



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**DÜŞÜK TUTUŞMA VE ANTİMİKROBİYOTİK KAĞIT
KAPLAMALARININ ÜRETİLMESİ VE
BASILABİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

GÖKHAN ÇÖLÜK
(727119002)

DOKTORA TEZİ

Basım Teknolojileri Anabilim Dalı
Basım Teknolojileri

DANIŞMAN

Doç. Dr. Elif URAL

İSTANBUL, 2023



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MANUFACTURING LOW COMBUSTION AND
ANTIMICROBIOTIC PAPER COATINGS AND
INVESTIGATION OF THE PRINTABILITY**

GÖKHAN ÇÖLÜK
(727119002)

Ph. D. THESIS
Department of Printing Technologies

Thesis Supervisor
Doç. Dr. Elif URAL

İSTANBUL, 2023

Marmara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Öğrencisi Gökhan ÇÖLÜK'ün “Düşük Tutuşma ve Antimikrobiyotik Kağıt Kaplamalarının Üretilmesi ve Basılabilirliklerinin İncelenmesi” başlıklı tez çalışması, tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Elif URAL

Marmara Üniversitesi /

Prof. Dr. Arif ÖZCAN (Üye)

Marmara Üniversitesi /

Doç. Dr. Emine ARMAN KANDIRMAZ (Üye)

Marmara Üniversitesi /

Prof. Dr. Üyesi Candan DEDELİOĞLU (Üye)

Yalova Üniversitesi /

Dr. Öğr. Üyesi Özgül YAMAN (Üye)

İstanbul Aydın Üniversitesi /

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile Gökhan ÇÖLÜK'ün Basım Teknolojileri Anabilim Dalı Programında Doktora derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında sabırla destek veren ve her zorlukta yanımda olan değerli danışmanım Doç. Dr. Elif URAL'a, deneysel çalışmalarımızda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Emine KANDIRMAZ ve Doç. Dr. Ahmet AKGÜL'e Akademik bilgi birikiminden faydalandığım Prof. Dr. Arif ÖZCAN ve Basım Teknolojileri Bölümü öğretim üyelerine, Çalışma süresince desteğini her daim hissettiğim değerli arkadaşlarım Ömür ÖZOK, Doç. Dr. Uğur SOYKAN, Doç. Dr. Şenol KAYA ve Doç. Dr. Fırat KARABOĞA'ya Akademik çalışma ortamının oluşturulmasında sonsuz desteği olan Prof. Dr. Cemil SUNGUR ve Doç. Dr. Yağmur KÜÇÜKBEZİRCİ'ye Çalışmanın grafik ve düzenleme işlerinde emeği olan değerli arkadaşlarım Muzaffer KOÇOĞLU, Nihal DUMAN, Emel ÖZBERT ve Öğr. Gör. Ümit ÖZTÜRK'e Uygulama faaliyetlerdeki testlerde bizlere kapılarını açan KONYA-KAĞIT SANAYİ VE TİCARET A.Ş. ve Ar-Ge ekibine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
YENİLİK BEYANI.....	xi
KISALTMALAR	xii
SEMBOLLER	xiii
ŞEKİL.....	xiv
TABLO LİSTESİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kağıdın Yapısı	3
1.1.1. Selüloz (Lifsel maddeler)	3
1.1.2. Yardımcı maddeler	4
1.1.3. Dolgu maddeleri	4
1.1.2. Tutkallama maddeleri	5
1.1.3. Renklendirici maddeler	5
1.2. Kağıdın Fiziksel Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Testler	6
1.2.1. Kağıdın gramajı	6
1.2.2. Kağıdın Kalınlığı	6
1.2.3. Kağıdın yüzey ve optik özellikleri.....	6
1.2.4. Kağıdın yüzey düzgünlüğü.....	6
1.2.5. Yüzey gerilimi	7
1.3. Kağıdın Optik Özellikleri	8
1.3.1. Parlaklık.....	8
1.3.2. Opaklık	8

1.3.3. Renk.....	9
1.3.4. Densite.....	11
1.4. Kağıt Yüzeyine Uygulanan İşlemler	12
1.4.1. Kağıt yüzeyi kaplama işlemi	12
1.4.2. Kağıt yüzey kaplamada kullanılan bağlayıcılar.....	14
1.5. Aktif ambalajlar.....	15
1.6. Alev Geciktirici ve Yanma Direnci Gösteren Maddeler	19
1.6.1. Limit Oksijen İndeksi (LOI.....	19
1.6.2. Borlu alev geciktiriciler	20
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
2.1. Materyal	21
2.1.1. Kimyasal materyaller.....	21
2.2. Karakterizasyon İşleminde Kullanılan Cihazlar.....	21
2.3. Kağıt Kaplama İşleminde Kullanılacak Baryum Borat Sentezi.....	22
2.4. Bağlayıcı Katyonik nişasta ve dekstrin çözeltilerinin hazırlanması.....	23
2.5. Antimikrobiyal ve Düşük Tutuşma Özellikli Kağıt Kaplama Formülasyonlarının Hazırlanması.....	24
2.5.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu malzemeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması	26
2.5.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu malzemeleri kitosan, baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması	27
2.5.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu malzemeleri biberiye yağı, Baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması	29
2.5.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu malzemeleri kitosan, Baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması	30
2.5. Kaplaması Yapılmış Numunelerin Antimikrobiyal Testlerin Yapılması.....	32

2.6. Kaplaması Yapılmış Numunelerin Limit Oksijen İndeksi (LOI) Testlerin Yapılması.....	32
2.7. Kağıt Kaplamalara Serigrafi Test Baskı Uygulaması.....	33
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
3.1. Bağlayıcısı Katyonik Nişasta olan Baryum Borat, Biberiye Yağı ile Kaplanmış Kağıtların Optik Özelliklerinin Belirlenmesi	34
3.1.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri	34
3.1.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri.....	35
3.1.3. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi.....	36
3.1.4. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kağıt kaplamaların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi.....	37
3.1.5. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi.....	38
3.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri Baryum Borat, Kitosan ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi	40
3.2.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri.....	41
3.2.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri	42
3.2.3. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi.....	43
3.2.4. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi	44
3.2.5. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan olan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi.....	45

3.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri Baryum Borat, Biberiye Yağı ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi	47
3.3.1. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri.....	47
3.3.2. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri	48
3.3.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi.....	50
3.3.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi	51
3.3.5. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri biberiye yağı, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi	52
3.4. Bağlayıcısı Dekstrin ve Dolgu Maddeleri Baryum Borat, Kitosan ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi	54
3.4.1. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri.....	54
3.4.2. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri	55
3.4.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi	57
3.4.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi	58
3.4.5. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi	59
4. SONUÇLAR.....	61
KAYNAKLAR.....	66

ÖZET

DÜŞÜK TUTUŞMA VE ANTİMİKROBİYOTİK KAĞIT KAPLAMALARININ ÜRETİLMESİ VE BASILABİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ambalaj sektöründe, et, balık, meyve, sebze gibi ürünler; nem, ıslaklık, yangın vb. istenmeyen çevresel etkilere maruz kalabilmektedir. Bu durum, ürünlerin beklenenden daha hızlı bozulmasına ve patojenik bakterilerin çoğalmasına yol açarak ürünlerin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu istenmeyen durumlar üreticilerin ürün güvenliğini sağlamak için ambalajlamada alternatif uygulamalara yönelmelerine sebep olmaktadır. Dolayısıyla son yıllarda aktif ambalaj uygulamalarında Ar-Ge çalışmaları ürünlerin ömrünü uzatmak, uzak pazarlara taşınmasını kolaylaştırmak ve pazarlama süresini artırmak amacıyla önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Ambalajlama sektörünün büyük bir bölümünü oluşturan karton ambalaj sektöründe kullanılan kağıt-kartonların diğer ambalajlara göre maliyetinin düşük, geri dönüştürülebilir olması ve yüzey özelliklerinin kolay modifiye edilebilmesi tercih sebebi olmaktadır. Polivinil alkol, dekstrin, katyonik nişasta gibi yapışkan özelliği olan doğal polimer ürünler kağıt yüzey kaplama ajanı olarak kullanılmaktadır. Yapılan literatür çalışmaları bu maddelerin kullanımıyla ambalaj için kullanılan kağıt ve kartonların yüzey özelliklerini geliştirerek kağıdın parlaklık kazanmasını sağladığını göstermektedir. Bunun yanında kağıda istenen özellikleri kazandırmak için örneğin antimikrobiyal bileşenler veya düşük yanma eğilimli maddeler gibi unsurlar, çözelti halinde veya mikro düzeyde bu maddelerle karıştırılarak kağıdın yüzeyinde değişiklik yapılmasına imkan tanımaktadır. Bu doğal bileşenlerin kaplama ajanı çözeltisinde homojen olarak dağılması aktif ambalajın etkinliğini arttırdığı yapılan literatür çalışmasında ortaya çıkmıştır. Kağıda düşük tutuşma ve anti mikrobiyal özelliklerin kazandırılması kağıdın kullanım alanını genişletecektir. Bu çalışmada kağıda düşük tutuşma özelliği kazandırmak için baryum borat çözeltisi hazırlanmıştır. Antimikrobiyal özelliklerinin geliştirilmesi için biberiye yağı ve doğal polimer kitosan farklı oranlarda kombine edilerek kağıdın düşük tutuşma, antimikrobiyal ve basılabilirlik özellikleri incelenmiştir.

Bu tez çalışması üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamasında polimer kaplama malzemesi olarak dekstrin ve katyonik nişasta, dolgu malzemesi olarak da biberiye yağı, baryum borat ve kitosan kullanılmıştır. Her iki bağlayıcı içinde farklı yüzdelerde dolgu

maddelerini içeren formülasyonlar hazırlanmış ve laboratuvar tipi kağıt kaplama makinası yardımıyla ofis kağıdı yüzeyine uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında hazırlanan tüm numunelere Limit Oksijen İndeksi (LOI) ve Disk difüzyon yöntemiyle antimikrobiyal testler uygulanmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında kaplanmış olan kağıtların renk, parlaklık, yüzey gerilimi, temas açısı ölçümleri alınarak basılabilirlik özellikleri incelenmiştir.

Çalışmada sonuç olarak, her iki bağlayıcı malzemenin kullanımının, kağıda sadece antimikrobiyal ve düşük yanma özellikleri kazandırmakla kalmayıp aynı zamanda baskı yapılabilirlik özelliklerini de artırdığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kağıt kaplama, Aktif ambalaj, Basılabilirlik, Antimikrobiyal kağıt, Alev geciktirici

ABSTRACT

MANUFACTURING LOW COMBUSTION AND ANTIMICROBIOTIC PAPER COATINGS AND INVESTIGATION OF THE PRINTABILITY

In the packaging industry products such as meat, fish, fruits, and vegetables can be exposed to undesirable environmental factors like moisture, wetness, and fire. This exposure often accelerates product deterioration and facilitates proliferation of pathogenic bacteria, resulting in product damage. These undesired environments prompt firms to seek alternative packaging methods to ensure product safety. As a result, research and development in active packaging applications have become a significant focus, aiming to extend the marketing period, facilitate their transport to distant markets, and enhance marketing durations, recently. In the cardboard packaging sector, which constitutes a significant part of the packaging industry, the preference for paper and cardboard over other packaging materials branches from their lower cost, recyclability and ease of changing surface characteristics. Natural polymer products like polyvinyl alcohol, dextrin, cationic starch, possessing adhesive properties are utilized as a surface coating agents for paper. Literature studies indicate that the use of these substances enhance the surface properties of paper and cardboard, resulting in increased brightness. Furthermore, incorporating elements like antimicrobial components or low combustion-prone materials in solution or at a micro level permit for alterations to the surface of the paper to impart desired things.

Studies have demonstrated that the homogeneous distribution of these natural components in the coating agent solution improves the effectiveness of active packaging. Granting paper low combustion and antimicrobial properties will broaden its scope of application. For instance, in this study, a barium borate solution was prepared to confer low combustion properties to paper. Additionally, for the enhancement of antimicrobial properties, rosemary oil and the natural polymer chitosan were linked in varying proportions to investigate the paper's low combustion, antimicrobial, and printability characteristics.

This thesis comprises three stages. The first stage involved using dextrin and cationic starch as polymer coating materials, and rosemary oil, barium borate, and chitosan as filler materials. Formulations containing different percentages of fillers in both binders

were prepared and applied to the surface of office paper using a laboratory-scale paper coating machine.

In the second stage, all prepared samples underwent Limiting Oxygen Index (LOI) tests and antimicrobial tests using the Disk Diffusion method.

The third stage involved analyzing the color, brightness, surface tension, and contact angle measurements of the coated papers to assess their printability characteristics.

The study concludes that the use of both binding materials not only reveals antimicrobial and low combustion properties to the paper but also enhances its printability properties.

Key Words: Paper coating, Active packaging, Printability, Antimicrobial paper, Flame retardant



YENİLİK BEYANI

Bu tez çalışmasında, basım endüstrisi akıllı ambalaj sektöründe tek bir etkin madde ile kağıt yüzeyinin hem antimikrobiyal hem de düşük tutuşma özelliklerinin geliştirilmesi, antimikrobiyal ve düşük tutuşma özelliklerin diğer katkı maddeleri ile geliştirilmesi amacıyla nişasta türevleri olan katyonik nişasta ve dekstrin bağlayıcı çözeltileri kullanılarak bağlayıcılar arası antimikrobiyal, düşük tutuşma ve basılabilirlik etkilerinin karşılaştırılması bakımından orijinal olduğu görülmektedir.

Bu açıdan değerlendirildiğinde bağlayıcılar içinde kullanılan baryum borat çözeltisi, biberiye yağı ve kitosanın katkı maddelerinin basım endüstrisi için kağıt yüzeyine uygulanabilir katkı maddeleri olduğu görülmektedir. Konuyla ilgili literatür çalışması yapıldığında malzeme, kağıt ve basım sektörü açısından literatüre katkıda bulunduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu tez çalışmasının sonucunda, uluslararası konferansta sözlü tam metin sunumu yapılmış, bir Sci-expanded makale yayınlanmış ve iki makale yayınlanmak üzere hazırlanmıştır.

Basılmış yayınlar:

Çölük, G., Ural, E., & Kandırmaz, E. A. (2022). Flame retardant and antimicrobial paper coatings with rosemary oil and baryum borate. *Cellulose Chemistry and Technology*. 873-880. (Yayınlandı)

Çölük, G. ve Ural, E, (2023). Investigation of Flame Retardant and Antimicrobial Properties of Papers Coated with Baryum Borate Added Dextrin-Cationic Starch. 4. 4th International Printing Technologies Symposium, 5-6 october, İstanbul, Turkey 133-142 (Yayınlandı)

Doç. Dr. Elif URAL

Gökhan ÇÖLÜK

KISALTMALAR

ASTM	: Çeşitli ürün ve sistemler için belirlenen standartların genel adı.
ATR-FTIR	: Maddelerin spektrum analizlerini yapan cihaz
BS 4321	: Işık haslığı standardı
CIE	: Uluslararası aydınlatma komisyonu
L*a*b*	: Uluslararası aydınlatma komisyonu tarafından belirlenen renk evreni
EMA	: Yüzey aktif madde
ISO 12647	: Grafik Teknolojisi- Prova ve üretim baskıları, tramlı renk ayrımları üretimi için süreç kontrolü
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
TAPPI T480	: Parlaklık ölçüm standardı
COBB	: Sıvı emilimini ölçen test cihazı
UV	: Mor ötesi ışığı ifade eder.
LOI	: Limit Oksijen İndeksi
TAPPI T	: Kağıt Hamuru ve Kağıt Sanayii Teknik Derneği
PVA	: Polivinil Alkol

SEMBOLLER

- Nm** : Metrenin milyarda biridir. Nanometre olarak ifade edilir.
- μm** : Metrenin milyonda birine eşi uzunluk birimidir.
- g/m^2** : Birim alandaki maddenin kütlesini (gramaj) ifade eder.
- Ph** : Potansiyel hidrojen. Bir çözeltinin asitlik bazlık derecesini ifade eder.
- g/mol** : Moleküler kütleyi ifade eder.
- g** : Gram olarak ağırlığı ifade eder.
- $^{\circ}\text{C}$** : Sıcaklığı ifade eder.
- rpm** : Dakikadaki devir sayısıdır.
- g/m^2** : Metre kareye düşen ağırlık
- ΔE** : Renk farkını ifade eder.

ŞEKİL

Şekil 1.1. Doğal polimer olan selülozun moleküler yapısı.	4
Şekil 1.2. Yüzey gerilimi temas açısı.	8
Şekil 1.3. Opak ve opak olmayan kağıt görseli.	9
Şekil 1.4. Görülebilir spektrum (380-750 nm).	9
Şekil 1.5. CIE L*, a*,b* renk evreni.	10
Şekil 1.6. CIE ΔE_{00} formülü.	11
Şekil 1.7. Spektrofotometre çalışma prensibi.	12
Şekil 1.8. Püskürtme yöntemi ile kaplama.	13
Şekil 1.9. a) Basınç yöntemi ile kaplama b) Sıyırma yöntemi ile kaplama.	13
Şekil 1.10. Katyonik nişastanın moleküler yapısı.	14
Şekil 1.11. Polivinil alkolün moleküler yapısı.	15
Şekil 1.12. Dekstrinin moleküler yapısı.	15
Şekil 1.13. Limit oksijen indeksi ölçüm cihazı.	19
Şekil 2.1. Baryum borat çözeltisi.	22
Şekil 2.2. Baryum borat çözeltisi.	23
Şekil 2.3. Harfsel ifadelerin çözümlenmesi	25
Şekil 2.4. Disk Döfüzyon Yöntemi	32
Şekil 2.5. Serigrafı baskı anatomisi(Er, 2021).	33
Şekil 3.1. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerin LOI değerleri.	36
Şekil 3.2. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerin mikrobiyal özellikleri.	37
Şekil 3.3. Katyonik nişasta, biberiye yağı, baryum borat ile kaplanmış kağıt numunelerin yüzey enerjisi değerleri.	38
Şekil 3.4. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerin temas açısı değerleri.	38
Şekil 3.5. Bağlayıcı katyonik nişasta ve katkı maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.	40
Şekil 3.6. Katyonik nişasta, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özellikleri.	43

Şekil 3.7. Katyonik nişasta, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin mikrobiyal özellikleri.	44
Şekil 3.8. Katyonik nişasta kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.....	45
Şekil 3.9. Katyonik nişasta kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.....	45
Şekil 3.10. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddesi kitosan, baryum borat ilaveli formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.	46
Şekil 3.11. Dekstrin, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özellikleri.....	50
Şekil 3.12. Dekstrin, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özellikleri.....	51
Şekil 3.13. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının yüzey enerjisi değerleri.....	52
Şekil 3.14. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.....	52
Şekil 3.15. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.	53
Şekil 3.16. Dekstrin, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin düşük tutuşma özellikleri.	57
Şekil 3.17. Dekstrin, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin antimikrobiyal özellikleri.	58
Şekil 3.18. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının yüzey enerjisi değerleri.....	59
Şekil 3.19. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.....	59
Şekil 3.20. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddeleri kitosan, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.	60

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.2. Antimikrobiyal özellikli uçucu yağların oluşturulduğu bazı bitkiler.	18
Tablo 2.1. Katyonik nişastanın teknik özellikleri.	21
Tablo 2.2. Bağlayıcı ve katkı maddelerinin yüzdeleri	24
Tablo 2.3. Formülasyonların harflesel ifadeleri.....	25
Tablo 2.4. Harflesel ifadelerdeki yüzde (%) ifadelerinin gösterimi	25
Tablo 2.5. Katyonik nişasta, biberiye yağı kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	26
Tablo 2.6. Katyonik nişasta, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	26
Tablo 2.7. Katyonik nişasta, biberiye yağı ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	27
Tablo 2.8. Katyonik nişasta, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.....	27
Tablo 2.9. Katyonik nişasta, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	28
Tablo 2.10. Katyonik nişasta, baryum borat ve kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	28
Tablo 2.11. Dekstrin, biberiye yağı kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.....	29
Tablo 2.12. Dekstrin, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.....	29
Tablo 2.13. Dekstrin, biberiye yağı ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	30
Tablo 2.14. Dekstrin, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.....	30
Tablo 2.15. Dekstrin, Baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.....	31
Tablo 2.16. Dekstrin, Kitosan ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.	31
Tablo 3.1. Katyonik nişasta ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.....	34

Tablo 3.2. Katyonik nişasta ile hazırlanmış formülasyonların $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} , parlaklık değerleri.....	34
Tablo 3.3. Katyonik nişasta ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri.....	35
Tablo 3.4. Katyonik nişasta ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.....	41
Tablo 3.5. Katyonik nişasta ile hazırlanmış baskısız numunelerin $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} , parlaklık değerleri.....	41
Tablo 3.6. Katyonik nişasta ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri.....	42
Tablo 3.7. Dekstrin ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.	47
Tablo 3.8. Dekstrin ile yüzeyi kaplanmış formülasyonların $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} , Parlaklık değerleri.....	47
Tablo 3.9. Dekstrin ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} ve parlaklık değerleri.....	49
Tablo 3.10. Dekstrin ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.	54
Tablo 3.11. Dekstrin ile yüzeyi kaplanmış baskısız formülasyonların $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} Parlaklık (75°) değerleri.	54
Tablo 3.12. Dekstrin ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} ve Parlaklık (60°) değerleri.....	56
Tablo 4.1. Kaplama Formülasyonların harflesel ifadeleri.	61

1. GİRİŞ

Son iki yüz yıl içerisinde sanayi devrimi ve teknolojinin ilerlemesi, küreselleşme sürecini hızlandırmıştır (İleri, 1998). Sanayi devrimi sonrasında toplumsal ihtiyaçları karşılamak adına ucuz maliyetinden dolayı kullanılan ve çevreye etkisi yüz yıllarca devam edecek petrol ve türevi plastik ürünlerin kullanılması ekosistemi tehdit eder hale gelmesi (Li ve Fok, 2016), ham petrol rezervlerinin azalması ve ekosistemin ve çevresel etkilerinin azaltılması yönünde atılan adımlardan sonra üretim endüstrilerinde biyo bazlı kimyasallar üzerinde çalışmalar artmıştır (McKinlay ve Zeikus, 2007). Büyük sanayi kollarından biri olan kağıt üretim sektöründe, petrol türevlerinden olan mum, polietilen veya flor türevleri de kağıdın kaplanmasında uygulanmaktadır ve bu üretimlerde çevresel kaygılar oluşturmaktadır (Rastogi ve Samyn, 2015).

Dünyada kağıt ihracatında 2019 yılı ülke piyasaları açıklama raporuna göre (UNECE/FAO, 2019); 2017 yılı için kağıt ve kağıt ürünleri üretiminde Çin 111 milyon ton ile zirvede 2019 yılı ihracat raporuna göre ise 22.009 milyon dolar ile yine Çin lider pozisyonundadır.

Kağıdın birçok sektör için önemi büyüktür; ancak kağıt üretim sürecinden sonra doğrudan ihtiyaçları karşılayabilecek kalitede üzerine baskı yapılabilir bir malzeme değildir. Geri dönüştürülebilir bir malzeme olan kağıdın basım sektörü açısından baskı altı malzemesi olarak kullanılabilmesi için belirli kalite standartlarını yakalaması gerekmektedir (Bahrami ve ark., 2020; Kandırmaz ve ark., 2020; Atti-Santos ve ark., 2005). Bu doğrultuda belirlenmiş standartların içeriği kağıdın rengi, yüzey gerilimi, kopma direnci, opaklığı, fiziksel özellik gibi testleri içermektedir. Kağıdın kalitesini etkileyen ve kağıt hamur kazanına eklenen selüloz, atık kağıt, dolgu maddeleri, tutkal ve renklendirici pigmentlerdir (Bozkurt, 2013; Tetik, 2021; Tutuş ve Kılılı, 2018). Kağıdın yüzey kalitesini iyileştirmek ve neme karşı direncini arttırmak için kağıt üretim aşamasında kaplama işlemi yapılmaktadır. Kağıdın kalitesi arttıkça kullanım alanı da genişlemektedir. Basım sektörü için fiziksel özellikleri iyileştirilmiş kağıtlar en verimli baskı kalitesini ortaya çıkarmaktadır (Gustafsson ve ark., 2012; Guo ve ark., 2012; Tutuş ve Kılılı, 2018). Gerçekleştirilen yüzey kaplama işleminin faydalarından birisi de geri dönüşüm kağıtlarının tekrar kullanım kalitesini artırmaktır. Kağıdın niteliksel özelliklerini farklı mineraller ve bileşiklerle arttırmaya yönelik çalışmalar son yıllarda artan ihtiyaçlarla

orantılı bir şekilde devam etmektedir (Lee ve ark., 2002; Li ve ark., 2010). Son yıllarda kaplama formülasyonları üzerine çokça çalışma yapılmış ve bu çalışmalar neticesinde birincil ambalajlamada kağıdın niteliksel özelliklerinin geliştirilebileceği ve sektör bazında kullanılabilir konuma getirilebileceği görülmüştür. Bu çalışmalardan dikkat çekenleri ise kaplanmış yüzeylerin antibakteriyel ve antimikrobiyal özellikte bulunan malzemeler üzerindeki çalışmalarıdır. Bu çalışmalara örnek olarak Ag nanopartiküllerinin kağıt kaplamalarında kullanılmış ve antimikrobiyal ve basılabilirlik özellikleri incelenmiştir (Kandırmaz ve Özcan, 2019). Ayrıca akıllı ambalajlarda mikro kapsülleme yöntemi ile biberiye yağının antimikrobiyal etkilerinin olduğunu ve bu yöntemle kullanılabilir durumda olduğu literatürde belirtilmiştir (Kandırmaz, 2021). Kitosan antimikrobiyal, antibakteriyel aynı zamanda düşük tutuşma özelliğine sahip ve dünyada yaygın olarak bulunan bir biyopolimerdir. Yapı itibarı ile selülozdan sonra dünyada en fazla bulunan doğal polimerdir. Yoğun olarak deniz canlılarının kabuklarında bulunan bu doğal madde, yapısı ve çevre dostu olması sebebi ile son yıllarda akıllı ambalaj üretiminde sıkça tercih edilmektedir (Akaria ve ark., 2015; Vartiainen ve ark., 2004; Ishihara ve Maku 1972). Özcan ve ark. kitosan ve titanyum nanopartiküllerini kombine ederek kağıt yüzey kaplamalarında dolgu maddesi olarak kullanmışlar ve aktif ambalajlama teknolojilerinde uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Özcan ve ark., 2023). Antimikrobiyal özellik taşıyan bir diğer malzeme ise biberiye yağıdır. Akıllı ambalajlarda mikro kapsülleme yöntemi ile kullanılabilir durumda olduğu literatürde belirtilmiştir (Kandırmaz, 2021). Kağıdın yanmazlık özelliği üzerine çalışmalar devam etmektedir (Özcan ve ark., 2020). Silika nanopartiküller ve fosfinoksit içeren UV kürlenmeli kağıt kaplama formülasyonları hazırlanmış ve kağıda yanmazlık özelliği kazandırılmıştır (Kandırmaz, 2020). Melamin ve çinko borat melez kağıt kaplama formülasyonları üretilmiş alev geciktirici ve basılabilirlik özelliklerinin kağıt için uygunluğu belirtilmiştir. Kağıdın yanmazlık özelliklerinin artırılması adına yapılan çalışmalar farklı yanmazlık özellikleri içeren inorganik asit maddelerin kağıt yüzeyine uygulanması ile test edilmektedir (Işık, 2018). Yanmazlık ve antibakteriyel özelliği ile bilinen bor elementi farklı endüstriyel sektörlerde bolca kullanılmaktadır. Son dönemlerde adından sıkça bahsettiren bor elementi içerikli dezenfektanlar, bor minerallerinin antimikrobiyal ve antibakteriyel olarak kullanımını arttırmıştır. Ayrıca

sağlık sektöründe bor ve türevlerinin antibakteriyel özelliklerinden faydalanılmaktadır (Çiçek, 2001).

