. By using these components, it is aimed to prepare a solvent-based paint with hydrophobic properties, high resistance to heat and aging, and additives that delay corrosion. Based on this, an optimization study was carried out for different levels and parameters in order to increase the production quality and to reduce the cost. As a result of the optimization studies and tests, it was observed that the additives used improved the properties of the prepared organic coatings.

Keywords: 2-ethyl diphenylphosphite, aerosil, fluoroalkylacrylate copolymer, phosphonate-based product, paint

Boya sektörü, Kimya sektöründe önemli bir paya sahiptir. Türkiye, boya üretiminde Avrupa'da üst sıralarda yer almaktadır. Boyalar kullanım alanlarına göre inşaat boyları, endüstriyel boyalar ve diğer boyalar olarak sınıflandırılır. Boya uygulandığı katı yüzeye dış etmenler karşı korunması ve dekoratiflik katmak için kullanılan, ana bileşen olarak bağlayıcı ve pigmentten oluşan malzemedir. Boyalar, kaplama malzeme olmasının yanı sıra yüzeye dekoratif özellik katmak amacıyla da kullanılır. Kullanıldığı sektöre göre boyalarda parlaklık, su geçirmezlik, örtme gücü, su iticilik gibi birçok özellik aranmaktadır.

Boyanın yapısında dört temel malzeme vardır. Bunları; bağlayıcılar, pigmentler, katkı maddeleri ve çözücüler olarak ayırabiliriz. Farklı boya çeşitlerine göre temel unsurların kullanım miktarı değişiklik göstermektedir. Pigmentler (titanyum dioksit, karbon siyahı, antimon oksit, çinko sülfür, çinko oksit v.s), herhangi bir çözücülerde çözünmeyen boyaya renk, koruma ve kaplama katan inorganik veya organik maddelerdir. Dolgular boyaların yaklaşık % 25-50'sini oluşturabilir. Katkı maddeleri ise boyanın formülasyonundaki diğer malzemelere oranla daha pahalı ve kullanım oranı daha az olan , boyanın özelliklerini iyileştirmek için kullanılan malzemelerdir. Boya formülasyondaki oranları yaklaşık % 1 ile 5 arasındadır. Katkı maddelerine örnek olarak köpük önleyiciler/azaltıcılar, biositler, donma ve kuruma geciktiriciler, çökelme önleyiciler, viskozite ayarlayıcı maddeler verilebilir. Türkiye, pigment, dolgu ve hammaddesinin büyük çoğunluğunda dışa bağımlıdır.

Boyayı seyreltmek için boyanın temel maddelerinden biri olan çözücüler, boyalarının kullanıma hazır olmasını ve kaplamanın etkili olmasını sağlar. Çözücüler ortam sıcaklığında ve yüksek sıcaklıkta kurur. Çözücüler buharlaşması sıcaklık artışı ile hızlanan fiziksel tepkimedir.

Bu çalışmada endüstride kullanılacak solvent bazlı boyaya DPOP, aerosil, fosfonat bazlı ürün, floro alkil akrilat ilave edilerek bir optimizasyon çalışması yapılmış ve

test sonuçlarına göre organik maddelerin özelliklerinin görüldüğü gözlemlenmiştir. Kullanılan katkı maddeleriyle hazırlanan kaplamalar iyileştirilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Abbasian vd. (2003) [1] yaptıkları çalışmada, boya sanayide kullanılan üç tane buharlaşan solventin Marangoni-Benard konveksiyonu incelemişlerdir. Yeni değiştirilen Marangoni numarasına göre film tabakası boyunca buharlaşma, yüzey gerilimi ve sıcaklık etkisini tartışmışlardır. Üç yüzey aktif ajanın etkilerini kaplama teknolojisinde normal olarak yüzey paterni oluşumunda akış değiştirici veya anti yüzey oluşturma ajanı olarak anılan saf çözücülerde de araştırmışlardır.

Cinku vd. (2000) [2] yaptıkları çalışmada; solvent bazlı boya üretmek için Yaztr bölgesi bentonitinden reolojik bir madde elde etmişlerdir. Bu malzeme kuvars, kalsit, feldispat ve biyotit gibi bazı safsızlıklardan oluşan karışık bir bentonite tipidir. Saf Na-bentonit elde etmek için numuneden safsızlıkları gidermek için çalkalama, sınıflandırma ve boşaltma gibi farklı teknikler uygulanmışlardır. Daha sonra iyon değiştirme işlemi yapmışlardır. Yaptıkları testlerin sonunda belirli bir organo kil (reolojik ajan) elde etmişlerdir. Elde edilen ürünün özellikleri diğer endüstriyel ticari marka ürünlerle karşılaştırmışlardır.

Dursun ve Sengül (2006) [3] yaptıkları çalışmada, solvent bazlı boya üretim tesislerinde, bertaraf edilmeden önce uygun şekilde işlenmesi gereken önemli miktarlarda üretilen tehlikeli atıktan bahsetmişlerdir. Bu atığın arıtılmasının maliyeti yüksek olduğundan, atık miktarını azaltmak bu endüstride çok önemli bir konu haline geldiğine değinmişlerdir. Atık minimizasyon seçenekleri, tesis sahibi için olduğu kadar çevre için de faydalı olduğunu ve tesisin teknolojisi değiştirilerek veya boya üretim sürecinde kullanılan tehlikeli maddeler çevre dostu olanlarla değiştirilerek tehlikeli atık miktarı en aza indirilebileceğini açıklamışlardır. Bu çalışmada solvent bazlı boya üretilen tesiste atık minimizasyonu için çalışma sunmuşlardır. Geri dönüşüm, geri kazanım ve kaynak azaltma parametrelerini göz önüne alarak, boya üretim tesisinin atık üretme aşamalarıyla ilgili yöntem geliştirmeyi, atık miktarının azaltmanın yöntemlerini önermeyi ve üretim tesisine önermek için uygun bir atık miktarını azaltma seçeneği seçmeyi hedeflemişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Boya kaplama ve dekoratif özelliğinden dolayı başta inşaat olmak üzere, metal sanayi, endüstride, denizcilik gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Boyanın kaplandığı yüzeyi dış etmenlerden korumasından dolayı başka sektörlerde de kullanımı yaygınlanmıştır ve talep giderek artmaktadır. Artan talep ise beraberinde rekabeti getirmektedir. Boya sektöründe artan rekabetten dolayı, kaplamalarda kullanılan boyalar için fiziksel ve kimyasal olarak birçok özellik talep edilmektedir. Bu talep doğrultusunda boya sektöründeki araştırmalar ve çalışmalar arttırılmıştır. Bu çalışmada, boyaya farklı katkıları ilave edilmesi yoluyla optimizasyon çalışması yapılmış ve boyadan istenen özellikler doğrultusunda, yapılan analizler sonucunda katkılarıyla hazırlanan organik kaplamanın hidrofobiklik, ısı dayanımı, yaşlanmaya karşı direnç, korozyon önleyicilik özelliği geliştirildiği görülmüştür.

1.3 Hipotez

Çalışmada kullanılan dört farklı katkının (DPOP-Aerosil-Floroalkil Akrilat Kopolimer-Fosfanat bazlı ürün) solvent bazlı boyanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirdiği testler sonucunda görülmüştür. Kullanılan katkıları yardımıyla organik kaplamanın hidrofobiklik, ısı dayanımı, yaşlanmaya karşı direnç, korozyon önleyicilik özelliği geliştirildiği görülmüştür.

2.1 Genel Tanımlama

Boya, sıvı bağlayıcı ve askıda pigmentlerden oluşan koruyucu ve dekoratif bir kaplama malzemesidir ve genellikle katı yüzeye bir kaplama tabakası oluşturmak için uygulanır. Pigment adı verilen renkli madde ve reçinenin kaplandığı yüzeyde farklı formlarda veya yapılandırılmış bir film oluşturan kimyasal bir karışımdır. Boya genel olarak binder, pigment ve solventten oluşan bir dispers malzemedir. Boya sanayi, boya, vernik, macun, izolasyon malzemeleri v.s ürünlerin hazırlandığı bir sanayi koludur. Baskı mürekkepleri üretimi de bu sektörde üretilen ürünler arasında yer almaktadır. Ayrıca bu sektörde üretilen nihai ürünler için kullanılan hammaddeler bazen sanayi bünyesinde de üretilmektedir [3,4].

En önemli boya pazarlarından biri inşaat sektörüdür ve yılda yaklaşık 200.000-ton boya tüketir. Ülkemizde boya sektörünün önemli payını inşaat boyası oluşturuyor iken, son zamanlarda oto ve toz boyaya artan talepten dolayı, üretiminde önemli bir artış gözlenmiştir [4].

Boyalar çoğunlukla çok katmanlı sistemler olarak uygulanır. Çoğunlukla bu sistemler dekoratif ve koruyucu amaçlı kullanılır, ancak uygulanacak yüzeye ve kullanımdaki ortam koşullarına bağlı olarak ek özellikler gerekir. İşlevsel kaplamalar olarak bilinen ek işlevlere sahip bu filmlerin örnekleri, kendi kendini temizleyen, temizlenmesi kolay (antigrafiti), kendi kendini iyileştiren, antikorozyf, hijyenik ve zehirli boyadır [5].

Sıvı boyaların uygulanmasında kullanılabilecek çeşitli endüstriyel işlemler vardır. Hangi işlemin kullanılacağına seçimi aşağıdakiler tarafından belirlenir:

- Kaplamanın gerektirdiği özellikler - yapışkan alt kaplama, korozyon önleme veya yüzey bitirme (örneğin, otomobil gövdelerinde ve ağır makinelerde son katlar için farklı gereksinimler vardır);

- Uygulanacak boyanın özellikleri - son şekli (viskoz veya akışkan, toz), nasıl kurur (fiziksel kütleme, kimyasal kütleme);
- Boyanacak nesnenin özellikleri - yapıcı malzemenin doğası, şekli, boyutu, vb.
- Üretim hızı (belirli durumlarda boyama işleminin otomasyonunu gerektirir);
- Boya uygulayan kişinin tehlikeli madde emisyonuna (endüstriyel sağlık ve güvenlik) maruz kalma riskinin azaltılması veya çevreye salınması;
- Başvuru prosedürünün maliyeti (enerji maliyetleri, hammadde ve işçilik maliyetleri, vb.) bir proses seçiminin yapıldığı temeldir. Bu nedenle, boya uygulama alanındaki teknolojinin evrimi, düşük enerji maliyetine sahip, otomatikleştirilebilen ve yüksek verime sahip süreçleri destekleme eğilimindedir [6].

Film tabakası aşağıdaki şekilde oluşur:

- Çözücülerin ortamdan buharlaşarak uzaklaşması (selülozik boya, vernikler).
- Oksidasyon sonucu boyanın katı film tabakasına dönüşmesi (sentetik boyalar) demir-çelik sanayide bu tabaka oluşur.
- Boya yapısının polimerizasyonla katı film tabakasına dönüşmesi [7].

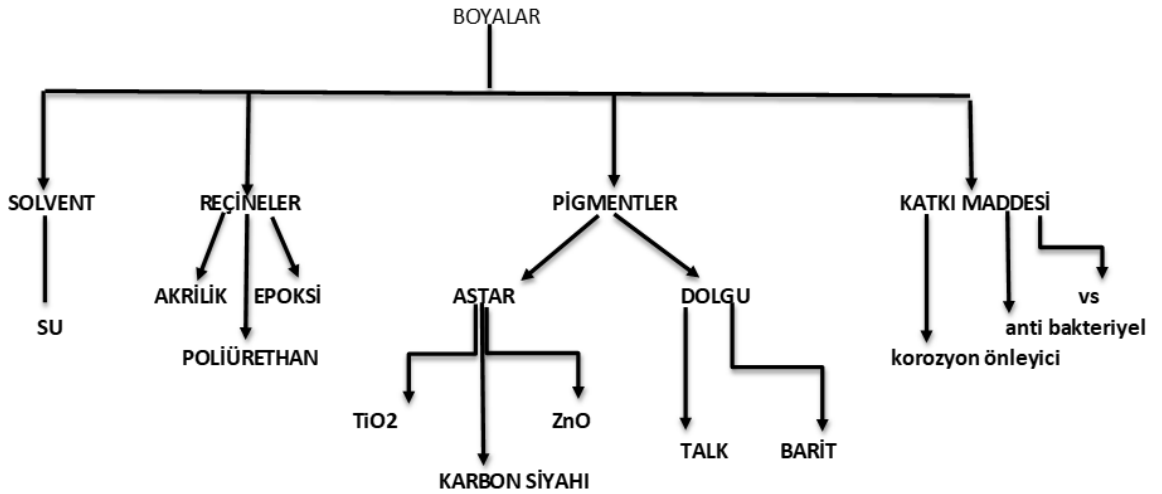
Boyaların sağladığı koruyucu etki, esas olarak suyun alt tabakaya geçişini engelleyen ve agresif ajanların girişini geciktiren bir bariyer etkisinden kaynaklanmaktadır. Boyaların görünümü iyileştirmesi ve yüzeylerin pürüzsüzleştirilmesi dekoratiflik olarak tanımlanabilir. Fonksiyonel kaplamalar elde etmek için boyalar, işlevsellik (hidrofobik, hidrofilik, kendi kendini temizleyen ve antimikrobiyal yüzeyler) sağlamak için özel pigmentler veya katkı maddeleri içerir [5].

