

**RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜNDE
HAMURLAŞTIRMA KADEMESİ SIRASINDA ÖN AĞARTICI OLARAK
FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT KULLANIMI**

Sinem LALOĞLU

**Yüksek Lisans
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN**

2017

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜNDE
HAMURLAŞTIRMA KADEMESİ SIRASINDA ÖN AĞARTICI OLARAK
FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem LALOĞLU

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN**

Artvin 2017

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Renkli Ofis Kağıtlarının Geri Dönüşümünde Hamurlaştırma Kademesi Sırasında Ön Ağartıcı Olarak Formamidin Sülfirik Asit Kullanımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr Emrah PEŞMAN ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/04/2017

Sinem LALOĞLU
İmza

ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜNDE HAMURLAŞTIRMA
KADEMESİ SIRASINDA ÖN AĞARTICI OLARAK FORMAMİDİN SÜLFİNİK
ASİT KULLANIMI

Sinem LALOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : .../.../2017

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : .../.../2017

Tez Danışmanı: Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

.....
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Renkli Ofis Kağıtlarının geri Dönüşümünde Hamurlaştırma Kademesi Sırasında Ön Ağartıcı Olarak Formamidin Sülfirik Asit Kullanımı” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Elde edilen verilerinin analiz edilmesinde ve tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen hocam Arş. Gör. Türker GÜLEÇ'e, çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Mehtap PARLAK'a teşekkür ederim.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Sinem LALOĞLU

Artvin – 2017

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ÖNSÖZ | I |
| TABLOLAR DİZİNİ | VII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | IX |
| KISALTMALAR DİZİNİ..... | X |
| ÖZET XI | |
| ABSTRACT..... | XI |
| GİRİŞ 1 | |
| 1.1. Genel Bilgiler..... | 1 |
| 1.2. Atık Ofis Kâğıtlarından Kâğıt Hamuru Üretimi | 4 |
| 1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi..... | 5 |
| 1.2.3. Kesafet Artırma İşlemi..... | 7 |
| 1.3. Hamurlaştırma İşleminde Kullanılan Kimyasal Maddeler | 8 |
| 1.3.1. Sodyum Hidroksit | 8 |
| 1.3.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS) | 8 |
| 1.3.3. Sodyum Silikat | 9 |
| 1.3.4. EDTA | 10 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR | 11 |
| 2.1. Materyal | 11 |
| 2.1.1. Hammadde | 11 |
| 2.1.2. Hamurlaştırma işleminde kullanılan kimyasal maddeler..... | 11 |
| 2.1.2.1. Sodyum Hidroksit | 11 |
| 2.1.2.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS) | 12 |
| 2.1.2.3. Sodyum Silikat ve EDTA | 12 |
| 2.1.2.4. Su | 12 |
| 2.2. Metot | 13 |
| 2.2.1. Hamurlaştırma İşlemi..... | 13 |
| 2.2.2. Kesafet Artırma İşlemi..... | 16 |
| 2.3. Uygulanan Fiziksel Analizler..... | 16 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.1. Fiziksel Analizler için Test Kâğıtlarının Hazırlanması..... | 16 |
| 2.3.2. Fizikler Analizler için Test Kâğıtlarının Şartlandırılması..... | 17 |
| 2.3.3. Optik Testler..... | 17 |
| 2.3.3.1. Test Kâğıtlarına ait ISO Parlaklık Ölçümü | 17 |
| 2.3.3.2. Test Kâğıtlarına ait CIE Beyazlık İndeksi (WI) Ölçümü..... | 18 |
| 2.3.3.3. Test Kâğıtlarına ait CIE L *a* b* Renk Değerlerinin Ölçümü..... | 18 |
| 2.3.3.4. Test Kâğıtlarının UV Spektrometrede Ölçülmesi | 19 |
| 2.3.4. Test Kâğıtlarına Uygulanan Fiziksel Testler..... | 19 |
| 2.3.4.1. Rutubet, Gramaj, Kalınlık ve Yoğunluk Tayini..... | 19 |
| 2.3.4.2. Kopma Testi | 19 |
| 2.3.4.3. Yırtılma Testi | 20 |
| 3. BULGULAR..... | 21 |
| 3.1. Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH Değerlerine ait Bulgular | 21 |
| 3.1.1. Hamurlaştırma İşlemi Sonrası Optik Özelliklerine ait Bulgular..... | 23 |
| 3.1.2. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular | 24 |
| 4. TARTIŞMA | 27 |
| 4.1. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan FormamidinSülfünik Asidin Renkli Ofis Kâğıtlarının Optik Özellikleri Üzerine Etkisi | 27 |
| 4.1.1.Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan FormamidinSülfünik Asidin Renkli Ofis Kağıtlarının ISO Parlaklık DeğerleriÜzerineEtkisi | 27 |
| 4.1.2. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi için Kullanılan Formamidinsülfünik asidin Renkli Ofis Kağıtlarının CIE L*a*b* Renk Değerleri Üzerine Etkisi | 29 |
| 4.2. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi için Kullanılan Formamidinsülfünik asidin Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 34 |
| 4.2.1. Formamidin Sülfünik Asidin Yeşil Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 35 |
| 4.2.2. Formamidin sülfünik asidin Kırmızı Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 37 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.3. Formamidin sülfünik asidin Sarı Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 38 |
| 4.2.4. Formamidin sülfünik asidin Mavi Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 40 |
| 4.2.5. Formamidin sülfünik asidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi | 42 |
| 4.3. Optimum Formamidin Sülfünik Asit Oranının Belirlenmesi | 43 |
| 4.4. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Formamidin Sülfünik Asidin Renkli Ofis Kağıtlarının Sağlık Özellikleri Üzerine Etkisi | 44 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 46 |
| KAYNAKLAR | 50 |
| ÖZGEÇMİŞ | 53 |

TABLULAR DİZİNİ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1. NaOH, FAS, Sodyum Silikat ve EDTA' nın değişken parametre olduğu hamurlaştırma işlemine ait proses şartları..... | 15 |
| Tablo 2. FAS' ın değişken parametre olduğu iç akışı sırasında ölçülen PH değerleri | 22 |
| Tablo 3. FAS' ın değişken parametre olduğu iç akışında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular. | 24 |
| Tablo 4. Hamurlaştırma işlemi sonrası bazı hamurların test kâğıtlarından ölçülen fiziksel özelliklerine ait bulgular. | 26 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Bazı Kimyasal maddeler. | 12 |
| Şekil 3. Elde edilen hamur örnekleri..... | 14 |
| Şekil 4. Optik testler için test kâğıdı hazırlama işlemi. | 16 |
| Şekil 6. Fiziksel özelliklere ait kopma testi. | 25 |
| Şekil 7. FAS ön ağartma işlemi sonrası hamurların % ISO Parlaklık değerleri | 28 |
| Şekil 8. FAS ön ağartma işlemi sonrası hamurların CIE L*a*b* değerleri..... | 30 |
| Şekil 9. FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kâğıtlarının $\Delta E_{CIE2000}$ ve ΔE_{CIE76} değerleri. | 32 |
| Şekil 10. FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kâğıtlarının beyazlık değerleri (WI)..... | 34 |
| Şekil 11. FAS ön ağartmasının yeşil renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi..... | 36 |
| Şekil 12. FAS ön ağartmasının yeşil renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi | 36 |
| Şekil 13. FAS ön ağartmasının kırmızı renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi..... | 37 |
| Şekil 14. FAS ön ağartmasının kırmızı renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi..... | 38 |
| Şekil 15. FAS ön ağartmasının sarı renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi..... | 39 |
| Şekil 16. FAS ön ağartmasının sarı renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi..... | 39 |
| Şekil 17. FAS ön ağartmasının mavi renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi..... | 41 |
| Şekil 18. FAS ön ağartmasının mavi renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi..... | 41 |
| Şekil 19. FAS ön ağartmasının karışık renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi..... | 42 |
| Şekil 22. Hamurlaştırıcıda ilave edilen FAS oranının farklı renkteki ofis kâğıtlarının gerilme indeksleri üzerine etkisi. | 45 |

KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------|----------------------------------------------|
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| CIE | Commission Internationale de l'Eclairage |
| CEPAC | Confederation of the European Paper Industry |
| EDTA | Etilendiamintetraasetik Asit |
| FAS | Formamidin Sülfirik Asit |
| ISO | International Standards of Organisations |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |
| WI | Whitness Index (Beyazlık İndeksi) |

ÖZET

RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜNDE HAMURLAŞTIRMA KADEMESİ SIRASINDA ÖN AĞARTICI OLARAK FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT KULLANIMI