Ülkemizde dünya rezervlerinin %72'sinin bulunduğu bor madeninin kağıt üretim sanayisinde kullanılması bor madeninin katma değerini arttıracak bir girişim olacaktır.

Bu çalışmanın amacı; kağıt yüzey kaplamalarda doğal mineral olan bor, antimikrobiyal özellik taşıyan biberiye yağı ve hem alev geciktirici hem de antimikrobiyal özellik taşıyan kitosanın birlikte kullanılarak kağıda hem yanmazlık hem de antimikrobiyal özellikleri kazandırılarak, elde edilen kaplanmış kağıdın basılabilirlik açısından uygunluğunun belirlenmesidir.

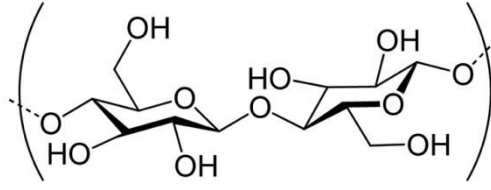
1.1. Kağıdın Yapısı

Kağıt üretiminde kullanılan selülozun hammaddesi odundur. Selüloz kağıt üretiminin başında gelmektedir. Selüloz, kağıdın istenilen özellikleri taşıyabilmesi için çeşitli yardımcı maddelerin de kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Kağıt üretiminde selülozun yanı sıra çeşitli yardımcı maddelerde kullanılır. Bunlar dolgu maddeleri, tutkallama maddeleri, renklendirici maddeler, özel amaçlı maddeler olarak sıralanabilir (Bozkurt, 2013). Kağıt geri dönüştürülebilir bir üründür bu amaçla geri dönüştürülmüş Kağıtlar kalite gerektirmeyen alanlarda değerlendirilmektedir. Kağıdın kalitesi, kağıdın yapısında bulunan selüloz, yardımcı maddeler ve renklendirici maddelerin karışım oranlarını da doğrudan etkilemektedir (Yakut, 2012).

1.1.1. Selüloz (Lifsel maddeler)

Kağıt üretiminin temel maddesi selülozdur. Selüloz dünyada en fazla kullanılan doğal polimer türüdür. Yeryüzünde selülozun %99'u bitkilerde bulunur (Bozkurt, 2013). Kağıt hamurundaki selüloz miktarı arttıkça kağıdın kalitesi de artmaktadır. Bu kalite I. hamur, II. hamur ve III hamur kalite olarak sınıflandırılmıştır. Selüloz, pamuk, odun, keten, bambu, rami, kendir, kenevir vb. bitkilerin hücre çeperlerinin ortalama yarısını oluşturmaktadır (Kandırmaz ve Özcan, 2019).

Selüloz, (C₆H₁₀O₅) formülasyonundan oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Doğal polimer olan selülozun moleküler yapısı.

1.1.2. Yardımcı maddeler

Yardımcı maddeler kağıt üretim sürecinde kağıdın son kullanıma hazır hale getirilmesi için kullanılır. Bunlar kağıdın kalitesini doğrudan etkiler. Kağıtta istenilen kalite oranına göre miktarlar formülasyonlandırılır. Yardımcı maddeler dört grupta incelenebilir. Bunlar dolgu maddeleri, tutkallama maddeleri, renklendirici maddeler, özel amaçlı maddeler olarak sıralanabilir (Tetik, 2021).

1.1.3. Dolgu maddeleri

Kağıt dolgu maddeleri doğal minerallerden oluşur. Dünyada en fazla tercih edilen mineraller kaolin, kalsit, talk pudrası, titanyum dioksit, kalsiyum karbonat şeklinde sıralanabilir. Kağıt hamuru süspansiyonunun içerisine katılan ve selüloz liflerinin aralarını doldurarak yüzey düzgünlüğü oluşturulması amacıyla kullanılır. Kağıdın kalite durumuna göre hamura katılacak dolgu maddesi yüzdesi belirlenir. Dolgu yüzde sınırları dolgu maddelerinin türüne göre değişkenlik göstermekle birlikte ortalama %25 oranında kullanılmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001; Sabah ve Erkan, 2004; Tutuş ve ark., 2017). Kağıt üretiminde kullanılan dolgu maddeleri, kağıdın hem fiziksel hem de opaklık özelliklerini doğrudan etkiler. Dolgu maddelerin kağıdın yüzeyindeki etkilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Akaria, 2015; Tetik, 2021).

Olumlu etkiler;

- Kağıdın opaklığını artırır.
- Lifler arası boşlukları doldurarak kağıdın yüzey düzgünlüğüne katkıda bulunur.
- Mürekkebin kağıda fazla nüfuzunu engeller ve kurumayı hızlandırır.

- Ağartılmış Kağıtlarda kağıdın beyazlığını arttır ve böylece renklendirici pigment görevi görür.
- Kağıdın sertliğini düşürerek yumuşaklığını arttırır.
- Kağıdın deformasyonunu azaltır.
- Kağıdın eskime özelliğini azaltır.

Olumsuz etkiler;

- Çinko sülfür gibi bazı dolgu maddeleri asidik reaksiyonlar göstererek kağıdın rengini bozmaktadır.
- Dolgu maddelerinin kağıt üretim sürecinde kağıdın her iki yüzeyine tutunma oranları farklılık gösterir.
- Fazla dolgu maddesi kullanımı kağıdın mekanik direncini azaltır.

1.1.2. Tutkallama maddeleri

Tutkallama maddeleri; üretilen kağıdın sıvı geçirgenlik direncini yükseltme, bu sayede baskı aşamasında mürekkebin temas açısını büyütür ve baskı kalite oranını arttırmak amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca kağıdın patlama yırtılma gibi mukavemet özelliklerini geliştirirler (Li ve ark., 2002). Tutkallama işlemi yüzey tutkallama ve iç tutkallama olarak iki çeşittir. Yüzey tutkallama, üretim esnasında çeşitli kimyasallarla formüle edilmiş sulu tutkal çözeltinin kağıdın yüzeyine basınçla birlikte uygulanan metottur. İç tutkallama ise kağıt üretimi sırasında tutkalın kağıt hamuruna eklenmesi suretiyle kağıt üretiminin bütün aşamalarına maruz kalmasıyla uygulanan bir metottur. Kağıdın tutkallanması, kağıdın yüzey direncini geliştirir, kağıdın sertliğini ve basılabilirliğini arttırır (Sönmez ve Özden, 2018).

1.1.3. Renklendirici maddeler

Selüloz oranı yüksek kağıt ile geri dönüşüm kağıt arasında renksel farklılıklar vardır. Kağıdın beyazlık oranının yüksekliği kağıdın kalitesine doğrudan etki eden en önemli ögedir. Kağıdın beyazlık oranını arttırmak adına pigment özellikli maddeler kağıt üretiminde kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma optik beyazlatıcılar, suda çözünen boyar maddeler, suda çözünmeyen pigmentler şeklinde sıralanabilir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

1.2. Kağıdın Fiziksel Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Testler

Kağıdın kullanım alanı oldukça geniştir. Basım ve ambalaj sektöründe kağıdın fiziksel özellikleri, kağıdın kullanım amacına uygun olarak tercih edilmektedir. Kağıdın fiziksel durumunu belirlerken; kağıdın gramajı, kalınlığı, yoğunluğu, yüzey düzgünlüğü, yüzey gerilimi, hava geçirgenliği, esnekliği, yırtılma mukavemeti, bükülme ve eğilme mukavemeti, su ve mürekkep emiciliği (Cobb), kül oranı gibi teknik özelliklerinin belirlenmesi, kağıdın hem basılabilirliğine hem de ürünün fiziksel koşullarının karşılanmasında önem arz etmektedir (Lawrence, 2008).

1.2.1. Kağıdın gramajı

Gramaj, kağıt tabakasının 1 m²'sinin ağırlığını ifade eder. Örneğin 80 g kağıt 100 x 100 cm ifadesi, Kağıt tabakasının 80 g olduğunu ifade eder. Kağıdın gramajı Kağıdın fiziksel özelliklerini doğrudan etkiler (Tutuş, 2020; Lawrence, 2008).

Farklı ebatlarda kağıt tabakalarının ağırlığı gramaj üzerinde hesaplanır. Bu hesap aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Yanık, 2004).

Kağıdın eni(cm) x Boyu (cm) x Gramajı (g) / 10.000 cm²

1.2.2. Kağıdın Kalınlığı

Kağıdın kalınlığı, kağıdın optik özelliklerini ve fiziksel özelliklerini doğrudan etkiler. Kağıdın içeriğindeki katkı maddeleri, lifsel yapısı ve kalenderleme oranı kağıdı kalınlığını etkiler. Kağıdın kalınlığı mikrometre ile ölçülür (Dodson, 2001).

1.2.3. Kağıdın yüzey ve optik özellikleri

Kağıdın yüzey düzgünlüğü, emicilik özellikleri, yüzey gerilimi ve temas açısı gibi özellikleri içermektedir. Kağıdın optik özellikleri ise parlaklık, beyazlık ve opaklık durumunu ifade eder. Kağıdın yüzey özellikleri ve optik özellikleri Kağıdın yüzeyine yapılan baskının verimlilik oranını doğrudan etkiler.

1.2.4. Kağıdın yüzey düzgünlüğü

Kağıdın üretim aşamasında kullanılan hammaddelerin yapısından bağımsız su miktarını azaltmak için presleme kalenderler olarak kağıdın yüzeyini düzleştirme adına

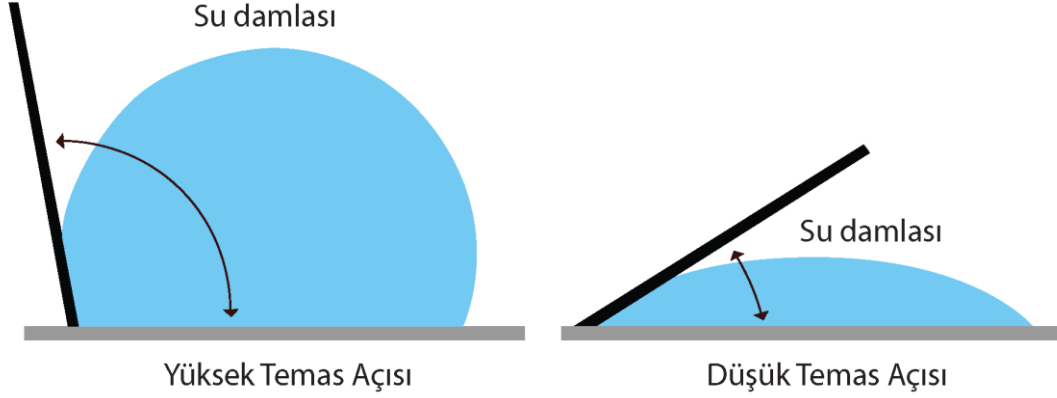
kullanılan yöntemlerdir (Olsson, 2007). Kağıdın yüzey düzgünlüğü ve paralel olarak parlaklık oranının artması da baskı esnasında Kağıdın yüzeyinde mürekkep örtücülüğünün artması anlamına gelmektedir (Tank ve Özden, 1993). Baskı sonrası estetik görünüm sağlamak amacı ile uygulanan yüzey film laminasyon ve varak yaldız işlemlerinde kağıdın yüzey özellikleri tutuculuk bakımından önemlidir.

Kağıdın yüzey pürüzlülüğü üretim sürecinde farklı yöntemlerle ölçülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm standardı TAPPI UM 535 referans alınır. Bu standarda göre en yaygın kullanılan test cihazı PPS (Parker Print-Surf) test cihazıdır (yüzey pürüzlülüğü sitesi). RL-BRAPT-A, Bendtsen yöntemine göre hava geçirgenliği ve yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılır (Wretstam, 2018). Yüzey pürüzlülüğü değeri ml/dak. olarak ölçülür. Günümüzde kağıt yüzeyine uygulanan işlemlerin kağıt yüzeyinde bıraktığı etkiyi yüksek çözünürlükle görmek için SEM (Scanning Electron Microscopy) yöntemi sıkça kullanılmaktadır.

1.2.5. Yüzey gerilimi

Literatürde temas açısı, yüzey enerjisi ve yüzey gerilimi terimleriyle geçmektedir. Bir sıvı damlasının (benzin, su vs.) molekülleri arası kuvvettir. Bir sıvı damlasının belirli bir süre içerisinde yayılma durumunu takip ederek gösterdiği tepkimenin ölçülmesi ve ortalamalarının alınması doğrultusunda yüzey gerilimi tespiti yapılmaktadır (Egry ve ark., 2010).

Yüzey gerilimi ölçümleri düz bir yüz üzerine damlanın bırakılmasıyla ölçülür bu yaygın bir yöntemdir (Bashforth ve Adams, 1883). Kağıdın yüzeyine bırakılan su damlasının kağıt ve su damlası arasındaki ilişkiyi tanımlanması için temas açısı ve kağıdın sıvı emiciliği ölçüsü alınır. TAPPI T 458 kağıt yüzeyi ıslanabilirliği (temas açısı) ve TAPPI 558 (Otomatik Temas Açısı Test Cihazı Kullanarak Kaplamalı Malzemelerin Yüzey Islanabilirliği ve Emiciliği) standartlarına göre ölçümleri yapılır (Lawrence, 2008).



Şekil 1.2. Yüzey gerilimi temas açısı.

1.3. Kağıdın Optik Özellikleri

Kağıdın optik özellikleri parlaklık derecesi, beyazlık oranı ve opaklığını içerir.

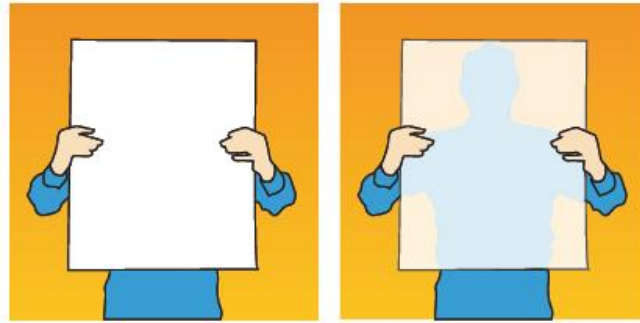
1.3.1. Parlaklık

Kağıdın parlaklığı kağıdın yüzeyinden yansıyan ışık miktarı ile doğru orantılıdır. Kağıdın yüzey düzgünlüğünün yanı sıra kağıdın üretiminde kullanılan kaolin, kalsiyum karbonat, titanyum dioksit gibi dolgu maddeleri Kağıdın parlaklığını arttırmaktadır (Lawrence, 2008). Kağıdın parlaklığını arttırmak için yapılan uygulamalar görüntü kalitesine doğrudan etki etmektedir. Kağıdın parlaklığı arttığında dikkat dağınıklığına sebep olsa da ilgi çekiciliği ve baskı kalitesini arttırmaktadır. Parlaklık, bir ışık kaynağının Kağıdın yüzeyine 75 derece doğrudan yansıyan ışığın yüzdesi olarak ölçülür ve ışığın yayılma yüzdesine göre tespit yapılır (Arvidsson, 2014). Kağıdın pürüzlülüğü (matlığı) veya parlaklığı ışığın yansıma yüzdesinin artmasına veya azalmasına bağlıdır. Pürüzlü yüzeylerde kağıdın yansıma yüzdesi düşüktür. Kağıt endüstrisi parlaklık ölçümü için birden fazla standart mevcuttur. Kaplanmış kağıdın yüzeyine yansıtılan ışık 75°, kağıttan yansıyan 15° olarak belirtilmiştir. Bu yöntem kaplanmış veya kaplanmamış birçok kağıt türü için geçerlidir (Holik, 2006). Kağıt parlaklığı ölçüm standartlarında TAPPI T 480 veya DIN 54502 referans alınır (Lawrence, 2008).

1.3.2. Opaklık

Bir nesnenin ışık geçirmeme durumudur. Kağıt için opaklık kağıdın arkasındaki bir nesneyi veya rengi gizleme yeteneğidir. Siyah bir yüzeye yansıtılan yüzey tarafından

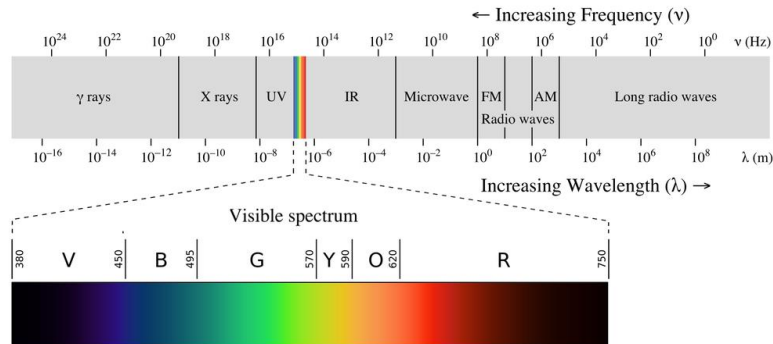
absorbe edilecektir, Beyaz bir yüzeye yansıtılan ışık ise yüzeyden yansiyacaktır. Kağıdın temel bileşeni olan selüloz elyafları birbirine hidrojen bağıyla bağlanırlar, lifler arası boşluklar oluşur ve bu kısımlar yansıtılan ışığın kırılmasına sebep olur. Kağıdın yüzey düzgünlüğü ve mukavemetini arttırıcı maddeler kağıdın opaklığını arttırmaktadır. Kağıt, arkasındaki nesneyi ne kadar az gösteriyorsa opaklığı o kadar yüksek demektir. Opaklığı yüksek olan kağıtlar için yüzeyindeki görsel veya yazıyı daha iyi algılamamıza yardımcı olur. Opak kağıt %100 olduğunda gizleme gücü o kadar iyi olur (Bajpai, 2018). Kağıdın opaklığı TAPPI 519 standartları referans alınır (Lawrence, 2008).



Şekil 1.3. Opak ve opak olmayan kağıt görseli.

1.3.3. Renk

Literatürde rengin birçok tanımı yapılmıştır bunlar sırasıyla “renk, kırmızıyı yeşilden vb. ayıran algının yönüdür”, “renk, beynimiz tarafından çevremizden bize taşınan algının bir parçasıdır”, “beynimiz, gözle beyaz bir ışık dağılımı almadığında rengi algılar” (Nassau, 1997). Renk, tayfın görünür bölgesi olan ve görülebilir alan olarak tabir edilen 380 nm ila 750 nm arasında dalga boylarına sahip ana renklerden oluşur ve göz retinası üzerindeki algının bir sonucudur (Poynton, 1997; Dollion ve ark., 2022).



Şekil 1.4. Görülebilir spektrum (380-750 nm).

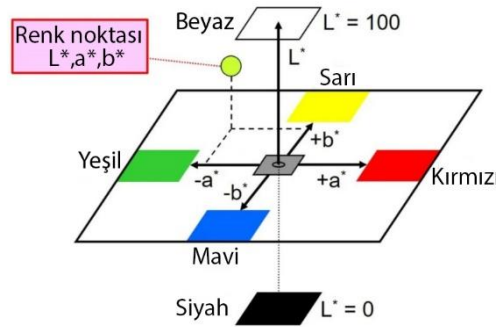
CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) rengin standartları konusunda çalışmalar yapmış ve 1931 yılından günümüze birçok matematiksel modelleme çalışması yapmıştır. Bunların ilki renk evreni kapsamında sırasıyla CIE XYZ (1931), CIE UVW (1964), CIE LUV (1976), CIE LAB (1979), CIE SAM (1976)'dır (Thwaites ve ark., 2018; Al-saleem ve ark., 2020).

Sayısal değerle XYZ VE RGB arasında doğrudan ilişki kurularak ışıksal renkler CIE RGB renk modeli olarak tanımlanmıştır (Hunt, 2005). Baskı renkleri olarak RGB den farklı model olarak CMYK, mürekkepler için uygundur böylece baskı cihazlarında kullanılmaktadır (Yaseen ve ark., 2018).

CIE 1931 yılında yapılan çalışmayla insan gözünün görebileceği görülebilir alan sınırları üzerinde çalışma yapılmış ve renkler sayısal ifadelerle tanımlanmıştır. 1920'li yıllarda yapılan deneylerin sonucu olarak CIE XYZ iki boyutlu evren ortaya çıkmış ve rengin üç temel özelliği üzerinde durulmuştur. Bunlar Hue (rengin adı), Saturation (doygunluk), Lightness (parlaklık) olarak ifade edilmiştir (Tutak, 2014). Richard Hunter tarafından 1940'lı yıllarda modellenmesi yapılan bir çalışmanın günümüzde geliştirilerek son halini alan CIELAB, bir rengin tonunun kromatik eksenleri içindeki pozisyonunu belirlemekte kullanılan bir modeldir (<https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>; Tutak, 2014).

CIE rengi günümüzde bilgisayar ve masaüstü yayıncılıkta CIE $L^*a^*b^*$ renk evreni tercih edilmektedir (Özcan, 2008).

CIELAB renk sisteminde, L^* (Parlaklık) 0-100 arası değer almaktadır. Kromatik ekseninde ise a^* (kırmızı $+a^*$, yeşil $-a^*$), b^* (mavi $+b^*$, sarı $-b^*$) olarak ifade edilmektedir (Green, 1995; Sappi, 2013; Gonnet, 1993).



Şekil 1.5. CIE $L^*a^*b^*$ renk evreni.

CIE ΔE_{00}

CIELab renk hesaplamaları $L^*a^*b^*$ renk evrenini referans almaktadır. L^* rengin açıklığını -a yeşil, +a kırmızı, -b mavi ve +b sarı rengi ifade etmektedir. Değeri alınan ilk rengin $L^*a^*b^*$ değerleri ile ikinci rengin $L^*a^*b^*$ değerleri arasındaki fark ΔE değerini vermektedir (Luo ve ark., 2001; Thwaites ve ark., 2018; Mokrzycki ve Tatol, 2011).

- $0 < \Delta E_{76} < 1$ arasındaki değerler fark edilemez.
- $1 < \Delta E_{76} < 2$ sadece deneyimli bir gözlemci tarafından fark edilir.
- $2 < \Delta E_{76} < 3.5$ fark deneyimsiz bir gözlemci tarafından da fark edilir,
- $3.5 < \Delta E_{76} < 5$ fark açıkça fark edilir,
- $5 < \Delta E_{76}$ - numunelerin iki farklı renk olduğu açıkça görülür.

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

Şekil 1.6. CIE ΔE_{00} formülü

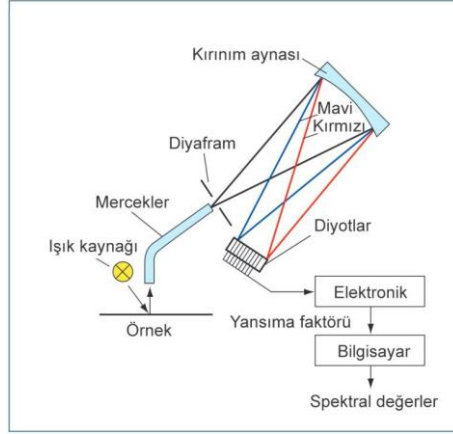
SL; Parlaklık telafisi (SL; Compensation for Lightness)

SC; Kroma telafisi (SC; Compensation for Chroma)

SH; Renk telafisi (SH; Compensation for Hue)

1.3.4. Densite

Film tabaka yüzeyini veya baskı altı malzemesi üzerindeki mürekkep tabakası yoğunluğunu ölçümüdür. Basım sektörü için belirlenmiş ISO 12647 standartlarına göre bu yoğunluk sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Yüzey üzerine yansıtılan ışığın emilme derecesi, yüzeydeki mürekkebin densite miktarını belirlemektedir. Baskı altı malzemesinin beyazlık oranı veya matlık-parlaklık durumu densite standartlarını etkilemektedir (Sharma ve Rani, 2016). Mürekkep tabakasının yoğun olması yüksek absorbanans anlamına gelmektedir. Baskı altı malzemesi üzerindeki mürekkep film tabakası yoğunluğu Spektroforometre ve Densitometre ile ölçülmektedir ([https://www.xrite.com/categories/densitometers.](https://www.xrite.com/categories/densitometers)) Serigrafi baskıda densite için 12647-5 standartları belirlenmiştir.



Şekil 1.7. Spektrofotometre çalışma prensibi.