Boyaların çok sayıda ve çeşitliliği, çok sayıda sınıflandırma imkanı sunar (kütleme türü, ürün şekli, kimyasal yapısı, kullanım sektörü vb.). Görünüşe göre daha basit sınıflandırmalardan biri kullanım sektörüne göre olabilir, çünkü genellikle sadece altı iyi tanımlanmış alan vardır:

- Bina;
- Endüstriyel - otomobil gövdeleri, mobilya, ev aletleri, tarım ve bayındırlık işleri makineleri, havacılık, bobin kaplama, kutu kaplama;
- Anti korozyon;
- Denizcilik;
- Otomobil onarımı; ve
- Ev içi kullanım [6].

2.2 Hammadde

Boya hammaddelerinin detaylı şematik gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Boya hammaddeleri [5]

Boya üretimi bağlayıcı içerisinde pigment taneciklerinin tamamen homojen şekilde dağılması esasına dayanır. İstenilen renk, yoğunluk, fiziksel ve kimyasal özellikler formülasyon ile ayarlanır. Boya üretiminde kullanılan ana hammaddeler ise yağlar, reçineler, pigmentler, çözücüler, kurutucular, antibakteriyeller, dolgu malzemeler ve köpük kesiciler gibi yardımcı maddelerin yanı sıra dispersantlar ve yoğunlaştırıcılar olarak Şekil 2.1’de ve Tablo 2.1’de görüldüğü üzere sınıflandırılmaktadır [3,7].

Tablo 2.1 Farklı boyalarda boya bileşenleri [6]

Bileşenler	Toz kaplamalar	Çözücü bazlı boyalar	SU BAZLI BOYALAR	
			Su bazlı boyalar	Su ile inceltilmiş boyalar
Bağlayıcılar	+	+	+	+
Pigmentler	+	+	+	+
Genişleticiler	+	+	+	+
Solventler				
~Organik	-	+	-	-
~Su	-	-	+	+
~Toplayıcı ajanlar	-	-	-	+
~Çözücüler	-	-	+	-
Katkı Maddeleri	+	+	+	+
~Koruma ajanları	-	-	-	+
~Nötrle edici aminler	-	-	+	-

2.2.1 Bağlayıcılar

Bağlayıcılar; renk maddesi ve dolgu komponentlerinin içerisinde her noktada eşit dağılımın sağlandığı yüzeye film yapısı veren kısım olarak tanımlanabilir. Boyanın yüzeye kattığı mukavemet, kaplama özellikleri ve diğer fiziksel özelliklerin birçoğu bağlayıcı türüne bağlıdır [3, 8].

2.2.2 Pigment

Pigmentler genellikle inorganik bileşiklerdir. Pigmentler, çözülme-yen spesifik maddelerdir. Pigmentler, reçinenin herhangi birinden daha yüksek kırılma indisine sahip ise boyaya renk ve opaklık verir. Bu pigmentlere örnek olarak titanyum dioksit, karbon siyahı, antimon oksit, çinko sülfür ve çinko oksit sayılabilir [5].

Genel bir tanımlama yapmak gerekirse renklendiricileri renk veren madde olarak tanımlayabiliriz. Genel olarak, renklendirici büyük ölçüde pigmentler ve boyalar olarak sınıflandırılır. Bu renklendirici sınıfları, tipik olarak çözücülere çözünürlükle ayırt edilir. Boyalar, örneğin çözücülerde, suda kolayca çözülür. Bu nedenle boyalar, ortam içinde moleküler olarak dağılmış bir durumda kullanılır ve boya moleküllerinin doğası, ortamdaki tonu neredeyse belirler. Aksine, pigmentler çözücülere karşı düşük çözünürlüğe sahiptir veya neredeyse çözünmezdir. Pigmentler, pigment moleküllerinin ince katı partiküllerinin dağıldığı ortamda dağılmış bir durumda kullanılır. Tek bir pigment molekülünden kaynaklanan optik özellikler, agregada varsa kristal polimorfizmi ile modifiye edilir. Pigmentin tonu da ortamdaki aglomerasyon ve dispersiyon koşulları yoluyla değiştirilir ve bu nedenle, pigment partiküllerinin kümelenme, aglomerasyon ve dispersiyon koşulları ile izole edilenin doğasından ziyade şekilleri, boyutları ve dağılımları tarafından belirlenir. tek molekül. Genel olarak bir kristal hal, enerjik olarak moleküler bir durumdan daha kararlı ve etkisiz bir durumdur ve pigmentler genellikle boyalardan daha dayanıklıdır [9].

2.2.3 Dolgu maddesi

Dolgular, içinde bulunduğu ortamda çözünmeyen taneciklerden oluşan, asıl amacı boya maliyetini düşürmek olan, bununla birlikte boyanın bazı teknik özelliklerinin de iyileşmesine yol açabilen katı malzemelerdir. Aynı zamanda boyanın örtücülüğünü de artırmaktadır. Çoğunlukla dolgu maddesi olarak doğal kaynaklardan elde edilen ve fazla bir işleme gerek duyulmadan kullanılan kalsiyum, magnezyum ve baryum elementlerinin karbonatları, silikatları ve oksitleri kullanılır [10].

2.2.4 Çözücü

Çözücüler kaplama uygulamasını mümkün kılar ve boyanın imalat ve film oluşumu sırasında işlenmesini sağlar. Çözücüler, kaplamanın bağlayıcı çözünürlüğü ve karışabilirliği, dispersiyon stabilitesi, uygulama viskozitesi, kuruma süresi ve film seviyelendirmesi dahil olmak üzere birçok uygulama ve görünüm özelliğini kontrol eder [5,11].

Çözücüler, boyanın özneye uygulanmasına izin veren şeydir. Uygulandıktan ve kurutulduktan sonra filmde kalmazlar (epoksit boyalardaki reaktif çözücüler ve ultraviyole radyasyonla kürlenmiş kaplamalarda kullanılan doymamış akrilik monomerler veya doymamış polyesterlerde stiren hariç) [6].

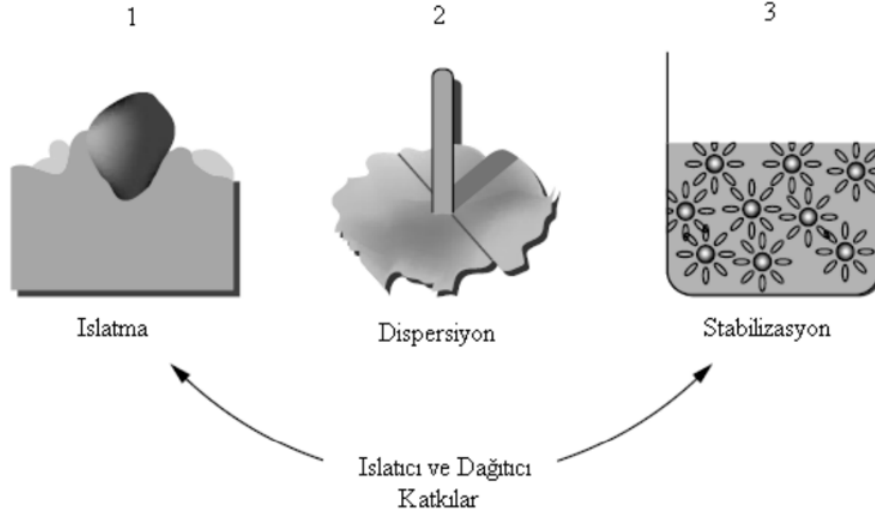
2.2.5 Katkılar

Katkı maddeleri, bir boyanın yaşam döngüsü boyunca farklı özellikler getirebilir:

- İmalat: toz haline getirme maddelerinin, köpük önleyici maddelerin (yüzey aktif maddeler) dağılmasına yardımcı olur;
- Depolama: "cilt oluşturu" ajanlar (setoksim türevleri), sedimentasyon önleyici ajanlar, reolojik ajanlar;
- Film oluşumu: yayma maddeleri (yüzey aktif maddeler), filmi mat hale getiren maddeler (silika), korozyon önleyici maddeler (nitritler), antibakteriyel maddeler veya mantar öldürücüler;
- Kürleşme: hızlandırıcı ajanlar (kurutucular, asitler), birleştirici ajanlar (glidikol türevleri) [6,8].

2.3 Dispersiyon

Düşük moleküler ağırlıklı dispersiyon ajanları kullanarak dispersiyonun stabilitesi iyileştirilmiştir. Fakat sentetik polimerik dispersiyon ajanları, yüksek kaliteli kaplamaların üretimine büyük oranda katkı sağlamıştır. Islatıcı ve dispersiyon ajanları (Şekil 2.2) boya katkı maddelerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. Katkı maddelerinin etkilerine bakıldığında dispersiyon kolaylığını kontrol etmek ve boyadaki pigmenti stabilize etmek yer alır. Dispersiyon ajanları, yüksek örtme ve iyi renk mukavemeti sağlayıp, pigment partiküllerinin topaklanmasını önlemede etkilidir. Bunun sonucunda da depolama sırasında tortulaşma önlenir. Bu ajanlar, pigment partiküllerinin yüzeyinden adsorbe edilmiş nemi yada gazlı tabakaları uzaklaştırarak dispersiyon kolaylığını arttırmada etkilidir. Kontrollü serbest radikal polimerizasyonu yoluyla polimerik dağıtıcılar sentezlenebilir. Geleneksel polimerizasyonun dezavantajına bakıldığında büyüyen radikalın, iyonik reaksiyon ara maddelerinde bimoleküler sonlandırma oluşturma eğiliminde olması olarak söylenebilir [12].



Şekil 2.2 Boya üretiminde homojenizasyon aşamaları [13]

2.4 Su Bazlı Boya

Su bazlı boyaları açık bir şekilde tanımlamak mümkün değildir. Böylece, literatürde, bu tür boyalar çeşitli şekillerde yorumlanmıştır. Uçucu bileşen olarak en az %80 su içeren boyaları kapsayacak şekilde tanımlanan terim "su bazlı boyalar"dır [14].

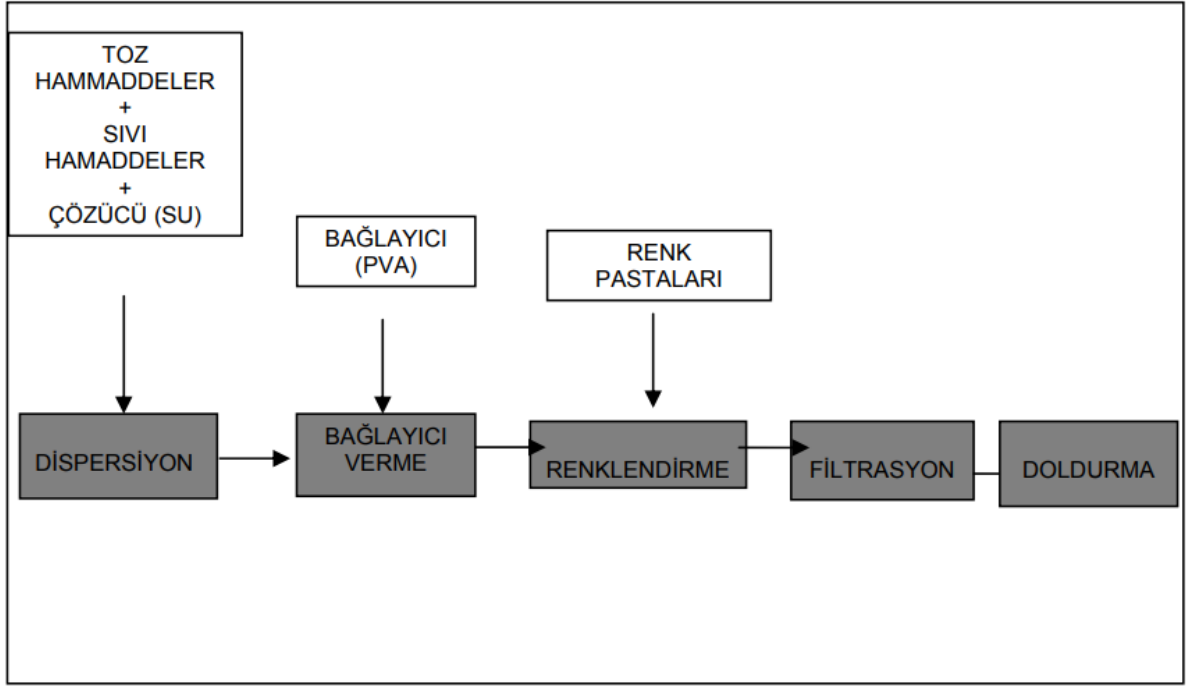
Su bazlı sistemlerde dispersiyon katkı maddelerinin stabilizasyon mekanizması elektrostatik itmeden kaynaklanmaktadır. Dağıtıcı katkı maddeleri kimyasal olarak polielektrolitler olarak karakterize edilebilir; pigment yüzeyinde adsorbe olduklarında elektrik yüklerini pigmente aktarırlar ve sonuç olarak tüm pigment partikülleri aynı elektrik yükünü taşır ve elektrostatik itme nedeniyle topaklanma eğilimi büyük ölçüde azalır. Islatma ve dağıtma için genellikle iki katkı maddesi gereklidir su bazlı kaplamalarda. Bunların birincisi pigment ve reçine çözeltisi arasındaki ara yüzey gerilimini azaltan ıslatma katkısıyken ikincisi pigment dağılımını elektrostatik itme yoluyla stabilize eden bir dispersan katkı maddesidir. Bu iki ürünün kombinasyonu optimum performansın sağlanmasına etki eder [15].