Azalan orman kaynakları karşısında kaynakların daha verimli kullanılması amacıyla atık kâğıtların mümkün olduğunca değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte bazı kâğıt türlerinin geri dönüşümü çok kolay olurken boyalı kâğıtlar gibi bazı kâğıt türleri ise önemli sorunlara neden olabilmektedir. Renklendirilmiş kâğıtlar hamurlaştırma işlemi sırasında diğer lifleri de boyayabilmekte ve bu renklerin uzaklaştırması sorun oluşturmaktadır. Bu boyar maddeler lifler ile fiziksel bir etkileşim yapmadıkları aksine lifler üzerine absorblandıkları için yıkama ve yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma gibi faz ayırma yöntemleri ile uzaklaştırılmamaktadır. Bu tür kâğıtların hamurlaştırıcıda ve ağartma kulelerinde renklerinin kırılması gerekmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada farklı renkler ile renklendirilmiş ofis kâğıtlarının hamurlaştırıcı içerisinde formamidin sülfirik asit (FAS) ile ön ağartılması çalışılmıştır. Çalışmada renkli ofis kâğıtları ¼ oranında beyaz ofis kâğıtları ile karışım halinde kullanılmıştır. Ön ağartma için FAS %0,25, %0,50, %0,75, %1,00 ve 2,00 oranlarında hamurlaştırıcıya ilave edilmiştir. Ayrıca çalışmada FAS ağartmasının farklı renkler üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Test kâğıtlarına uygulanan $L^*a^*b^*$ (Renk değerleri) , ΔE (Renk değişimi) ve 220-900nm arasındaki reflektans ve absorpsiyon spektrumlarına göre renklerin indirgenebilme kolaylıkları sarı, kırmızı, yeşil ve mavi olarak sıralanmıştır. Dört rengin karışımında %2 FAS kullanımı ile %34,54'lük bir renk değişimi elde edilmiştir. Çalışmada test kâğıtlarının kopma ve yırtılma dirençleri de belirlenmiş ve sağlamlık özelliklerinde az miktarda azalma gözlenmiştir. Çalışma sonucunda en optimum FAS oranı %1 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen tez çalışması ile oksidatif hidrojen peroksit yerine kuvvetli indirgen olan FAS ile ön ağartma işlemine uğratılmasının renk uzaklaştırmada etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Formamidinsülfirik asit, ön-ağartma, $L^*a^*b^*$ renk değerleri, renkli ofis kâğıdı, hamurlaştırıcı

ABSTRACT

USE OF FORMAMIDINE SULFONIC ACID AS PRE-BLEACHING REAGENT DURING THE PULPING OF COLORED OFFICE PAPER

It is necessary to make effective recycling of waste paper due to declining forest resources. However, some papers are easy to recycle, deink or bleach, while others create problems. For example dye colored office papers cause serious problem in pulping stage. Even if a small amount of colored waste paper fibers are mixed with colorless fibers, the dyestuff separated from the colored paper fiber will also stain other fibers. These dyestuff do not interact physically with the fibers, they are absorbed on the fibers and can not be removed by phase separation methods such as flotation or washing deinking. Such papers need to be stripped their colors at the pulper (pre-bleaching) and bleaching tower (post-bleaching). For this reason, in this study, the possibility of FAS utilization instead of peroxide for pre-bleaching of colored office paper in the stage of pulping has been investigated. In the study, colored office papers mixed to colorless office paper as 1:4 ratio. FAS was added as 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% and 2.00% into pulper. In addition, the effects of FAS bleaching on different colors were also examined. Reduction ability of colors with FAS were listed as yellow, red, green and blue according to $L^*a^*b^*$, ΔE and reflectance – absorbance spectrum at 220-900nm wavelength. The color difference (ΔE) of mix colored office paper (brown) fibers were calculated as 34.54 with 2% FAS. In the study, the tensile and tear indexes of the test papers were also determined and a small decrease in the strength properties was observed. As a result of the study, the optimum FAS rate was determined as 1%. It has been observed that pretreatment with FAS, which is a strong reducing agent instead of weak oxidative hydrogen peroxide, during the pulping of office colored papers by the thesis work, gives effective results in color stripping.

Keywords: Formamidinesulfonic acid, pre-bleaching, $L^*a^*b^*$ color values, colored office paper, Pulper

GİRİŞ

Yapılan bu çalışmada renkli ofis kâğıtlarından hamurlaştırma işlemiyle mürekkebin uzaklaştırılması ve yüksek kalitede beyaz kâğıtların elde edilmesi amaçlanmış olup renkli ofis kâğıtlarının hamurlaştırılmasında kullanılan kimyasalların mürekkep uzaklaştırma etkinliği, hamurun optik özellikleri ve işlem verimliliği etkisi araştırılmıştır. En az verim kaybı ile en etkili mürekkep uzaklaştırma derecesi % 2 mol FAS kullanılarak elde edilmiştir. Hamurlaştırma işlemi sonrası hamurun ISO parlaklığı, CIE L*a*b* renk değerleri, CIE beyazlık indeksi, UV spektrofotometre değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

1.1. Genel Bilgiler

Dünya Ülkelerinin gelişmesi ile beraber birçok alanda yeni ihtiyaçlar doğmuştur. Günümüzde en yaygın bilgi taşıma aracı olarak kâğıtlar bu ihtiyaçların hala en önemlilerindedir. İlk nüshaları çok farklı çeşitlerde olup, kullanımı 2000-2500 yıllarına dayanan ve papirüs adı verilen kâğıdın gelişim süreci çok hızlı olmuştur. Artan talepler ve gelişen teknoloji kâğıdın yapılışını ve yapısal özelliklerini hızlı bir şekilde değiştirmiştir. 18. Yüzyıl sonuna kadar doğal kaynaklardan elde edilen kimyasal katkı maddeleri kâğıt mukavemetini, yazma ve baskı özelliklerini, kâğıt beyazlığını artırmak için ve kâğıda renk vermek için kullanılmıştır. Kâğıt makinelerinin icadı ile birlikte kimyasallar endüstriyel kâğıt üretimine de katkıda bulunmaya başlamıştır. Böylece doğal içerikli olan kâğıt malzemeleri zamanla farklı kimyasallar içermeye başlamıştır (Yaylı, 2013).

Tarihin başlangıcından beri atalarımız tarafından fildişi, taş, metal, kumaş, ağaç kabuğu gibi materyaller yazı yazmak amaçlı kullanılmış olmasına rağmen parşömen, papirüs ve kâğıt en çok kullanılanlar olmuştur (Manso v.d. , 2007), yazı amaçlı kullanılan bu materyallerdeki elementlerin konsantrasyonları ve tüylerini belirlemek onların yaşlarını, köklerini ve üretimlerindeki kullanılan teknolojiyi belirlemek için

oldukça önemli olup, ayrıca korunup saklanmaları için de bir o kadar önemlidir (Manso v.d. , 2006-2007) .

Paçavra ve antik kâğıtlar uzun selüloz liflerden yapılmışken, piyasada günümüzde olan kâğıtların birçoğu kısa liflerden, hemiselüloz ve ligninden yapılmaktadır. Bu durum kâğıt içeriğinin zamanla saf selülozdan bol miktarda kullanılan lignin ve hemiselüloz içeriğine kaydığını göstermektedir (Manso v.d. , 2008).

Atık kâğıdın kullanımını tarihsel olarak çok eskilere götürmek mümkünse de ticari anlamda ilk girişim 1800' lü yılların başında İngiltere' de bir kâğıt fabrikasında atık kâğıtların kullanılmasının devreye girmesiyle gerçekleşmiştir (Couture, 1994). Akademik anlamda ise, ilk defa ABD' de 1886 yılında kapsamlı bir kitap içerisinde kâğıtçılara yönelik atık kâğıt değerlendirilmesi ile ilgili bir bölüme yer ayrılmıştır (Davis, 1886), ardından 1918 yılında tamamı atık kâğıt değerlendirilmesine yönelik İngiltere' de bir kitap yayımlanmıştır (Strachan, 1918).

Dünya' da ikinci Dünya savaşından sonra, atık kâğıtlar özellikle Japonya ve Avrupa ülkelerinde, kâğıt endüstrisi için vazgeçilmez lifsel hammadde kaynağı haline almıştır. Bunun yanında geri dönüşüm teknolojilerinde ve geri kazanma organizasyonlarında büyük gelişmeler kaydedilmiştir (Mckinney, 1995).

Günümüzde, kâğıt endüstrisi için üretilen lif bileşiminin % 58' lik bölümü yıllık bitkilerden ve odundan karşılanırken geriye kalan % 42' lik bölümü ise atık kâğıtlardan elde edilen sekonder lifler tarafından karşılanmaktadır. Ülkemizdeki kâğıt endüstrisinde kullanılan lif bileşiminin % 58' lik kısmı sekonder liflerden % 42' lik kısmı ise birinci liflerden karşılanırken tüketilen toplam kâğıt kartonun % 32' si geri kazanılabilmektedir (FAO, 2001). Dünya ölçeğinde sekonder liflerin toplam lif harmanındaki oranı 1970' li yıllarda % 20' lerde iken, bu oran 1995 yılında % 35' lere yükselmiştir. Dünya ölçeğinde 2010 yılı için tahmin edilen oran % 40 (Anon, 1996) olmasına rağmen bu oran daha şimdiden aşılmıştır.