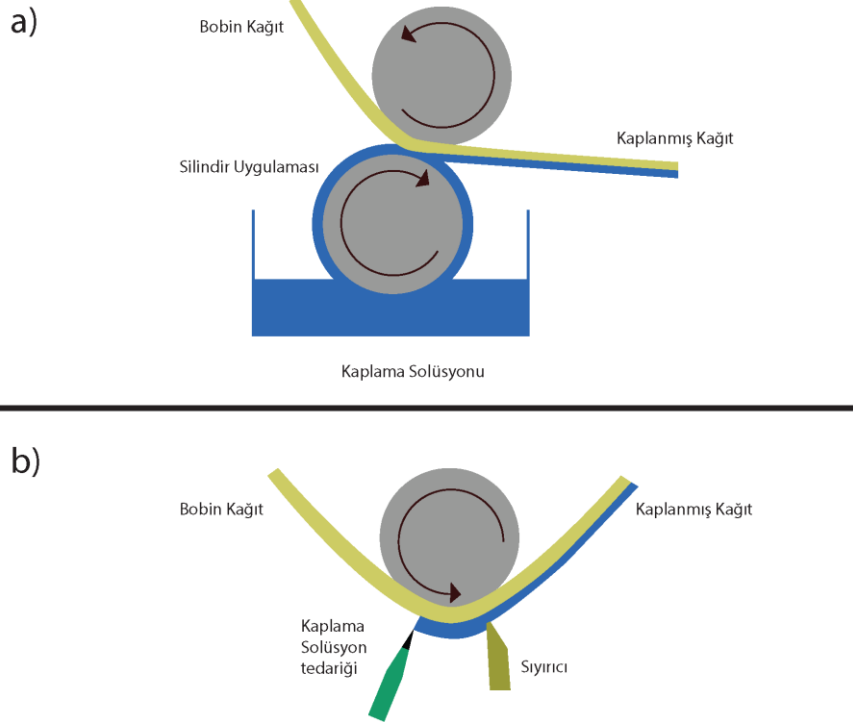
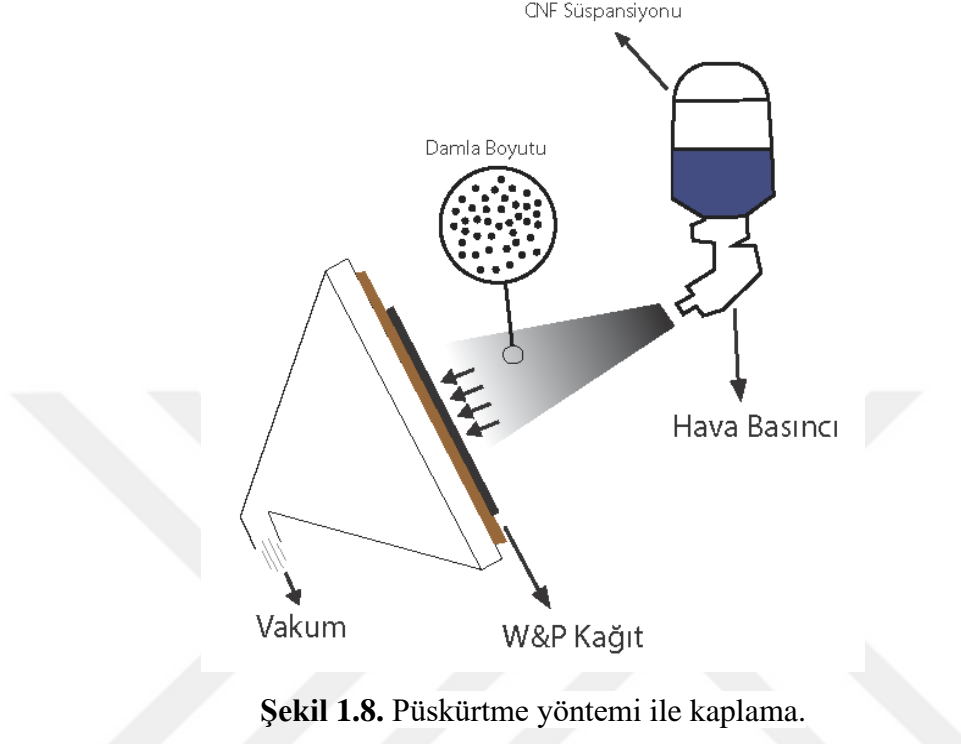
1.4. Kağıt Yüzeyine Uygulanan İşlemler

Kağıt yüzeyine uygulanan işlemler genellikle yüzey düzgünlüğünü arttırmak ve kağıdın optik özelliklerini geliştirmek için uygulanan işlemlerdir. Bu işlemlerin öne çıkanları, kağıt yüzey kaplama işlemleridir.

1.4.1. Kağıt yüzeyi kaplama işlemi

Kağıt, bitkisel liflerden ve yardımcı maddelerden oluşan bir malzemedir. Kaplama işlemi kağıdın yüzeyine mineraller ve yapıştırıcılardan ibaret olan bir sıvının sıvanması ile gerçekleştirilir (Tutuş ve ark., 2017; Sabah ve Erkan, 2004; Yakut, 2012). Bu sıvıların içinde genellikle; polivinil alkol türleri, nişasta türleri, lateks maddeler yer almaktadır (Özcan ve ark., 2018; Kiraz, 2014). Kullanılan bu maddeler sayesinde kağıt üzerindeki mürekkebin kağıdın derinliklerine gitmesi engellenir (Lee, ve ark., 2002). Bu işlemin formülasyonu pigment, bağlayıcı ve bazı katkı malzemeleri ile oluşturulmaktadır. Bu formülasyonun avantajı kağıdın niteliksel özelliklerini arttırıcı oransal katkı maddesi uygulamalara izin vermesidir. Kaplama işlemin kağıt yüzeyinde parlaklığın artması ve mürekkebin emiliminin azalarak basılabilirlik özelliklerini olumlu yönde etkilemesizdir (Özcan ve ark., 2019). Kaplama işleminin faydalarından birisi de geri dönüşüm kağıtları üzerinde iyileştirmeler yapılarak tekrar kullanım kalitesini arttırmaktır. Yapılan araştırmalarda öncelik kağıdın yüzey enerji dengesini ve sıvı kabul oranı üzerine olduğu gözlemlenmektedir. Kağıdın niteliksel özelliklerini farklı mineraller ve bileşiklerle arttırmaya yönelik çalışmalar son yıllarda artan ihtiyaçlarla doğru orantılı bir şekilde devam etmektedir (Li ve ve ark., 2010; Lee ve ark., 2002). Yüzey kaplama yöntemleri,

basınçla sıyırma yöntemi, rakle ile sıyırma ve püskürtme ile kaplama olmak üzere üçe ayrılır (Lavoine, 2014; Mirmehdi, 2018).

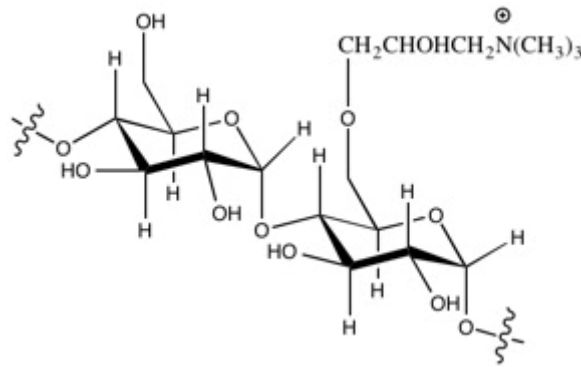


1.4.2. Kağıt yüzey kaplamada kullanılan bağlayıcılar

Kağıdın üretim sürecinde selüloz, dolgu maddeleri ve bağlayıcılar ajanlar kullanılır. Kullanılan bu maddeler kağıdın yüzeyini matlaştırır. Kağıt yüzey kaplama işlemleri kağıdın yüzeyindeki boşlukları doldurarak kağıdın parlaklığını artırır ve basılabilirlik özelliklerini iyileştirir. Kağıt kaplama işlemlerinde kullanılan malzemeler Polivinil alkol (PVA), doğal veya sentetik polimerler ve lateks türevleri, yapışkan ve saydam maddelerdir (Özcan ve Zelzele, 2017). Kağıt kaplama işlemlerinde bağlayıcı maddenin içerisine kağıdın niteliğini arttırmak için nanopartikül boyutlarda veya sıvı halde dolgu maddeleri ilave edilebilir (Samara ve ark., 2020).

1.4.2.1. Katyonik nişasta

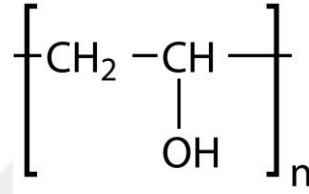
Katyonik nişastalar diğer nişasta gruplarına oranla daha pahalıdır. Kağıt üretiminde viskozite kararlılığı, yapışkanlık saydamlık özelliğinden dolayı kağıt hamuruna dahil edilmesinin yanı sıra yüzey kaplama işlemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Bolat, 2020). Nişastanın katyonik kimyasal ajanla reaksiyonu sonrasında elde edilen modifiye nişastadır. Katyonik nişasta, doğal, yenilebilir ve parçalanabilir özelliğe sahip, polisakkaritler içerisinde kağıt yüzey kaplamalarında verimliliği kanıtlanmış ve kağıt üretim endüstrisi bakımından maliyeti uygun olduğu için en sık kullanılan biyopolimerlerdir. Ayrıca ambalaj sektöründe kullanılan kağıt türlerinin niteliklerini arttırmada kullanılan özellikli nanopartiküllerin kağıt yüzeyindeki verimliliklerinin katyonik nişasta formülasyonu ile daha etkili olduğu belirtilmiştir (Vaezi 2019; Samara ve ark., 2020).



Şekil 1.10. Katyonik nişastanın moleküler yapısı.

1.4.2.2. Polivinil Alkol (PVA)

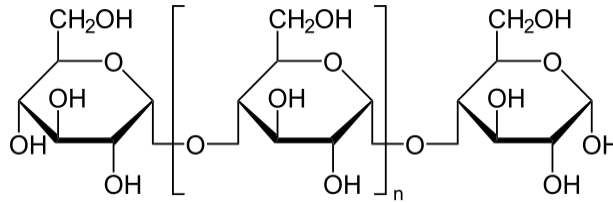
Kağıdın selülozik yapısı nedeniyle kağıt yüzeyindeki boşlukların kapatılması ve kağıtta bariyer özelliği kazandırmasından dolayı kağıt kaplama işlemlerinde sıklıkla kullanılan bağlayıcı sentetik polimerdir (Shen ve ark., 2019). PVA kağıt yüzeyinde bariyer oluşturmanın yanı sıra daha düşük hava geçirgenliği, düşük su buharı iletim hızı ve daha iyi yağ direnci kazandırmaktadır (Schuman, 2004). Suda çözünebilir ve yapışkanlık özelliğine sahip, saydam ve kokusuzdur. PVA zincirleri arası hidrojen bağına sahip olduğu için yarı kristal yapıya sahiptir ve renksiz olduğu için yüksek optik özelliği bulunur (Aslam ve ark., 2018).



Şekil 1.11. Polivinil alkolün moleküler yapısı.

1.4.2.2. Dekstrin

Dekstrin de katyonik nişasta ve Polivinil Alkol gibi yapışkan bir yapıya sahiptir. Nişasta ile aynı kapalı formüle sahip ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), glikoz olmadan önce hidrolizinin bir ara ürünü olan karbonhidrattır ancak molekül olarak nişastadan daha küçüktür. Nişastanın asit kullanılarak 200° sıcaklıkla muamele edilmesi sonucu oluşur (Kennedy, 1989; Santoso, 2004).



Şekil 1.12. Dekstrinin moleküler yapısı.

1.5. Aktif ambalajlar

Aktif ambalaj; Ambalajın içinde bulunan gıda ürünün bozulma süresini kısaltmaya yönelik ambalajın kendisinde veya içinde yapılan modifiye düzenlemelerdir. Bu düzenlemeler çevresel etkiler ve ürünün niteliğine göre farklılık göstermektedir. Örneğin; oksijenle teması sonucunda bozulma süresi hızlanacak ürünler için ambalajın içine ürün

ile oksijen arasında bariyer görevi üstlenecek antioksidan veya oksijen tutucu uygulama alternatifleri kullanılmaktadır (Üçüncü, 2011; Takma ve Nadeem, 2019).

1.5.1. Oksijen tutucular (aktif ambalaj)

Oksijen tutucular gıdaların oksijenden kaynaklı kalite kayıplarını önlemek veya minimuma indirmek adına kullanılan yöntemlerdir. Ürünün ambalajlanması aşamasında oksijene maruz kaldığında olumsuz etkilenecek ürünlerin oksijene maruz kalmaması adına yapılan uygulamalardır. Bu uygulamalar, oksijeni (O₂) bünyesinde tutarak oksijenden kaynaklı kalite kaybının önüne geçilmesi ve ürünün kullanım ömrünün uzatılmasını amaçlamaktadır. Oksijenler kapalı, hava geçirmeyen etiket, film ve şişe kapağı gibi ambalajların içerisinde tutularak, ürünlerin oksijen kaynaklı zararlı etkilere maruz kalmasının önüne geçilmektedir. Örneğin; Askorbik asit, çinko veya demir tozları içeren LLDPE filmlerle çörek ve ekmek dilimlerinin ambalajlanmasında genel raf ömrü uzatma: iki ila beş gün arasında gecikmiş mikrobiyal büyüme, iki ila 5-6 gün arasında uzun süreli gıdada bozulmaya karşı direnç gösterdiği gözlemlenmiştir (Matche ve ark., 2011; Suppakul ve ark., 2003; Kartal, 2010; Ayhan, 2016).

1.5.2. Nem emiciler

Bünyesinde kendiliğinden sıvı bulunan veya nem oranı yüksek ortamlarda bozulma ihtimali olan ürünlerin ambalajın içinde çevresel koşullardan kaynaklı yoğunlaşma etkilerini azaltmak amacı ile kullanılmaktadır. Gıda ürünlerinde nem ve sudan kaynaklı bakteri oluşumunu minimuma indirmek için uygulanan yöntemlere örnek olarak su buharı geçiren filmler, pedler, nem çekici killer gösterilebilir. Zeolit bazlı minarellerin LDPE filmler aracılığıyla kivi ambalajlamada kullanımı, denge atmosferi oluşturarak raf ömrünün 4 °C'de 20 güne kadar uzatılmıştır (Suppakul ve ark., 2003; Aday, 2021).

1.5.3. Antimikrobiyal madde etkili akıllı ambalajlar

Aktif ambalajlamada antimikrobiyal aktivite gösteren maddelerin akıllı ambalajlarda kullanımı son yıllarda ilgi görmektedir. Antimikrobiyal etki gösteren biyomalzemeler, gazlar, polimetrik ve modifiye edilmiş sentetik materyallerin kullanımı aktif ambalajlamada günden güne yer edinmiştir. Ürünün ambalaja temas etmesi, dış etkenlere reaksiyon göstermesini engellemek amacı ile antimikrobiyal özellik gösteren ambalajlara yoğunlaşmıştır (Han, 2003). Susuz asitler, enzimler, bakteriyosinler, organik asitler, parabenler, yağ asitleri, şelat ajanları (EDTA, sitrik asit, malik asit), polipeptit (laktoferrin), kitosan, antibiyotikler, fenolik bileşenler, uçucu yağlar, nitrit, sülfid,

probiyotikler ve polisakkaritler paketleme sistemlerinde çoğunlukla kullanılan antimikrobiyal bileşenlerdendir. Ambalajın geleneksel işlevi, içinde bulunduğu ürünü korumak ve bariyer görevi görmektir, ancak günümüzde artık ürünün istenmeyen mikroorganizmalarında çoğalmasını engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatması amaçlanmaktadır (Mukurumbira ve ark., 2022). Bu doğrultuda yapılan çalışmalar incelendiğinde nanoteknoloji kullanımı yaygındır. Antimikrobiyal etki gösteren maddelerin ve biyopolimer malzemelerin, nanopartekül boyutlarında getirilip kaplama vasıtası ile veya dolgu maddesi olarak ambalajlarda kullanılmaktadır (Quintavalla ve Vicini 2002; Azeredo, 2011). Nanopartikül boyutlu dolgu maddelerinin kullanımı materyalin moleküler hareketlilik, termal, mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirir. Örneğin gümüş nanoparteküller toksik ve birçok mikro organizmaya karşı etkili olduğu bilinmektedir (Azeredo, 2011).

1.5.4. Antimikrobiyal etkili uçucu esanslı yağların kullanımı

Sentetik gıda koruyucuların zararlarının ortaya çıkması neticesinde biyo ürünlerin kullanımı giderek artmaktadır. Antimikrobiyal ve antibakteriyel özelliğe sahip bitkilerin ve baharatların su/buhar destinasyonu yöntemi ile oluşturulur. Tarçın, Biberiye yağı, vanilin, kekik yağı, fesleğen yaprağı gibi çeşitli bitki ve baharatlardan oluşturulan uçucu yağların, *E. coli*, *salmonella*, *L. monocytogenes*, ve *S. aureus* gibi bakteriler üzerinde etkili olduğu ve ayrıca mantar oluşumunu engellediği tespit edilmiştir. Aktif ambalaj üretiminde uçucu yağların doğrudan polimere ilave edilerek kullanımı yaygındır.

Tablo 1.2. Antimikrobiyal özellikli uçucu yağların oluşturulduğu bazı bitkiler.

Aktif uçucu yağlar	Paketleme uygulaması	Test edilen mikroorganizmalar	Kaynaklar
Tarçın esansiyel yağı, sinnamaldehit	Çok katmanlı aktif malzeme, çeşitli polimerler	E. coli O157:H7, S. cerevisiae	Gherardi ve diğerleri (2016)
Vanillin	Deniz yıldızı jelatin filmleri	L. monocytogenes	Lee ve diğerleri (2016)
Biberiye Yağı	Kağıt yüzey kaplamaları	E. coli	Kandirmaz (2021)
Bergamotu, Biberiye Yağı	PLA matrisi	E. coli, B. subtilis	Qin ve diğerleri (2017)
Lipozomal Sarımsak	Kitosan matrisi	S. aureus	Kamkar ve diğerleri (2021)
Karvakol, sitral, a-terpineol	(PBAT/PLA) filmleri	Psikotropik bakteriler	Laorenza & Harnkarnsujarit (2021).
Üzüm çekirdeği özü ve Origanum vulgare	Kitosan matrisi	Enterobacteriaceae, Pseudomonas spp.	Mojaddar ve diğerleri (2021).

1.6. Alev Geciktirici ve Yanma Direnci Gösteren Maddeler

Sanayileşme sürecinde insan ve toplum sağlığını olumsuz etkilemeyecek toksik olmayan organik ve inorganik bileşiklerin kullanımı oldukça yaygındır (Mureinik, 1998; Kaya ve Oz, 1999). Endüstride kullanılan maddelerden istenilen özelliklerden biri de alevlere karşı göstereceği yanma direncidir. Bu bağlamda kağıt, PVC ve tekstil ürünleri, alev ile doğrudan temas ettiklerinde çabuk tutuşma eğilimindedirler. Bu doğrultuda maddelerin işlevselliklerini bozmadan, insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek alev geciktirici özellikleri bulunan minerallerden faydalanılmaktadır. Bu minerallerin kullanımında ürünlere düşük tutuşma özelliği ve duman bastırma özelliği kazandırılması amaçlanmaktadır. Geleneksel alev geciktiriciler olarak bor, magnezyum hidroksit, klor, azot ve brom bileşikleri kullanılmaktadır (Ayar, 2007).

1.6.1. Limit Oksijen İndeksi (LOI)

Malzemeler, tutuşma ve yanma eylemlerini sürdürebilmeleri için muhakkak oksijene ihtiyaç duyarlar ve buna limit oksijen indeksi denir. Alev geciktiricilerin kızdırma kayıpları LOI ile belirlenmektedir. Limit oksijen indeksi malzemenin ihtiyaç duyduğu oksijenin yüzdesi olarak belirlenir. Her malzeme için limit oksijen indeksi yüzde olarak farklılık göstermektedir. Örneğin pamuk için LOI değeri %18, yün %25.2, polyester %20.6 olarak sıralanabilir (Kaya ve Öz, 1999).



Şekil 1.13. Limit oksijen indeksi ölçüm cihazı.

1.6.2. Borlu alev geciktiriciler

Dünya bor rezervlerinin %72'si Türkiye'de yer almaktadır. Tekstil, cam, nükleer, savunma ve cam sanayisinde borun kullanımı oldukça yaygındır. Bor doğal bir mineral olduğundan çevre dostudur ve toksik gaz salınımını engellerler. Borlu alev geciktiriciler polimer yüzeyinde camsı bir bariyer oluşturarak polimerin oksijenle temasını keser ve polimerin kolay tutuşmasını engellerler.

1.6.3. Borat bileşikleri

Alev geciktirici olarak borat bileşikleri, polyester ve naylonlarda, boyalarda, tekstil ve kağıt endüstrisinde, elektrik elektronik malzemelerde kullanılmaktadır. Diğer alev geciktiricilere oranla daha etkili duman bastırıcı ve ucuz olması sebebiyle çokça tercih edilmektedir. Çinko boratın hidroksit ve magnezyum hidroksit ile kullanımı ve diğer alev geciktiricilerle kombine olarak kullanılması çinko borat talebinin artmasına neden olmuştur. Çinko boratın önemli özelliklerinden biri de etkili duman bastırma yeteneği ve kömürleşmeyi hızlandırmasıdır. Çinko borat genellikle plastikte alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (Tektaş, 2003). Çinko boratın dışında Kalsiyum borat, bor oksit, borik asit, melamin borat, amonyum borat, magnezyum borat çeşitli boya, plastik, kumaş, tropikal odun ve elektrik elektronik malzemelerde kablo üretimi gibi alanlarda kullanılmış ve yanmayı geciktirici etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Aydın ve ark., 2016).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Kimyasal materyaller

Biberiye yağı; Yerel bir marketten alınmıştır. Saflık derecesi %98, 20 ml.

Kitosan; A.Y. YILDIZ KİMYEVİ MAD. LAB. VE MED.TAAH.SAN.DIŞ TİC. LTD. ŞTİ'den temin edilmiştir.

Dekstrin; BASF'ten temin edilmiştir.

Katyonic nişasta; BASF'ten temin edilmiştir.

Tablo 2.1. Katyonic nişastanın teknik özellikleri.

Katyonic Nişasta (g)	Standart
Renk	Beyaz
İncelik	%98
pH	6.0–8.0
Max. nem %	20
Şekil	Pudra
Saf olmama	%0.10
Protein	≤ 0.35 %

2.2. Karakterizasyon İşleminde Kullanılan Cihazlar

Glossmetre: Kağıt, cam, boya, plastik, seramik, metal malzemelerin parlaklık ölçümlerinde kullanılır. 20°/60°/75° açılarda parlaklık ölçümü yapabilmektedir. Baz kağıt ve kaplanmış kağıt örneklerin parlaklık değerleri ölçümünde kullanılmıştır.

Spektrofotometre: Dalga boyları ve spektrumları kullanarak renk ölçümlemesi yapmaktadır. Bu çalışmada renk ölçümü için X-Rite eXact Spektrofotometre kullanılmıştır. Ölçüm koşulları 2° gözlemci açısı D50 ışık kaynağıdır.

Serigrafi baskı makinesi: her çeşit yüzeye baskı yapma imkânı sağlayan baskı sisteminde kullanılan baskı makinesidir.

Hassas terazi: Laboratuvar ve endüstriyel alanlarda küçük birimlerde hassas ölçümler yapabilen cihazdır.

Laboratuvar tipi bir kağıt kaplama cihazı: Kağıt yüzey kaplama işlemlerinde kullanılan cihazdır.

Laboratuvar tipi ısıtıcı: laboratuvar ortamında katı ve sıvıları istenilen sıcaklıkta sabit ısıtılması için kullanılan cihazdır.

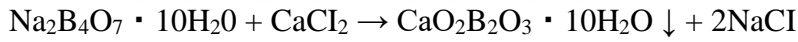
Limit oksijen indeksi test cihazı: Limit Oksijen İndeksi Test Cihazı belirli deney şartlarında dik konumdaki deney numunelerinin yanmalarının devamı için azot- oksijen karışımlarında bulunması gerekli en küçük oksijen konsantrasyonunun tayininde kullanılır.

Disk Difüzyon Yöntemi: CLSI (ClinicalandLaboratoryStandardsInstitute)'nin bakterilerin antibiyotiklere duyarlılıklarını test etmek amacıyla önerdiği standart disk difüzyon metodu analiz numuneleri için uyarlanmaktadır.

Pocket Goniometer PGX+ 68-76 TMI: Test sıvısının kağıt yüzeyindeki açısını ve gerilimini ölçen cihazdır.

2.3. Kağıt Kaplama İşleminde Kullanılacak Baryum Borat Sentezi

Aglomerasyonu önlemek için kapaklama maddesi olarak kullanılan beş g polivinilpirolidon, 500 mL çift damıtılmış su içinde çözülmüştür. Karıştırma işleminden sonra 250 ml distile suda eritilmiş 1.5 mol baryum klorür ve 1.5 mol boraks 50 °C'de damla damla ilave edilmiştir. Karışım iki saat karıştırılmıştır. Çöktürmeleri solüsyondan ayırmak için karışım reaksiyon süresinin sonunda süzölmüş ve gece boyunca 50°C'de vakumlu bir fırında kurutulmuştur (Meier ve ark., 2020).



Şekil 2.1. Baryum borat çözeltisi.



Şekil 2.2. Baryum borat çözeltisi.

2.4. Bağlayıcı Katyonik nişasta ve dekstrin çözeltilerinin hazırlanması

Deneysel çalışmanın ilk aşamasında kullanılmak üzere katyonik nişasta kaplamaya uygun çözelti haline getirilmiştir.

Oksitlenmiş nişastalar kağıt içeriğine nüfuz etme eğilimindedirler ve ayrıca kağıdın yüzeyindeki boşlukları doldurur ve kağıdın opaklığını azaltır. Katyonik nişastalar oksitlenmiş nişastalara göre yüzeyde tutunma, lif üzerine adsorpsiyon oranı, küçük taneciklerin daha iyi tutunması gibi detaylarda daha iyi etki gösterdiğinden kağıt yüzey kaplama işlemlerinde sıkça tercih edilen bir ajandır (Lee ve ark., 2002).

Kaplama işleminde yukarıda özellikleri belirtilen 80 g/m² ofis kağıdı kullanılmıştır, %7.5'lük katyonik nişasta-saf su çözeltisi 105 °C'ye kadar ısıtılmış ve bir süre mekanik karıştırıcı ile 500 rpm'de karıştırılmıştır. Elde edilen sıcak karışım 60 °C'ye kadar soğutuldu ve Mayer rod 2 mil kullanılarak laboratuvar tipi bir kağıt kaplama cihazı ile kağıt yüzeyine uygulanmıştır (Zakaria ve ark., 2015). Benzer işlemler dekstrin çözeltisi hazırlamak için de uygulanmıştır. Daha sonra bu çalışmanın diğer aşamaları olan kağıt yüzey kaplama işlemi için kontrol grubu ve üç farklı formülasyon seti hazırlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.5. Antimikrobiyal ve Düşük Tutuşma Özellikli Kağıt Kaplama Formülasyonlarının Hazırlanması

İki bağlayıcı değişkeni katyonik nişasta ve dekstrin ile birlikte kullanılan baryum borat, kitosan ve biberiye katkı maddeleri farklı oranlarda karıştırılarak 40 farklı kağıt kaplama formülasyonları hazırlanmıştır. Bu formülasyonların karışım değişken ve yüzdeleri Tablo 2.2 de verilmiştir.