2.4.1 Su Bazlı Boya Üretimi

Uygun bir öğütücüde, hammaddelerin homojen olarak karıştırılmasını kapsamaktadır. Bunu yapabilmek için boncuk değirmenlerine ve yüksek hızlı karıştırıcı kazanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Boya üretimi sırasında, karıştırıcı

kazanın içine hammaddeler sırayla ve aşamalı olarak katılır. İlk aşamayı bazı yüzey aktif maddelerin (su ve ıslatıcı, köpük kesici vb.) katılması oluşturmaktadır. Yaklaşık 5-8 m/s civarında bir karıştırma hızı vardır. Pigment dispersiyonu için uygun bir ortam bu aşamada oluşturulur. Daha sonraki aşamayı mineral tanelerinin eklenmesi oluşturmaktadır. Buna dispers formülasyonu denilmektedir. Bir sonraki aşamada mineral tanelerini en küçük boyuttan en büyük boyuta aşamalı olarak katılıp karıştırılmaktadır. Karıştırma çevresel hızının belirli hızda olması homojen bir dağılmanın gerçekleşmesi için gerekmektedir. En son aşamada bazı katkı maddeleri ve bağlayıcı eklenip ardından küçük bir hızla karıştırılır ve sonuç olarak boya üretimi tamamlanır. Sıvı ve bağlayıcı içerisinde, pigment ve dolgu maddelerinin homojen bir şekilde dağılması gerekmektedir. Renk, örtücülük gibi özellikler dispersiyon aşamasını etkilemektedir. Hammaddeler homojen dağıtılamazsa boyanın performansını kötü etkiler. Dispersiyon prosesi 3 aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşama dolgu maddelerinin ve pigmentin ıslatılmasıdır. Birinci aşamada tane ara yüzey ilişkisi, katı/hava ara yüzeyinden, katı/sıvı ara yüzeyine geçer. Taneler belirli oranda ıslatılır ve ardından floklar agregatlar, ve aglomeratlar mekanik bir kuvvetin etkisi sonucunda daha küçük tanelere ayrılırlar. Dispersiyonun son aşamasını dispersiyonun stabilitesi oluşturmaktadır. Dispersiyon sisteminde “Brownian” hareketiyle tanecikler arasında devamlı bir çarpışma meydana gelmektedir [13].

Su bazlı boya üretiminde kullanılan bağlayıcılar homopolimer ve kopolimer olarak ikiye sınıflandırılır. Kopolimer bağlayıcılar; stiren akrilik, saf akrilik ve vinil akrilik kopolimeri olarak kategorize edilir. Silikat boyalar ve silikon boyalarla uyumlu olarak kullanılabilir. Yüzeye mükemmel yapışır. İç cephe ve dış cephe boyalarında kullanılabilir. Dış cephe boyalarında zaman içinde sararma meydana gelebilir. Sürtünme (ovma) direnci çok yüksektir. İç ve dış cephelerde parlak, yarı mat, yarı mat ve mat boyaların üretimine uygundur [4,13].



Şekil 2.3 Boya üretimi aşamaları [4]

2.5 Solvent Bazlı Boya

Solvent bazlı boyalar normalde farklı bileşenlerden oluşur ve her birinin son kaplama üzerinde kendi özel etkileri vardır. Uygun bir formülasyon (Tablo2.2), nihai özellikler, uygulanabilirlik ile minimum yüzey kusurları arasında bir denge olması gerekir. Kaplama sistemlerinde çözücülerin seçilmesi fiyatlarına, güçlerine (çözünürlük parametresi) ve buharlaşma oranlarına göre yapılır. İyi çözücü-seyreletici dengesi, film bütünlüğünü, görünümünü ve performans özelliklerini korumada yarar sağlar. Çözücülerin farklı kaplama kusurları üzerindeki önemli etkisinden araştırmacı ve teknoloji uzmanları bahsetmiştir. Bazı kusurların asıl sebebi kaplama bileşiminin ve ayrıca substratın yüzey geriliminden kaynaklıdır. Konvektif akışlar ya da Benard hücreleri, kusur türü olarak belirtilmiştir. Yüzey kusurlarının birçoğunun nedeni olarak yüzey gerilimi ve yüzey akışı gösterilse de bunların tam olarak tahmin edip yorumlanması sağlanmamıştır. Bazı kusurların nedeni yüzey gerilimiyle ilişkilendirilse de genel olarak bu tür kusurlar için yalnızca yüzey gerilimi sebep gösterilemez [1].

Tablo 2.2 Solvent bazlı boya içeriği [16]

Bileşen	Bileşik	Wt. %
Reçine	Lf200	18.2
Çözücü	Butly Acetate	72.7
Nano-Katkı Maddesi	POSS	1.6
Katkı Maddeleri	Byk 3441	0.9
Işık Stabilizatörleri	Tinuvin 1130	0.4
	Tinuvin 292	0.2
Poli İzosiyonat Sertleştirici	Desmodur n75	6.1

2.5.1 Çözücüler

Çözücünün dekoratif bir boyadaki temel işlevi, bağlayıcı ve pigmentin, homojen bir filminin substrata uygulanabileceği bir araç sağlamaktır. Bu gerçekleştiğinde, ideal bir çözücü, sertleştirme filminden yayılmalı ve buharlaşarak kaplamanın sonraki ömründe önemli bir rol oynamalıdır.

Ancak şu anda, çözücü karışımının iki ana gerekliliği şudur:

(a) bağlayıcı reçineyi çözer; ve

(b) istenen reoloji ile birlikte filme en az bozulmayı sağlayacak bir hızda buharlaşma sağlanır [17].

Boya endüstrisinde, çeşitli reçine ve polimerlerin çözünürlüğünü iyileştirmek, homojen bir film elde etmek ve katı bir yüzey üzerindeki boya kaplama kapsamını kontrol etmek için farklı tipte solventler kullanılmaktadır. Nispeten yüksek uçuculuğa sahip karbonil ve aromatik bileşikler olarak tanımlanır boya çözücüler.

Ksilol (bir o-, m- ve p-ksilen karışımı), çok çeşitli reçineler için yüksek çözücü gücü ve uygun buharlaşma oranından dolayı artık boya endüstrisindeki en önemli çözücülerden biri olarak değerlendirilir. Ksilole eklenen alkoller çözücü gücünü artırır ve bu yüzden farklı oranlarda bütan ve ksilol karışımları fırın kaplamasında yaygın olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Reçineler ve yağlar için mükemmel bir çözücü olarak butil asetat gösterilir. Boya kaplamalarını kontrol etmek için ksilol ve bütil asetatın oluşan karışımları kullanılır [18,19]. Solvent bazlı boyalar için tipik solventler Tablo 2.3' de verilmiştir.

Tablo 2.3 Solvent bazlı boyalar için tipik solventler [3]

Ad	% Aromatikler	Tip	Kullanım
White Spirit/Mineral Spirit	15 to 25	Parafinik	Genel
Yüksek parlama noktasına sahip white spirit	0 to 10	Parafinik	Genel
Kokusuz white spirit	-----	İzoparafinik	Düşük kokulu boyalar

Çözünmüş bir polimerin moleküler zincirlerini verimli bir şekilde çözen bir çözücü, açık bir moleküler konfigürasyona yol açar ve ardından polimer moleküllerinin "süpürülmüş hacmini" maksimize eder. Bunun sonucunda da herhangi bir belirli konsantrasyonda polimer çözeltisinin viskozitesi maksimuma çıkar. Zayıf çözülme durumunda, reçine kompakt, kapalı bir moleküler konfigürasyon benimser ve bunun sonrasında da daha düşük bir viskozite sergilediğinde bunun tersi doğru olur. Bir reçinenin bir çözücü içinde çözülme derecesini, çözücü ve reçine molekülleri arasındaki etkileşim derecesi belirler. Alkid reçineleri ve çözücü bazlı dekoratif boyalarda kullanılan hidrokarbon çözücülerin arasındaki etkileşimlerin zayıf olduğu ayrıca özgül olmadığı söylenmektedir. Yani sonuç olarak, bir çözücüye ne kadar güçlü bir şekilde çözüp, hidrojen bağlanırsa, sıvı boyada belirli bir viskozite seviyesinde izin verilen reçine katı içeriği de o denli yüksek olur. Kurutulmuş filmin görünümü ve dayanıklılığı üzerinde etkileri vardır bunun. Solvent buharlaşma hızı, fırçalanabilirlik, akış ve tesviye, sarkma, ıslak kenar süresi ve parlama gibi birçok

özelliğın etkilenmesine sebep olur. Oranın kendisi 3 durumdan etkilenir. Bunlar çözücü bileşimi, sıcaklık nemi ve film kalınlığıdır. Fakat bunun yanı sıra pigment içeriği, türü veya başlangıçta reçine konsantrasyonundan büyük ölçüde etkilenmez. Boya filminden çözücünün buharlaşması Tablo 2.4'te belirtilmiştir. Buharlaştırma işlemi iki aşamadan meydana gelir. İlk olarak çözücü buharlaşma hızı ağırlıklı olarak çözücü buhar basıncı tarafından belirlenir ve çözünmüş polimer çok az etkiye sahip olur. Daha sonraki aşamada ise, polimer film oluşturma aşamasında, çözücü film içinde tutulur ardından bunun çıkışı, difüzyon kontrollü, yavaş bir işlemle devam eder. Çözücünün buharlaşması bu nedenle giderek azalan bir hızda gerçekleşir, kaplama yeniden kaplanabildiğinde pratik amaçlar için "kuru" dur. Havaıyla kurutma dekoratif boyalar için hâlihazırda ağırlıklı olarak kullanılan çözücüler hemen hemen değişmez şekilde parafinik karışımlardır. Dipenten veya çam yağı yüksek kaynama noktalı çözücülerdir ve bunlar bazen fırçalanabilirliği iyileştirmek, ıslak kenarı korumak ya da akışı kontrol etmek için eklenir [18,20].

Tablo 2.4 Bir boya filminden çözücünün buharlaşması [3]

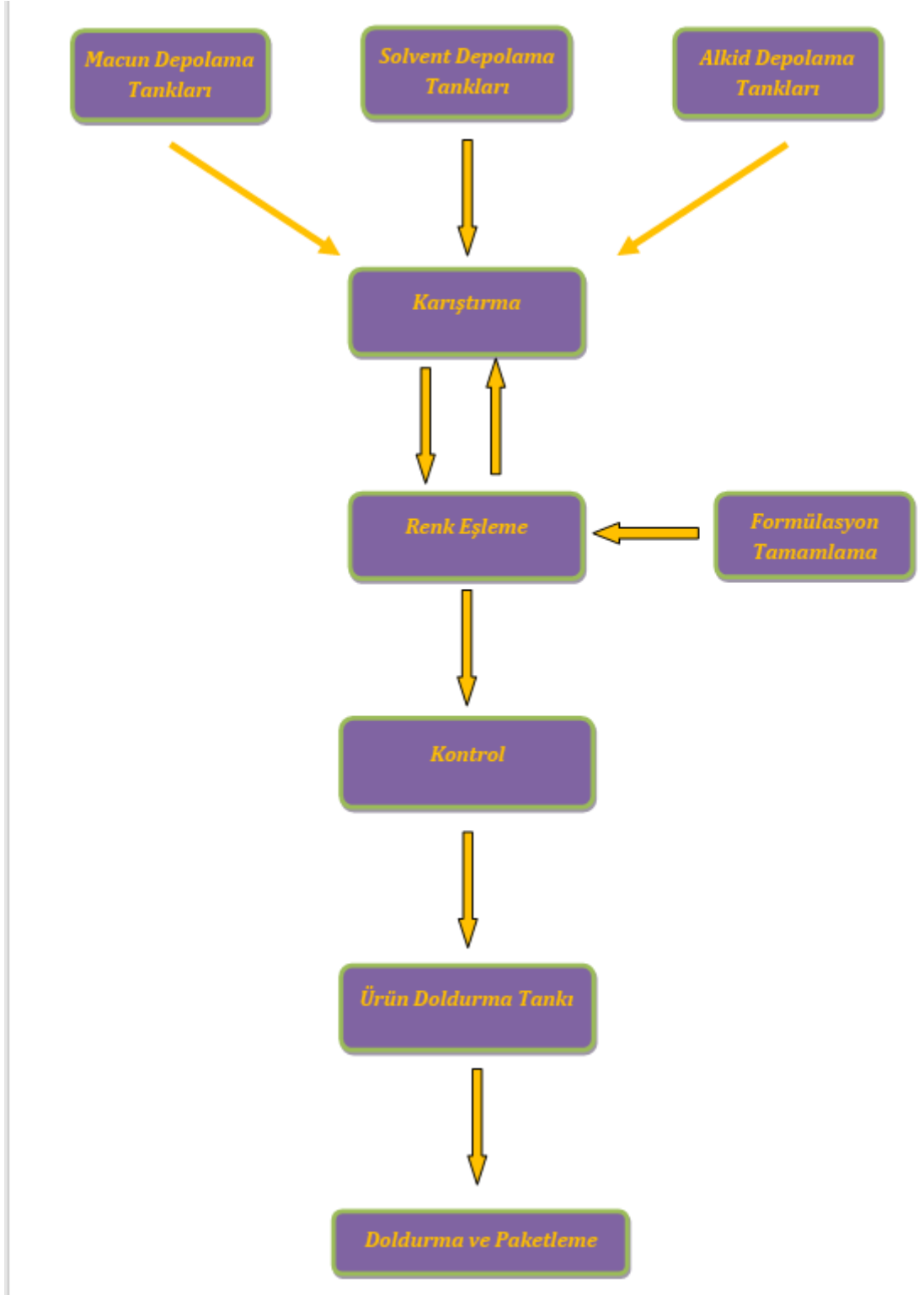
Zaman	% Filmde Çözücü (a/a)	% Çözücünün Buharlaşması	Film Viskozitesi (mPa.s)	Film Durumu
0	ca 80	0	0.5	Newtoniyen Sıvı
15 dakika	20	33	3	Film sadece deforme olmaz
90 dakika	3	90	ca 1000	Dokunma kuruluğu, oksidasyon başlıyor
3 saat	ca 1	ca 99	ca 1000	Tutuşsuz, yüzey kuru, kurutma yoluyla
7 gün	ca 1	ca 99	Katı	Tamamen kuru, sağlam