Sekonder lif kullanımının kâğıt sektöründe artmasının altında yatan sebepleri şu şekilde sıralamak mümkündür (Diesen, 1998).

- Giderek artan hammadde talebini orman kaynaklarının karşılayamaz hale gelmesi
- Yok, edilmesi kentlerde büyük sorun oluşturan katı atık yükünün giderek artması
- Ağartma, temizleme, mürekkep giderme ve diğer atık kâğıt işleme teknolojilerindeki hızlı gelişimler
- Atık kâğıt kullanımına ait yasal zorunlulukların getirilmesi
- Geri dönüşüm projelerinin geniş çaplı ekonomik açıdan cazip hale gelmesi

Atık kâğıdın kâğıt endüstrisinde kullanımının kendine özgü avantajları bulunmaktadır (Kırcı, 2004). Bunlar;

- Hammadde açısından ormana bağlı olmaması ve birim maliyeti odun fiyatlarının değişmesinden etkilenmemesi.
- Atık kâğıtlar bakır hamurlarla karıştırıldığında 5-6 kez geri dönüşümünün sağlanabilmesi.
- Atık kâğıdın liflere ayrılması temizlenmesi ağartılması odundan kâğıt hamuru üretimine göre daha az kimyasal madde ve enerji tüketilerek gerçekleştirilir.
- Atık kâğıdın yeniden değerlendirilmesi kâğıt hamuru üretimine göre daha az çevre kirlenmesi ve daha az su tüketilmesini sağlamaktadır.
- Ağartma işleminde klor ve klorlu bileşikler kullanılmadığından odundan kâğıt hamuru üretimine göre klorlanmış bileşiklerden kaynaklanan su kirlenmesi yoktur.
- Atık kâğıtların değerlendirilmesi milli ekonomiye hatırı sayılır bir katma değer kazandırmaktadır.
- Orman kaynakları daha etkin korunmaktadır. 1 ton atık kâğıt geri dönüştürüldüğünde 17 ağaç kesilmekten kurtarılmaktadır.

Atık kâğıdın kâğıt endüstrisinde kullanımının bu avantajlarına karşın dezavantajlarda bulunmaktadır (Kırcı, 2004). Bunlar;

- Her geri kazanım işlemi sırasında lifler ılımlı olsalar da mekanik parçalanmaya uğramaktadırlar. Yıkama ve eleme işlemi ile hamur içindeki

ince fraksiyonlar uzaklaşmaktadır. Sonuçta hamurun sağlamlığı giderek azalmaktadır. 6'dan fazla uygulanan geri kazanım hamurun fiziksel özelliklerinde kayıplara neden olmaktadır.

- Atık sudaki süspansiyon halinde bulunan proses katı atık miktarı ve madde miktarı yüksektir. Ancak bu tür su kirliliği basit fiziksel artırma tekniği ile bertaraf edilebilmektedir.
- Sınıflandırılması iyi yapılmayan atık kâğıtların işlenmesinde sorunlar yaşanır.
- Atık kâğıt geri dönüşüm teknolojisine özgü olan mürekkep giderme işlemi atık kâğıttaki mürekkebe bağımlıdır. Örneğin; lazer baskı yapılmış büro kâğıtlarında ve fotokopi kâğıtlarında mürekkebin ayrılmasında zorluklar yaşanır.

Yapılan bu çalışma ile de diğer lifleride boyama özelliğinden dolayı atık kağıtlara karıştırılmasından kaçınılan boyar maddeler ile renklendirilmiş atık ofis kağıtlarının yeniden kullanım olanaklarının artırılması amaçlanmış ve bu kağıt türlerindeki renk pigmentlerinin indirgen ve hidrojen peroksit gibi renk kırıcı reaktifler ile ağartılması çalışılmıştır.

1.2. Atık Ofis Kâğıtlarından Kâğıt Hamuru Üretimi

Atık kâğıt proseslerindeki amaç, farklı kaynaklardan elde edilen heterojen yapıdaki atık kâğıt hammaddesini, istenilen türdeki kâğıt üretimi için yeknesak ve temiz kâğıt hamuru haline çevirmektir. Bilindiği üzere, atık kâğıt hamurları birincil kâğıt hamurlarından farklı olarak, uğradıkları çevrim işlemlerine ve elde edildikleri kağıt türüne göre bir takım lif dışı katkı maddeleri ile karışım halinde bulunmaktadır (İmamoğlu, 2002).

Genellikle okullarda ve işyerlerinde kullanılan defter, yazıcı kâğıtları, fotokopi gibi kesim ve matbaa tesislerinin mekanik hamur oranı düşük beyaz kâğıt içerikli atıkları, temizlik ve yazı kâğıdı üretiminde kullanılan sekonder lif kaynaklarıdır (İmamoğlu, 2002).

Kullanılmış kağıt üzerindeki mürekkep, kağıt ağırlığının % 0,5-2,0'nı teşkil etmekle beraber, beyaz bir hamur elde edebilmek için bu miktarın hemen hepsinin lifler

üzerinden temizlenmesi gerekir. Mürekkebin iyi temizlenmesi işlemi ise herşeyden önce onun kimyasal yapısı ile beraber, kağıda uygulanan kuşeleme şeklinin, kağıt yapımı sırasında kullanılan yapıştırıcının cinsinin bilinmesine ve sonuçta bunları çözecek uygun çözücünün kullanılması ile birlikte mürekkebi uzaklaştırmak için kullanılacak tekniğe bağlıdır (Kırcı, 2004).

1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi

Kâğıt endüstrisinde her geçen gün atık kâğıtların kullanım oranları artmaktadır. 1930 yılının sonunda atık kâğıt işleyen ilk fabrika kurulmuştur. Fakat gelişen teknoloji ile bileşimleri daha karmaşık olan kâğıtların üretiminden sonra yeni kurulan kâğıt fabrikalarındaki hamurlaştırıcılar (pulper) ve safsızlıkları uzaklaştırmak için kullanılan ekipmanlarda karmaşık hale gelmiştir (Kırcı, 2004).

Pulperin ana görevi; kâğıt safihasını oluştuğu liflere parçalamaktır. Pulperler genelde atık kâğıtlar için kullanıldığı gibi kâğıt makinesinden çıkan kopuklukların veya birincil hamurun, hamur haline getirilmesinde de kullanılır. Pulperin asıl mekanizması % 20 veya daha düşük hamur konsantrasyonlarında mekanik enerji kullanarak süspansiyona makaslama etkisi ile kâğıttaki hidrojen bağlarının parçalanmasına dayanır. Lif açma işleminin sulu ortamda gerçekleştirilmesinin üç nedeni vardır (Kırcı, 2004).

1-İslatma: Bu işlem kâğıt ile dolu olan pulpere su ilave edilerek istenilen konsantrasyonda gerçekleştirilir.

2-Sirkülasyon: Atık kâğıt ile suyu karıştırmak lif yapısına kadar açmak için yüksek bir makaslama bölgesi oluşturulmalıdır. Bu olay ancak sulu bir ortamda gerçekleştirilir.

3-Sürtünme: Liflerin bireysel hale gelebilmesi için yüksek makaslama bölgesindeki topakların yırtılması ve yüksek hızla dönen elementlerin etkisi ile ortamdan uzaklaştırılması için yine sulu bir ortama ihtiyaç vardır. Atık kâğıtların daha iyi açılması için bazı durumlarda kimyasal madde ilaveleri veya yüksek sıcaklık uygulanabilir.

Pulper, atık kâğıt sisteminin kalbidir. Hamurlaştırma performansının düşük olması sonraki aşamalarda büyük zorluklara neden olur ve düzeltme işlemlerini gerektirir. Ayrıca pulper, en üst seviyede liflendirmeyi gerçekleştirirken hamur içerisinde lif yapısı göstermeyen çöplerin uzaklaştırıldığı ünedir. Özellikle lif yapısındaki ağır parçacıklar ve uzun çöpler pulperde tutunarak hamurdan ayrılır. Lifler üzerindeki mürekkebin ayrılması, gevşetilmesi ve süspansiyon içine dağılması pulper içerisinde gerçekleşir (Kırcı, 2004).

Hamurlaştırıcı içerisinde liflerin serbest hale geçirilmesi işlemi, atık kâğıt prosesinin ilk basamağıdır. Hamurlaştırmanın temel fonksiyonları; atık kâğıtların serbest lifler haline getirilmesi, erken aşamada kaba kirliliklerin ortamdaki uzaklaştırılması, mürekkep partiküllerinin serbest hale getirilmesi, mürekkep giderme ve ağartıcı işlemi için kimyasal maddelerin sisteme verilmesi olarak sıralanabilir (Holık, 2000).