Tablo 2.2. Bağlayıcı ve katkı maddelerinin yüzdeleri

Bağlayıcılar	Dolgu malzemeleri ve karışım yüzdeleri (%)				
	Biberiye yağı (%)	Baryum borat (%)	Kitosan (%)	Baryum borat-biberiye yağı (%) (Eşit oran)	Baryum borat-Kitosan (%) (Eşit oran)
Baz kağıt	-	-	-	-	-
Katyonik nişasta	1	1	1	2	2
	2.5	2.5	2.5	5	5
	5	5	5	10	10
	10	10	10	20	20
Dekstrin nişasta	1	1	1	2	2
	2.5	2.5	2.5	5	5
	5	5	5	10	10
	10	10	10	20	20

Kağıt kaplama işleminde kaplama ajanı olarak aynı oranda katyonik nişasta ve dekstrin kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda her bir dolgu maddesi ayrı ayrı bağlayıcıların içerisine %1, %2.5, %5, ve %10 olacak şekilde ilave edilmiştir. Bağlayıcılara eklenen katkı maddelerinden baryum boratın diğer katkı maddesi biberiye yağı ve kitosan arasındaki düşük tutuşma ve antimikrobiyal sinerjiyi belirlemek için aynı yüzdelerde bağlayıcıların içerisine eklenmiş ve homojenizatör ile karıştırılmıştır. Kitosan katkılı formülasyonlarda kitosanın çözelti içerisinde daha kolay çözünebilmesi için 1/20 oranında her kitosan formülasyon çözeltisine 1 ml. asetik asit ilave edilmiştir. Hazırlanmış olan formülasyonların harfsel ifadeleri Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Formülasyonların harflesel ifadeleri.

Bağlayıcılar	Dolgu malzemeleri	Dolgu malzemeleri ve karışımların harflesel ifadeler
Katyonik nişasta (K)	Baryum borat (BB) Biberiye yağı (BY)	Baryum borat (KBB), Biberiye yağı (KBY), Baryum borat ve Biberiye yağı (KBBBY)
	Kitosan (K) Baryum borat (BB)	Kitosan (KK), Baryum borat (KBB), Kitosan ve Baryum borat (KKBB)
Dekstrin (D)	Baryum borat (BB) Biberiye yağı (BY)	Baryum borat (DBB), Biberiye yağı (DBY), Baryum borat ve Biberiye yağı (DBBBY)
	Kitosan (K) Baryum borat (BB)	Kitosan (DK), Baryum borat (DBB), Kitosan ve Baryum borat (DKBB)

Tablo 2.4. Harflesel ifadelerdeki yüzde (%) ifadelerinin gösterimi

Yüzde numarası	Yüzdeler (%)
1	1%
2	2.5%
3	5%
4	10%



Şekil 2.3. Harflesel ifadelerin gösterimi

2.5.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu malzemeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması

Kağıt kaplamalarda kullanılan katkı maddeleri biberiye yağı ve baryum boratın kağıt kağıt yüzeyi üzerindeki düşük tutuşmaya ve antimikrobiyal aktiviteye etkisini beliklermek için karyonik nişasta çözeltisinin içerisine katkı maddelerinin farklı yüzdelerde eklenmesiyle üç farklı formülasyon seti oluşturulmuştur.

2.5.1.1. Birinci formülasyon seti; Katyonik nişasta, biberiye yağı

Birinci formülasyon setinde, biberiye yağı sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.5. Katyonik nişasta, biberiye yağı kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
Birinci Formülasyon Seti	KBY1	99	1	0
	KBY2	97.5	2.5	0
	KBY3	95	5	0
	KBY4	90	10	0

2.5.1.2. İkinci formülasyon seti; Katyonik nişasta, baryum borat

Birinci formülasyon setinde, baryum borat sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.6. Katyonik nişasta, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	99	0	1
	KBB2	97.5	0	2.5
	KBB3	95	0	5
	KBB4	90	0	10

2.5.1.3. Üçüncü formülasyon seti; Katyonik nişasta, biberiye yağı, baryum borat, Üçüncü formülasyon setinde ise baryum borat ve biberiye yağı eşit oranlarda %1, %2.5, %5 ve %10 katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.7. Katyonik nişasta, biberiye yağı ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
Üçüncü Formülasyon Seti	KBYBB1	98	1	1
	KBYBB2	95	2.5	2.5
	KBYBB3	90	5	5
	KBYBB4	80	10	10

Kağıt kaplama formülasyonları, laboratuvar tipi bir kağıt kaplama makinesinde Mayer rod 2 mil çubuk kullanılarak laboratuvar koşullarında kağıt yüzeyine uygulanmıştır. Numuneler 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numunelerin yüzeyinde bir dizi test uygulanmıştır. Bu testler yüzey enerjisi, temas açısı, renk ve parlaklık 75° olarak sıralanmıştır.

2.5.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu malzemeleri kitosan, baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması

2.5.2.1. Birinci formülasyon seti; Katyonik nişasta, kitosan

Birinci formülasyon setinde, kitosan sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.8. Katyonik nişasta, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
Birinci Formülasyon Seti	KK1	99	1	0
	KK2	97.5	2.5	0
	KK3	95	5	0
	KK4	90	10	0

2.5.2.2. İkinci formülasyon seti; Katyonik nişasta, baryum borat

Birinci formülasyon setinde, baryum borat sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.9. Katyonik nişasta, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	99	0	1
	KBB2	97.5	0	2.5
	KBB3	95	0	5
	KBB4	90	0	10

2.5.2.3. Üçüncü formülasyon seti; Katyonik nişasta, baryum borat, kitosan

Üçüncü formülasyon setinde ise baryum borat ve kitosan eşit oranlarda %1, %2.5, %5 ve %10 katyonik nişasta çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.10. Katyonik nişasta, baryum borat ve kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Katyonik Nişasta (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	K	100	0	0
Üçüncü Formülasyon Seti	KKBB1	98	1	1
	KKBB2	95	2.5	2.5
	KKBB3	90	5	5
	KKBB4	80	10	10

Kağıt kaplama formülasyonları, laboratuvar tipi bir kağıt kaplama makinesinde Mayer rod 2 mil çubuk kullanılarak laboratuvar koşullarında kağıt yüzeyine uygulanmıştır. Numuneler 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numunelerin yüzeyinde bir dizi test uygulanmıştır. Bu testler yüzey enerjisi, temas açısı, renk ve parlaklık 75° olarak sıralanmıştır.

2.5.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu malzemeleri biberiye yağı, Baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması

Kağıt kaplamalarda kullanılan katkı maddeleri biberiye yağı ve baryum boratın kağıt kağıt yüzeyi üzerindeki düşük tutuşmaya ve antimikrobiyal aktiviteye etkisini beliklermek için dekstrin çözeltisinin içerisine katkı maddelerinin farklı yüzdelerde eklenmesiyle üç farklı formülasyon seti oluşturulmuştur.

2.5.3.1. Birinci formülasyon seti; Dekstrin, biberiye yağı

Birinci formülasyon setinde, biberiye yağı sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında dekstrin çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.11. Dekstrin, biberiye yağı kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
Birinci Formülasyon Seti	DBY1	99	1	0
	DBY2	97.5	2.5	0
	DBY3	95	5	0
	DBY4	90	10	0

2.5.3.2. İkinci formülasyon seti; Dekstrin, baryum borat

İkinci formülasyon setinde, Baryum borat sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında dekstrin çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.12. Dekstrin, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	99	0	1
	DBB2	97.5	0	2.5
	DBB3	95	0	5
	DBB4	90	0	10

2.5.3.3. Üçüncü formülasyon seti; Dekstrin, biberiye yağı, baryum borat

Üçüncü formülasyon setinde ise baryum borat ve kitosan eşit oranlarda %1, %2.5, %5 ve %10 dekstrin çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.13. Dekstrin, biberiye yağı ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Biberiye Yağı (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
Üçüncü Formülasyon Seti	DBYBB1	98	1	1
	DBYBB2	95	2.5	2.5
	DBYBB3	90	5	5
	DBYBB4	80	10	10

Kağıt kaplama formülasyonları, laboratuvar tipi bir kağıt kaplama makinesinde Mayer rod 2 mil çubuk kullanılarak laboratuvar koşullarında kağıt yüzeyine uygulanmıştır. Numuneler 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numunelerin yüzeyinde bir dizi test uygulanmıştır. Bu testler yüzey enerjisi, temas açısı, renk ve parlaklık 75° olarak sıralanmıştır.

2.5.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu malzemeleri kitosan, Baryum borat olan formülasyon setlerinin oluşturulması

2.5.4.1. Birinci formülasyon seti; dekstrin, kitosan

Birinci formülasyon setinde, kitosan sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında dekstrin çözeltisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.14. Dekstrin, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
Birinci Formülasyon Seti	DK1	99	1	0
	DK2	97.5	2.5	0
	DK3	95	5	0
	DK4	90	10	0

2.5.4.2. İkinci formülasyon seti; Dekstrin, Baryum borat

İkinci formülasyon setinde, baryum borat sırsıyla %1, %2.5, %5 ve %10 oranında dekstrin çözeltilisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.15. Dekstrin, Baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	99	0	1
	DBB2	97.5	0	2.5
	DBB3	95	0	5
	DBB4	90	0	10

2.5.4.3. Üçüncü formülasyon seti; Dekstrin, kitosan, baryum borat

Üçüncü formülasyon setinde ise baryum borat ve kitosan eşit oranlarda %1, %2.5, %5 ve %10 deksrtin çözeltilisine eklenmiştir. Oluşturulan formülasyonlar homojenizatör ile yaklaşık 10 dakika 25.000 rpm'lik bir beher içinde hazırlanmıştır.

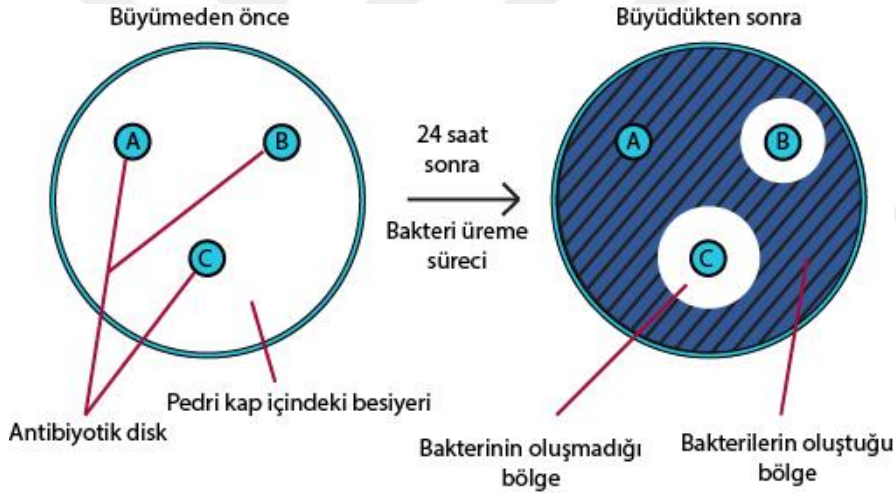
Tablo 2.16. Dekstrin, Kitosan ve baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının karışım oranları.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	Dekstrin (%)	Kitosan (%)	Baryum Borat (%)
Kontrol Grubu	D	100	0	0
Üçüncü Formülasyon Seti	DKBB1	98	1	1
	DKBB2	95	2.5	2.5
	DKBB3	90	5	5
	DKBB4	80	10	10

Kağıt kaplama formülasyonları, laboratuvar tipi bir kağıt kaplama makinesinde Mayer rod 2 mil çubuk kullanılarak laboratuvar koşullarında kağıt yüzeyine uygulanmıştır. Numuneler 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numunelerin yüzeyinde bir dizi test uygulanmıştır. Bu testler yüzey enerjisi, temas açısı, renk ve parlaklık 75° olarak sıralanmıştır.

2.5. Kaplaması Yapılmış Numunelerin Antimikrobiyal Testlerin Yapılması

Baryum borat, kitosan, biberiye yağı ile kaplanmış kağıdın *E. coli g⁻* ve *S. aureus g⁺* antimikrobiyal aktivitesi, inhibisyon bölgesi (disk difüzyon) yöntemi kullanılarak tanımlanmıştır. Her bakteri kültürü, 24 saat boyunca 37 °C'de Tryptic Soy Broth (TSB) içinde aşılama yoluyla aktive edildi. Mueller-Hinton (MH) petri plakalarının üzerine inokulum (0.1 mL) yayılmış, ardından kaplanmış kağıtlardan kesilen 4 mm genişliğindeki numuneler petri plakalarına yerleştirilmiştir. Petri plakalarını ve kontrol örneklerini içeren disk filmi 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon işleminin ardından petri plakaları bakteri üremesi açısından incelenmiş ve disk filmlerinin etrafındaki inhibisyon bölgeleri kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmiştir. İnhibisyon zon çapına göre nicel değerlendirme yapılmıştır. Disk filmlerinin etrafındaki bölgeler, bakteri üremesinin inhibisyonunun göstergesi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2.4. Disk Difüzyon Yöntemi

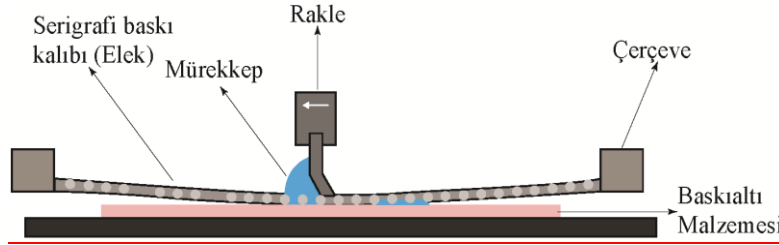
2.6. Kaplaması Yapılmış Numunelerin Limit Oksijen İndeksi (LOI) Testlerin Yapılması

Her malzemenin yanmayı devam ettirebilmesi için oksijene ihtiyacı vardır. Bu oksijen ihtiyacı yüzde değeri ile ölçülür. Bu ölçümler için LOI testi yapılır. Formülasyon gruplarının oluşturduğu numune kağıtların ihtiyaç duydukları oksijen miktarını belirlemek için LOI testi uygulanmıştır. Kaplanmamış ve kaplanmış numune kağıtların yanıcılık özellikleri UL-94 VTM standardına göre LOI ölçümleri ile belirlenmiştir.

Kaplanmış kağıtların LOI değerleri, bir FTT (Fire Testing Technology) tipi alet kullanılarak ölçülmüştür.

2.7. Kağıt Kaplamalara Serigrafi Test Baskı Uygulaması

Test baskılarının yapılabilmesi için öncelikle Serigrafi baskı kalıbı hazırlama işlemi yapılmıştır. Baskı kalıbının 77 Tpc dokuma sıklığında eleğin yüzeyine ışığa duyarlı emülsiyon sıvanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan kalıp yüzeyine 3x10 cm çalışma alanı oluşturacak şekilde pozlama yapılmıştır. Kalıpta poz görmeyen bölge tazyikli su ile boşaltılmıştır. Böyle işimizin kalıbı hazırlanmıştır. Numune baskıları magenta su bazlı serigrafi baskı mürekkebi kullanılmıştır. Basılı mürekkep numunelerinin renk verileri 1.40 densite değerinde ölçümleri alınmıştır. Baskı 75° rakle açısıyla, 75 Shore sertliğine sahip rakle yardımıyla yarı otomatik serigrafi baskı makinası kullanılarak baskılar gerçekleştirilmiştir. Baskısı yapılan numune kağıtlar kurduktan sonra BYK Gardner cihazı yardımıyla Tappi T480 om-15 standardı kullanılarak parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Baskılı numunelerin renk ölçümleri X-Rite eXact Sprktrometre cihazı ile 2° gözlemci açısı, D50 ışık kaynağı ve polizarizasyon filtresi kapalı ölçüm koşullarında gerçekleştirilmiştir. Numunelerin renk farklılıkları CIE ΔE 2000, ISO 13655 standardına göre hesaplanmıştır.



Şekil 2.5. Serigrafi baskı anatomisi (Er, 2021).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bağlayıcısı Katyonik Nişasta olan Baryum Borat, Biberiye Yağı ile Kaplanmış Kağıtların Optik Özelliklerinin Belirlenmesi

Formülasyonda bağlayıcı ajan olarak kullanılan katyonik nişasta kaplı kontrol grubu oluşturulmuştur.

Tablo 3.1. Katyonik nişasta ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.

		L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	8
	Katyonik nişasta (K)	93.49	3.02	-10.27	0.813	16

Kaplama işleminde kullanılan bağlayıcı katyonik nişastanın kağıdın rengi üzerinde kayda değer etkisi olmamıştır. Kaplanmış kağıdın parlaklığı baz kağıda oranla artmıştır. Bu da kaplanmış kağıtların yüzey pürüzlülüğü giderildiği için ışığı daha fazla yansıtmaktadır.

3.1.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri

Tablo 3.2. Katyonik nişasta ile hazırlanmış formülasyonların $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} , parlaklık değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	5.2
	K	93.49	3.02	-10.27	0.813	16
Birinci Formülasyon Seti	KBY1	93.11	2.62	-10.16	0.963	11.6
	KBY2	92.82	2.72	-10.45	0.964	9
	KBY3	92.56	2.95	-11.16	1.324	10.1
	KBY4	91.44	3.26	-12.2	2.046	11.5
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	93.39	2.13	-9.85	1.371	13.2
	KBB2	93.49	2.12	-10.03	1.516	15
	KBB3	93.32	2.46	-10.27	1.199	11.2
	KBB4	93.21	2.11	-9.88	1.422	14.3
Üçüncü Formülasyon Seti	KBYBB1	93.47	2.07	-10.36	1.706	12.6
	KBYBB2	93.13	2.12	-10.23	1.538	17.8
	KBYBB3	92.97	2.29	-10.15	1.292	10.8
	KBYBB4	93.48	2.1	-10.48	1.744	19

Katyonik nişasta ile hazırlanmış kaplamalar için $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} ve parlaklık değerleri Tablo 3.2.'de verilmiştir. Tablo 3.2. incelendiğinde biberiye yağı içeren kaplamalar hafif

maviye kaymıştır (Kandırmaz, 2021). Sadece baryum borat içeren kaplamalar a* eksenini yeşile doğru kaydırmıştır. Biberiye yağı içeren karışımlarda biberiye yağı oranı arttıkça b* eksenini kademeli olarak maviye doğru kaymıştır. Baryum borat ve biberiye yağı karışımlarında karışımların oranları arttıkça kağıdın rengi yeşile doğru kaymıştır. Bu biberiye yağının doğal renginden kaynaklanmaktadır. Kaplamaların ΔE_{00} değerleri üçün altında olduğu için çıplak gözle ayırt edilmesi zordur (Mokrzycki ve Tatol, 2011). Parlaklık değerleri incelendiğinde parlaklık en az iki kat arttığı görülmektedir. Bu da kaplanmış kağıtların yüzey pürüzlülüğü giderildiği için ışığı daha fazla yansıtılmaktadır.

3.1.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri

Kaplanmış numunelere serigrafi baskı tekniği ile baskılar yapılmış, baskı renk değerleri ve parlaklık değerleri ölçülmüştür.

Tablo 3.3. Katyonik nişasta ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri

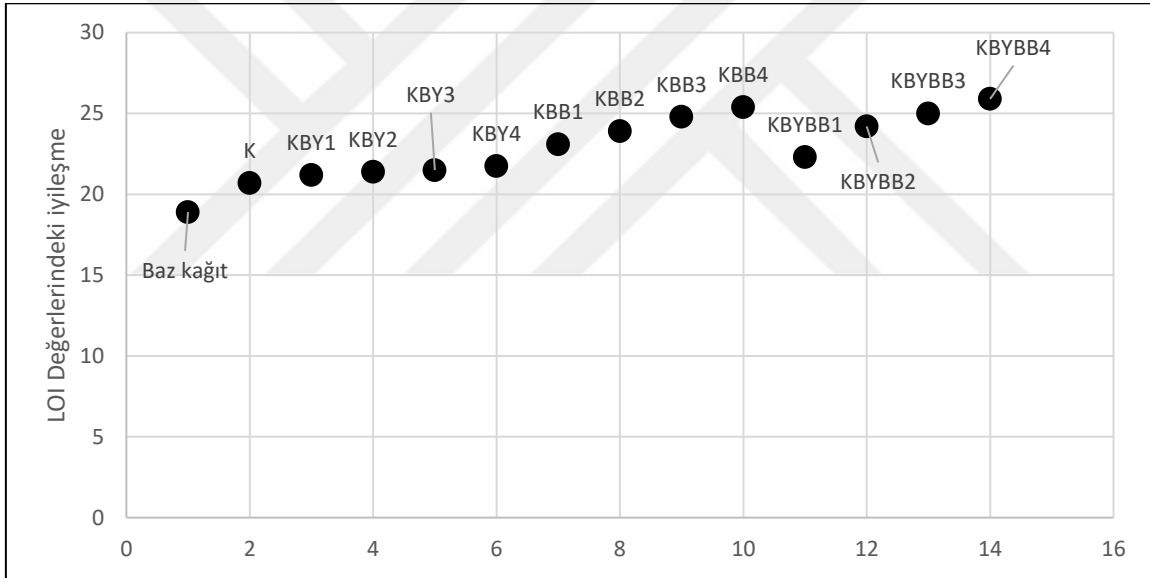
Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L*	a*	b*	ΔE_{00}	Parlaklık (60°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	49.2	71.1	41.7	Standart	3.7
	K	49.77	71.09	42.6	0.78	8.2
Birinci Formülasyon Seti	KBY1	51.19	73.48	37.28	2.75	12.5
	KBY2	50.98	72.74	37.44	2	10.1
	KBY3	51.68	74.42	29.18	7	14.1
	KBY4	52.44	75.51	30.24	5	13.5
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	51.64	74.68	37.81	5.5	10.9
	KBB2	52.95	76.65	23.8	9.4	19.9
	KBB3	52.37	75.47	24.98	7.8	11.2
	KBB4	51.58	74.49	30.31	4.98	11.9
Üçüncü Formülasyon Seti	KBYBB1	52.4	75.33	30.18	5.9	13.3
	KBYBB2	51.31	74.2	36.73	3.2	16.6
	KBYBB3	53.32	76.13	25.81	8.9	15.9
	KBYBB4	52.88	76.45	24.45	8.21	12.6

Farklı formülasyonlarla kaplanma işlemi yapılmış kağıtlara serigrafi baskı tekniği ile test baskıları yapılmıştır. Basılı kağıtların ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri Tablo 3.3.'te verilmiştir. Biberiye yağı içeren formülasyonlarda kağıdın rengi hafif sarıya kaymıştır. Bunun nedeni ise yağın kendi rengidir. Elde edilen bulgular literatürle uyumludur (Kandırmaz, 2021). Baryum borat a* değeri karışımlarda ise belirgin renksel farklılık olmamıştır. Baryum borat içeren kağıtların baskılarında L* açıklık değeri hafif

yükselmiştir. Tablo 3.3.'teki parlaklık değerleri incelendiğinde kaplamalardaki paralel sonuçlar elde edilmiştir. Tüm baskıların parlaklığı azalmıştır. Bunun nedeni, mürekkebin içindeki pigmentin ışığı bir miktar dağıtmasıdır. Böylece baskı yapılmış bölgenin pürüzlülüğü artmış, ışığın yansıması azalmıştır (Ural ve Kandırmaz, 2018).

3.1.3. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi

Her malzemenin yanmayı devam ettirebilmesi için oksijene ihtiyacı vardır. Bu oksijen ihtiyacı yüzde değeri ile ölçülür. Bu ölçümler için LOI testi yapılır. Katyonik nişasta formülasyonunun kullanıldığı kağıtların ihtiyaç duydukları oksijen miktarını belirlemek için LOI testi uygulanmıştır.

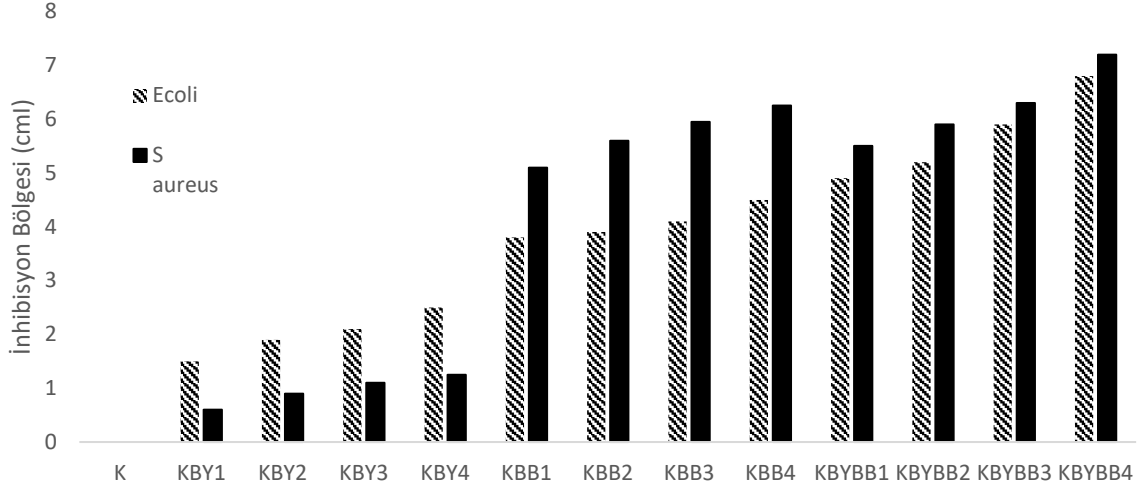


Şekil 3.1. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerinin LOI değerleri.

Şekil 3.1'deki LOI değerleri incelendiğinde, baz kağıda oranla tüm kaplamaların daha geç tutuştuğu görülmektedir. Bu da baz kağıt ile alev arasında bir bariyer görevi üstlenmesinden kaynaklanmaktadır. Sadece biberiye yağının kullanıldığı birinci formülasyon setinde, biberiye yağının miktarı arttıkça tutuşmayı geciktirecek kayda değer bir etkisi olmadığı görülmektedir. Alev geciktirici özelliği bulunan baryum boratın karışımdaki oranı arttıkça tutuşmanın kademeli olarak geciktiği gözlemlenmektedir. Elde edilen veriler literatürle uyumludur (Kilinc ve ark., 2015; Cölük ve ark., 2022).

3.1.4. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kağıt kaplamaların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi

Kağıt numunelere antimikrobiyal özelliklerini belirlemek için antimikrobiyal testler yapılmıştır.