2.5.2 Dispersiyon

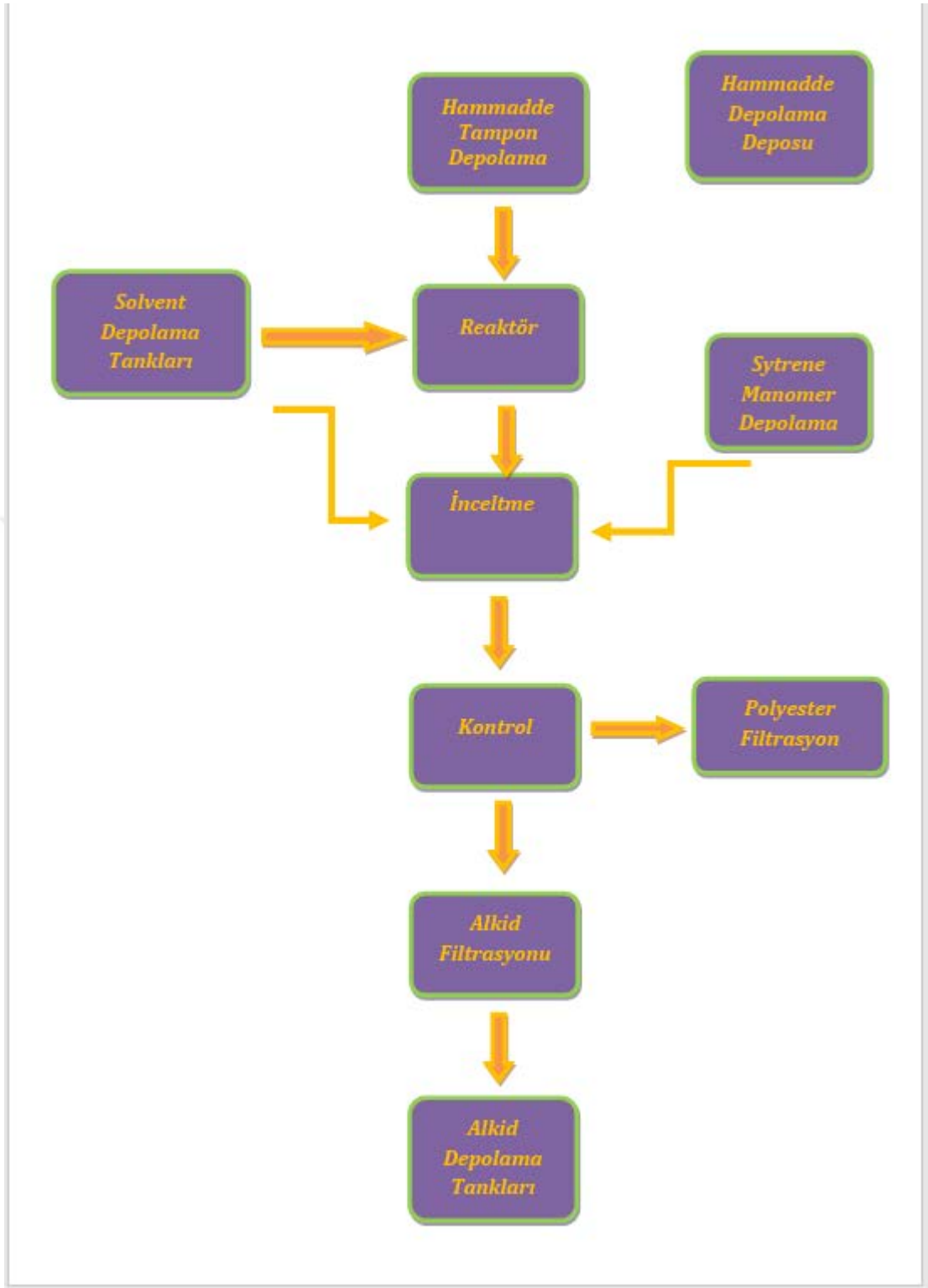
Organik çözücüler içeren kaplamalarda pigment stabilizasyonunun mekanizması su bazlı sistemlerden daha farklıdır. Dispersan katkı maddelerinin kimyasal yapıları içinde pigment afenik gruplar ya da ankraj grupları sağlayan belirli gruplara sahip olması bu kaplamalar için gerekir. Bunların amacı pigment yüzeyinde güçlü adsorpsiyon sağlamaktır. Pigment adsorbe edici grupların yanında, katkı molekülü, pigment yüzeyinden çevreleyen reçine çözeltisine çıkıntı yapan ve sterik engel oluşturan bir veya daha fazla hidrokarbon zinciri içerir. Bu etkiden dolayı pigment partikülleri, adsorbe edilmiş katkı maddesi molekülleri tabakası tarafından belirli bir mesafede tutulduklarından dolayı topaklaşma meydana gelmez. Özel kimyasal yapıları-polar hidrofilik ankraj grubu ve polar olmayan hidrofobik hidrokarbon zinciri ile bu malzemeler sterik engelleme sağlar, ayrıca ıslatıcı katkı maddeleri de sağlar. Katkı maddeleri sıklıkla pigment adsorbe edici grubun kimyasal yapısına göre sınıflandırılır. Bu sınıflamalar; anyonik, katyonik veya elektronötr ıslatıcı ve dağıtıcı katkı maddeleri olarak gruplara ayrılır. Bir başka olasılık, bunların defloküle edici ya da kontrollü flokülasyon olarak sınıflandırmasıdır. Bunun sebebi katkı maddesinin sadece defloküle edilmiş pigmentleri stabilize etmekle kalmayıp, aynı zamanda kimyasal yapısından dolayı pigment partiküllerinin kontrollü flokülasyonuna da sebep olmasıdır [15].

2.5.3 Solvent Bazlı Boya Üretimi

Boya üretim süreci genel olarak, solvent bazlı boya, yüksek hızlı karıştırıcı ile donatılmış bir kapta kimyasalların (esas olarak reçineler, kuru pigment ve pigment genişleticiler) karıştırılmasıyla üretilir. Çözücüler ve kurutucu yağlar da bu aşamada dahil olur. Karıştırdıktan aşamasından sonra, parti ilave öğütme ve karıştırma için bir değirmene aktarılabilir. Sonrasında, boya tabanı ya da konsantresi, renk tonlarının, tinerin (genellikle uçucu bir nafta veya çözücü karışımı) ve reçinenin dengesinin eklendiği ve karıştırıldığı bir tanka aktarılmasıyla devam eder. Uygun kıvama ulaştıktan sonra, dağılmamış herhangi bir pigmenti çıkarmak için boya filtrelenir ve bir yükleme hunisine aktarılır. Hazneden boya teneke kutulara dökülür, etiketlenir, paketlenir ve uygun yerde saklanır [3]. Solvent bazlı boya için genel ve ayrıntılı akış diyagramları sırasıyla Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.4 Solvent bazlı boya üretimi genel akış diagramı [3]



Şekil 2.5 Solvent bazlı boya ayrıntılı akış diagramı [3]

Ökenek (2013) [21] yaptığı çalışmada; akrilik boyalara ekledikleri, alkali borat bileşiklerinin (kalsiyum metaborat, potasyum metaborat ve sodyum tetraborat) boyalardaki alev geciktirme, duman bastırma etkinliklerini incelemiştir. Amonyum fosfat bileşiğini kullanmıştır. LOI ve duman yoğunluğu testlerinde ise en iyi sonucu sodyum tetraborat katkılı boyada olduğunu gözlemlemiştir.

Lokhande ve Jagtap (2015) [19] yaptıkları çalışmada, ters atom transfer radikal polimerizasyonu kullanılarak Bütil metakrilat (BMA) ve glisidil metakrilatın (GMA) blok kopolimerleri, sentezlemişlerdir. Bu kopolimerleri yapısal bakımdan jel geçirgenlik kromatografisi, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi, diferansiyel tarama kalorimetrisi ve nükleer manyetik rezonans ile incelemişlerdir. Katkı maddelerinin ıslatma ve dağıtma ajanları olarak etkisini, solvent bazlı boyalarda farklı pigment konsantrasyonlarında mekanik, optik, kimyasal ve reolojik özellikleri test ederek değerlendirmişlerdir.

Gizawy vd. (2015) [22] yaptıkları çalışmada, ilaçların iyi huylu ortak oluşturucularla birlikte kristalizasyonu, zayıf şekilde çözünür ilaçların çözünme oranını arttırmak için umut verici olduğunu anlatmışlardır. Aerosil 200'ü hidroklorotiyazid ko-kristalinin hazırlanması için potansiyel bir ortak oluşturucu olarak araştırmışlardır. Ko-kristal oluşumu, hidroklorotiyazidi artan aerosil molar oranları (1: 1, 1: 2 ve 1: 4) ile karıştırdıktan sonra aseton destekli birlikte öğütmeyi içermektedir. Hazırlanan formülasyonlar, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisine, diferansiyel termal analize ve toz X-ışını kırınım çalışmalarına tabi tutmuşlardır. Bu araştırmalar, ilaç ve aerosil arasında ko-kristal oluşumu için kanıt sağlanmış. Ko-kristal oluşumunun stokiometrik oranının 1: 1 molar oran olduğunu düşündüren, test edilen en düşük aerosil konsantrasyonunda bile tam birlikte kristalleşme elde etmişlerdir. Çözünme çalışmaları, ilacın ko-kristallerden saf işlenmemiş ilaca veya aerosil olmadan ıslak öğütmeye tabi tutulan ilaca kıyasla daha hızlı çözünme oranını ortaya çıkarmışlardır. Aerosilin molar oranının artırılması, ilk 5 dakikada çözünen miktarı arttırmıştır. Aerosil, gelecekteki

potansiyel uygulamalarla birlikte ko-kristal eş oluşturuıcı olarak düşünölebilceğini açıklamışlardır.

Steinbauer vd. (2021) [23] yaptıkları çalışmada, yapışma süreçlerini ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Biyolojik yapışma uygulamalarına dayanarak, yüzey yapışmasını incelemek için biyomimetik fosfonat içeren bir blok kopolimer yaklaşımı sunmuşlardır. Tersine çevrilebilir ekleme parçalama-zincir transferi polimerizasyonu kullanarak fosfonat içeren blok dimetil (2-metakrililoksietil fosfonat) (DMMEP) açısından farklılık gösteren iki blok kopolimeri (28 kDa ve 39 kDa) sentezlemişlerdir ve bu polimerleri atomik kuvvete bağlamışlardır. Daha uzun fosfonat bloklı polimerler kullanılarak hidroksiapatit, TiO₂ ve mika üzerinde daha yüksek yapışma olduğunu göstermiş. Bu fosfonat içeren blok kopolimer, çeşitli uygulamalarda yapışma motifi olarak hizmet edebilir ve fizyolojik benzeri koşullar altında hidroksiapatit ve titanyum üzerindeki mükemmel yapışması nedeniyle özellikle doku mühendisliği uygulamaları için biyomedikal alanda çok ümit verici olduğunu öngörmüşlerdir.

Mihelčič vd. (2018) [16] yaptıkları çalışmada, Solvent bazlı (SB) ve su bazlı (WB) kaplamalar, bronzun dış mekan yapısını koruması için üretmişlerdir. Reçineler, kaplamalar hazırlamışlardır. Sanat eserleri üzerindeki herhangi bir koruyucu kaplama uygulaması, koruma etiğine uygun olarak çıkarılabilir olmalarını gerektirdiğinden, kaplamaların çıkarılabilirliğini sağlamak için çeşitli yaklaşımları test etmişlerdir. Modifikasyonların etkisi hidrofobik, kompakt ve çıkarılamaz koruyucu kaplamaların karşılaştırılmasıyla doğrulanmışlardır. İki SB kaplama ve iki WB kaplama olmak üzere dört tür kaplama hazırlamışlar. İlk SB kaplamayı, hidrofobik bir kompakt yapıya sahip olacak şekilde tasarlamışlardır ve ikinci SB kaplama, bazı işlevsel ajanların eklenmesiyle modifiye etmişlerdir. İki WB kaplamasının hazırlanması için aynı yaklaşım kullanıldı: bir kompakt kaplamaya karşı bir hidrofilik kaplama, ikincisi hidrofilik poliizosiyanat ilavesiyle hazırlamışlardır. Kaplamaların bazı özelliklerini, taramalı elektron (SEM) ve atomik kuvvet (AFM) mikroskobu kullanılarak sonuçlarında karşılaştırma yapmışlardır. WB kaplamaların SB kaplamalara göre daha homojen ve daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğunu bulmuşlardır. Temas açısı sonuçları SB kaplamaların

daha hidrofobik doğası olduğunu kanıtlamıştır. Cam üzerindeki kaplamaların optik özellikleri su bazlı kaplamalar için solvent bazlı kaplamalara göre daha yüksek geçirgenlik gösterdiğini elde etmişlerdir.