Bu amaçla uygulamalarda kesikli ve sürekli çalışan 10-20 ton kapasiteli hidropulperler kullanılmaktadır. Hidropulper olarak % 10-18 arasında kuru madde oranı ile çalışan konsantrasyonu orta ve yüksek olan helikopulperler tercih edilmektedir. Bunun yanında etkili bir kir uzaklaştırma için silindir tipi pulperler de kullanılabilir. Pulper yoğunluğunun yüksek olmasının avantajları şunlardır (Crow ve Secor , 2000).

- Lifler üzerindeki mürekkebin ayrılmasını hızlandırır, bundan dolayı işlem sonrası daha temiz hamur elde edilir.
- Hamurlaştırma işlemi süresi daha kısadır.
- Lifler arasındaki sürtünmenin daha fazla olması nedeniyle mürekkeplerin dispersiyonu hızlanır.
- Bir ton hamur için enerji tüketimi daha düşüktür.
- İlave edilen mürekkep giderici ve ağartıcı kimyasal maddelerin lifler ile etkileşimi daha hızlı gerçekleşir.

İlk aşamada belirli miktardaki atık kâğıt hamurlaştırıcı içerisine alınır ardından gerekli kimyasallar ve su ilave edilir. Pulper kesafeti, süresi, sıcaklığı ve ilave edilen kimyasal maddelerin oranı pulper işleminin etkinliğini belirleyen en önemli

faktörlerdendir (Fallows, 1995). Hamurlaştırma süresi pulper sıcaklığının artması ile kısaltılabilir. Çünkü yüksek sıcaklık, mürekkep ve diğer kirlerin yumuşayarak lif yüzeyinden ayrılmasını hızlandırırken diğer taraftan kimyasal maddelerin etkinliği artar (Cleveland, 1993). Atık kâğıdın ıslanması daha çok pulper koşullarına bağlı olmakla birlikte kağıt ağırlığının ve türünün etkisi oldukça fazladır. Bilindiği üzere kâğıtlar su ile seyreltiklerinde hidrojen bağlarının su molekülleri ile bağlanması sonucu lifler arasındaki bağların kuvveti azalmaktadır. İçerdikleri hava nedeniyle eski oluklu mukavvalar gazete kâğıdına kıyasla çok daha zor ıslanmaktadır (Mckinney, 1995). İşlem sonunda liflerine ayrılmış hamur seyreltilerek perfore elekten geçirilir ve detlaker (düğüm çözücü), temizleme, eleme gibi ekipmanlara sevk edilir.

1.2.3. Kesafet Artırma İşlemi

Kesafet artırma işlemi kağıt hamuru içerisinde büyük miktardaki proses suyunun fiziksel olarak çıkarılması işlemidir. Başka bir ifade ile sıvı ve katı fazları ayırma işlemidir. Bu sayede, ağartma işlemleri ve dispersiyon için gerekli hamur kesafetinin sağlanması, kirli proses suyunun ortamdan ayrıştırılması ve temizlenerek tekrar kullanılması gerçekleştirilirken elde edilen hamurun daha az hacim kopması sebebiyle taşıma ve depolama işlemlerinin daha ekonomik olarak gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır (İmamoğlu, 2002).

Kesafet artırma işleminin performansı öncelikle ekipmana giren hamurun serbestlik derecesine, kesafetine, sıcaklığına ve bileşimine bağlıdır. Diğer yandan kesafet artırma işleminde rol oynayan kuvvetler, santrifüj kuvveti, yer çekimi, vakum etkisi ve mekanik pres olarak sıralanabilir (Holık, H. , 2000). Kesafet artırma işlemi için tamburlu, kayışlı, diskli ve vidalı presler kullanılmaktadır.

1.3. Hamurlaştırma İşleminde Kullanılan Kimyasal Maddeler

1.3.1. Sodyum Hidroksit

Çoğunlukla %50 konsantrasyonda çözelti olarak temin edilir. Ağartma işleminde peroksit kullanılacağı zaman gerekli alkaliliği sağlamak için sodyum hidroksit çözeltiye katılır. Bunun yanında kâğıt üzerindeki mürekkebin şişirilerek liflerden ayrılmasına da yardımcı olur. Çünkü alkali yağ karakterindeki maddeleri sabunlaştırarak süspansiyon içine geçmesini sağlar. (Kırcı, 2004).

1.3.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)

Fas, diğer adıyla tüyoüre dioksit veya aminoiminiometan sülfirik asitin 1983 yılında alınan bir patentle atık kâğıtların ağartılmasında diğer ağartıcılar veya tek başına kullanılabilmesi önerilmiştir (Süss ve Krüger, 1983). Formamidin sülfirik asit kokusuz, beyaz renkli ve indirgen özelliğe sahip bir ağartıcıdır. Yoğunluğu 1.68 g/cm, molekül ağırlığı 108,12 g/mol ve kapalı kimyasal formülü $CH_4N_2O_2S$ dir. Su içerisinde litrede 27 gramı kolaylıkla çözünürken alkali ortamda litrede 100 grama kadar çözünür. Sulu çözeltinin raf ömrü kısa olduğu için kullanılacağı zaman çözelti haline getirilmektedir. Litrede 10 gram çözündürülmesi halinde pH değeri 4'tür. Yaklaşık 123 °C de bozunan bu kimyasal kuru ve soğuk bir ortamda depolanmalıdır (Anon, 1999).

Plastik kutularda veya 50 kg torbalarda satılan ve aktif madde oranı % 95' den yüksek olan FAS'ın etkin madde miktarı iyodimetrik titrasyonla belirlenmektedir. Atık kâğıt hamurlarında hamur parlaklığı hamurlaştırma işleminin en önemli konularındandır. Hamurlardaki yüksek parlaklığın elde edilmesi için üç temel nokta vardır (Matzke, Selder ve Kappal , 1994). Bunlar;

- İyi derecede temizlenmiş ve sınıflandırılmış atık kâğıtların kullanılması
- Üretim aşamasındaki temizleme ve mürekkep giderme proseslerinin en iyi şekilde gerçekleştirilmesi
- Üretim aşamasındaki hamurlaştırma proseslerinin geliştirilmesi

Ağartılmış atık kâğıtların hamuruna olan talebin artması ile çevreye zarar vermeyen ağartma sistemlerinin araştırılmasına önem verilmiştir. Özellikle 1990' lı yıllardan sonra araştırmacılar daha çok FAS ile ilgili çalışmalara yönelmiştir. FAS, diğer indirgen ağartıcılara kıyasla atmosferik havaya karşı daha fazla dayanıklıdır (İmamoğlu, 2002).

Ağartma işlemleri, ağartma kulesi dışındaki atmosferik havayla temas eden kısımlarda da yapılabilmektedir. Bu amaçla, ağartma işleminin etkin bir şekilde yapılabileceği üç nokta vardır (Kronis ve Nimmerfroh , 1994) Bunlar;

- Hamurlaştırma işleminin gerçekleştirildiği pulper ünitesi
- Yüksek sıcaklıkta ve kesafette dispersiyon işleminin gerçekleştirildiği dispersiyon ünitesi
- Son ağartma işleminin yapıldığı ağartma kulesi

Uygulanabilecek en basit yöntem, FAS' ın sodyum hidroksit ile birlikte pulper ünitesine doğrudan ilave edilmesidir. Kurulu düzen proses hattında ek yatırıma ve modifikasyona gerek duymadığı için endüstri tarafından en rahatlıkla kabul edilen bir sistemdir. Özellikle iyi derecede tasnif edilmiş ofis kâğıtlarının kullanılması durumunda ağartma etkinliği daha da artmaktadır. FAS' ın kâğıt hamuruna başka bir ilave noktası ise dispersiyon ünitesidir. Yapılan bir çalışmada (Berger, vd. , 1990), FAS kullanılarak dispersiyon ünitesinde yapılan ağartma sonucunda boyalı kağıtların boya ları çok güzel bir şekilde giderilmiş olup sonuç olarak homojen ve parlak bir hamur elde edilmiştir. Dispersiyon ağartmasında dikkat edilmesi gereken konu dispersiyon sıcaklığıdır. Çünkü, 120 °C üzerindeki sıcaklık FAS' ın bozulmasına sebep olmaktadır.

1.3.3. Sodyum Silikat

Sodyum silikat başka bir de ğişle cam suyu, mürekkep giderme yapan fabrikalarda 41.6 (Be) derecelik sodyum metasilikat çözeltileri olarak kullanılmaktadır. Eşit oranda Na₂O ve SiO₂ içermektedir. Bu oran sodyum silikata, sodyum hidroksitin %11' i kadar alkalilik sağlamaktadır (Peşman, 2010).

Silikatların ağır metal iyonları ile koloidal yapılar oluşturduğu ve bundan dolayı da hidrojen peroksidin ağartma reaksiyonlarını koruduğu düşünülmektedir (Ali vd. , 1991). Ayrıca silikatlar, mürekkebin yeniden lifler üzerinde yığılmasını önlemekte ve mürekkep parçacıklarının dispersiyonunu artırmaktadır (Ferguson, 1992).