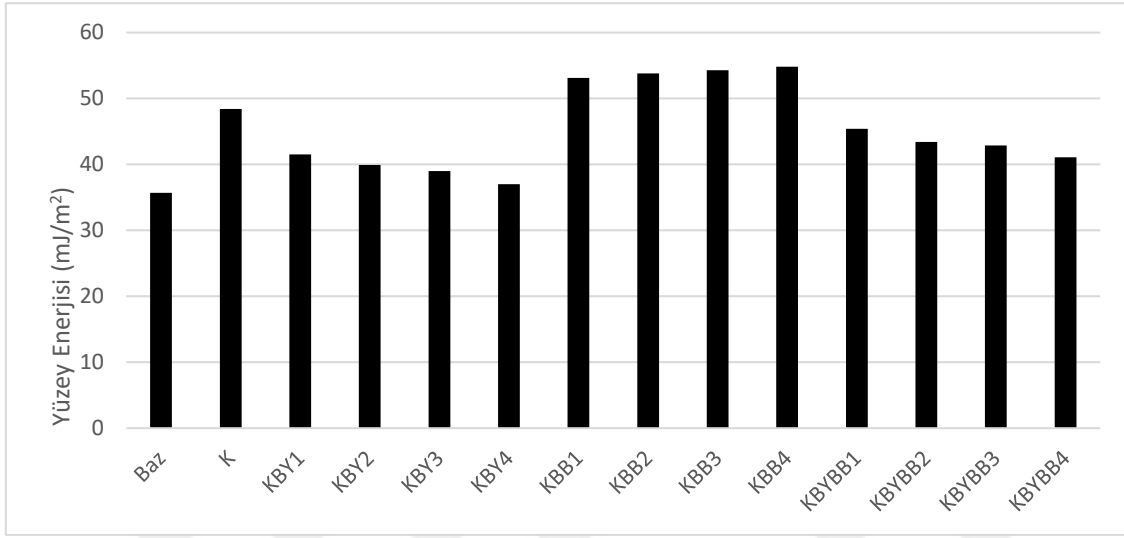


Şekil 3.2. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerin mikrobiyal özellikleri.

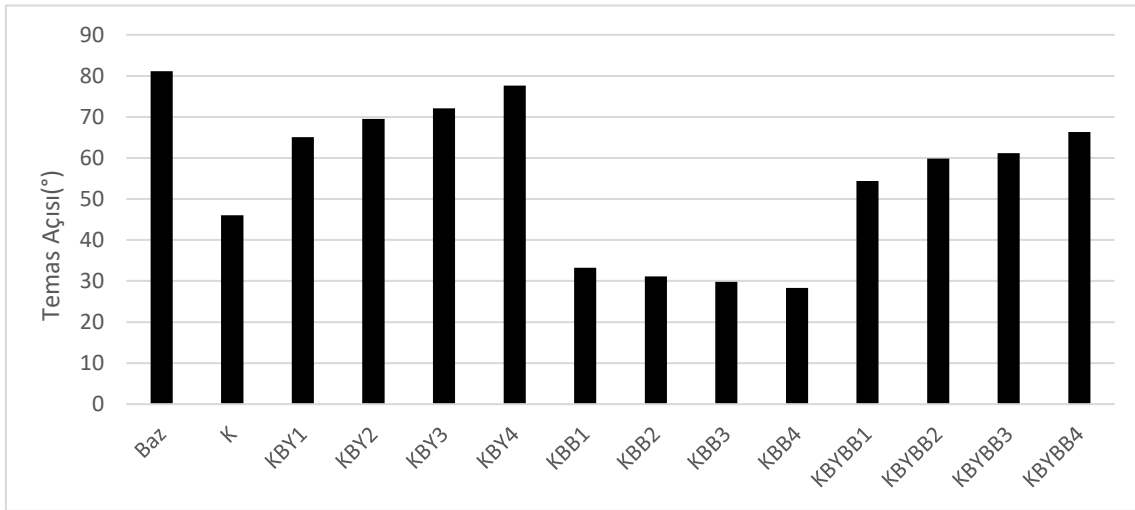
Şekil 3.2’de görüldüğü gibi katyonik nişasta ile kaplanmış kağıtların içeriğinde kullanılan biberiye yağı ve baryum boratın *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı etkinleri test edilmiştir. Biberiye yağındaki antimikrobiyal aktiviteden sorumlu ana bileşikler α -pinen ve 1,8-sineoldür (Jiang ve ark., 2011). Bor ve türevleri içinse bor bileşikleri hücre zarından geçebildikleri için antimikrobiyal özelliklere sahiptirler (Minozzi, M. 2011). Bunlar bakteri üremesini sınırlar. Sadece biberiye yağının kullanıldığı birinci formülasyonda biberiye yağının *S. aureus* bakterisine nazaran *E. coli* bakterisine karşı daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sadece baryum boratın kullanıldığı ikinci formülasyon setinde her iki bakteri için biberiye yapısından daha etkili olduğu ve ayrıca *S. aureus* bakterisinde biberiye yağından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir (Ma, C., 2021). İki maddenin bulunduğu üçüncü formülasyon setinde her iki bakterileri içinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kandırılmaz, 2021; Jafari-Sales ve Pashazadeh, 2020; Houlsby ve Ghajar, 1986).

3.1.5. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı olan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi

Basım endüstrisinde tercih edilen baskı tekniklerinde kullanılan mürekkeplerin bazıları su, yağ ve solvent bazlı sıvılardan oluşmaktadır. Sıvıların kağıt yüzeyindeki davranışları, kağıt ve sıvı arasındaki fiziksel ve kimyasal ilişki elde edilecek baskı kalitesini doğrudan etkilemektedir.

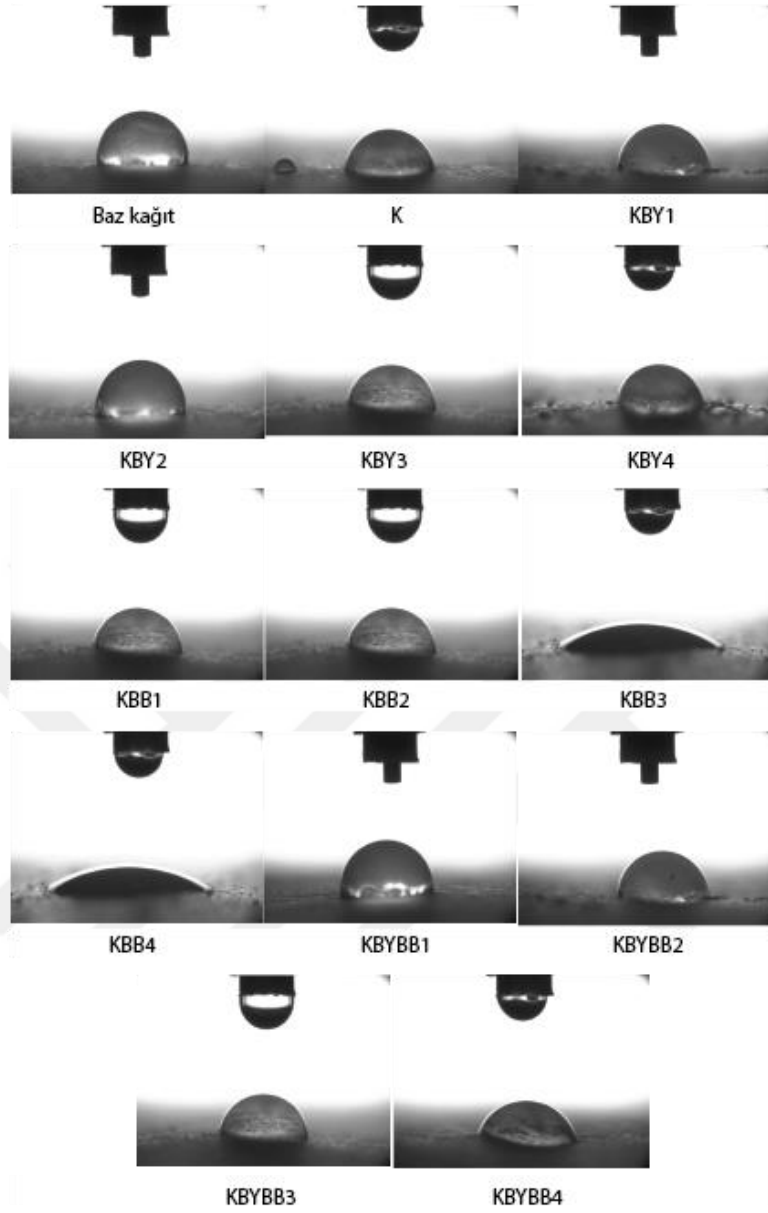


Şekil 3.3. Katyonik nişasta, biberiye yağı, baryum borat ile kaplanmış kağıt numunelerin yüzey enerjisi değerleri.



Şekil 3.4. Katyonik nişasta, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıt numunelerin temas açısı değerleri.

Şekil 3.3'te ve Şekil 3.4'te su damlacığının kağıt yüzeyindeki davranışları incelendiğinde, baz kağıt, katyonik nişasta ile kaplandıktan sonra yüzey enerjisi artmıştır. Bu da katyonik nişastanın hidrojen bağı sayısını arttırmaktadır. Böylece temas açısı azalmıştır. Biberiye yağının karışıma eklenmesi ile beklenildiği gibi temas açısında artış olmuştur. Biberiye yağı, sıvı ile hidrofobi özellik göstermiştir. Sadece baryum boratın kullanıldığı kaplamada temas açısını düşürdüğü görülmektedir. Baryum borat ve biberiye yağının birlikte kullanıldığı kaplamalarda baryum borat ilavesinin kağıdın yüzeyinde oluşan hidrofobi sorununu giderdiği ve kağıdın basılabilirliğini iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca grafikler incelendiğinde yüzey gerilimi artarken temas açısı düşmektedir. Sonuçlar literatürle uyumludur (Çölük ve ark., 2022; Kandirmaz, 2021; Egry ve ark., 2010; Ozcan ve ark., 2019).



Şekil 3.5. Bağlayıcı katyonik nişasta ve katkı maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.

3.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri Baryum Borat, Kitosan ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi

Formülasyonda bağlayıcı ajan olarak kullanılan katyonik nişasta kaplı kontrol grubu oluşturulmuştur.

Tablo 3.4. Katyonik nişasta ile kaplanmış baz kağıdın L*a*b* ve ΔE₀₀ değerleri

		L*	a*	b*	ΔE ₀₀	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	8
	Katyonik nişasta (K)	93.49	3.02	-10.27	0.813	16

Kaplama işleminde kullanılan bağlayıcı katyonik nişastanın kağıdın rengi üzerinde kayda değer bir etkisi olmamıştır. Kaplanmış kağıdın parlaklığı baz kağıda oranla artmıştır. Bu da kaplanmış kağıtların yüzey pürüzlülüğü giderildiği için ışığı daha fazla yansıtmaktadır.

3.2.1. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri

Tablo 3.5. Katyonik nişasta ile hazırlanmış baskısız numunelerin L*a*b*, ΔE₀₀, parlaklık değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L*	a*	b*	ΔE ₀₀	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.63	2.56	-11.58	Standart	8
	K	93.49	3.02	-10.27	0.813	16
Birinci Formülasyon Seti	KK1	89.90	2.34	-9.40	2.26	16.0
	KK2	89.74	2.27	-8.89	2.63	14.5
	KK3	90.7	1.74	-4.29	5.52	6.4
	KK4	86.35	1.48	-3.00	7.6	4.4
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	93.39	2.13	-9.85	1.30	18.5
	KBB2	93.49	2.12	-10.03	1.24	15.9
	KBB3	93.32	2.46	-10.27	0.96	15.9
	KBB4	93.21	2.11	-9.88	1.26	20.2
Üçüncü Formülasyon Seti	KKBB1	89.68	2.52	-10.52	1.95	19.7
	KKBB2	89.04	2.30	-8.63	3.05	14.0
	KKBB3	88.15	2.36	-8.17	3.71	9.5
	KKBB4	87.46	1.14	-5.31	5.72	4.7

Katyonik nişasta, kitosan, baryum borat karışımlarının kullanıldığı kaplamalardaki renk, ΔE₀₀ ve parlaklık değerleri Tablo 3.5.'te verilmiştir. Birinci ve üçüncü formülasyon setlerinde kitosanın maksimum konsantrasyonun %2 olduğu yapılan çalışmada görülmüştür. Bu bağlamda kitosan kullanılan birinci ve üçüncü formülasyon setlerinde %1 (**KK1**, **KK2**) ve %2 (**KKBB1**, **KKBB4**) oranındaki karışımdalar için yorumlanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 3.5. incelendiğinde birinci formülasyon setinde kullanılan kitosanın karışımdaki oranı arttıkça ΔE₀₀ değerinin arttığı gözlemlenmektedir. Kaplamaların ΔE₀₀ değerleri için altında olduğu için çıplak gözle ayırt edilmesi zordur (Mokrzycki ve Tatol, 2011). Karışımlardaki birinci formülasyon setinde kitosan oranı

artıkça a* eksenini hafif yeşile doğru, b* eksenini ise maviye doğru kaymıştır. Bunun sebebi ise kromofor grupları ile açıklanabilir. İkinci formülasyon setinde kullanılan baryum borat oranı arttıkça a* eksenini hafif yeşile doğru, b* eksenini ise maviye doğru kaymıştır. İkisinin birlikte kullanıldığı üçüncü formülasyon setinde ise karışım oranı arttıkça renksel farklılıklar ortaya çıkmıştır. Tablodaki Parlaklık 75° değerleri incelendiğinde birinci formülasyonda kullanılan kitosanın karışımdaki oranı arttıkça parlaklığın düştüğü gözlemlenmiştir. İkinci formülasyon setinde kullanılan baryum boratın miktarı arttıkça parlaklığın arttığı görülmüştür. Üçüncü formülasyon seti incelendiğinde kitosan ve baryum boratın birlikte eşit kullanım oranları arttıkça parlaklığın düştüğü görülmüştür. Genel olarak parlaklık değerleri baz kağıda oranlar en az iki kat arttığı görülmüştür. Bu da kaplanmış kağıtların yüzey pürüzlülüğü giderildiği için ışığı daha fazla yansıtmaktadır.

3.2.2. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri

Kaplanmış numunelere serigrafi baskı tekniği ile baskılar yapılmış, baskı renk değerleri ve parlaklık değerleri ölçülmüştür.

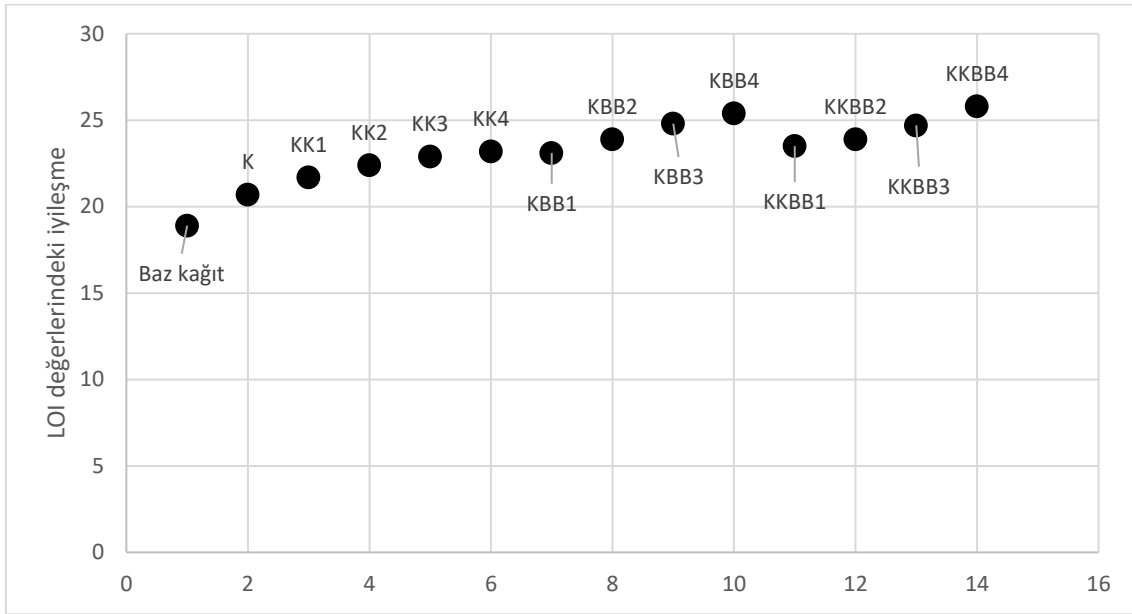
Tablo 3.6. Katyonik nişasta ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L*	a*	b*	ΔE_{00}	Parlaklık (60°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	54.27	61.33	18,17	Standart	3.7
	K	52.28	64.90	7.32	4,03	8.5
Birinci Formülasyon Seti	KK1	54.21	65,18	10.10	4,80	6.1
	KK2	53.16	66.03	8.39	4,84	5.3
	KK3	52.22	62.62	11.04	3,79	4.3
	KK4	51.22	61.01	10.04	2,95	4.2
İkinci Formülasyon Seti	KBB1	51.64	74.68	37.81	12,16	13.5
	KBB2	52.95	76.65	23.8	3,28	14.1
	KBB3	52.37	75.47	24.99	5,69	10.2
	KBB4	51.58	74.49	30.31	10,13	13.6
Üçüncü Formülasyon Seti	KKBB1	51.78	65.44	7.57	3,31	6.5
	KKBB2	52.50	66.59	9.44	6,21	5.9
	KKBB3	52.86	65.38	9.04	6,56	4.4
	KKBB4	51.85	63.60	8.95	4,83	3.5

Farklı formülasyonlarla kaplanma işlemi yapılmış kağıtlara Serigrafi baskı tekniği ile test baskıları yapılmıştır. Basılı kağıtların ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri Tablo 3.6.'da verilmiştir. Kitosan içeren birinci formülasyonda a* değerinde belirgin renksel farklılık

olmamıştır. Baryum borat içeren İkinci formülasyonda kağıdın rengi hafif kırmızıya doğru kaymıştır. Tablodaki ΔE_{00} değerleri incelendiğinde renkler arası gözle görülebilir farklılıklar meydana gelmiştir. Tüm baskıların parlaklığı azalmıştır. Bunun nedeni, mürekkebin içindeki pigmentin ışığı bir miktar dağıtmasıdır. Böylece baskı yapılmış bölgenin pürüzlülüğü artmış, ışığın yansımaları azalmıştır (Ural ve Kandırmaz, 2018).

3.2.3. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi

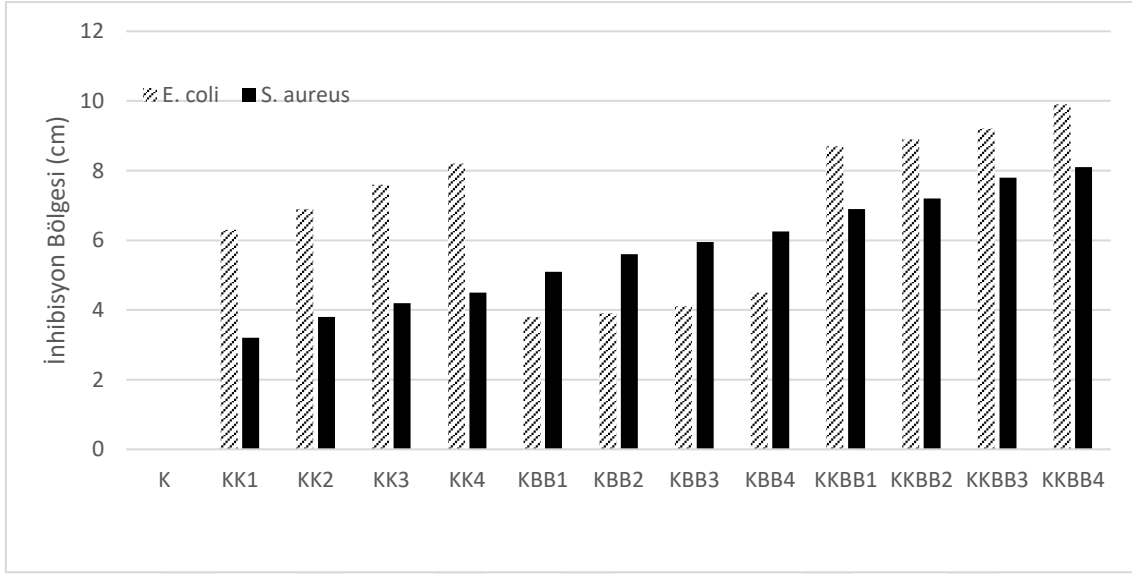


Şekil 3.6. Katyonik nişasta, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özellikleri.

Bağlayıcı olarak katyonik nişastanın kullanıldığı kağıtların ölçülen LOI değerleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Baz kağıdın yüzeyine uygulanan katyonik nişasta kaplama (K) koruma görevi üstlenerek, baz kağıda göre tutuşmayı daha zor hale getirdiği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tüm kaplamaların baz kağıda göre daha geç tutuştuğu ancak iyi alev geciktirici özelliğin baryum borat varlığında sağlandığı belirlenmiştir. Formülasyondaki baryum borat miktarı kademeli olarak arttıkça, kaplama önemli bir alev geciktirici bariyer haline gelmiştir ve kağıdın alev geciktirici özelliğini geliştirdiği görülmektedir. Baryum boratın dehidrasyon reaksiyonu, oksijen penetrasyonuna karşı güçlü bir koruyucu tabaka görevi görerek yüksek alev geciktirici görevi görmektedir. Kitosan, nitrojen elementinin varlığından dolayı olabildiğince gaz kaynağı olarak hareket etmek için kullanılır, bu da kitosan çözündüğünde amonyak salınımına neden olmasından

dolayı alev geciktiriciliğe yol açar. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur (Çölük ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2019).

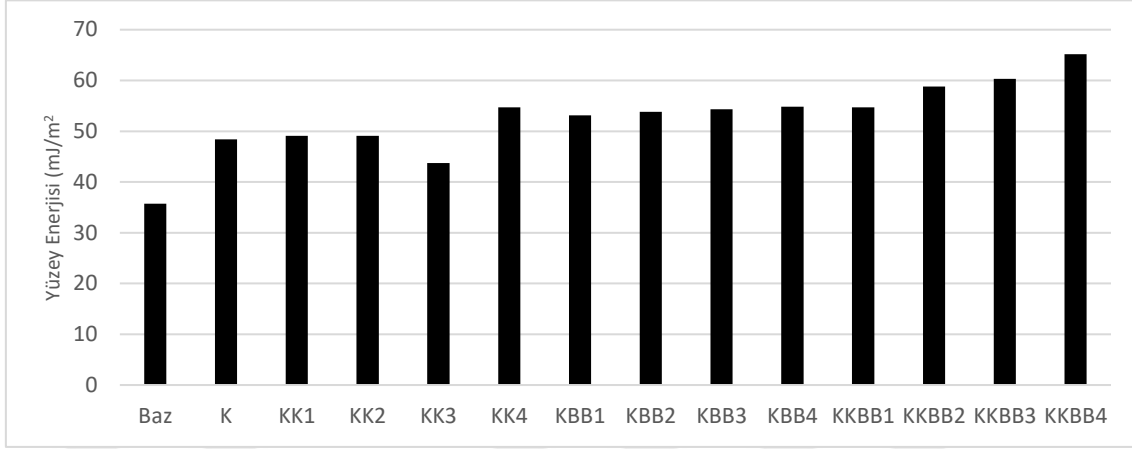
3.2.4. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi



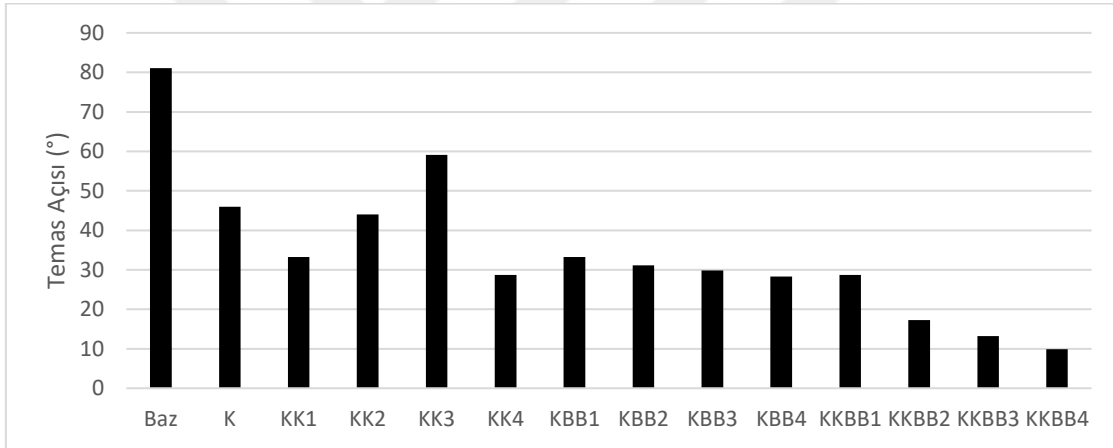
Şekil 3.7. Katyonik nişasta, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin mikrobiyal özellikleri.

Kontrol örneklerinde petri kaplarının tüm bölgelerinde *E. coli* ve *S. aureus*'un homojen olarak ürediği gözlenmiştir. Sadece katyonik nişasta kaplı kağıt antimikrobiyal madde içermediğinden, beklendiği gibi bir inhibisyon çapı oluşmamıştır. Baryum borat ve kitosan ile hazırlanan tüm kaplanmış kağıtların *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı inhibitör etkisinin olduğu saptanmıştır. Ancak en iyi antibakteriyel etki kitosan ile *E. coli*'de, baryum borat ile *S. aureus*'ta görülmüştür. Her iki antibakteriyel ajan birlikte kullanıldığında sinerjik etki görülür. Aktif antibakteriyel madde miktarının artırılması her iki bakteri türü için de antimikrobiyal etkiyi arttırmıştır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur (Hani ve ark., 2020).