4.1 Optimizasyon Tanımı

Proses parametrelerinin optimizasyonu, ürün kalitesindeki zorlukları çözmek ve/veya üretim proseslerinin maliyet etkinliğini optimize etmek endüstride rutin olarak gerçekleştirilir [24].

Optimizasyon, genellikle yeni veya geliştirilmiş ürünler için günümüzün mühendislik tasarım sürecinin bir parçasıdır. Bunun nedeni, olası konfigürasyonların sayısının ve uygulanabilir parça ve bileşenlerin varyantlarındaki çokluğun, yüksek kaliteli çözümler bulmak için bir optimizasyon yöntemi gerektiren çok boyutlu çok boyutlu bir tasarım alanı yaratmasıdır [25].

Neredeyse tüm insan faaliyetleri için, çoğunu en azla gerçekleştirme arzusu vardır. Örneğin, ekipman ve makinelerin minimum ilk yatırım ve işletme maliyeti ile gücünü, uzun ömürlülüğünü, verimliliğini, kullanımını en üst düzeye çıkarmak. Örneğin bir yarışta rekor kırmak için amaç en hızlı olanı (en kısa süre) yapmaktır. Optimizasyon kavramı, belirli bir durumdan en iyi veya en uygun olanı (minimum veya maksimum) elde etmek için büyük öneme sahiptir. Tasarım faaliyetinin diğer tüm alanlarında olduğu gibi, gerçek hayattaki mühendislik uygulamalarında bileşenlerin, ürünlerin, süreçlerin veya sistemlerin tasarımlarına her zaman çok sayıda gereksinim ve kısıtlama getirilir. Bu nedenle, tüm bu çeşitli gereksinimler/kısıtlamalar altında uygulanabilir bir tasarım oluşturmak zaten zor bir iştir ve yaratılan uygulanabilir tasarımın aynı zamanda "en iyi" olmasını sağlamak daha da zordur [26].

Cevap yüzey yöntemi, tasarım alanında seçilen değişkenlerin etkileşim ve optimum etki seviyelerini belirlemek için deney sayısını en aza indiren ve zaman kazandıran istatistiksel bir yöntemdir. Bu teknik, biyokimyasal ve diğer endüstriyel işlem değişkenlerini optimize etmek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Tepki yüzeyi yönteminde süreç değişkenlerinin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Sistemin tepkisi ile bu yanıt etkisi olan bağımsız parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılır. Belirlenen bu etkiler arasında istenen yanıtı oluşturan bağımsız değişkenlerin değerleri optimum seviyeyi oluşturmaktadır. Cevap yüzeyi yönteminde ilk adım, yanıt ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki için doğru fonksiyonel yaklaşımı bulmaktır. Cevap, bağımsız değişkenlerin doğrusal bir işlevi olarak ayarlanmışsa, işlev birinci derecededir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (4.1)$$

Yaklaşım lineer olmadığında yüksek dereceli denklemlerle model oluşturulur.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_i x_i^2 + \sum \beta_i x_i + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (4.2)$$

Cevap yüzey yönteminde bu denklemler kullanılır [27].

Fonksiyon $f(x)$,

S eşitsizlik kısıtlamalarının sayısı;

$$g_j(x) \leq 0, \quad j=1,2,\dots,s \quad (4.3)$$

W eşitlik kısıtlamalarının sayısı ;

$$h_j(x) = 0, \quad j=1,2,\dots,w \quad (4.4)$$

Değişken sayısı verilir;

$$x_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.5)$$

Değişken sayısı vektörü;

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

Tüm optimal tasarım problemleri, belirtilen standart bir genel formda yukarıdaki denklemlerle ifade edilebilir [26].

4.2 Box-Behnken

Box ve Behnken tarafından 1980 yılında geliştirilen Box-Behnken deneysel tasarımı, ikinci dereceden yanıt yüzey modellerini geliştirmek için kullanılan kullanışlı bir yöntemdir. Box-Behnken tasarımı, dengeli tamamlanmamış blok tasarımlarının yapımına dayanır ve her faktör için en az üç seviye gerektirir. Box-Behnken deney tasarımında faktörlerden birinin seviyesi merkez seviyede sabitlenirken diğer faktörlerin tüm seviyelerinin kombinasyonları uygulanır [28].

Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi, tam faktöriyel deneysel tasarım yönteminden daha az deneysel/sayısal sonuç gerektirir. Box-Behnken tasarımları, ikinci derecede modelleri tahmin etmek, sıralı tasarımlar oluşturmak, modele olan güven eksikliğini analiz etmek ve bloklara izin vermek için kullanılan ve deneysel tasarımlarda etkin bir şekilde kullanılan bir yanıt yüzey tasarımıdır [29].

Optimal noktayı tahmin etmek için, bağımsız değişkenler ve yanıt arasındaki ilişkiyi ilişkilendirmek için polinom kurulur. Örneğin.; üç faktörün denklemi şu şekilde belirtilir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 \quad (4.7)$$

Burada predic tahmin edilen yanıttır;

β_0 model sabitidir;

x_1, x_2 ve x_3 bağımsız değişkenlerdir; β_1, β_2 ve β_3 doğrusal katsayılar; β_{12}, β_{13} ve β_{23} çapraz çarpım katsayılarıdır ve β_{11}, β_{22} ve β_{33} ikinci dereceden katsayılarıdır.

$$x_i = \frac{x_i - x_o}{\Delta x} \quad i=1,2,3 \quad (4.8)$$

Burada x_i bağımsız bir değişkenin kodlanmış değeridir; X_i bağımsız bir değişkenin gerçek değeridir, X_o merkez noktadaki bağımsız bir değişkenin gerçek değeridir ve ΔX , bağımsız bir değişkenin adım değişim değeridir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3$$

$$+ \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{33}x_3^2 \quad [28] \quad (4.9)$$

5

MATERYAL VE YÖNTEM

5.1 Materyal

5.1.1 Kullanılan Katkı Maddeleri

Tez çalışması kapsamında denemelerde beyaz renkli solvent bazlı boya kullanılmıştır. Solvent bazlı boya piyasadan, Aerosil ilaç firmasından, 2-etil difenilfosfit, bir endüstriyel kimya firmasından, Floroalkil Akrilat, organik kimya firmasından ve Fosfanat bazlı ürün ise boya ve tekstil kimyasalları satışı yapan bir firmadan temin edilmiştir.

5.2 Yöntem

Temas açısı, ısı dayanımı, yaşlandırma, korozyon ve TG-DTA analizleri optimizasyon çalışması sonucu belirlenen optimum boya ve referans (katkısız) boyaya uygulanmıştır.

5.2.1 Deney Setinin Hazırlanması

Bir miktar white spirit ile inceltilmiş 100 gram solvent bazlı boya içerisine kütlece %0-6 (w/w) arasında farklı özelliklere sahip malzemeler ilave edilmiştir. Deneyler, farklı katkılı boya içeren (29 adet) bir setten oluşmaktadır. Setlerde, ilave edilecek katkı maddelerinin miktarları 4 parametre 3 seviye Design Expert Box-Behnken yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Set için; katkılar solvent bazlı boya üzerine kütlece farklı yüzdelerde ilave edilmiştir. Elde edilen karışımlar 1000 rpm'de 3 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi ile karıştırma işleminin yapıldığı mekanik karıştırıcı Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Bütün karışımların Şekil 5.2' de görüldüğü gibi viskoziteleri ölçülmüştür. Solvent bazlı boya karışımları aplikatör (200 μ m)(Şekil 5.3) yardımıyla metal plakalara (10x10 cm²) uygulanıp, 24 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 5.1 Aplikatör

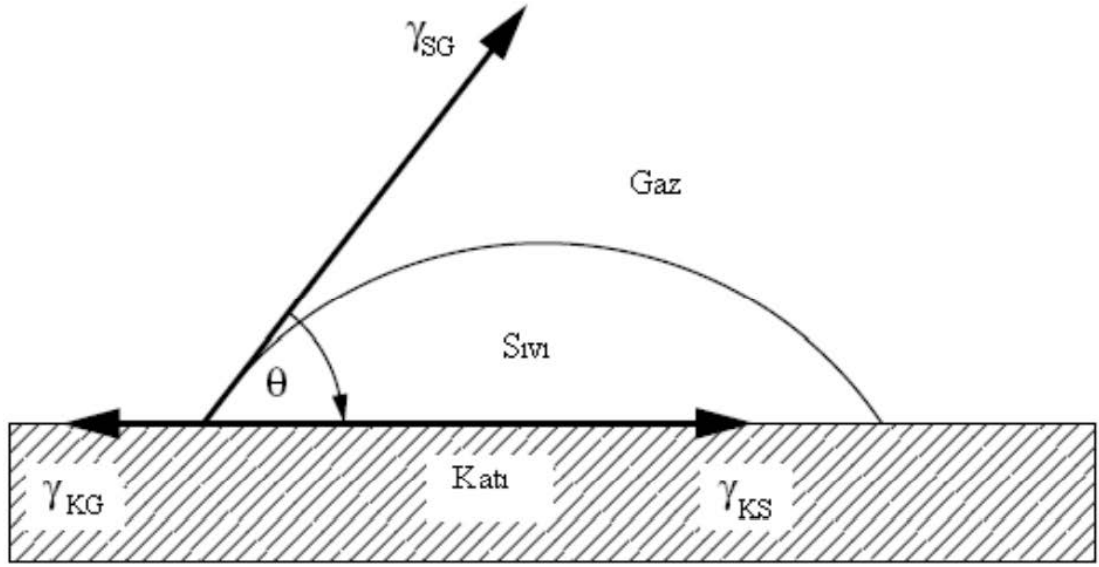
Şekil 5.2 Viskozimetre



Şekil 5.3 Mekanik karıştırıcı

5.2.2 Temas Açısı

Temas açısı ölçüm yöntemi, bir yüzeye belirli açıda damlatma şeklinde uygulanmaktadır. Damlacığın açısı ölçülerek, hidrofobik ya da hidrofilik seviyesine karar verilir. Kapiler yükselme, ısıl daldırma, yakalanmış haba kabarcığı gibi yöntemler temas açısını belirlemede kullanılan diğer yöntemlerdir[13]. Şekil 3.4’de bir yüzeyin sıvı tarafından ıslatılması durumu gösterilmiştir. Deneylerde, temas açısı değerleri KSV-Cam 200 modeli ile damlatma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.4 Temas açısı gösterimi [13]

5.2.3 Isı Dayanımı

Belirlenen seviyelerle hazırlanan boya karışımları demir plakalara çekilip, kurutuması için bekletilmiştir. Isı dayanımı testi plakaların, 250°C, 150 dk. etüvde bekletilmesiyle yapılmıştır.

5.2.4 Yaşlandırma

Yaşlandırma testi plakaların, 70°C, 48 saat etüvde bekletilmesiyle yapılmıştır. 48 saat sonunda yüzeydeki değişimler incelenip, sararma miktarlarına bakılmıştır.

5.2.5 Korozyon

Korozyon testi kurutulmuş plakaların %5'lik NaCl çözeltisinde 2 saat ardından da %98 nem ortamında, 24 saat bekletilmesiyle yapılmıştır. Her aşamada plakaların üzerindeki kaplama incelenmiştir.

5.2.6 TG-DTA

Isıl ölçümler, sıcaklık kontrollü bir sıcaklık programına tabi tutulduğunda sıcaklık, bir sistemin kütle, reaksiyon sıcaklığı ya da hacim gibi özellikleriyle dinamik ilişkinin ölçülmesine göre yapılır. Termogravimetrik analizde, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak sürekli olarak kaydedilmesi için numunenin kütlesi, kontrol

edilen bir oranda ısıtılması ya da soğutulması gerekir. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kütlenin çizimi termogram olarak adlandırılır. Termogravimetrik analiz için gerekenler cihaz, hassas bir kayıt analitik denge, bir fırın, bir sıcaklık kontrolörü ile sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kütlenin bir arsasını sağlayan bir programlayıcıdır. Numunenin kütlesindeki değişikliklerin oluşması için, yüksek sıcaklıkta bozulma ve/veya çeşitli fiziksel ve kimyasal bağların oluşması gerekir. Bunu sonucunda da uçucu ürünlerin oluşumu ya da reaksiyon ürünlerinin oluşumu meydana gelir. Bunun sonucunda da TGA eğrisi, çeşitli kimyasal reaksiyonların, reaksiyon mekanizmalarının, ara ve nihai reaksiyon ürünlerinin termodinamiği ve kinetiği hakkında bilgi verir [30].

TG-DTA testi, 5°C/dk ısıtma hızında ve nitrojen atmosferinde TG/DTA 6300 model SII Nanoteknoloji cihazı ile yapılmıştır.

5.2.7 Darbe Dayanımı

Deney setindeki karışımlar plakalar çekilip, kurutulduktan sonra plakalara ağırlık düşürülüp, ağırlığın düşürülmesiyle kaplamanın çatlamaya veya taban malzemeden ayrılmaya karşı direncine ve yüzeydeki kaplamanın yıpranma miktarına bakılmıştır.

6.1 Optimizasyon Çalışması

Design Expert Metodu kullanılarak 4 parametre 3 seviyeyle deney seti oluşturulmuştur.