1.3.4. EDTA

Kullanım alanı oldukça yaygın olan EDTA beyaz renkte toz halinde bir maddedir. İçeriğinde oksijen, hidroksit ve azot iyonları vardır. Formülü $C_{10}H_{16}N_2O_8$ dir. Yoğunluğu 860 g/cm, molekül ağırlığı 292,24 g/mol dır (URL-1).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan hammadde ve kimyasallar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1.1. Hammadde

Bu çalışmada hammadde olarak; piyasadan temin edilen direk mavi, yeşil, kırmızı, sarı boyalar ile renklendirilmiş (Xerox Smphony) ofis kağıtları ve beyaz ofis kâğıtları (Copier bond) kullanılmıştır. Kullanılan kağıt örnekleri aşağıda belirtilmiştir;

| | Sarı | Kırmızı | Yeşil | Mavi | Beyaz |
|---------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Mavi | --- | --- | --- | %25 | %75 |
| Yeşil | --- | --- | %25 | --- | %75 |
| Kırmızı | --- | %25 | --- | --- | %75 |
| Sarı | %25 | --- | --- | --- | %75 |
| Karışık | %6,25 | %6,25 | %6,25 | %6,25 | %75 |

Deneyde kullanılan örnekler ortalama 2x2 cm olacak şekilde elde kırılmış ve polietilen poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

2.1.2. Hamurlaştırma işleminde kullanılan kimyasal maddeler

2.1.2.1. Sodyum Hidroksit

Hamurlaştırma işleminde kullanılan sodyum hidroksit MERCK marka olup 40 00 g/mol molekül ağırlığa sahip ve 1 kg plastik kaplarda muhafaza edilmektedir.

2.1.2.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)

FAS oranları kontrol, %0, % 0,25, % 0,50, % 0,75, % 1, % 2 oranlarında değiştirilmiştir.

2.1.2.3. Sodyum Silikat ve EDTA

Hamurlaştırma işleminde kullandığımız kimyasalları ortamdaki metal iyonlarının zararlı etkilerinden korumak amacıyla % 0,2 oranında EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) kullanılmıştır. Bunun yanında ortamın alkaliliğini artırmak, mürekkebin liflerden sökülmesini sağlamak amacıyla hamurlaştırma kademesine % 3 oranında sodyum silikat ilave edilmiştir. Hamurlaştırma işleminde kullanılan sodyum silikat MERCK marka olup 1 litresinde 1,35 kg içerir ve 2,5 litrelik plastik kaplarda laboratuvar şartlarında muhafaza edilmektedir.



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Bazı Kimyasal maddeler.

2.1.2.4. Su

Su, doğada bol miktarda bulunan, kullanımını ucuz ve rahat olan hidrolik, termik ve kimyasal özellikleri nedeniyle kâğıtçılıkta aşağıdaki amaçlar için bol miktarda kullanılan bir maddedir.

- Liflerin şişmelerini, dağılmalarını ve saçaklanmalarını sağlar.
- Katkı maddelerini çözer.
- Lif süspansiyonunun bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlar.

- Lifleri düzgün bir şekilde yayarak kâğıt safihasının oluşmasını sağlar.
- Kâğıdın soğutulmasında ve kurutulmasında, ısıtma amacı ile kullanılır.
- Hidrojen bağları oluşturarak kâğıda sağlamlık verir.

Yapılan atık kâğıtların hamurlaştırılması kademesinde çeşme suyu kullanılmıştır.

2.2. Metot

Bu çalışmada, renkli ofis kâğıtlarındaki boyar maddelerin uzaklaştırılarak daha etkin bir şekilde üretime dâhil edilmesi amacıyla mürekkep giderme işlemi sırasında kullanılan FAS' ın etkisinin araştırılmasını kapsamaktadır. Yapılan tez çalışması hedeflenen sonuçlara ulaşması amaçlanmıştır

Hamurlaştırma işlemine (pulper) FAS, NaOH, Sodyum silikat, EDTA ilave edilip hamurlaştırma işleminden sonra yıkama yöntemi ile mürekkep giderme işlemi yapılmıştır. Bu aşamada yıkama yöntemi ile kullanılan kimyasalların hamurun optik ve fiziksel özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır.

2.2.1. Hamurlaştırma İşlemi

Hamurlaştırma işlemi şekil-2' de görülen 2 litre kapasiteli Hobart tipi pulper içerisinde gerçekleştirilmiştir. Karıştırıcı devri esnek bir şekilde ayarlanmakla birlikte sıcaklığın işlem boyunca sabit tutulmasını sağlayan mantolu ısıtıcı ve sıcaklık kontrol sistemine sahiptir.



Şekil 2. Laboratuar hobart tipi pulper.

Hamurlaştırma aşaması için hazırlanan kağıtları öncelikle sıcaklığı 50 °C olan çeşme suyu ile ölçülü bir kap içerisinde % 8 konsantrasyonda kağıtların ıslatılması sağlanmıştır.

Daha sonra orta devirde çalışır duruma getirilen hamurlaştırıcı içine aktarılmıştır. Hamurlaştırıcı sıcaklığı 50 °C ayarlanarak hamurlaştırıcının devri yükseltilmiş (950 rpm) ve 1 dakika boyunca karıştırma işlemi sürdürülmüş hamurlaştırıcı durdurularak ilk pH ölçümü yapılmıştır. Daha sonra Tablo 1’ de belirtildiği oranlarda NaOH ilave edilmiş. Kimyasal maddelerin ilave edilmesi ardından hamurlaştırıcı 950 rpm’ de 1 dakika boyunca kimyasalların homojen hale gelmesi sağlanarak ikinci pH ölçümü yapılmıştır. Hamurlaştırıcı tekrar çalıştırılarak tablo 1’de belirtilen miktarlarda sodyum silikat,FAS ve EDTA kimyasalları ilave edilmiş 10 dakika boyunca karıştırma işlemi devam etmiştir. Hamurlaştırma işlemi sonunda üçüncü pHölçümü yapılmıştır.



Şekil 3. Elde edilen hamur örnekleri.

Tablo 1. NaOH, FAS, Sodyum Silikat ve EDTA' nın değişken parametre olduğu hamurlaştırma işlemine ait proses şartları.

| HAMURLAŞTIRICI (PULPER) | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|----------------|------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Deney No | NaOH | FAS | Sodyum Silikat | EDTA | Hamurlaştırma Suresi | Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu | Hamurlaştırıcı Sıcaklığı |
| | % | % | % | % | dk. | % | C |
| K-Y | - | - | - | - | 10 | 8 | 50 |
| 1-Y | 2 | 0 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 2-Y | 2 | 0,25 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 3-Y | 2 | 0,50 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 4-Y | 2 | 0,75 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 5-Y | 2 | 1 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 6-Y | 2 | 2 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| K-S | - | - | - | - | 10 | 8 | 50 |
| 1-S | 2 | 0 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 2-S | 2 | 0,25 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 3-S | 2 | 0,50 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 4-S | 2 | 0,75 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 5-S | 2 | 1 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 6-S | 2 | 2 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| K-R | - | - | - | - | 10 | 8 | 50 |
| 1-R | 2 | 0 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 2-R | 2 | 0,25 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 3-R | 2 | 0,50 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 4-R | 2 | 0,75 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 5-R | 2 | 1 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 6-R | 2 | 2 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| K-K | - | - | - | - | 10 | 8 | 50 |
| 1-K | 2 | 0 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 2-K | 2 | 0,25 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 3-K | 2 | 0,50 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 4-K | 2 | 0,75 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 5-K | 2 | 1 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 6-K | 2 | 2 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| K-M | - | - | - | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 1-M | 2 | 0 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 2-M | 2 | 0,25 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 3-M | 2 | 0,50 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 4-M | 2 | 0,75 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 5-M | 2 | 1 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |
| 6-M | 2 | 2 | 3 | 0,2 | 10 | 8 | 50 |

2.2.2. Kesafet Artırma İşlemi

Kesafet artırma işlemi 10 litre kapasiteli ve 200 tyler mesh'lik (0,075mm açıklık veya DIN NO: 80) elek ve buhner hunisi ile gerçekleştirilmiştir. Hamur buhner hunisine aktarılmış ve vakum yardımı ile süzülmesi sağlanmıştır. Ardından kalan hamur sıkılarak konsantrasyonunun % 30-32 oranına gelmesi sağlanmıştır. Yüksek konsantrasyondaki hamur polietilen poşetler içerisine koyularak 4 °C soğutucuda ileriki işlemler için saklanmıştır.