3.2.5. Bağlayıcısı katyonik nişasta ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan olan kaplanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi

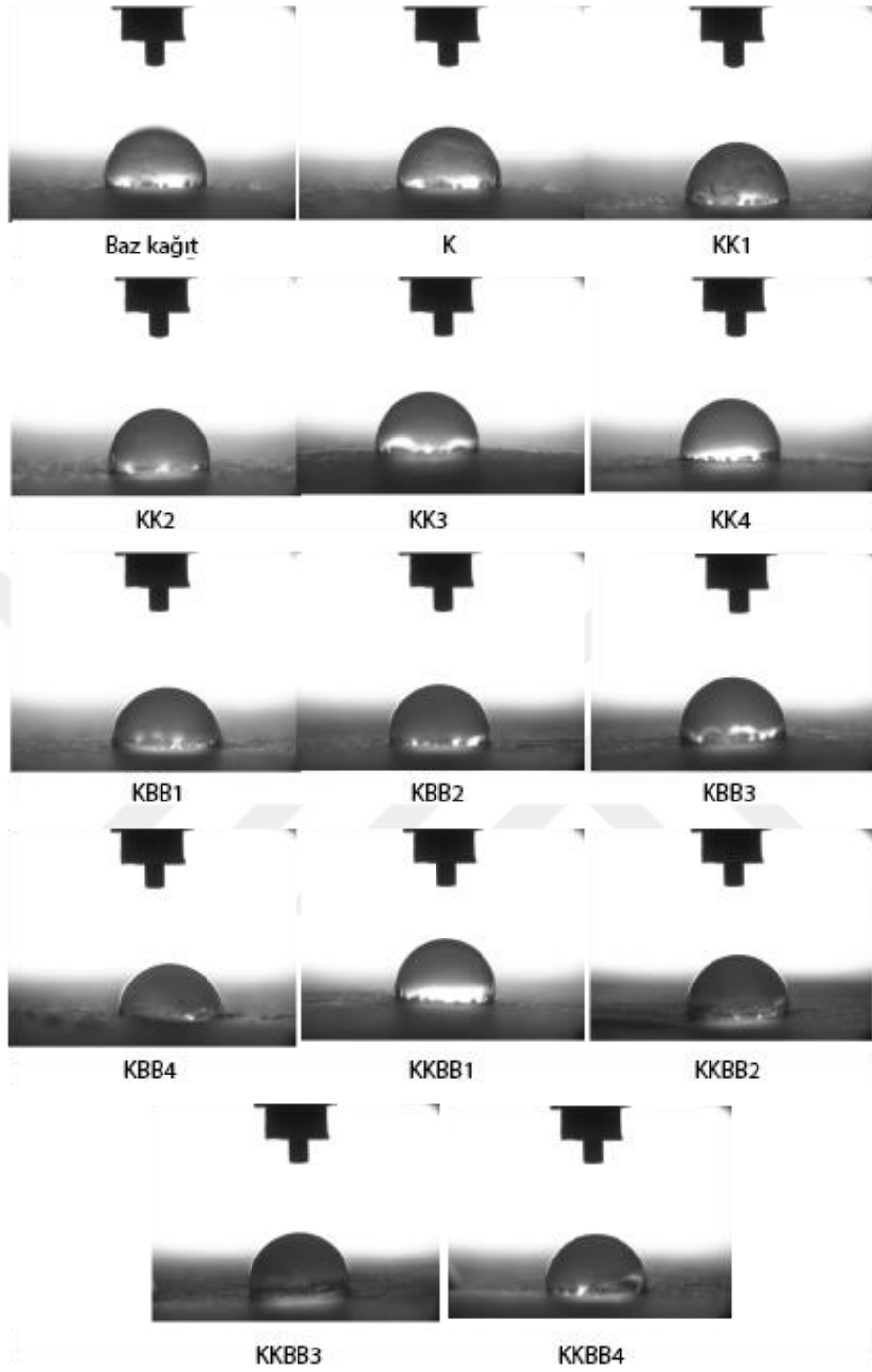


Şekil 3.8. Katyonik nişasta kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.



Şekil 3.9. Katyonik nişasta kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.

Su damlacığının baz kağıt ve kaplanmış kağıt yüzeyindeki davranışları incelendiğinde, kitosanın kullanıldığı formülasyonlarda, karışım oranının maksimum konsantrasyonun %2 olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda %5 (KK3, KK4, KKBB3, KKBB4) formülasyonları için basılabilirlik değerleri alınamamıştır. Baz kağıda oranla kaplanmış kağıtların yüzey enerjileri artmıştır. Dolgu maddelerinin miktarındaki değişim yüzey enerjilerinde herhangi bir değişiklik meydana getirmemiştir. Yüzey enerjisi arttıkça beklenildiği gibi temas açıları da azalmaktadır (Ozcan ve ark., 2019; Çiğil ve ark., 2019). Formülasyondaki kitosan ve baryum boratın karışımındaki oranları arttıkça temas açısında düşüş olmuştur.



Şekil 3.10. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddesi kitosan, baryum borat ilaveli formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.

3.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri Baryum Borat, Biberiye Yağı ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi

Tablo 3.7. Dekstrin ile kaplanmış baz kağıdın L*a*b* ve ΔE₀₀ değerleri.

		L*	a*	b*	ΔE ₀₀	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	8
	Dekstrin (D)	95.71	0.35	-4.02	5.479	5.4

Kaplama işleminde kullanılan bağlayıcı ajan dekstrin, baz kağıdın rengi üzerinde a* ve b* değerlerinde sapmalara neden olmuştur a* değeri baz kağıda oranla yeşile, b* değeri ise sarıya doğru kaymıştır. Bunun sebebi ise dekstrinin kromofor grupları ile açıklanabilir. Dekstrin kaplamanın baz kağıda oranla parlaklığında da düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun sebebi ise dekstrinin katyonik nişastaya oranla daha büyük polimer tanecik içermesidir, bu da yansıyan ışığı dağıtarak parlaklığı düşürmektedir. Dekstrin yapısı gereği oksitlenmiş moleküllerden oluşmaktadır (Autio, ve ark., 1992). Oksitleşen moleküllerin ortak özelliği parlaklığı düşürme ve yüzeyi matlaştırmasıdır.

3.3.1. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri

Tablo 3.8. Dekstrin ile yüzeyi kaplanmış formülasyonların L*a*b*, ΔE₀₀, Parlaklık değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L*	a*	b*	ΔE ₀₀	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	8
	D	95.71	0.35	-4.02	5.479	5.4
Birinci Formülasyon Seti	DBY1	95.78	0.4	-3.96	5.155	5.7
	DBY2	96.47	-0.41	-2.12	7.489	7.1
	DBY3	96.22	-0.53	-2.24	6.582	7.4
	DBY4	93.58	-0.25	-4.51	5.663	7.4
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	96.53	-0.36	-2.05	7.518	7.3
	DBB2	95.92	0.29	-3.95	5.589	6
	DBB3	96.09	0.34	-4.02	5.571	6.1
	DBB4	95.37	0.39	-4.74	5.022	5.5
Üçüncü Formülasyon Seti	DBYBB1	94.61	0.54	-5.32	4.409	5.4
	DBYBB2	94.26	0.55	-5.4	4.320	5.7
	DBYBB3	92.85	0.67	-6.1	3.807	5.9
	DBYBB4	92.21	0.45	-5.98	4.043	5.8

Dekstrin ile hazırlanmış kaplamalar için L*a*b* ve ΔE₀₀, parlaklık değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Tablo 3.8. incelendiğinde biberiye yağı içeren kaplamalar hafif sarıya

kaymıştır (Kandırmaz, 2021). Sadece baryum borat içeren kaplamaların karışım oranı arttıkça b^* eksenini maviye doğru kademeli olarak kaymıştır. Biberiye yağı içeren karışımlarda biberiye yağı oranı arttıkça b^* eksenini kademeli olarak maviye doğru kaymıştır.

Katyonik nişasta ile yapılan kaplamalarla karşılaştırıldığında dekstrinle kaplanmış kağıdın parlaklığı baz kağıda oranla düşmüştür, bu da katyonik nişasta ile yapılan kaplamaların daha parlak sonuçlar verdiğini göstermektedir. Kağıdın L^* açıklık değerinde birinci ve ikinci formülasyonda katyonik nişasta kaplamalara göre ortalama üç birim kadar artış olmuştur. Ayrıca dekstrinle yapılan kaplama formülasyonlarındaki renk değerleri katyonik nişastayla yapılanlara oranla a^* değeri yeşile, b^* değeri ise ortalama üç birim maviye doğru kaymıştır. Bu farklılıklar ΔE_{00} değerini doğrudan etkilemiştir. Dekstrin ile yapılan kaplamalarda ΔE_{00} değeri üç ve üzeri değerlere ulaşmıştır. Katyonik nişasta ile yapılan kaplamaların ΔE_{00} renk değerleri üç'ün altında olduğu için kayda değer renksel farklılıklar olmamıştır.

3.3.2. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri

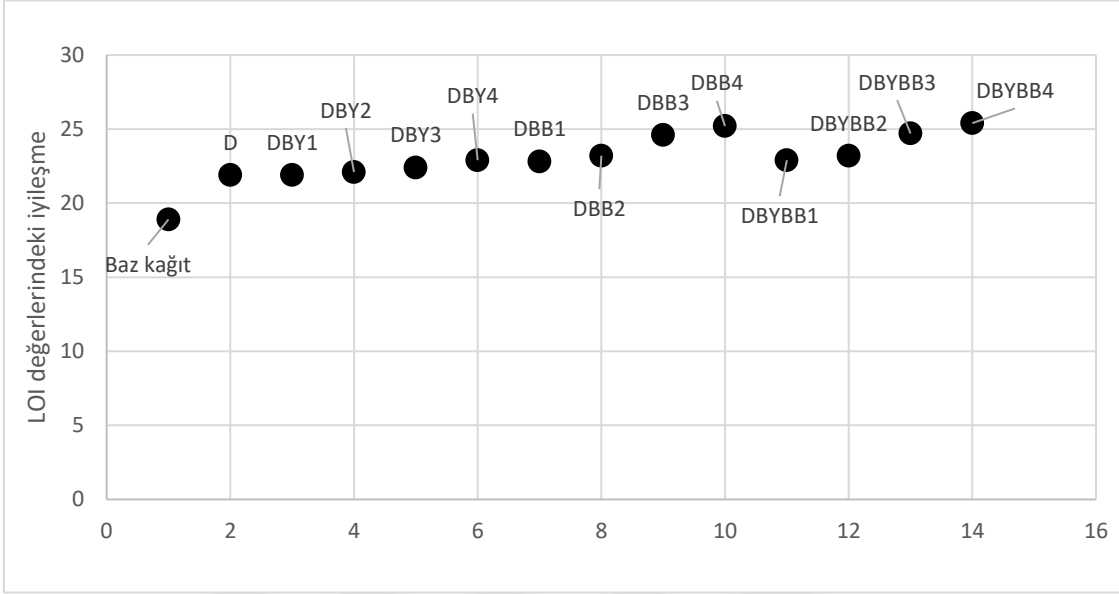
Kaplanmış numunelere serigrafî baskı tekniği ile baskılar yapılmış, baskı renk değerleri ve parlaklık değerleri ölçülmüştür.

Tablo 3.9. Dekstrin ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} ve parlaklık değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (60°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	49.2	71.1	41.7	Standart	3.7
	D	50.73	72.98	42.49	1.5	9.1
Birinci Formülasyon Seti	DBY1	50.37	72.52	45.72	1.3	10.3
	DBY2	50.84	72.91	41.28	1.5	10
	DBY3	51.25	75.46	39.55	3.44	11.8
	DBY4	51.93	74.75	39.93	3.2	11.5
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	51.3	73.81	39.71	1.6	12.8
	DBB2	51.64	74.29	38.25	2.2	12.9
	DBB3	50.82	73.31	45.73	2.9	10.1
	DBB4	50.68	72.34	41.96	1.5	6.7
Üçüncü Formülasyon Seti	DBYBB1	50.9	73.43	43.78	1.9	12.8
	DBYBB2	51.39	73.47	43.08	2.2	8.2
	DBYBB3	51.51	74.46	46.92	3.7	10.9
	DBYBB4	49.9	70.92	45.23	2.29	8.5

Dekstrin ile kaplanma işlemi uygulanmış kağıtlara serigrafi baskı tekniği ile test baskıları yapılmıştır. Baskılı kağıtların ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri Tablo 3.9.'da verilmiştir. Biberiye yağı içeren formülasyonlarda kağıdın rengi hafif sarıya kaymıştır. Bunun nedeni ise yağın kendi rengidir. Elde edilen bulgular literatürle uyumludur (Kandırmaz 2021). Sadece baryum borat karışımında karışım oranı arttıkça kırmızıya doğru hafifi kaymış ve baz kağıdın b^* değerini yakalamıştır. Her iki etken maddenin karışım oranı arttıkça b^* eksenini değeri kırmızıya doğru kademeli olarak artmıştır. Baryum borat içeren kağıtların baskılarında L^* açıklık değeri hafif yükselmiştir. Tablo 3.9.'da ΔE_{00} değerleri incelendiğinde sadece biberiye yağının bulunduğu birinci formülasyon setinde biberiye yağı oranı arttıkça renksel farklılıklar kademeli olarak artmaktadır. Bunun dışında sadece birinci ve ikinci formülasyon setinde bu farklılık görülmemektedir. Kaplamaların ΔE_{00} değerleri genel olarak üçün altında olduğu için çıplak gözle ayırt edilmesi zordur (Mokrzycki ve Tatol, 2011). Tablo 3.9.'daki parlaklık değerleri incelendiğinde kaplamalardaki paralel sonuçlar elde edilmiştir. Tüm baskıların parlaklığı azalmıştır. Bunun nedeni, mürekkebin içindeki pigmentin ışığı bir miktar dağıtmasıdır. Böylece baskı yapılmış bölgenin pürüzlülüğü artmış, ışığın yansımaları azalmıştır (Ural ve Kandırmaz, 2018).

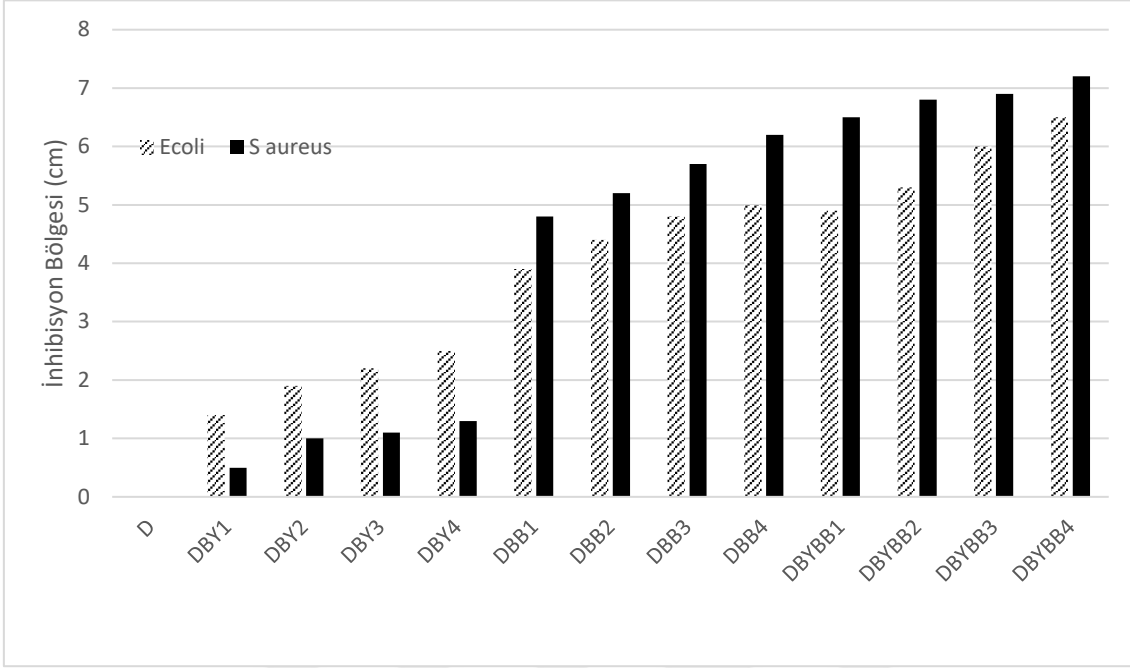
3.3.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi



Şekil 3.11. Dekstrin, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların düşük tutuşma özellikleri.

Bağlayıcı olarak dekstrinin kullanıldığı kağıtların ölçülen LOI değerleri Şekil 3.11’de verilmiştir. Bağlayıcı dekstrin ile kaplanmış olan kağıtların tümü baz kağıda oranla daha geç tutuştuğu görülmektedir. Bu da dekstrinin baz kağıt ile alev arasında bir bariyer görevi üstlenmesinden kaynaklanmaktadır. Dolgu maddesi olarak sadece biberiye yağının kullanıldığı birinci formülasyon setinde biberiye yağının artması ile bir miktar geç tutuşma gözlemlenmiştir. Alev geciktirici özelliği bulunan baryum boratın dehidrasyon reaksiyonu, oksijen penetrasyonuna karşı güçlü bir koruyucu tabaka görevi görerek yüksek alev geciktirici görevi görmektedir bu da karışımdaki oranı arttıkça tutuşmanın kademeli olarak geciktiği gözlemlenmektedir. Elde edilen veriler literatürle uyumludur (Kilinc ve ark., 2015; Cölük ve ark., 2022; Zhang ve ark. 2019; Çölük ve Ural, 2023). Bağlayıcı olarak kullanılan katyonik nişasta ile karşılaştırıldığında, birbirine paralel sonuçlar elde edilmiştir.

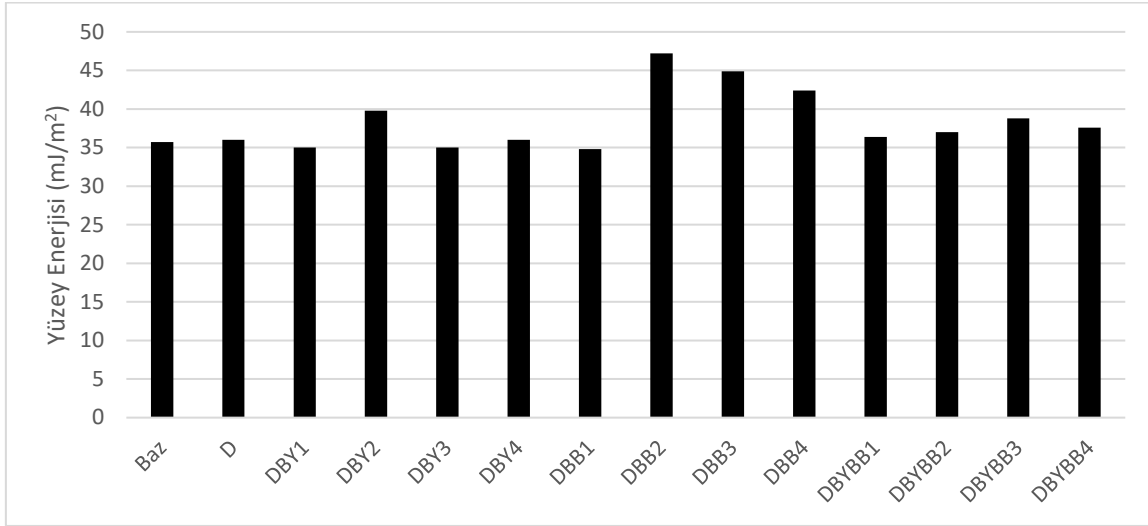
3.3.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi



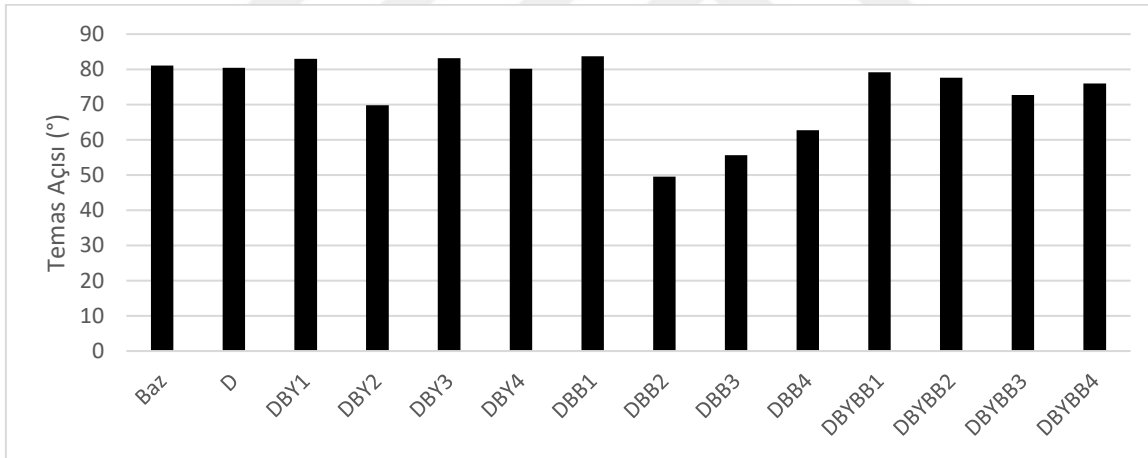
Şekil 3.12. Dekstrin, baryum borat, biberiye yağı ile kaplanmış kağıtların antimikrobiyal özellikleri.

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi dekstrin ile kaplanmış kağıtların içeriğinde kullanılan biberiye yağı ve baryum boratın *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı etkinleri test edilmiştir. Sadece biberiye yağının kullanıldığı birinci formülasyon setinde, biberiye yağının *S. aureus* bakterisine nazaran *E. coli* bakterisine karşı daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sadece baryum boratın kullanıldığı ikinci formülasyon setinde her iki bakteri için biberiye yağından daha etkili olduğu ve ayrıca *S. aureus* bakterisinde biberiye yağından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Her iki dolgu maddesinin bulunduğu üçüncü formülasyon setinde her iki bakteri türü içinde çok daha geniş inhibisyon çapı oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır (Jafari-Sales ve Pashazadeh, 2020; Houlby ve Ghajar, 1986). Bağlayıcı olarak kullanılan katyonik nişasta ile karşılaştırıldığında sadece biberiye yağının kullanıldığı formülasyonda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sadece baryum borat ve baryum boratın biberiye yağı ile kullanıldığı formülasyonların *E. coli* bakterisine karşı daha etkili olduğu görülmektedir.

3.3.5. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri biberiye yağı, baryum borat kullanılarak hazırlanan kaplamanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi



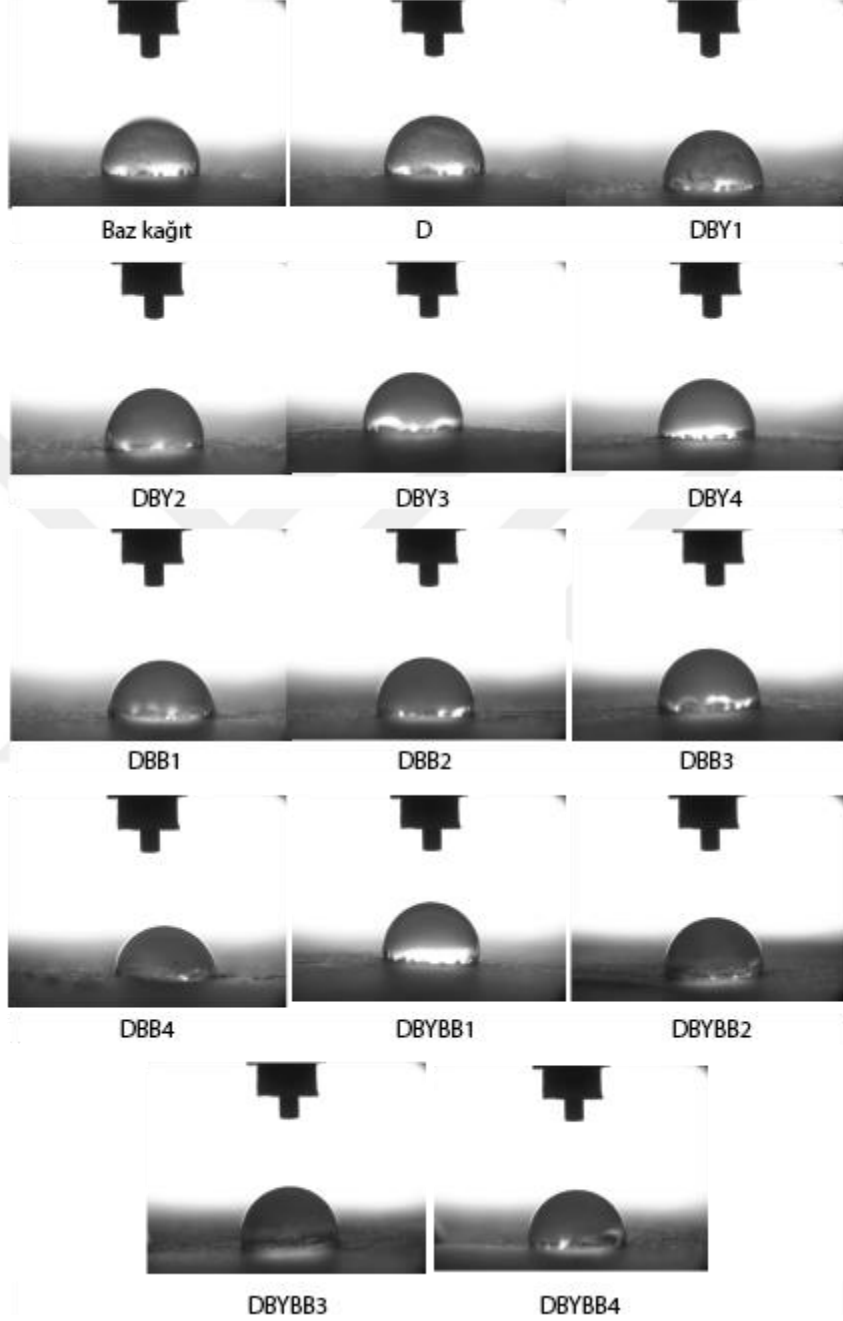
Şekil 3.13. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının yüzey enerjisi değerleri.



Şekil 3.14. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.

Şekil 13 ve Şekil 14 incelendiğinde baz kağıt, dekstrin ile kaplandıktan sonra yüzey enerjisi sabit kalmıştır. Sadece biberiye yağı içeren formülasyonlarda da hidrofili özellik göstermiştir. Bu da bağlayıcı olarak kullanılan dekstrinin katyonik nişastaya oranla yağ ve suyu kabul etme potansiyelinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Sadece baryum boratın kullanıldığı kaplamada baryum borat miktarı arttıkça temas açısını arttırdığı görülmektedir. Hem baryum borat hem de yağ içeren kaplamalara karşılık gelen temas açısı değerleri sadece biberiye yağı içeren kaplamalar ile sadece baryum borat içeren

kaplamalar arasındadır. Kaplamaların basılabilirlik durumları incelendiğinde tüm formülasyonların basılabilirlik açısından uygun olduğu söylenebilir (Cölük ve ark., 2022).



Şekil 3.15. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddeleri biberiye yağı, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.

3.4. Bağlayıcısı Dekstrin ve Dolgu Maddeleri Baryum Borat, Kitosan ile Kaplanmış Kağıtların Özelliklerinin Belirlenmesi

Tablo 3.10. Dekstrin ile kaplanmış baz kağıdın $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} değerleri.

		L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	92.72	3.03	-9.32	Standart	8
	Dekstrin (D)	95.71	0.35	-4.02	5.479	5.4

Kaplama işleminde kullanılan bağlayıcı ajan dekstrin, baz kağıdın rengi üzerinde a^* ve b^* değerlerinde sapmalara neden olmuştur a^* değeri baz kağıda oranla yeşile, b^* değeri ise sarıya doğru kaymıştır. Bunun sebebi ise dekstrinin kromofor grupları ile açıklanabilir. Dekstrin kaplamanın baz kağıda oranla parlaklığında da düşüş meydana gelmiştir. Bu durumun sebebi ise dekstrinin katyonik nişastaya oranla daha büyük polimer tanecik içermesidir bu da yansıyan ışığı dağıtarak parlaklığı düşürmektedir. Dekstrin yapısı gereği oksitlenmiş moleküllerden oluşmaktadır. Oksitlenen moleküllerin ortak özelliği parlaklığı düşürmesidir.