Tablo 6.1 Design Expert deney seti

No	Faktör 1 A:A	Faktör 2 B:B	Faktör 3 C:C	Faktör 4 D:D	Viskozite (cP)
1	1.00	0.00	0.00	-1.00	7540
2	0.00	0.00	-1.00	-1.00	6240
3	1.00	0.00	1.00	0.00	10900
4	0.00	1.00	0.00	0.00	9540
5	0.00	0.00	0.00	0.00	7250
6	0.00	0.00	0.00	0.00	7160
7	1.00	1.00	0.00	0.00	9100
8	1.00	-1.00	0.00	0.00	8818
9	0.00	1.00	0.00	1.00	9540
10	0.00	1.00	-1.00	0.00	8950
11	0.00	0.00	1.00	-1.00	8500
12	0.00	-1.00	1.00	0.00	8450
13	-1.00	0.00	0.00	-1.00	6100
14	0.00	-1.00	0.00	1.00	7780
15	-1.00	0.00	-1.00	0.00	6600
16	0.00	0.00	-1.00	1.00	7485
17	0.00	0.00	0.00	0.00	7255
18	0.00	0.00	0.00	0.00	7275
19	-1.00	1.00	0.00	0.00	7340
20	1.00	0.00	-1.00	0.00	7180
21	0.00	1.00	0.00	-1.00	7020
22	-1.00	0.00	1.00	0.00	7620
23	1.00	0.00	0.00	1.00	9400
24	-1.00	-1.00	0.00	0.00	6600
25	0.00	0.00	1.00	1.00	9150
26	-1.00	0.00	0.00	1.00	7350
27	0.00	0.00	0.00	0.00	7375
28	0.00	-1.00	0.00	-1.00	6740
29	0.00	-1.00	-1.00	0.00	6650

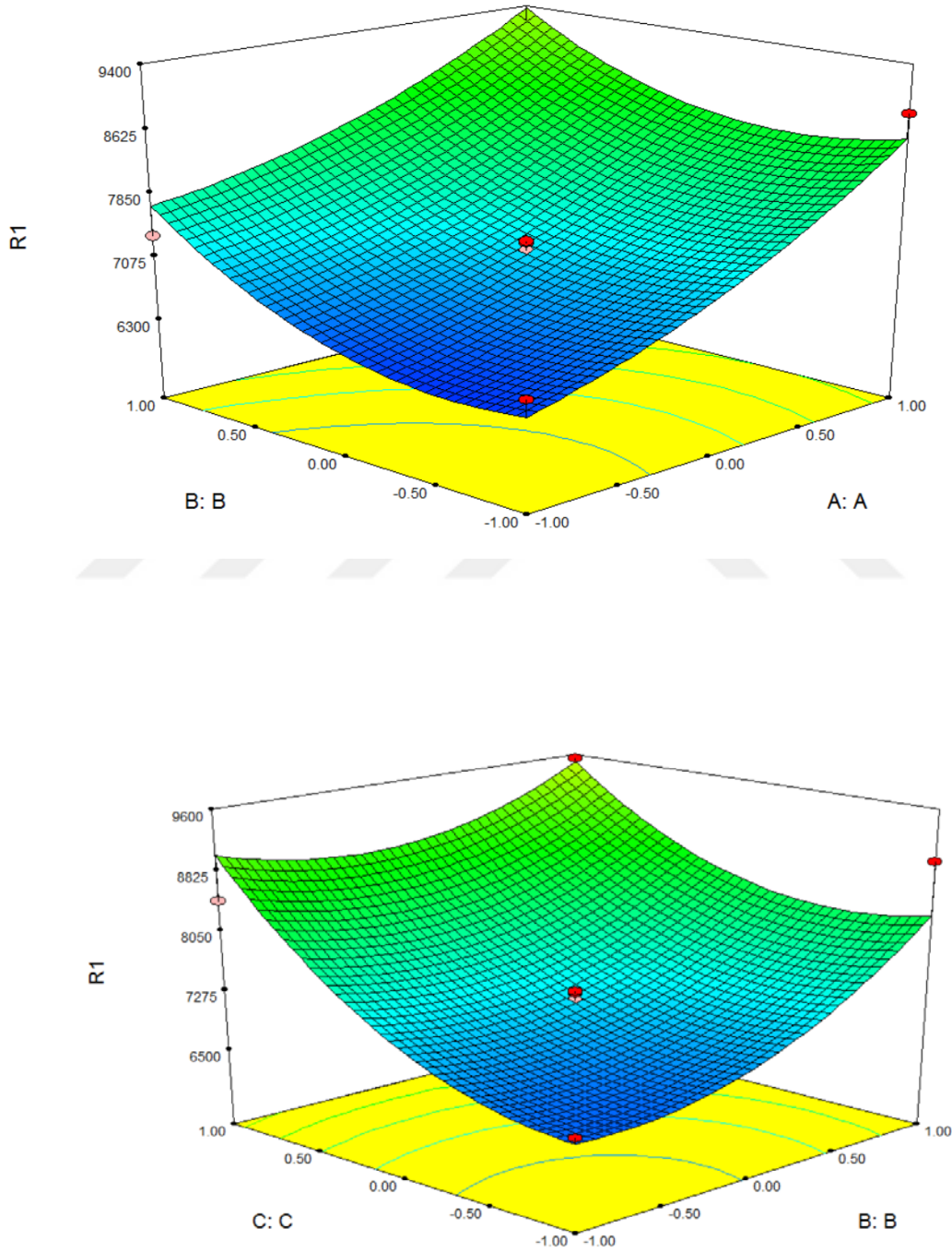
Optimum viskozite değeri Tablo 6.2 de görüldüğü model denklemiyle hesaplanıp, 7389.2 cP olarak bulunmuştur. R^2 değeri 1'e yakın bulunmuştur. Model denkleminde R1 (viskozite) değeri bir alttaki değerle toplanıp parametreyle çarpılıp tekrar alttaki değerle toplanır ve döngü bu şekilde devam eder. Model denklemiyle hesaplanan değer, 27 numaraya en yakın olduğu için 27 numara optimum deney numarası olarak belirlenmiştir. Yapılan bütün analizler hiçbir katkı katılmamış referans boya ve 27 numaralı optimum boya karışımına uygulanmıştır.

A, B, C, D faktörleri kullanılan katkıları temsil etmektedir. A: DPOP, B: fosfanat bazlı ürün, C: aerosil D: floroalkilakrilatı temsil etmektedir. R1 değeride viskoziteyi göstermektedir.

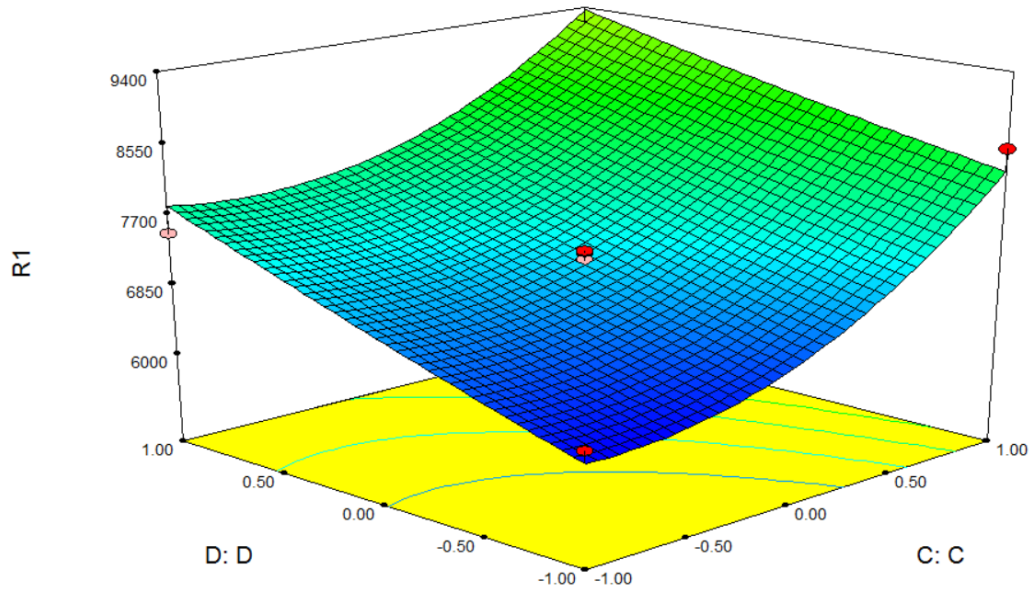
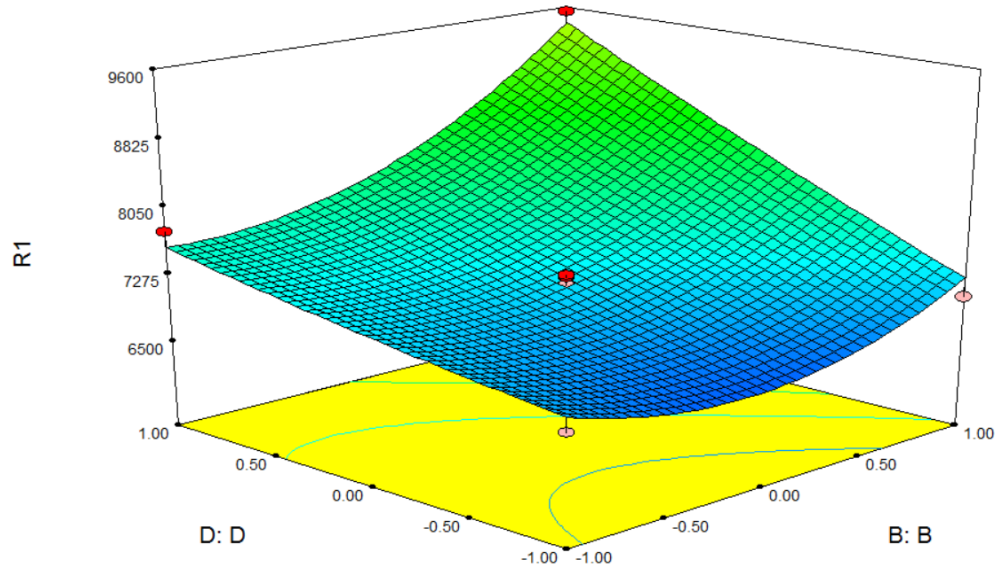
Tablo 6.2 Model denklemi

R1	=
7263.00	
944.00	*A
537.67	*B
921.25	*C
713.75	*D
-114.50	*A*B
675.00	*A*C
152.50	*A*D
-302.50	*B*C
370.00	*B*D
-148.75	*C*D
245.63	*A ²
493.13	*B ²
585.25	*C ²
32.75	*D ²

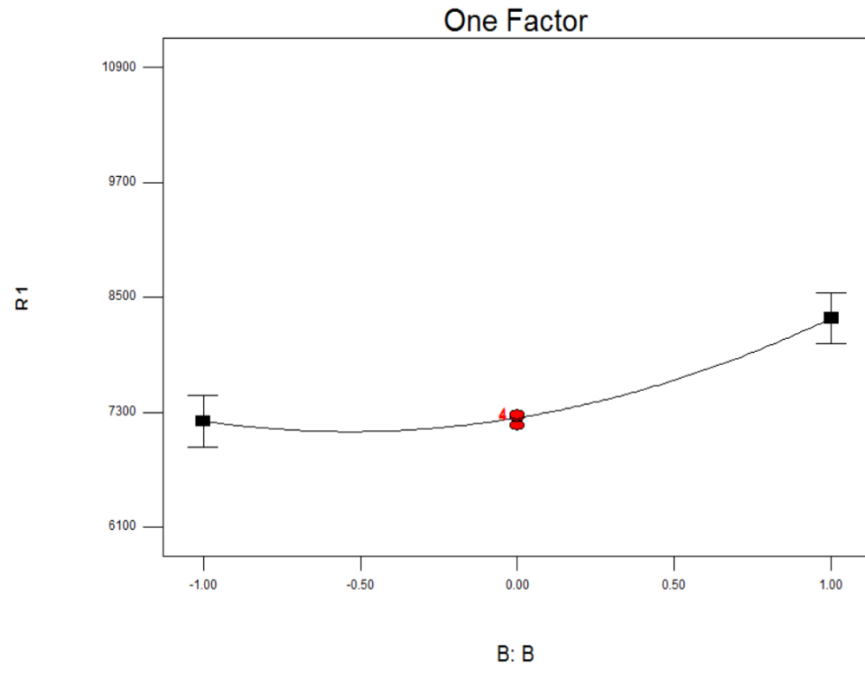
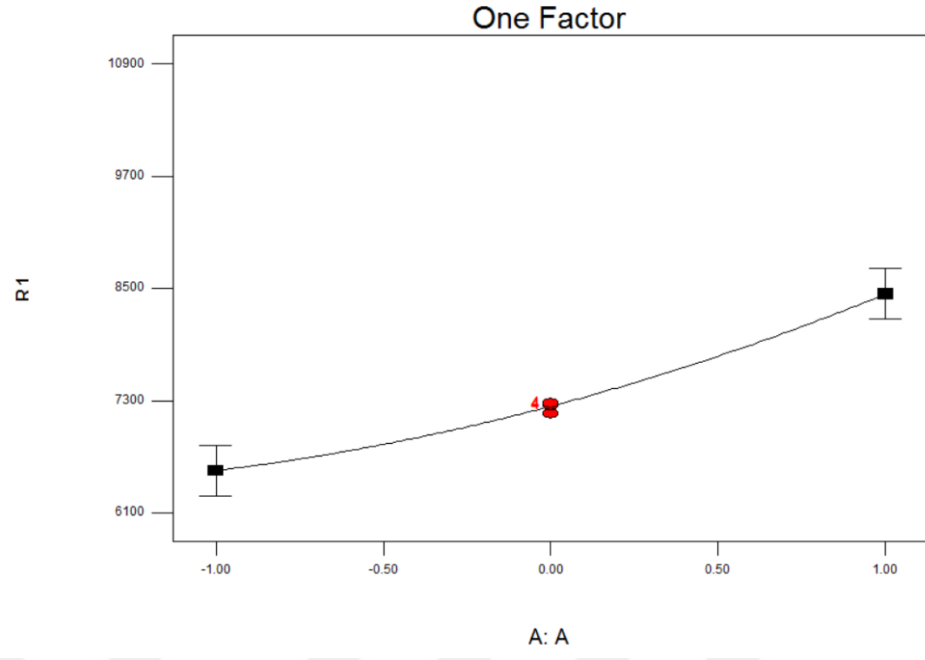
Desing Expert merkezde 5 kez tekrar deneyi yapmaktadır. 3D yanıt yüzey grafiklerinde merkez noktaları gösterilmiştir. Örneğin, A ve B parametresi arttığında R1 yani viskozite değerinin de arttığı grafikten görülmektedir. İki parametre ile viskozite arasındaki üçlü etkileşimler Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te gösterilmektedir.