2.3. Uygulanan Fiziksel Analizler

2.3.1. Fiziksel Analizler için Test Kâğıtlarının Hazırlanması

Elde edilen hamurlardan hazırlanan kâğıtların fiziksel özelliklerini belirlemek için Papid Köthen cihazında standart laboratuvar test kâğıtları ISO standardına uygun olarak yapılmıştır. Makine giriş suyunun, elde edilecek kâğıtların optik niteliklerine zarar vermemesi için makine ana giriş ve kâğıt formasyonu ünitesine giriş noktalarına iki adet su filtresi takılmış ve aralıklarla değiştirilmiştir. Elde edilen laboratuvar kâğıtlarının gramajları ise 65 g/ m olarak hedeflenmiş ve taslaklar kurutma ünitesinde 93 °C sıcaklıkta 7 dakika süre ile kurutulmuştur (İmamoğlu, 2002).



Şekil 4. Optik testler için test kâğıdı hazırlama işlemi.

2.3.2. Fizikler Analizler için Test Kâğıtlarının Şartlandırılması

Elde edilen test kâğıtları, Tappi 402-om-88 standardına göre 23 °C sıcaklıkta ve % 50 bağıl nem içerecek şekilde ayarlanmış şartlandırma odasında 1 hafta bekletildikten sonra fiziksel testlere tabi tutulmuştur.



Şekil 5. Test kâğıtlarının Şartlandırılması

2.3.3. Optik Testler

2.3.3.1. Test Kâğıtlarına ait ISO Parlaklık Ölçümü

Deneme kâğıtlarının parlaklık ölçümü ISO/ DIS 2470-1977 standardına uygun olarak C/ 2 ilüminasyon ve difüz metot kullanılarak yapılmıştır (ISO/DIS 2470, 1997). ISO parlaklık ölçümleri, deneme kâğıtları ışığı geçirmeyecek durumda dörde katlanarak aşağıdaki koşulları sağlamak şartı ile kâğıdın iki yüzeyindeki farklı noktalardan ölçümler yapılmıştır (Peşman, 2010).

- MASK/GLOSG :M/ 1+ E
- UV Ayarları : UV % 0
- Aydınlatıcı 1 : D 65
- Aydınlatıcı 2 : C
- Observer : 10 C
- Ekran : Diff &ABS
- Renk genişliği : B ISO 2470

- Auto Avg. : 1
- Gecikme zamanı : 0.05

2.3.3.2. Test Kâğıtlarına ait CIE Beyazlık İndeksi (WI) Ölçümü

Beyazlık ölçülmesinde farklı yöntemler kullanılmasına rağmen bu çalışmada CIE beyazlığı değerleri saptanmıştır. Dış (D65/10) ve iç (C/2) ışık ortamında uygulanan analizler için hesaplama işlemi, ISO 11475 ve 11476 standartlarında verilen 400-700 nm dalga boylarına karşılık gelen Z(mavi), Y (yeşil), ve X (kırmızı) ışınlarının ağırlık faktörleri kullanılarak otomatik olarak yapılmıştır.

2.3.3.3. Test Kâğıtlarına ait CIE L *a* b* Renk Değerlerinin Ölçümü

Renk ölçümleri ISO/ CD 5631 standardına göre difüz reflektans metodu ile yapılmıştır. CIE (Commission international I Eclairage) tarafından 1971 yılında kağıt endüstrisi için önerilen bu sistem trisitumulus (X, Y,Z) program aracılığı ile L* a*b* CIELAB koordinatlarının hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sarılık değerleri (Y) aletten okunarak kaydedilmiştir. İki örnek arasındaki renk farkı (ΔE) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(\Delta L) + (\Delta a) + (\Delta b)] \quad (1)$$

Çalışmada ayrıca $\Delta E_{CIE2000}$ değerleri de ölçülmüştür. Formülü (2) aşağıda yer almaktadır.

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

$\Delta E_{CIE2000}$ değerleri ΔE_{CIE94} değerlerinin düzeltilmesi sonucu elde edilmiş daha çok boya ve kaplama endüstrisi için geliştirilmiş doğal renk, ışık, kroma ve renk düzeltmeleri içeren formüldür.

2.3.3.4. Test Kâğıtlarının UV Spektrometrede Ölçülmesi

Çalışma kapsamında UV3600 Spektrofotometresi ve üzerine eklenmiş ISR 3100 ataçmanı ile test kâğıtlarının 220-900nm dalga boyları arasında baryum sülfat standardı esas alınarak reflektans spektrumları ölçülmüştür. Reflektans eğrileri daha rahat yorumlanabilmesi amacıyla cihaz üzerinde kubelka-munk çevrimi ile k/s değerlerine çevrilmiştir. k/s reflektans değerinden hesaplanmakta ve absorbans katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranını belirtmektedir.

2.3.4. Test Kâğıtlarına Uygulanan Fiziksel Testler

2.3.4.1. Rutubet, Gramaj, Kalınlık ve Yoğunluk Tayini

Kullanılan baz kâğıtta ve standart laboratuvar kâğıtlarında Tappi 412 standart yönetimine göre, gramajları ise ISO/ DIS 536 standardı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar 1 m² deki tam kuru madde miktarı olarak verilmiştir. Ayrıca test kâğıtlarının kalınlıkları Tappi T 411 om-89 metoduna uygun olarak belirlenirken hacimlilik ve yoğunlukları da hesaplama yoluyla bulunmuştur.

2.3.4.2. Kopma Testi

Tappi 404-om-87 standardına uygun olarak Testometric 2,5 kN marka kopma cihazı ile kâğıt şeritlerinin gram-kuvvet cinsinden kopma direnci ölçülmüştür. 15 mm genişliğinde kesilen kâğıt şeritler, 100 mm uzunluğunda aralığa sahip koparma çeneleri arasına yerleştirilerek ve çekme hızı 120 mm/ dak ayarlanarak kopmanın 20 saniyede gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kaydedilen gram-kuvvet cinsinden kopma direnci aşağıdaki formüle (3) göre kopma indisine çevrilmiştir.

$$Kopma \text{ ind.} (N.m / g) = \frac{Kopma \text{ Direnci}(gf) \times 0.0098}{Şerit \text{ Gen.}(m) \times Gramaj(g / m^2)} \quad (3)$$

Ayrıca, kopma işlemi sırasında meydana gelen uzama kaydedilmiştir.

2.3.4.3. Yırtılma Testi

Yırtılma testi, Tappi 414 om-88 standardına göre TMI Elmandorf marka yırtılma cihazında yapılmıştır. Kağıt örnekleri 62x 75 mm boyutlarında kesildikten sonra 4 kat olacak şekilde yırtılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Cihazda okunan değer aşağıdaki formül (4) yardımı ile yırtılma indisine çevrilmiştir.

$$Yırtılma \text{ İnd. } (mN.m^2 / g) = \frac{Okunan \text{ Değ.} \times 3 \times 9,8}{Kagit \text{ Ad.} \times Gramaj(g / m^2)} \quad (4)$$

3. BULGULAR

Bu bölümde, metot kısmında ayrıntılı olarak pulper içerisinde yapılan hamurlaştırma işlemi sırasında kullanılan FAS, NaOH, Sodyum silikat ve EDTA kimyasallarının hamurlaştırma işlemine ait bulgular yer almaktadır. Proseslerin uygulanması sırasında yapılan ölçümlerden başlanarak standart test kağıtlarının ölçülmesine kadar olan optik ve fiziksel testlere ait bulgular proses aşamaları sırasında ölçülen PH değerleri adı altında hamurlaştırma özelliklerine ait optik bulgular ve fiziksel özelliklere ait bulgular başlıklarında incelenmiştir.

3.1. Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH Değerlerine ait Bulgular

Tablo 2' de belirtilen ' pH 1 ' kimyasal madde ilavesi yapılmadan önce atık kâğıt ve suyun hamurlaştırıcı içerisinde pH değerini, ' pH 2 ' kimyasal maddeler ilave edildikten sonra hamurlaştırıcı içerisindeki pH değerini, ' pH 3 ' hamurlaştırma işlemi sonrasında ölçülen pH değerini belirtmektedir.