3.4.1. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanması yapılmış kağıtların renk değerleri

Tablo 3.11. Dekstrin ile yüzeyi kaplanmış baskısız formülasyonların $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} Parlaklık 75° değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (75°)
Kontrol Grubu	Baz Kağıt	92.63	2.56	-11.58	Standart	8
	D	95.71	0.35	-4.02	6.3	5.4
Birinci Formülasyon Seti	DK1	89.53	2.37	-9.44	2.41	5.6
	DK2	91.29	2.29	-10.71	1	9.5
	DK3	88.10	2.20	-6.31	4.69	9.5
	DK4	90.77	2.36	-10.12	1,5	4.6
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	96.53	-0.36	-2.05	8,39	7.3
	DBB2	95.92	0.29	-3.95	6,46	6
	DBB3	96.09	0.34	-4.02	6,46	6.1
	DBB4	95.37	0.39	-4.74	5,79	5.5
Üçüncü Formülasyon Seti	DKBB1	90.44	2.37	-9.76	1,84	6.2
	DKBB2	89.70	2.36	-9.84	2,17	4.4
	DKBB3	90.09	2.34	-9.78	1,98	4.9
	DKBB4	89.10	2.21	-7.60	3,60	2.3

Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddeleri kitosan ve baryum borat ile hazırlanmış kaplamalar için $L^*a^*b^*$ ve ΔE_{00} , parlaklık değerleri Tablo 3.11.'de verilmiştir. Formülasyon

setlerinde kitosanın maksimum konsantrasyonun %2 olduğu yapılan çalışmada görülmüştür. Bu bağlamda kitosan kullanılan birinci ve nc formülasyon setlerinde %1 (DK1, DK2) ve %2(DKBB1, DKBB2) oranındaki karışımdalar için yorum yapılabilir sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 3.11. incelendiğinde birinci formülasyon setinde kullanılan kitosanın karışımdaki oranı arttıka ΔE_{00} değerinin n altında olduğu gözlemlenmektedir. Kaplamaların ΔE_{00} değerleri n altında olduğu için çıplak gözle ayırt edilmesi zordur (Mokrzycki ve Tatol, 2011). Karışımlardaki birinci formülasyon setinde kitosan oranı arttıka a* eksenini hafif kırmızıya doğru, b* eksenini ise maviye doğru kaymıştır. Bunun sebebi ise kromofor grupları ile açıklanabilir. İkinci formülasyon setinde kullanılan baryum borat miktarı arttıka ve tüm karışımlardaki baryum borat oranı arttıka a* eksenini hafif yeşile doğru, b* eksenini ise sarıya doğru kaymıştır. Tablodaki Parlaklık 75° değerleri incelendiğinde baz kağıda oranla parlaklık azalmıştır.

Sonuçlar, katyonik nişasta formülasyonlarıyla karışılaştırıldığında katyonik nişasta ile yapılan kaplamalarda daha parlak sonuçlar elde edilmiştir. Renksel değerler karışılaştırıldığında ise katyonik nişasta ile yapılan kaplamalarda ΔE_{00} değerleri üç ve altında kaldığı için katyonik nişasta ile yapılan kaplamalarda renksel farklılıklar çok daha azdır.

3.4.2. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin renk değerleri

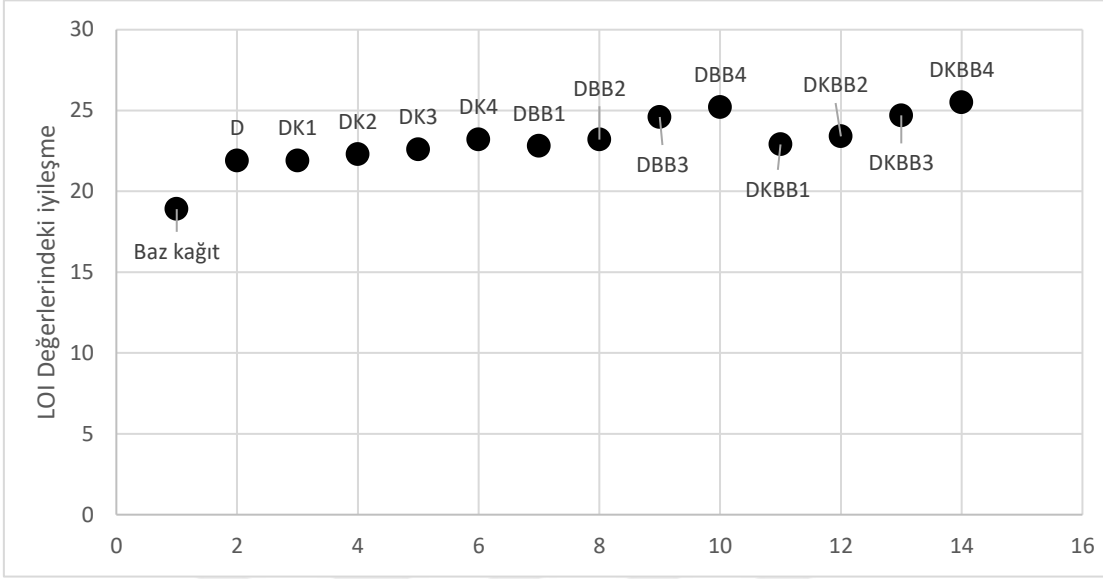
Kaplanmış numunelere serigrafı baskı tekniği ile baskılar yapılmış, baskı renk değerleri ve parlaklık değerleri ölçülmüştür.

Tablo 3.12. Dekstrin ile kaplanmış baskılı kağıt numunelerin $L^*a^*b^*$, ΔE_{00} ve Parlaklık 60° değerleri.

Formülasyon Seti	Formülasyon Numarası	L^*	a^*	b^*	ΔE_{00}	Parlaklık (60°)
Kontrol Grubu	Baz kağıt	49.2	71.1	11.7	Standart	3.7
	D	50.73	72.98	11.49	1.5	9.1
Birinci Formülasyon Seti	DK1	53.92	64.82	8.52	5.51	3.8
	DK2	52.03	64.62	5.5	6.0	4.4
	DK3	52.01	64.60	7.24	4.53	5.9
	DK4	53.98	62.78	7.96	4.82	3.4
İkinci Formülasyon Seti	DBB1	51.3	73.81	9.71	2.49	12.8
	DBB2	51.64	74.29	8.25	4.02	12.9
	DBB3	50.82	73.31	5.73	2.76	10.1
	DBB4	50.68	72.34	11.96	1.50	6.7
Üçüncü Formülasyon Seti	DKBB1	53.50	60.47	14.48	8.23	6.5
	DKBB2	52.62	58.05	13.95	5.63	5.9
	DKBB3	53.01	59.73	13.96	3.07	7.71
	DKBB4	52.04	60.3	11.6	2.87	3.5

Farklı formülasyonlarla kaplanma işlemi yapılmış kağıtlara serigrafik baskı tekniği ile test baskıları yapılmıştır. Baskılı kağıtların ΔE_{00} , parlaklık ve renk değerleri Tablo 3.12.'de verilmiştir. Kitosan içeren birinci ve üçüncü formülasyonda a^* değeri ekseninde renk yeşile doğru kaymıştır. Üçüncü formülasyon seti incelendiğinde b^* ekseninde renk sarıya doğru hafif kaymıştır. Baskılı kağıtların Parlaklık değerleri incelendiğinde üçüncü formülasyon setinde kağıt numunelerin parlaklık değeri artmıştır. Tablodaki ΔE_{00} değerleri incelendiğinde renkler arası gözle görülebilir farklılıklar meydana gelmiştir. Bu farkların nedeni kullanılan bağlayıcı dekstrin ve kitosanın kromofor özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

3.4.3. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerinin düşük tutuşma özelliklerinin incelenmesi



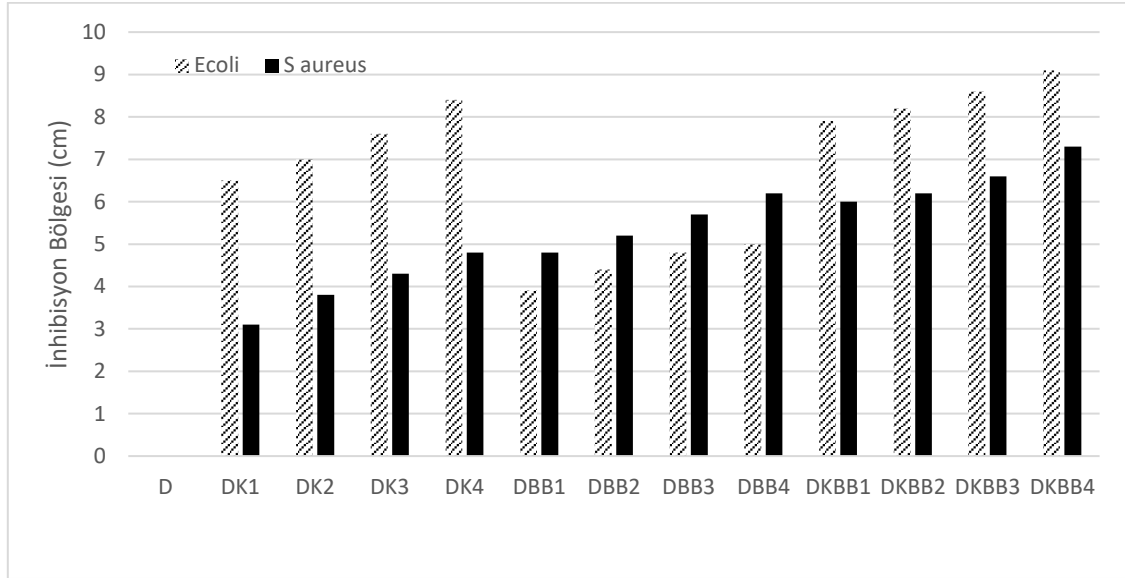
Şekil 3.16. Dekstrin, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerinin düşük tutuşma özellikleri.

Bağlayıcı olarak dekstrinin kullanıldığı kağıtların ölçülen LOI değerleri Şekil 3.16'da verilmiştir. Baz kağıdın yüzeyine uygulanan dekstrin kaplamanın koruma görevi üstlenerek, baz kağıda göre tutuşmayı daha zor hale getirdiği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tüm kaplamaların taban kağıdına göre daha geç tutuştuğu ancak en iyi alev geciktirici özelliğin baryum borat varlığında sağlandığı belirlenmiştir. Formülasyondaki baryum borat miktarı kademeli olarak arttıkça, kaplama önemli bir alev geciktirici bariyer haline geldi ve kağıdın alev geciktirici özelliğini geliştirdiği görülmektedir. Baryum boratın dehidrasyon reaksiyonu, oksijen penetrasyonuna karşı güçlü bir koruyucu tabaka görevi görerek yüksek alev geciktirici görevi görmektedir. Kitosan, nitrojen elementinin varlığından dolayı olabildiğince gaz kaynağı olarak hareket etmek için kullanılır, bu da kitosan çözüldüğünde amonyak salınımına neden olur ve bu da alev geciktiriciliğe yol açar. Sadece kitosanın kullanıldığı ve baryum borat ve kitosanın birlikte kullanıldığı formülasyonlarda kullanım miktarı arttıkça düşük tutuşma özelliği de artmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur (Cölük ve ark., 2022; Zhang ve ark. 2019).

Bağlayıcı olarak katyonik nişastanın kullanıldığı formülasyonla karşılaştırıldığında her bir formülasyon için bir miktar daha düşük tutuşma özelliği kazanmıştır.

Katyonik nişasta formülasyonları ile karşılaştırıldığında her iki bağlayıcı için de LOI değerlerinde paralel sonuçlar elde edilmiştir.

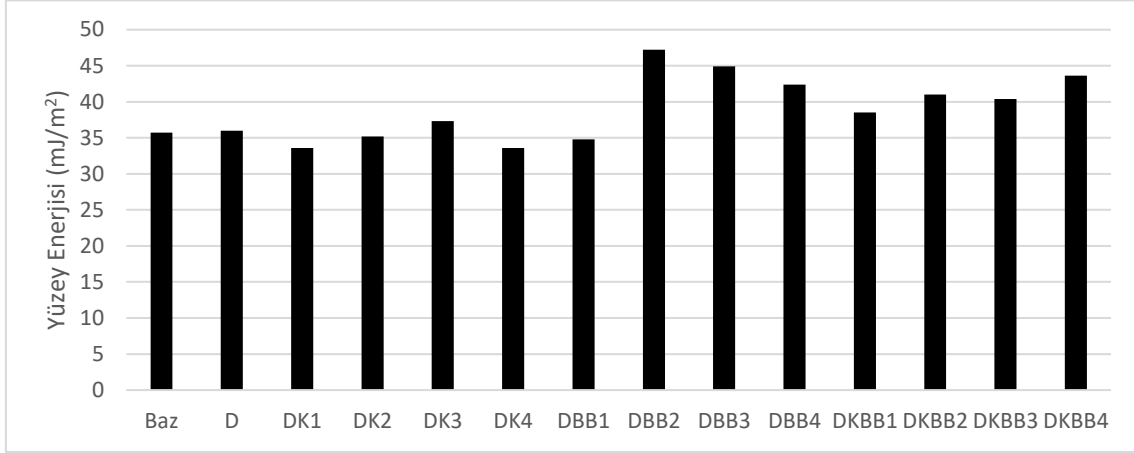
3.4.4. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi



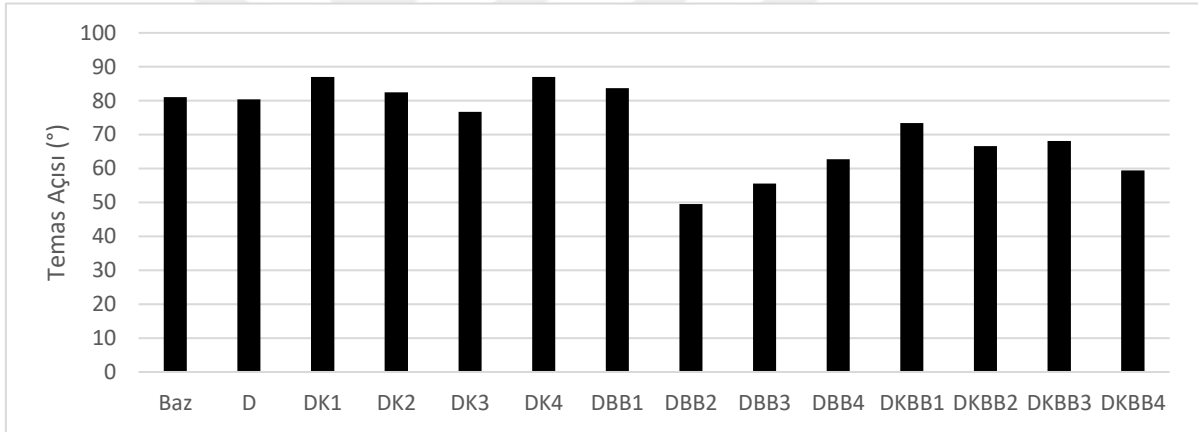
Şekil 3.17. Dekstrin, baryum borat, kitosan ile kaplanmış kağıt numunelerin antimikrobiyal özellikleri.

Bağlayıcı olarak dekstrinin kullanıldığı kaplama formülasyonlarında kontrol grubu incelendiğinde kitosan ve baryum borat içeren tüm kaplamalarda antibakteriyel etki olduğu gözlenmektedir. Petri kaplarının tüm bölgelerinde *E. coli* ve *S. aureus*'un homojen olarak ürediği gözlenmiştir. Ancak en iyi antibakteriyel etki kitosan ile *E. coli*'de, baryum borat ile *S. aureus*'ta görülmüştür. Her iki antibakteriyel ajan birlikte kullanıldığında sinerjik etki görülmektedir. Aktif antibakteriyel dolgu maddelerinin miktarının artırılması ile her iki bakteri türü için de antimikrobiyal etkiyi arttırdığı görülmektedir. Katyonik nişasta formülasyonlarıyla karşılaştırıldığında, bağlayıcı dekstrin ve baryum boratın *E. coli* bakterisine karşı daha etkili olduğu gözlemlenmektedir. Diğer formülasyonlar paralel sonuçlar vermiştir.

3.4.5. Bağlayıcısı dekstrin ve dolgu maddeleri baryum borat, kitosan kullanılarak hazırlanan kaplamanmış numunelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi

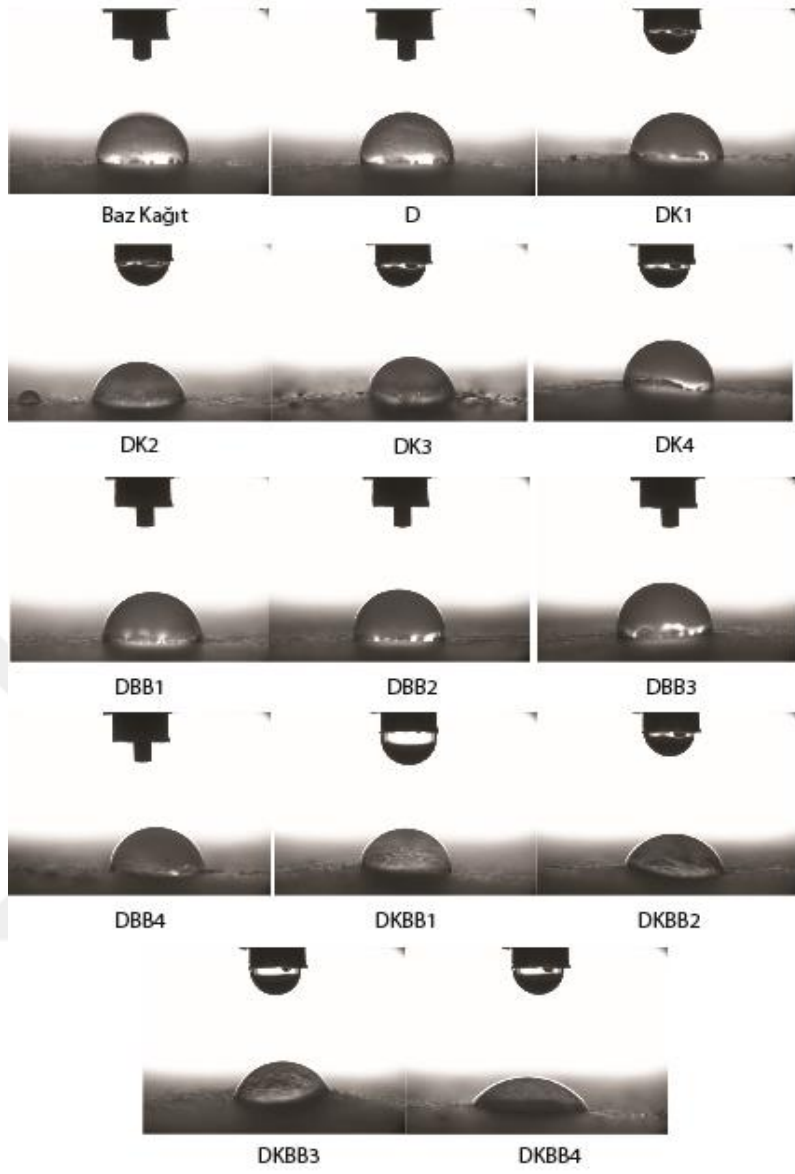


Şekil 3.18. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının yüzey enerjisi değerleri.



Şekil 3.19. Dekstrin kullanılarak hazırlanan kaplama formülasyonlarının temas açısı değerleri.

Su damlacığının kağıt yüzeyindeki davranışları incelendiğinde, baz kağıda yapılan kaplamalarda ikinci formülasyonda kullanılan baryum boratın yüzey enerjisini bir miktar arttırdığı gözlemlenmektedir. Baryum borat ve kitosanın birlikte kullanıldığı üçüncü formülasyonda da karışım oranları arttıkça kağıdın yüzey enerjisi bir miktar artmıştır.



Şekil 3.20. Bağlayıcı dekstrin ve katkı maddeleri kitosan, baryum borat olan formülasyonların yüzey gerilimi görselleri.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada; kendiliğinden düşük tutuşma ve doğal antimikrobiyal etkileri olan dolgu maddeleri kullanılarak doğal antimikrobiyal ve düşük tutuşma özelliğine sahip kağıt kaplamaların üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kağıt kaplama ajanı olarak dekstrin ve katyonik nişasta çözeltileri kullanılmıştır. Çalışma için tercih edilen kitosan, biberiye yağı, baryum borat dolgu maddelerinin doğal etkinliği, basılabilirlik özellikleri ve bağlayıcıların verimliliğe etkileri tartışılmıştır.

Kullanılan dolgu maddelerinin karışım yüzdeleri ve birlikte karışım yüzdeleri iki farklı bağlayıcı ile karşılaştırılarak renk, parlaklık, düşük tutuşma, antimikrobiyal ve yüzey özellikleri kriterlerine göre uygunluğu değerlendirilmiştir.

Katyonik nişasta ve dekstrin çözeltileri başarılı bir şekilde hazırlanmış ve kağıt yüzey kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplama malzemelerin içine baryum borat çözeltisi, biberiye yağı ve kitosandan oluşan dolgu maddeleri, belirlenmiş yüzdeler halinde ilave edilerek kaplama işlemleri başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Kaplama işlemlerinde dolgu maddesi olarak kullanılan kitosanın maksimum konsantrasyonunun %2 olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon seviyesinin üzerinde çıkıldığında polimer kaplama bağlayıcı ve yine polimer kitosanın karışımındaki polimer bağı artmış ve bağlayıcının kıvamında katılaşma olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda **KK3- KK4, KKBB3- KKBB4, DK3- DK4, DKBB3- DKBB4** formülasyonlarıyla sağlıklı kaplama işlemi yapılamamıştır. Hazırlanan formülasyonların harfsel ifadeleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Kaplama Formülasyonların harfsel ifadeleri.

Bağlayıcılar	Dolgu malzemeleri	Dolgu malzemeleri ve karışımların harfsel ifadeler
Katyonik nişasta (K)	Baryum borat (BB) Biberiye yağı (BY)	Baryum borat (KBB), Biberiye yağı (KBY), Baryum borat ve Biberiye yağı (KBBBY)
	Kitosan (K) Baryum borat (BB)	Kitosan (KK), Baryum borat (KBB), Kitosan ve Baryum borat (KKBB)
Dekstrin (D)	Baryum borat (BB) Biberiye yağı (BY)	Baryum borat (DBB), Biberiye yağı (DBY), Baryum borat ve Biberiye yağı (DBBBY)
	Kitosan (K) Baryum borat (BB)	Kitosan (DK), Baryum borat (DBB), Kitosan ve Baryum borat (DKBB)

Deneysel çalışmaların sonucunda;

Baz kağıt ve kaplanmış kağıtların LOI değerleri, bir FTT (Fire Testing Technology) tipi alet kullanılarak ölçülmüştür.

Kaplanmamış baz kağıtlarda LOI değeri %18.9 olduğu görülmüştür. Kaplama yapılmış bütün formülasyonlarda kaplamalar koruyucu görevi üstlenerek kağıdın alev geciktirici özelliğini güçlendirmiştir. Kaplamalardaki dolgu maddelerinin formülasyonlardaki yüzdesel miktarları arttıkça alev geciktirici özelliğinde arttığı gözlemlenmiştir. Karışımdaki bu artışın orantılı olması formülasyonların başarılı bir şekilde hazırlandığını göstermektedir. Katyonik nişasta ve dekstrine eklenen biberiye yağı ve baryum borat ile hazırlanmış formülasyon setleri incelendiğinde iki bağlayıcı içinde paralel sonuçlar elde edilmiştir. Katyonik nişasta ile alev geciktirici özelliği bulunan baryum boratın kullanıldığı ikinci ve üçüncü formülasyon setlerinde beklenildiği gibi dolgu maddesinin miktarı arttıkça düşük tutuşma özelliği kademeli olarak artmıştır. Bağlayıcı katyonik nişasta, biberiye yağı ve baryum boratın birlikte kullanıldığı üçüncü formülasyon seti incelendiğinde sadece baryum boratın kullanıldığı formülasyon setine göre bir miktar fazla alev geciktirici özellik kazandığı sonucuna varılmıştır.

Bu formülasyonlarda dolgu maddeleri biberiye yağı ve baryum boratın kullanılan her iki bağlayıcı için de olumlu sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Dolgu maddesi olarak kitosan ve baryum boratın kullanıldığı formülasyonların sonucunda sadece kitosan **KK1-KK4**, **DK1-DK4** kaplamalarda miktarı arttıkça baz kağıtlara oranla düşük tutuşma özelliğinin arttığı sonucuna varılmıştır. Kitosandaki nitrojen elementinin bulunması yanmayı geciktirmiştir. Baryum borat ve kitosanın birlikte kullanıldığı formülasyonlarda sadece baryum boratın kullanıldığı formülasyon setine göre düşük tutuşma özelliğini her iki bağlayıcı için de birbirine yakın LOI değerleri elde edilmiştir.

Bağlayıcı dekstrin ve katyonik nişasta ile kullanılan antimikrobiyal etkinliği olan dolgu maddeleri baryum borat, kitosan, biberiye yağı ile kaplanmış kağıdın *E. coli* g⁻ ve *S. aureus* g⁺ antimikrobiyal aktivitesi, inhibisyon bölgesi (Disk difüzyon yöntemi) kullanılarak tanımlanmıştır.

Katyonik nişasta ile kullanılan dolgu maddeleri biberiye yağı ve baryum borat ile hazırlanmış formülasyonlarda tümünde antimikrobiyal aktivite gerçekleşmiştir. Sadece biberiye yağının kullanıldığı birinci formülasyon setinde, biberiye yağının *S. aureus* bakterisine nazaran *E. coli* bakterisine karşı daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sadece

baryum boratın kullanıldığı ikinci formülasyon setinde ise her iki bakteri için biberiye yapından daha etkili olduğu ve ayrıca *S. aureus* bakterisinde biberiye yağından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. İki maddenin bulunduğu üçüncü formülasyon setinde her iki bakterileri içinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bağlayıcı dekstrinle yapılan formülasyonlarda birinci ve ikinci formülasyon setinde paralel sonuçlar elde edilmiştir. Her iki dolgu maddesinin kullanıldığı üçüncü formülasyon setinde *S. Aureus* bakterisine karşı daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bağlayıcı katyonik nişasta ile dolgu maddesi kitosan ve baryum borat ile hazırlanmış olan formülasyonlar incelendiğinde, kaplamalarda kullanılan bütün dolgu maddelerinde antimikrobiyal aktivite etkisi gerçekleşmiştir. En iyi antibakteriyel etki Kitosan ile *E. coli*'de, baryum borat ile *Saureus*'ta görülmüştür. Bağlayıcı dekstrinle kullanılan bu dolgu maddeleri için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bulgular değerlendirildiğinde bağlayıcıların çeşitleri dolgu maddelerinin etkinliğini sinerjik olarak bir miktar değiştirdiği sonucuna varılmıştır.