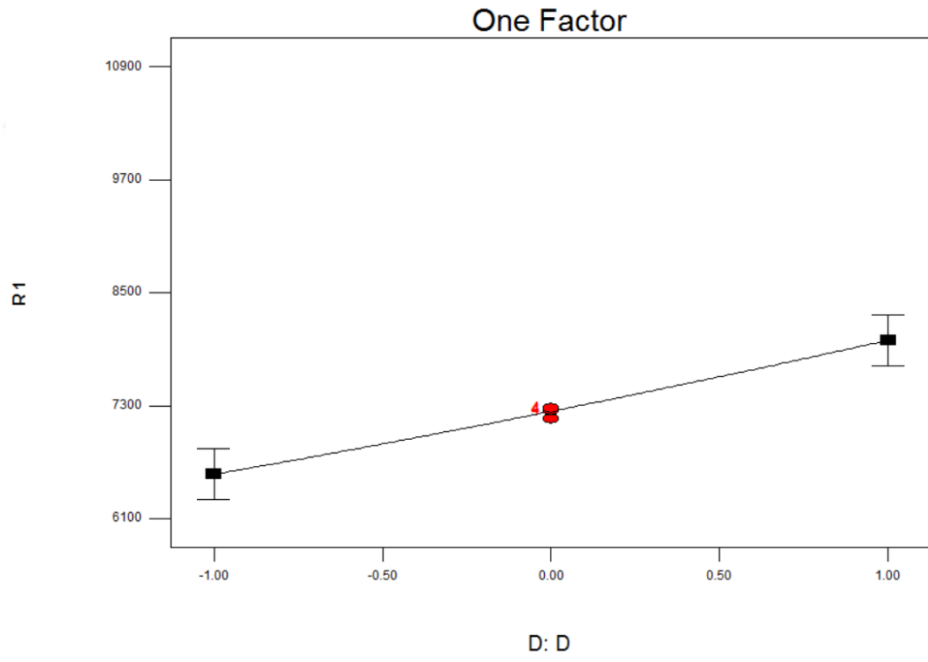
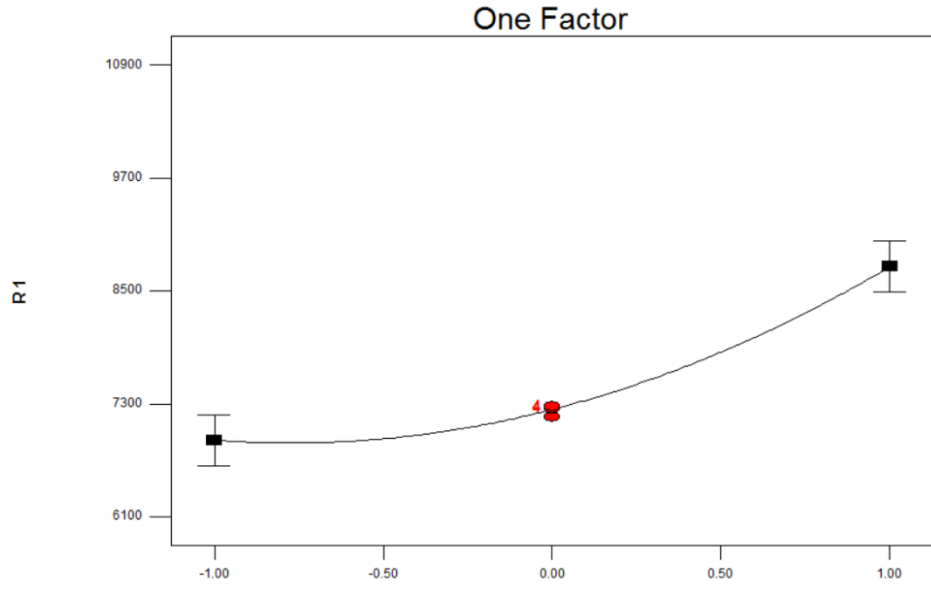
Şekil 6.2 Viskozite değerleri için 3D yanıt yüzey grafikleri-1



Şekil 6.3 Viskozite değerleri için 3D yanıt yüzey grafikleri-2



Şekil 6.4 Viskozite ile tek bir faktör arasındaki etkileşim grafikleri-1

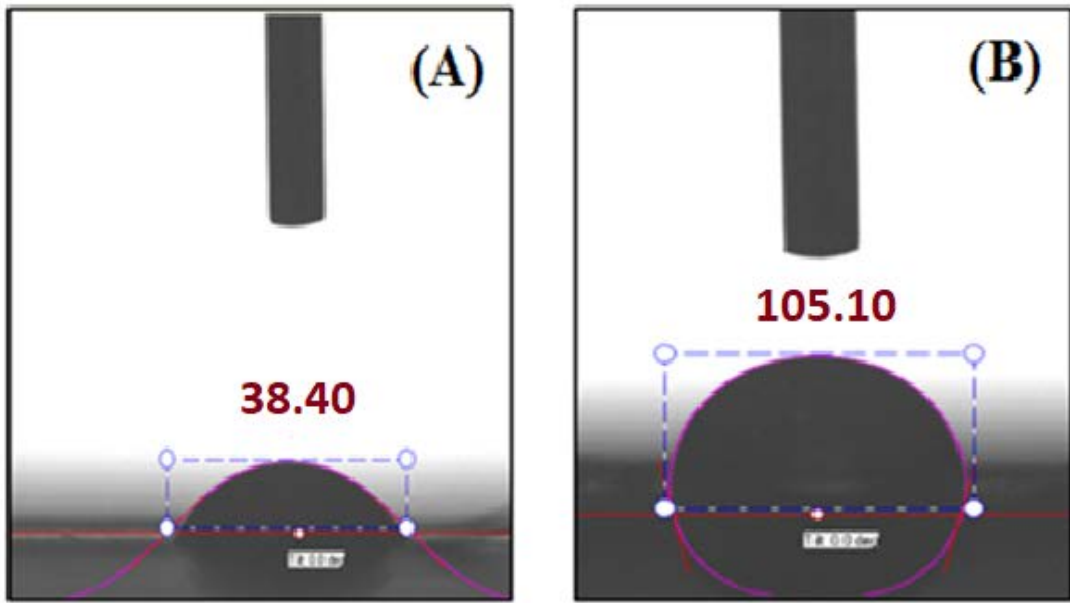


Şekil 6.5 Viskozite ile tek bir faktör arasındaki etkileşim grafikleri-2

Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'teki iki boyutlu grafiklerde parametreler ile viskozite değerleri arasındaki ikili etkileşimleri göstermektedir. İkili etkileşim arasında bakıldığında örneğin A parametresi arttıkça viskozite değerinin de arttığı görülmektedir.

6.2 Temas Açısı Ölçüm Sonuçları

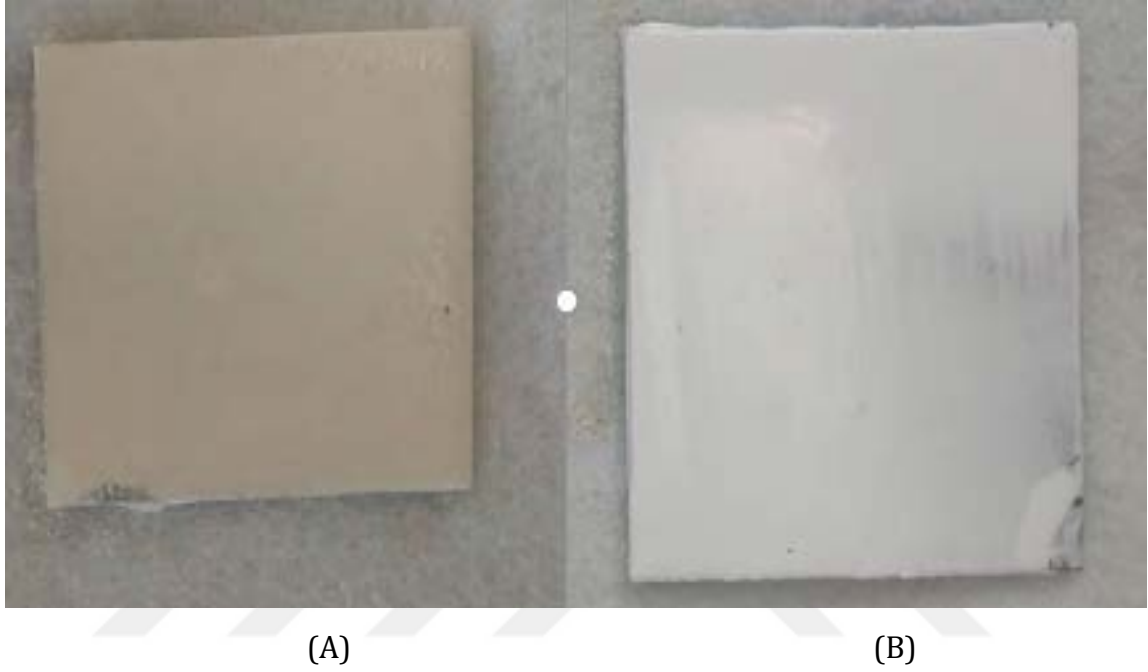
Temas açısı ölçüm analizi sonucunda, referans boya ile optimum katkı boya karşılaştırıldığında solvent bazlı organik kaplamanın hidrofobikliği 38.40°'dan 105.10°'a yükselmiştir. Bu durum, katkı hazırlanan boyanın hidrofobik özelliğinin geliştirildiğini sonucunu ortaya koymaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Referans boya(A), optimum boya(B) temas açısı sonuçları

6.3 Isı Dayanımı Sonuçları

Isı dayanımı sonucu olarak, Şekil 6.7’te görüldüğü üzere uygulanan sıcaklık neticesinde katkısız boyada sararma olduğu halde, optimum boyada sararma görülmemiştir. Bu durum, kullanılan katkıları sayesinde boyanın ısı dayanımının arttırıldığını göstermektedir.



Şekil 6.7 Referans (A) ve optimum(B) boya ısı dayanımı sonuçları

6.4 Yaşlandırma Sonuçları

Belirlenen koşullar altında, Şekil 6.8’den görüldüğü üzere referans boya yaşlandırılıp, sararmaya uğratılmıştır. Optimum boyanın görüntüsü ise beyaz renkli olarak kalmış ve bu durum, kullanılan katkıları sayesinde boyanın yaşlandırılmasının geciktirildiğini ve boya özelliğinin geliştirildiğini göstermektedir.



(A)

(B)

Şekil 6.8 Referans (A) ve optimum (B) boya yaşlandırma sonuçları

6.5 Korozyon Analizi Sonuçları

Korozyon analizi sonuçlarına göre, Şekil 6.9 de görüldüğü üzere referans boyanın yüzeyinde optimum boyaya göre daha fazla paslanmış ve yıpranmış görüntü elde edilmiştir. Böylece, kullanılan katkıları sayesinde organik kaplama uygulanan yüzeyde korozyonun geciktirildiği görülmüştür.