Tablo 2. FAS' ın değişken parametre olduğu iç akışı sırasında ölçülen PH değerleri

| HAMURLAşTIRICI | | | | |
|----------------|------|------|-------|-------|
| | | pH 1 | pH 2 | pH 3 |
| Deney No | FAS% | | | |
| K-K | - | 8,40 | - | - |
| 1-K | 0 | 8,46 | 12,06 | 11,09 |
| 2-K | 0,25 | 8,60 | 11,90 | 11,75 |
| 3-K | 0,50 | 8,75 | 12,17 | 11,96 |
| 4-K | 0,75 | 8,40 | 11,92 | 11,78 |
| 5-K | 1 | 8,63 | 11,83 | 11,54 |
| 6-K | 2 | 8,55 | 11,75 | 11,35 |
| K-M | - | 8,6 | - | 8,30 |
| 1-M | 0 | 8,35 | 12,04 | 12,00 |
| 2-M | 0,25 | 8,54 | 12,09 | 12,06 |
| 3-M | 0,50 | 8,69 | 12,02 | 11,94 |
| 4-M | 0,75 | 8,43 | 12,05 | 11,84 |
| 5-M | 1 | 8,73 | 12,03 | 11,70 |
| 6-M | 2 | 8,54 | 11,76 | 11,37 |
| K-Y | - | 8,39 | - | 8,35 |
| 1-Y | 0 | 8,40 | 11,95 | 11,88 |
| 2-Y | 0,25 | 8,54 | 12,24 | 11,98 |
| 3-Y | 0,50 | 8,67 | 12,29 | 11,92 |
| 4-Y | 0,75 | 8,70 | 12,20 | 11,85 |
| 5-Y | 1 | 8,62 | 11,88 | 11,54 |
| 6-Y | 2 | 8,42 | 11,82 | 11,32 |
| K-S | - | 8,71 | - | 8,31 |
| 1-S | 0 | 8,56 | 12,05 | 12,03 |
| 2-S | 0,25 | 8,88 | 12,28 | 11,99 |
| 3-S | 0,50 | 8,63 | 12,07 | 11,95 |
| 4-S | 0,75 | 8,53 | 11,98 | 11,80 |
| 5-S | 1 | 8,67 | 12,02 | 11,67 |
| 6-S | 2 | 8,33 | 11,79 | 11,35 |
| K-R | - | 8,74 | - | 8,31 |
| 1-R | 0 | 8,62 | 12,05 | 12,04 |
| 2-R | 0,25 | 8,45 | 12,14 | 12,01 |
| 3-R | 0,50 | 8,50 | 12,09 | 11,96 |
| 4-R | 0,75 | 8,72 | 12,06 | 11,85 |
| 5-R | 1 | 8,43 | 12,08 | 11,64 |
| 6-R | 2 | 8,35 | 12,07 | 11,20 |

3.1.1. Hamurlaştırma İşlemi Sonrası Optik Özelliklerine ait Bulgular

Hamurlaştırma sırasında FAS, NaOH, sodyum silikat ve EDTA ilave edilerek hamurlaştırılan ve ardından yıkama işlemi ile mürekkebi uzaklaştırılan kağıt hamurlarının optik özelliklerine ait bulgular Tablo 3’de verilmiştir.



Tablo 3. FAS' in değişken parametre olduğu iç akışında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular.

| | Deney No | FAS | ISO Parlaklığı | WI (beyazlık indeksi) | L* | a* | b* | ΔE CIE 76 | ΔE CIE 2000 |
|----------------|----------|------|----------------|-----------------------|-------|--------|--------|-------------------|---------------------|
| | | % | % | | | | | | |
| KIRMIZI | K-K | - | 23,42 | -62,86 | 66,59 | 42,54 | 18,82 | - | - |
| | 1-K | 0 | 26,50 | -43,41 | 68,09 | 41,19 | 16,36 | 3,18 | 1,76 |
| | 2-K | 0,25 | 29,26 | -28,25 | 70,05 | 39,30 | 14,64 | 6,31 | 3,53 |
| | 3-K | 0,50 | 31,83 | -23,60 | 71,78 | 36,90 | 13,16 | 9,53 | 5,16 |
| | 4-K | 0,75 | 64,93 | 37,14 | 88,35 | 6,04 | 7,34 | 44,02 | 24,22 |
| | 5-K | 1 | 72,00 | 41,37 | 92,20 | 3,00 | 8,61 | 48,20 | 28,25 |
| | 6-K | 2 | 77,33 | 60,19 | 93,38 | 3,76 | 5,13 | 49,08 | 27,68 |
| MAVI | K-M | - | 81,00 | 136,28 | 83,26 | -13,71 | -14,29 | - | - |
| | 1-M | 0 | 83,06 | 114,31 | 87,10 | -8,79 | -9,16 | 8,08 | 5,20 |
| | 2-M | 0,25 | 82,98 | 114,29 | 87,38 | -10,90 | -8,97 | 7,29 | 4,49 |
| | 3-M | 0,50 | 84,32 | 113,80 | 88,00 | -11,55 | -8,63 | 7,69 | 4,78 |
| | 4-M | 0,75 | 85,69 | 116,31 | 88,41 | -12,06 | -9,10 | 7,49 | 4,69 |
| | 5-M | 1 | 85,49 | 117,30 | 88,21 | -12,27 | -9,3 | 7,18 | 4,50 |
| | 6-M | 2 | 85,51 | 120,53 | 87,29 | -13,76 | -11,10 | 5,14 | 3,34 |
| YEŞİL | K-Y | - | 35,72 | -106,82 | 82,92 | -21,42 | 32,73 | - | - |
| | 1-Y | 0 | 39,35 | -80,46 | 83,29 | -20,36 | 27,18 | 5,67 | 2,41 |
| | 2-Y | 0,25 | 39,31 | -81,56 | 83,32 | -20,06 | 28,85 | 4,14 | 1,64 |
| | 3-Y | 0,50 | 39,71 | -75,07 | 84,15 | -20,40 | 27,82 | 5,17 | 2,26 |
| | 4-Y | 0,75 | 53,98 | -27,83 | 88,45 | -18,57 | 19,37 | 14,75 | 7,14 |
| | 5-Y | 1 | 76,94 | 89,98 | 87,05 | -16,53 | -3,81 | 37,10 | 21,44 |
| | 6-Y | 2 | 77,89 | 92,47 | 87,12 | -15,76 | -4,39 | 37,79 | 21,96 |
| SARI | K-S | - | 34,77 | -131,54 | 90,26 | -9,75 | 45,74 | - | - |
| | 1-S | 0 | 48,10 | -67,48 | 91,55 | -9,22 | 30,95 | 14,85 | 5,67 |
| | 2-S | 0,25 | 45,09 | -79,14 | 91,04 | -9,61 | 33,41 | 12,35 | 4,67 |
| | 3-S | 0,50 | 47,42 | -82,83 | 93,65 | -9,02 | 35,83 | 10,50 | 4,12 |
| | 4-S | 0,75 | 68,97 | 3,17 | 96,14 | -5,54 | 18,43 | 28,25 | 11,77 |
| | 5-S | 1 | 78,77 | 40,45 | 96,88 | -3,67 | 11,49 | 35,41 | 15,57 |
| | 6-S | 2 | 82,87 | 55,66 | 96,93 | -2,66 | 8,09 | 38,88 | 17,61 |
| KARIŞIK | K-K | - | 30,24 | -62,78 | 71,97 | 10,61 | 19,96 | - | - |
| | 1-K | 0 | 36,96 | -32,28 | 75,26 | 12,35 | 13,81 | 7,19 | 5,50 |
| | 2-K | 0,25 | 36,26 | -27,53 | 75,10 | 12,37 | 13,32 | 7,55 | 5,77 |
| | 3-K | 0,50 | 36,53 | -32,00 | 74,04 | 13,44 | 16,18 | 5,15 | 4,44 |
| | 4-K | 0,75 | 51,09 | 2,07 | 81,95 | -3,01 | 11,42 | 18,92 | 17,12 |
| | 5-K | 1 | 68,01 | 44,45 | 87,30 | -12,67 | 4,20 | 32,02 | 29,12 |
| | 6-K | 2 | 73,04 | 70,48 | 87,52 | 12,68 | -0,27 | 34,54 | 30,03 |

3.1.2. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

Çalışma proseslerine ait kâğıt hamurlarının fiziksel özelliklerini belirlemek için ISO standartlarına uygun olarak test kâğıtları yapılmıştır. Hiçbir dövme işlemi uygulanmadan yapılan test kâğıtlarının yırtılma, kopma gibi dirençleri indis olarak

hesaplanmış ayrıca bu kâğıtların temel özelliklerinden olan gramaj, rutubet, yoğunluk ve kalınlık gibi değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4' de toplu olarak verilmiştir.



şekil 6. Fiziksel özelliklere ait kopma testi.