Baskısız kağıt kaplama formülasyonlarının renk ve parlaklık ölçümlerinde Spektrofotometre ve Glossmetre (75°) cihazları kullanılmıştır. Baskısız kaplamaların renk ve parlaklık değerleri alındığında katyonik nişasta ve dekstrinle yapılan kaplamalarda ΔE_{00} ve parlaklık değerlerinde önemli farklılıklar oluşmuştur. Bağlayıcı dekstrinle yapılan kaplamaların ΔE_{00} değeri incelendiğinde $\Delta E_{00}=5.479$ olarak görülmektedir. Bu değer katyonik nişastada $\Delta E_{00}=0.813$ olarak görülmektedir. Katyonik nişasta ile yapılan kaplamada renksel farklılıklar dekstrinle yapılan kaplamalara göre çok daha az olduğu belirlenmiştir. Baz kağıt referans alındığında bağlayıcılar içinde bu farkın oluşmasının sebebi, baz kağıdın rengi üzerinde a^* değeri baz kağıda oranla yeşile, b^* değeri ise sarıya doğru kaymıştır. Dekstrin ve katyonik nişasta ile formüle edilmiş dolgu maddelerinin renk ve parlaklık değerleri incelendiğinde katyonik nişasta ve dolgu maddeleri ile yapılmış olan kaplamalarda renk sapmaları dekstrin ile yapılan kaplamalardan daha az olmuştur. Katyonik nişasta ve dolgu maddeleri ile yapılan kaplamalarda ΔE_{00} değeri üç'ün altında yani gözle fark edilemeyecek düzeyde olduğu görülmüştür. Dekstrin ile yapılan kaplamanın renk değerleri incelendiğinde L^* açıklık değeri artmış, a^* ve b^* değerlerinde sapmalara neden olmuştur a^* değeri baz kağıda oranla yeşile, b^* değeri ise sarıya doğru kaymıştır. Ancak kullanılan dolgu malzemelerinin dekstrininle kaplanmış kağıt referans alındığında ΔE_{00} değeri üç'ün

altında kaldığı görülmektedir. Bu da dekstrinle kullanılan dolgu maddelerinin dekstrinin L*a*b* renk değerlerini kayda değer ölçüde değiştirmedeği sonucuna varılmıştır. Her iki bağlayıcı içinde dolgu maddelerinden kitosan ve biberiye yağının karışımındaki oranları arttıkça hafif renksel sapmalar olduğu görülmüştür. Bunun sebebi kullanılan dolgu maddelerinin kromofor gruplarıyla açıklanabilir. Baskısız kaplamalardaki parlaklık (75°) değerleri incelendiğinde katyonik nişasta ile yapılan kaplamaların dekstrinle yapılan kaplamalara oranla daha parlak sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Büyük polimer taneciklerine sahip dekstrinin ışığı daha az yansıtmasının bir sonucudur.

Kağıt kaplamaların yüzeyine Serigrafî baskı tekniği ile magenta renk mürekkep kullanılarak test baskıları yapılmıştır. Baskılı kağıtların densite değerleri 1.40 olarak belirlenmiştir. Bu değerdeki renk değerleri incelendiğinde renksel farklılıkların en az olduğu bağlayıcı dekstrin ile biberiye yağı ve baryum boratın kullanıldığı formülasyon setlerinde olduğu görülmektedir. Diğer formülasyonlardaki renk değerleri incelendiğinde tutarsız renk değerleri olduğu ve 12647-2 renk standartlarına göre kabul edilebilir değerde olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaplanmış numunelerin yüzey özellikleri Pocket Goniometer PGX+ 68-76 TMI makinası kullanılarak belirlenmiştir. Katyonik nişasta formülasyonunda kullanılan biberiye yağının karışıma eklenmesi ile beklenildiği gibi temas açısında artış olmuştur. Biberiye yağı, sıvı ile hidrofobi özellik göstermiştir. Sadece baryum boratın kullanıldığı kaplamada temas açısını düşürdüğü görülmektedir. Baryum borat ve biberiye yağının birlikte kullanıldığı kaplamalarda baryum borat ilavesinin kağıdın yüzeyinde oluşan hidrofobi sorununu giderdiği ve kağıdın basılabilirliğini iyileştirdiği görülmektedir. Kaplamalarda kullanılan baryum boratın yüzey gerilimini dengelediği sonucuna ulaşılabılır. Dekstrinle yapılan kaplamalarda birinci formülasyon setinde biberiye yağı hidrofili özelliği göstermemiştir.

Bu tez çalışmasının sonucunda katyonik nişasta ve dekstrin bağlayıcıları ile dolgu malzemesi olarak baryum borat, dekstrin ve biberiye yağı kullanılmıştır. Kullanılan dolgu malzemeleri kağıda antimikrobiyal özellik kazandırmış, LOI değerlerini ve basılabilirlik özelliklerini iyileştirmiştir. Farklı bağlayıcılarla birlikte kullanılan dolgu malzemelerinin etkileri bağlayıcı türüne göre çok az farklılıklar göstermiştir. Bu da bağlayıcıların çeşitlendirilerek artırılabilir olduğunu ve böylece potansiyel kullanım alanlarının genişletilebileceği anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda kağıdın niteliklerinin belirgin bir

şekilde arttırılması ve basılabilirlik özelliklerinin iyileştirilmesi ile aktif ambalajlamada, değerli evrak üretiminde ve duvar kağıdı üretiminde uygulanabilir olduğu ve ayrıca hijyen gerektiren gıda, sağlık ve hizmet gibi sektörlerde potansiyel kullanım alanları genişletilebilir.



KAYNAKLAR

Makale:

- Autio, K., Suortti, T., Hamunen, A., & Poutanen, K. (1992). Microstructural and physicochemical properties of oxidized potato starch for paper coating. *Starch-Stärke*, 44(10), 393-398.
- Aydın, D. Y., Gürü, M., Ayar, B., & Çakanyıldırım, Ç. (2016). Bor bileşiklerinin alev geciktirici ve yüksek sıcaklığa dayanıklı pigment olarak uygulanabilirliği. *Journal of BORON*, 1(1), 33-39.
- Ayhan, Z. (2016). Use of zeolite based ethylene absorbers as active packaging for horticultural products. In *Book of abstracts of International Congress-Food Technology, Quality and Safety*, 25-27.
- Aslam, M., Kalyar, M. A., & Raza, Z. A. (2018). Polyvinyl alcohol: A review of research status and use of polyvinyl alcohol based nanocomposites. *Polymer Engineering & Science*, 58(12), 2119-2132.
- Al-saleem, R. M., Al-Hilali, B. M., & Abboud, I. K. (2020). Mathematical Representation of Color Spaces and Its Role in Communication Systems. *Journal of Applied Mathematics*, 2020.
- Arman KE. (2020). Flame Retardant Hybrid Paper Coatings with PVA-Melamine/ Zinc Borat. *Journal of Graphic Engineering and Design*. 2020;11 (1):47-53.
- Akaria, S. A. Z., Hia, C., AN, W. A. H. A. W., Hmad, A., & Aco, H. A. K. (2015). Mechanical and Antibacterial Properties of Paper Coated with Chitosan (Sifat Mekanik dan Antibakteria bagi Kertas yang Disalut dengan Kitosan). *Sains Malaysiana*, 44(6), 905-911.
- Atti-Santos, A.C., Rossato, M., Pauletti, G.F., Rota, L.D., Rech, J.C., Pansera, M.R., Agostini, F., Serafini, L., Moyna, P. (2005) Physico-chemical evaluation of *Rosmarinus officinalis* L. essential oils. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48(6):1035–1039.

- Bahrami, A., Delshadi, R., Assadpour, E., Jafari, S.M., Williams, L. (2020). Antimicrobial loaded nanocarriers for food packaging applications. *Adv. Colloid Interface Sci.* 278:102140.
- Bashforth, F., & Adams, S. C. (1883). An attempt to test the theories of capillarity.
- Çölük, G., Ural, E., & Kandırmaz, E. A. (2022). Flame retardant and antimicrobial paper coatings with rosemary oil and baryum borate. *Cellulose Chemistry and Technology.* 873-880.
- Çiçek Ö., B. (2021). Çapraz Bağlı Kitosan/Selüloz/Grafen Kompozitinin Şişme Davranışlarının İncelenmesi. *Firat University Journal of Engineering*, 33(1).
- Çiğil, A. B., Kandırmaz, E. A., Birtane, H., & Kahraman, M. V. (2019). Thermal, optical and electrical properties of UV-curing screen-printed glass substrates. *Polymer Bulletin*, 76, 4355-4368.
- Dollion, A. Y., Meylan, S., Marquis, O., Leroux-Coyau, M., & Herrel, A. (2022). Do male panther chameleons use different aspects of color change to settle disputes?. *The Science of Nature*, 109(1), 1-14.
- de Azeredo, H. M. C., Mattoso, L. H. C., & McHugh, T. H. (2011). Nanocomposites in food packaging—a review. *Advances in diverse industrial applications of nanocomposites*, 57-78.
- Dodson, C. T., Oba, Y., & Sampson, W. W. (2001). On the distribution of mass, thickness and density in paper. *Appita journal*, 54(4), 385-389.
- Egry, I., Ricci, E., Novakovic, R., & Ozawa, S. (2010). Surface tension of liquid metals and alloys—recent developments. *Advances in colloid and interface science*, 159(2), 198-212.
- Yakut, A. (2012). Geri dönüştürülebilir kullanılmış kağıttan yeni kağıt üretiminin irdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 127, 69-75.
- Gherardi R, Becerril R, Nerin C, Bosetti O. (2016). Development of a multilayer antimicrobial packaging material for tomato puree using an innovative technology. *LWT-Food Sci Technol* 72:361–7.

- Gustafsson, P.A. Larsson, L. Wågberg, (2012). Treatment of cellulose fibres with polyelectrolytes and wax colloids to create tailored highly hydrophobic fibrous networks, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 414 415–421.
- Gonnet, J. F. (1993). CIELab measurement, a precise communication in flower colour: an example with carnation (*Dianthus caryophyllus*) cultivars. *Journal of horticultural science*, 68(4), 499-510.
- Guo, Y. H., Li, S. C., Wang, G. S., Ma, W., & Huang, Z. (2012). Waterborne polyurethane/poly (n-butyl acrylate-styrene) hybrid emulsions: Particle formation, film properties, and application. *Progress in Organic Coatings*, 74(1), 248-256.
- Han, J.H. (2003). Antimicrobial Food Packaging, In: Novel Food Packaging Techniques, Edited by Raija Ahvenainen, Woodhead Publishing in Food Science and Technology. *The University of Manitoba Canada*. 50-70.
- Houlsby, R. D., Ghajar, M., & Chavez, G. O. (1986). Antimicrobial activity of borate-buffered solutions. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 29(5), 803-806.
- Hani Tabaie Zavareh, S. A., & Ardestani, F. (2020). Antibacterial effects of chitosan coating containing *Mentha aquatica* L. essence against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in Iranian white cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 585-593.
- Hunt, R. W. G. (2005). *The reproduction of colour*. John Wiley & Sons. S. 396.
- İleri, R. (1998). Çevre eğitimi ve katılımın sağlanması. *Ekoloji Dergisi*, 7. (28): 3-9.
- Ishihara, S. ve Maku, T. (1972). Katyonik Melamin-Formaldehit Yoğuşma Ürünleri ile İşlenmiş Ahşap ve Filtre Kağıdının Yangına Dayanıklılık Özellikleri: İnorganik Asitlerin Yangına Dayanıklılık Verimlerine Etkisi. *Ahşap araştırması: Kyoto Üniversitesi Ahşap Araştırma Enstitüsü bülteni*, 52, 72-89.
- Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y. J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C. J., ... & Liu, X. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. *Environmental toxicology and pharmacology*, 32(1), 63-68.
- JAFARI-SALES, A., & Pashazadeh, M. (2020). Study of chemical composition and antimicrobial properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil on

- Staphylococcus aureus and Escherichia coli in vitro. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 3(1), 62-69.
- Kandirmaz, E. A., & Ozcan, A. (2019). Antibacterial effect of Ag nanoparticles into the paper coatings. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 34(4), 507-515.
- Kandirmaz, E. A. (2021). Fabrication of rosemary essential oil microcapsules and using in active packaging. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 36 (2), 323-330.
- Kandirmaz, E., Birtane, H., Beyler Cigil, A., Ozcan, A. (2020). pH-controlled lavender oil capsulation with ABA-type block copolymer and usage in paper coating. *Flavour Fragr. J.* 35(2):174–181.
- Kamkar, A., Molaee-Aghaee, E., Khanjari, A., Akhondzadeh-Basti, A., Noudoost, B., Shariatifar, N., ... & Soleimani, M. (2021). Nanocomposite active packaging based on chitosan biopolymer loaded with nano-liposomal essential oil: Its characterizations and effects on microbial, and chemical properties of refrigerated chicken breast fillet. *International Journal of Food Microbiology*, 342, 109071.
- Kilinc, M., Cakal, G. O., Bayram, G., Eroglu, I., & Özkar, S. (2015). Flame retardancy and mechanical properties of pet-based composites containing phosphorus and boron-based additives. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(22).
- Kennedy, H. M. (1989). Starch and dextrin-based adhesives. Adhesives from renewable resources. *American Chemical Society*, 385, 326–336.
- Kiraz, M. N. (2014). Kağıt Konservasyonunda Kullanılan Yapıştırıcılar (The Adhesives For Use In Paper Conservation). *Art-Sanat*, (1), 171-178.
- Luo, M. R., Cui, G., & Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 26(5), 340-350.
- Lavoine, N., Desloges, I., Khelifi, B., & Bras, J. (2014). Impact of different coating processes of microfibrillated cellulose on the mechanical and barrier properties of paper. *Journal of Materials Science*, 49(7), 2879-2893.

- Laorenza, Y., & Harnkarnsujarit, N. (2021). Carvacrol, citral and α -terpineol essential oil incorporated biodegradable films for functional active packaging of Pacific white shrimp. *Food chemistry*, 363, 130252.
- Lee K-Y, Lee J-H, Yang H-J, Song KB. (2016). Characterization of a starfish gelatin film containing vanillin and its application in the packaging of crab stick. *Food Sci Biotechnol* 25(4):1023–8.
- Li, X., Tian, J., & Shen, W. (2010). Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors. *Cellulose*, 17(3), 649-659.
- Lee, H. L., Shin, J. Y., Koh, C. H., Ryu, H., Lee, D. J., & Sohn, C. (2002). Surface sizing with cationic starch: Its effect on paper quality and papermaking process. *Tappi J*, 1(1), 34-40.
- LI, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the total environment*, 566, 333-349.
- McKinlay, J. B., Vieille, C., & Zeikus, J. G. (2007). Prospects for a bio-based succinate industry. *Applied microbiology and biotechnology*, 76(4), 727-740.
- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Colour difference ΔE -A survey. *Mach. Graph. Vis*, 20(4), 383-411.
- Ma, C., Pang, H., Liu, H., Yan, Q., Li, J., & Zhang, S. (2021). A tough, adhesive, self-healable, and antibacterial plant-inspired hydrogel based on pyrogallol–borax dynamic cross-linking. *Journal of Materials Chemistry B*, 9(20), 4230-4240.
- Matche RS, Sreekumar RK, Raj B. (2011). Modification of linear low-density polyethylene film using oxygen scavengers for its application in storage of bun and bread. *J Appl Polym Sci* 122(1):55–63.
- Meier, S., Moore, F., Morales, A., González, M. E., Seguel, A., Meriño-Gergichevich, C., ... & Mejías, J. (2020). Synthesis of calcium borate nanoparticles and its use as a potential foliar fertilizer in lettuce (*Lactuca sativa*) and zucchini (*Cucurbita pepo*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 151, 673-680.

- Minozzi, M., Lattanzi, G., Benz, R., Costi, MP, Venturelli, A., & Carloni, P. (2011). Bor bazlı bir β -laktamaz inhibitörünün hücre zarından geçişi. *PLoS Bir*, 6 (8), e23187.
- Mirmehdi, S., de Oliveira, M. L. C., Hein, P. R. G., Dias, M. V., Sarantopoulos, C. I. G. D. L., & Tonoli, G. H. D. (2018). Spraying cellulose nanofibrils for improvement of tensile and barrier properties of writing & printing (W&P) paper. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 38(3), 233-245.
- Mukurumbira, A. R., Shellie, R. A., Keast, R., Palombo, E. A., & Jadhav, S. R. (2022). Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active packaging. *Food Control*, 108883.
- Mojaddar Langroodi, A., Nematollahi, A., & Sayadi, M. (2021). Chitosan coating incorporated with grape seed extract and *Origanum vulgare* essential oil: an active packaging for turkey meat preservation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(3), 2790-2804.
- Nassau, K. (Ed.). (1997). *Color for science, art and technology*. Elsevier. S.3.
- Özcan, A., Zelzele, Ö. B. (2017). The Effect of Binder Type on the Physical Properties of Coated Paper, *MSU Journal of Sci.* Vol.5(1), 399-404.
- Ozcan, A., Kandirmaz, E. A., & Buyukpehlivan, G. A. (2023). Chitosan-titanium nanoparticle coated papers for active packaging. *Journal of Food Engineering*, 356, 111584.
- Özcan, A., Kandirmaz, E. A., Hayta, P., & Mutlu, B. (2019). Examination of the effect of melamine as a filler in paper coatings on print quality. *Cellul. Chem. Technol*, 53(3-4), 307-313.
- Özcan A.; (2008) "Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün L*a*b* Değerleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi" *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* Yıl:7 Sayı:14 Güz, s.53.
- Poynton, C. (1997). Frequently asked questions about color. *Retrieved June, 19, 2004.* 3.
- Mureinik, R.J., (1998)." Flame Retardants", *Industrial Minerals*, No: 364, pp: 45-49, Jan.

- Rastogi, V. K., & Samyn, P. (2015). Bio-based coatings for paper applications. *Coatings*, 5(4), 887-930.
- Schuman, T., Wikström, M., & Rigdahl, M. (2004). Coating of surface-modified papers with poly (vinyl alcohol). *Surface and Coatings Technology*, 183(1), 96-105.
- Santoso, A., & Sutigno, P. (2004). Pengaruh tepung gaplek dan dekstrin sebagai ekstender perekat urea formaldehida terhadap keteguhan rekat kayu lapis kapur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 22(2), 61-68.
- Shen, Z., Kwon, S., Oh, K., Abhari, A. R., & Lee, H. L. (2019). Facile fabrication of hydrophobic cellulosic paper with good barrier properties via PVA/AKD dispersion coating. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 34(4), 516-524.
- Sharma, M., Aguado, R., Murtinho, D., Valente, A. J., De Sousa, A. P. M., & Ferreira, P. J. (2020). A review on cationic starch and nanocellulose as paper coating components. *International journal of biological macromolecules*, 162, 578-598.
- Sharma D. K., Rani R. (2016). Analysis of The Relationship Between Solid Ink Density, Dot Gain and Print Contrast in Digital Printing. *International Journal of Science, Engineering & Computer Technology*, 6(2), 130-131.
- Printer Technical Service. (2013). Defining and Communicating Color: The CIELAB System; Sappi Fine Paper North America Inc.: Skowhegan, ME, USA, 1-8.
- Tektaş E., Mergen A., Eti Holding A.Ş. Genel Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Çinko Borat Üretimi Ön Fizibilite Etüdü, (2003).
- Takma, D. K., & Nadeem, H. Ş. (2019). Gıdalarda Akıllı Ambalajlama Teknolojisi ve Güncel Uygulamalar. *GIDA/The Journal of FOOD*, 44(1).
- Tank, T., & Özden, Ö. (1993). Etiketlik kağıtların kıvrılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 43(2), 31-40.
- Tutak, D. (2014). Ambalaj Baskılarında Kullanılan Farklı Karton Yüzeylerinin Renk Evreni Karşılaştırması. *AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*, 5(17), 57-66.
- Thwaites, A. Wingfield, C. Wieser, E. Soltan, A. Marslen-Wilson, W. D. and Nimmo-Smith, I. (2018). "Entrainment to the CIECAM02 and CIELAB colour appearance models in the human cortex,". *Vision Research*, vol. 145, pp. 1–10.

- Ural, E., & Kandirmaz, E. A. (2018). Potential of fish scales as a filling material in surface coating of cellulosic paper. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 16(1), 23-27.
- Vaezi, K., Asadpour, G., & Sharifi, S. H. (2019). Effect of coating with novel bio nanocomposites of cationic starch/cellulose nanocrystals on the fundamental properties of the packaging paper. *Polymer Testing*, 80, 106080.
- Vartiainen, J., Motion, R., Kulonen, H., Rättö, M., Skyttä, E., & Ahvenainen, R. (2004). Chitosan-coated paper: effects of nisin and different acids on the antimicrobial activity. *Journal of Applied Polymer Science*, 94(3), 986-993.
- Yaseen, R. H., Mahmood, R., & Darweesh, M. (2018). Color spaces representation and its role in the architectural design. *International Review of Civil Engineering*, 9(5), 202.
- Yakut, A. (2012). Geri dönüştürülebilir kullanılmış Kağıttan yeni Kağıt üretiminin irdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 127, 68-74.
- Zakaria, S., Chia, C. H., Ahmad, W., Kaco, H., Chook, S. W., & Chan, C. (2015). Mechanical and antibacterial properties of paper coated with chitosan. *Sains Malays*, 44, 905-911.
- Zhang, Z., Ma, Z., Leng, Q., & Wang, Y. (2019). Eco-friendly flame retardant coating deposited on cotton fabrics from bio-based chitosan, phytic acid and divalent metal ions. *International journal of biological macromolecules*, 140, 303-310.
- Quintavalla, S., Vicini, L., (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62 (3): 373-380.
- Qin, Y., Li, W., Liu, D., Yuan, M., & Li, L. (2017). Development of active packaging film made from poly (lactic acid) incorporated essential oil. *Progress in Organic Coatings*, 103, 76-82.

Bildiri:

- Çölük, G. ve Ural, E, (2023). Investigation of Flame Retardant and Antimicrobial Properties of Papers Coated with Baryum Borate Added Dextrin-Cationic Starch.

4. 4th International Printing Technologies Symposium, 5-6 October, İstanbul, Turkey 133-142

Erkan, Z. E., & Malayoğlu, U. (2001). Kağıt-Karton Sanayiinde Kullanılan Endüstriyel Hammaddeler ve Özellikleri. 4. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 18-19 Ekim, İzmir, Türkiye, 250-257.

Kaya, M., & Oz, D. (1999). Mineral esaslı alev geciktirici ve duman bastına katkı maddeleri. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15 Ekim, İzmir, Türkiye, 14-15.

Sabah, E., & Erkan, Z. E. (2004). Kağıt Üretim Teknolojisini Değiştiren Mineral: Kalsiyum Karbonat (CaCO₃), *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 13-14 Mayıs, İzmir, Türkiye, 101-109.

S. Sönmez And Ö. Özden, (2018). Basılabilirlikte Yüzey Tutkallamanın Önemi, 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 01-03 Kasım, İstanbul Türkiye, 881-886.

Tutuş, A., Kılılı, U., Günderen, F., & Çiçekler, M. (2018). Kuşe karton üretimi üzerine bir araştırma. In *International Artvin Symposium*, 18-22 Ekim, Artvin, Türkiye, 937-948.

Tutuş, A., Çiçekler, M., Kazaskeroğlu, Y., & Müdüroğlu, M. (2017). Çöktürülmüş Kalsiyum Karbonat (PCC)'in Kağıdın Optik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. 8. *Endüstriyel Mineraller Sempozyumu*, 29-30 Kasım 2012, İstanbul, Türkiye. 147-152.

Özcan A., Zelzele Ö.B Elektrofotografik (2018). Dijital Baskıda Kaplanmış Kağıtların Mürekkep Giderme Özelliklerinin İncelenmesi I. *International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology*, 04- 06 Eylül Rome, İtalya, cilt.1, sa.1, ss.183-190.

Kitap:

Lawrence, A., & WILSON, N. (2008). Matbaacının Kağıt Hakkında Bilmesi Gerekenler. *İstanbul, Basev Yayınları*.

Yanık, H. (2004). *Masaüstü yayıncılık*. Pınarbaş Matbaacılık.

- Holik H., (2006). *Handbook of Paper and Board*, Willey, John&Sons Inc.
- Green P.; (1995). “*Understanding Digital Color*”. Graphic Arts Technical Foundation, Pittsburgh, USA.
- Pratima, B., (2018). Biermann's Handbook of Pulp and Paper (Third Edition). Chapter 24 Process Control: Elsevier, 2018. (online)
- Üçüncü, M., (2011). Gıda Ambalajlanma Teknolojisi. Ambalaj Sanayiciler Derneği. İstanbul.

Tez:

- Arvidsson, S. (2014). *The difference between fine paper and paperboard-Development of an assisting tool for material decision*, Master's thesis, Chalmers University, Gothenburg, Sweden, 8.
- Ayar B., (2007). *Çinko borat sentezi ve yüksek sıcaklıkta pigment olarak kullanılabilirliği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 30.
- Bolat, K. (2020). *Haşıl uygulamalarında sentetik polimerler yerine nişasta bazlı polimerlerin kullanılması*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Türkiye ,9-11.
- Bozkurt, C. (2013). *Atık kağıt geri dönüşüm liflerinden üretilen kağıtların özelliklerinin araştırılması* (Doctoral dissertation, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). Türkiye, 8-11.
- Er D. (2021). *Matbaa mürekkeplerinde kullanılabilir renkli mikrokapsül üretimi ve basılabilirlik özelliklerinin incelenmesi* Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basım Teknolojileri Pr. Yüksek Lisans Tezi, 15.
- Işık, S. (2018). *Bor Nitrür Kaplanmış İmplantların Antibakteriyel Etkinliğinin İncelenmesi*. (Uzmanlık Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 45.
- Kartal, S., (2010). *Çileğin Raf Ömrünün Mikroperfore Filmler ve Oksijen Tutucular Kullanılarak Denge Modifiye Atmosfer İle Arttırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Çanakkale, Türkiye, 31-32.

Olsson, R. (2007). *Some aspects on flexographic ink-paper and paperboard coating interaction* PhD Thesis. Fakulteten för teknik-och naturvetenskap, Sweden, 3.

Tetik, M. (2021). *Kağının geridönüşüm prosesleri*, Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). Balıkesir, Türkiye 34-47.

Wretstam, S. (2018). Characterization of property variations in paperboard samples. degree of Master, KTH, School of Engineering Sciences in Chemistry, Biotechnology and Health (CBH), Stockholm, Sverige, 6.

Elektronik Yayınlar:

<https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>

ISO, (2013), ISO 12647-2 Grafik Teknolojisi, Bölüm 2, Ofset baskı prosesi

<https://www.xrite.com/categories/densitometers> (25.01.2022)

ÖZGEÇMİŞ