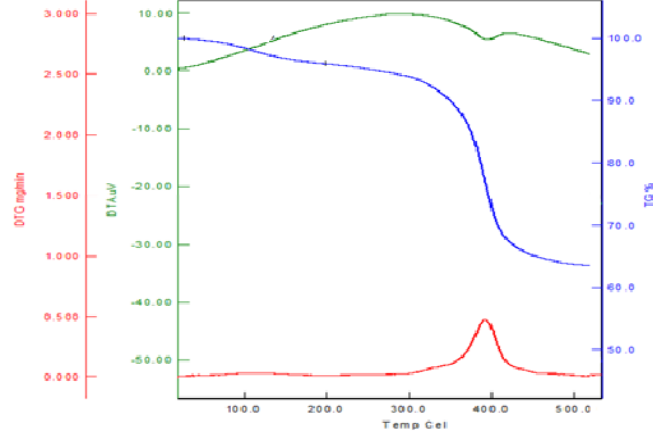
(A)

(B)

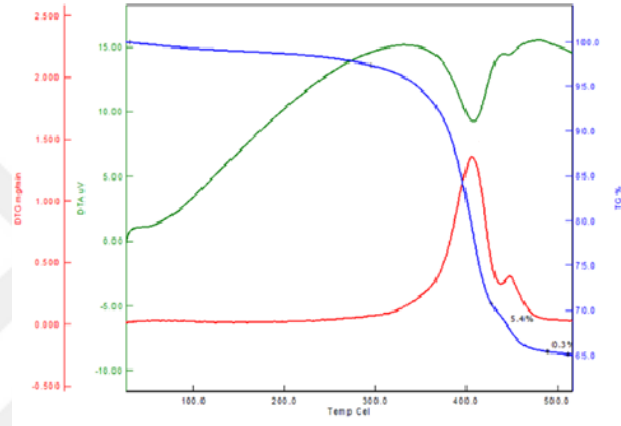
Şekil 6.9 Referans (A) ve optimum(B) boya korozyon sonuçları

6.6 TG-DTA

Numune, oda sıcaklığından 500°C'ye ısıtıldığında toplam ağırlığın, yaklaşık %25'i ölçüsünde bir kayıp olduğu ve DTA eğrisinde yaklaşık 410°C'lik büyük bir endotermik pik olduğu bulunmuştur (Şekil 6.10). Ağırlıkça %25 değeri tüm hammaddelerin ayrışmasından kaynaklanmıştır. Referans solvent bazlı organik kaplamanın bozunma sıcaklığının, optimum solvent bazlı organik kaplamayla kıyaslandığında benzer bozunma sıcaklığı gösterdiği gözlemlenmiştir. Böylece, hazırlanan katkılı boyaların yanma özelliğinin korunduğu tespit edilmiştir.



(A)

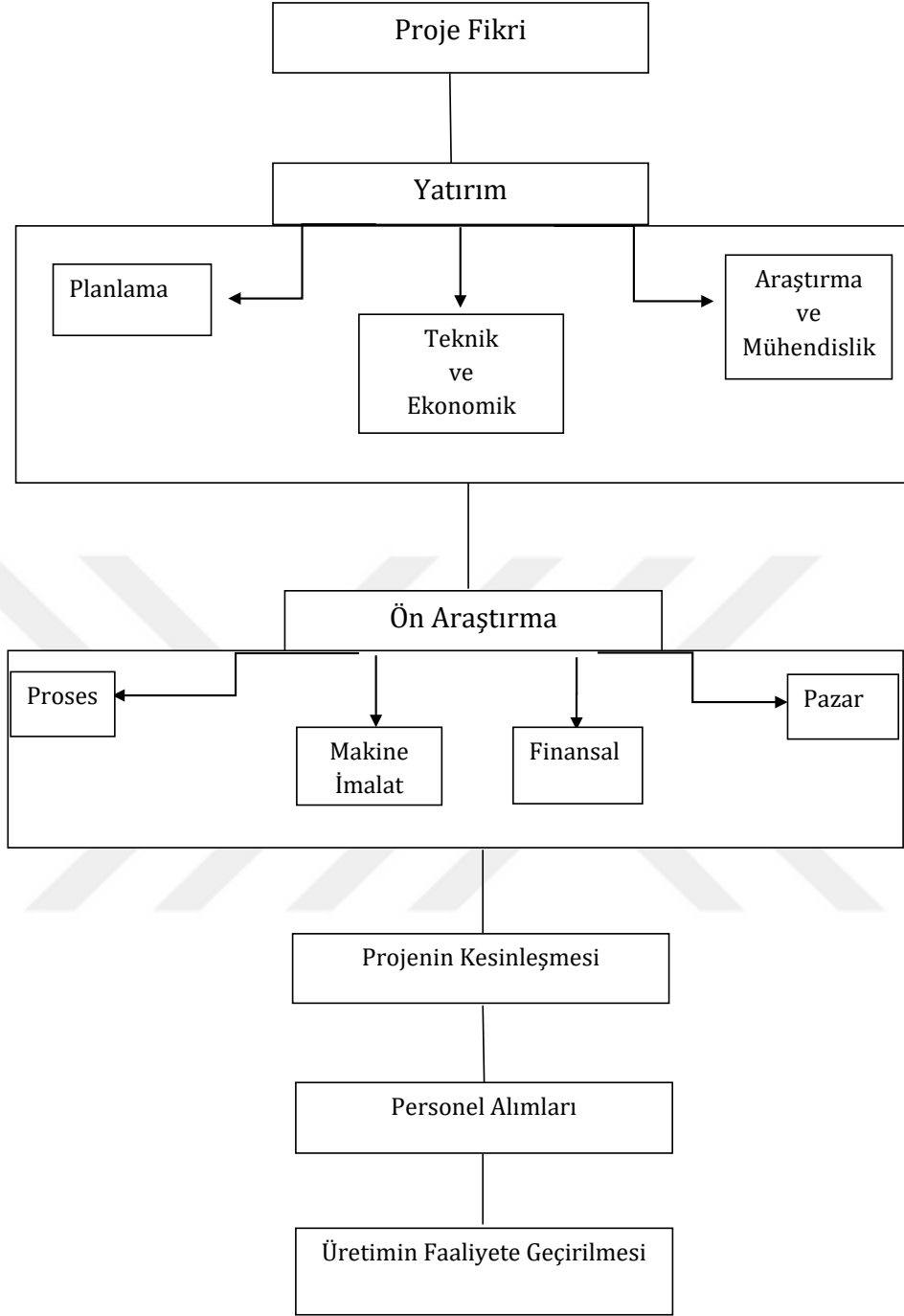


(B)

Şekil 6.10 Referans (A) ve optimum(B) boya TG-DTA Sonuçları

6.7 Fizibilite Çalışması

Bu çalışmada fizibilite çalışması, pazar büyüklüğü, profili, rekabet yapısı, tedarik zinciri, hedef pazarın özellikleri, fabrika ve üretim kapasitesi, yurtiçi ve yurtdışı arz-talep, hammaddenin kullanılacağı alanlar açısından, makina-teçhizat giderleri ve ekonomik açıdan değerlendirilmiştir (Şekil 6.11). Yapılan değerlendirme sonucunda, temelde yatırım açısından bakıldığında düşük sermayeyle sistemin kurulabileceği, kullanılan katkıların maliyetlerinin çok yüksek olmaması göz önüne alınarak rahatlıkla temin edilerek kullanılabileceği ve üretilen katkılı boyanın pazarda tutunabileceği görülmüştür.



Şekil 6.11 Fizibilite çalışması

Design Expert Box-Behnken yöntemiyle yapılan boya optimizasyon çalışmasında 7389.2 cP olarak belirlenen optimum viskozite 27 numaralı deneye yakın olduğu için optimum karışım 27 numaralı karışım olarak seçilmiştir. Referans (katkısız) boya ve optimum boyaya karşılaştırma yapabilmek adına test ve analizler (ısı dayanımı, yaşlandırma, TG-DTA, temas açısı, darbe dayanımı, korozyon) uygulanmıştır.

Yapılan tüm test sonuçlarına göre kullanılan katkılar yardımıyla solvent bazlı boyanın hidrofobiklik özelliğinin geliştirilebileceği, korozyon ve yüksek ısıya dayanımı arttırılarak, yaşlandırmaya karşı direnç kazandırılabilceği görülmüştür.

Yapılan bu çalışmanın devamı niteliğinde farklı malzemeler katılarak, optimizasyon yöntemi, parametre ve seviyeler değiştirilerek bu çalışma geliştirilebilir. Yapılan bu çalışmanın boya alanında ve sanayide yapılacak diğer çalışmalara ışık tutacağı beklenmektedir.

-
- [1] A. Abbasian, S.R. Ghaffarian, N. Mohammadi, M.R. Khosroshahi and M. Fathollahi, "Study on different planforms of paint's solvents and the effect of surfactants (on them)," vol. 49, pp. 229-235, 2004.
 - [2] K. Cinku, B. İpekoglu and Y. Bilge, "Production of rheological additives for solvent based paint from turkish bentonite," Proceedings of the XXI International Mineral Processing Congress, pp. 16-23, 2000.
 - [3] D. Dursun and F. Sengul, "Waste minimization study in a solvent-based paint manufacturing plant," Resources, Conservation and Recycling, vol. 47, pp. 316-331, 2006.
 - [4] E. Kocabaş, "Su bazlı boya üretimi atıksularının fiziko-kimyasal yöntemlerle arıtımı," İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.
 - [5] N. Bellotti and C. Deyá, "Waterborne functional paints to control biodeterioration," Handbook of Waterborne Coatings, 2020.
 - [6] M. Charretton and R. Vincent, "Occupational exposure to organic solvents during paint stripping and painting," Advances in Environmental Control Technology Series, pp. 252-300, 1997.
 - [7] M. Özkan, "Çelik sanayinde boya seçimi," 1. Ulusal Demir Çelik Sempozyumu ve Sergisi-I, Ankara, pp.417-423, 2001.
 - [8] A. I. Simion, I. Ionita, C. G. Grigoras, L. G. F. Teodorescu and L. Gavrilă, "Development and optimization of water based paint formula in order to reduce vocs emissions," vol. 14, no. 2, pp. 277-288, 2015.
 - [9] O. Junji, "Study on organic pigments," Ritsumeikan University, Doctoral Thesis, Kyoto, Japonya, 2015.
 - [10] M.E.B, "Pigmentler," Kimya Teknolojisi, 2013.
 - [11] E. Kırımlı, "Synthesis of acrylic emulsion polymer and using in paint formulation," İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.
 - [12] C. Merlatti, F. X. Perrin, E. Aragon and A. Margaillan, "Evaluation of physico-chemical changes in sub-layers of multi-layer anticorrosive marine paint systems: Plasticizer and solvent release," vol. 61, pp. 53-62, 2008.
 - [13] F. Karakaş, "Endüstriyel hammaddelerin su bazlı boyalarda işlev mekanizması," İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul, 2011.
 - [14] B. Biegafiska, M. Zubielewicz and E. Smieszek, "Anticorrosive water-borne paints," Progress in Organic Coatings, vol. 15, pp. 33-56, 1987.
 - [15] A. Seeber, B. Sietmann and M. Zupanic, "In search of dose-response relationships of solvent mixtures to neurobehavioural effects in paint manufacturing and painters," vol. 34, pp. 1113-1120, 1996.
 - [16] M. Mihelčiča, L. S. Peršea, E. Šesta, I. Jermana, C. Giulianib, G. D. Carlob, M. Lavorgnac and A. K. Surcaa, "Development of solvent- and water-borne fluoropolymer protective coatings for patina-free bronze discs," Progress in Organic Coatings, vol. 125, pp. 266-278, 2018.
 - [17] B. Gregory and P. Hodgson, "Titanium dioxide pigments in solvent based decorative paints," Tioxide Titanium Pigments, London, 1992.

- [18] L. Adogame, V. Fabunmi and F. O. Egharevba, "Lead in solvent-based paints for home use in nigeria," National Report, Nigeria, 2017.
- [19] G. P. Lokhande and R. N. Jagtap, "Modified poly(butyl methacrylate-b-glycidyl methacrylate) dispersant for solvent-based paint by reverse atom transfer radical polymerization," *Progress in Organic Coatings*, vol. 90, pp. 359-368, 2015.
- [20] S. Arndt and R. Canum, "Overview of chemical paint strippers," *Organic Finishing*, vol. 203, pp. 980-4947, vol. 303, pp. 618-4085, 2007.
- [21] F. Ökenek, "Su bazlı ve stiren akrilik esaslı boyalarda alkalitoprak alkali borat katkılarının alev geciktirici özelliklerinin incelenmesi," Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2013.
- [22] S. A. E. Gizawy, M. A. Osman, M. F. Arafa and G. M. El Maghraby, "Improving the dissolution rate of hydrochlorothiazide," *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 478, pp. 773-778, 2015.
- [23] P. Steinbauer, A. Rohatschek, O. Andriotis, N. Bouropoulos, R. Liska, P. J. Thurner and S. Baudis, "Biomimetic adhesion motifs based on RAFT polymers with phosphonate groups," *European Polymer Journal*, Vol. 143, pp. 110-188, 2021.
- [24] L. Wu, K. L. Yick, S. P. Ng and J. Yip, "Application of the Box-Behnken design to the optimization of process parameters in foam cup molding," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 8059-8065, 2012.
- [25] D. Entner, P. Fleck, T. Vosgien, C. Münzer, S. Finck, T. Prante and M. Schwarz, "A systematic approach for the selection of optimization algorithms including end-user requirements applied to box-type boom crane design," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 2, 2019.
- [26] A. J. Kulkarni, G. Krishnasamy, G. and A. Abraham, "Cohort intelligence: a socio-inspired optimization method", *Intelligent Systems Reference Library*, Switzerland, 2017.
- [27] E. M. İşçimen, "Pirinç kepeğinden ultrason destekli protein ekstraksiyonunun optimizasyonu: antioksidan ve antiproliferatif özellikler üzerine etkileri," Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 2016.
- [28] M. A. Tekindal, H. Bayrak, B. Ozkaya ve Y. Genç, "Box-Behnken experimental design in factorial experiments: the importance of bread for nutrition and health," *Turkish Journal of Field Crops*, vol. 17(2), pp. 115-123, 2012.
- [29] S. Güvercin and A. Yıldız, "Optimization of cutting parameters using the response surface method," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, vol. 36(1), pp. 113-121, 2018.
- [30] S. Demir, "Su bazlı inşaat boyaalarının fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, Bitirme Tezi, İstanbul, 2017.