Tablo 4. Hamurlaştırma işlemi sonrası bazı hamurların test kâğıtlarından ölçülen fiziksel özelliklerine ait bulgular.

| | Deney No | Yırtılma indisi | Gerilme indisi | Kopma uzunluğu | Rutubet | Gramaj | Kalınlık |
|----------------|----------|-----------------------|----------------|----------------|---------|------------------|----------|
| | | m.N.m ² /g | N.m/g | m | % | g/m ² | mm |
| KIRMIZI | K-K | 5,33 | 42.51 | 3519.96 | 10,12 | 67 | 151,75 |
| | 1-K | 6,77 | 36.82 | 4130.75 | 11,31 | 68 | 131,75 |
| | 2-K | 6,33 | 36.65 | 3604.65 | 10,45 | 65 | 128,25 |
| | 3-K | 5,35 | 35.89 | 3965.52 | 9,98 | 70 | 143,75 |
| | 4-K | 5,10 | 35.36 | 3708.13 | 10,25 | 68 | 135,75 |
| | 5-K | 7,10 | 35.01 | 3713.47 | 11,2 | 67 | 143,5 |
| | 6-K | 6,16 | 32.75 | 3339.76 | 9,87 | 65 | 127,75 |
| MAVİ | K-M | 7,09 | 44,9 | 4171,06 | 10,31 | 66 | 132,25 |
| | 1-M | 6,60 | 40,53 | 4540,62 | 9,87 | 67 | 136,75 |
| | 2-M | 6,68 | 39,9 | 4068,81 | 11,40 | 68 | 131,75 |
| | 3-M | 6,28 | 40,54 | 4133,77 | 10,14 | 65 | 130,25 |
| | 4-M | 6,72 | 39,83 | 4061,02 | 9,89 | 68 | 133,75 |
| | 5-M | 6,55 | 39,39 | 4220,59 | 9,99 | 71 | 146,75 |
| | 6-M | 6,81 | 38,03 | 3878,37 | 10,02 | 69 | 148,25 |
| YEŞİL | K-Y | 8,18 | 49,65 | 5063,32 | 10,15 | 66 | 136,5 |
| | 1-Y | 7,40 | 44,98 | 4585,84 | 10,64 | 67 | 138,75 |
| | 2-Y | 6,09 | 45,09 | 4597,50 | 10,21 | 65 | 158,75 |
| | 3-Y | 6,79 | 36,16 | 3687,55 | 10,03 | 67 | 147,75 |
| | 4-Y | 6,48 | 36,17 | 3688,68 | 9,72 | 67 | 122,25 |
| | 5-Y | 6,78 | 34,42 | 3509,57 | 9,97 | 68 | 135,25 |
| | 6-Y | 6,90 | 35,32 | 3862,13 | 11,02 | 69 | 135,25 |
| SARI | K-S | 6,69 | 51,81 | 4356,93 | 10,36 | 65 | 127,25 |
| | 1-S | 7,12 | 41,82 | 4264,11 | 10,47 | 66 | 127,75 |
| | 2-S | 7,81 | 37,83 | 3857,12 | 9,68 | 67 | 133,75 |
| | 3-S | 7,49 | 37,54 | 3318,37 | 11,02 | 65 | 124 |
| | 4-S | 7,07 | 38,19 | 3893,81 | 10,36 | 67 | 133,25 |
| | 5-S | 6,50 | 37,83 | 3857,74 | 11,61 | 68 | 143,75 |
| | 6-S | 5,40 | 37,07 | 3882,00 | 9,89 | 70 | 131,25 |
| KARIŞIK | K-K | 8,05 | 45,42 | 4631,31 | 9,97 | 65 | 125,5 |
| | 1-K | 6,78 | 41,83 | 4265,72 | 10,54 | 68 | 130,25 |
| | 2-K | 7,38 | 42,2 | 4303,06 | 11,02 | 65 | 123,75 |
| | 3-K | 5,31 | 39,00 | 3976,80 | 10,64 | 68 | 132,25 |
| | 4-K | 7,07 | 40,57 | 4136,84 | 10,25 | 70 | 132,25 |
| | 5-K | 5,66 | 37,92 | 3866,61 | 10,10 | 65 | 117,5 |
| | 6-K | 4,80 | 30,04 | 3063,82 | 9,97 | 71 | 149,25 |

4. TARTIŞMA

4.1. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Formamidin Sülfünik Asidin Renkli Ofis Kâğıtlarının Optik Özellikleri Üzerine Etkisi

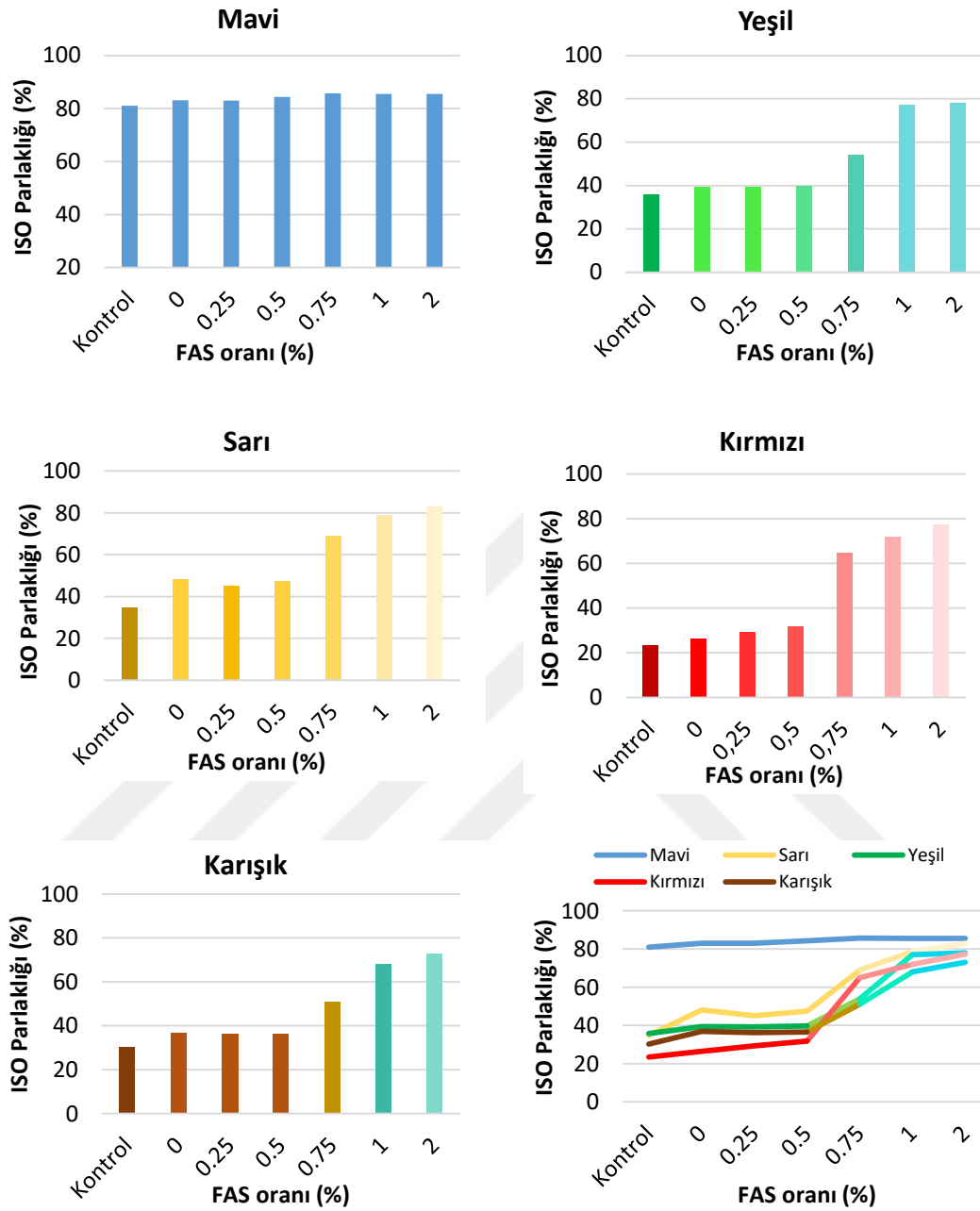
Çalışma kapsamında renkli ofis kâğıtlarının renklerinin uzaklaştırılması ana amaç olduğu için renk uzaklaştırma derecesini belirten parametreler çıktılarının yorumlanabilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla ön ağartma işlemi sonrası test kâğıtlarının ISO Parlaklık değerleri, CIE L*a*b* renk değerleri, $\Delta E_{CIE2000}$ ve ΔE_{CIE76} değerleri, Beyazlık indeksi (WI) ve 220-900 nm dalga boyundaki reflektans ve k/s değerleri ölçülmüştür.

4.1.1. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Formamidin Sülfünik Asidin Renkli Ofis Kağıtlarının ISO Parlaklık Değerleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında ön ağartma işlemi sonrası elde edilen hamurların ISO Parlaklık değerleri ölçülmüş ve Şekil 7' de FAS oranına göre değişimleri sunulmuştur.

Grafikler incelendiğinde mavi renkli ofis kâğıtlarının kontrol örneklerinin ISO Parlaklığın kontrol örneğinde bile % 80' lerin üzerinde ölçüldüğü görülmektedir. Bunun nedeni aslında ISO Parlaklık değerinin mavi rengin yansıtıldığı 457 nm dalga boyunda ölçülmüş olmasıdır. Bu yüzden mavi renkli cisimlerin parlaklık değerleri yüksek ölçülmektedir. Hamurlaştırıcıda uygulanan FAS ön ağartma işlemi ile mavi renkli kâğıtların hamurlarının parlaklık değerinde dikkate değer bir gelişme olmadığı ISO parlaklık değerinin % 80' lerde kaldığı görülmektedir. Benzer sonuçlar İmamoğlu ve arkadaşlarının (2013) mavi renkli baskı uygulanmış kâğıtlar ile yaptıkları bir çalışmada da gözlenmiştir.

Yeşil renkli kâğıtlarda ise parlaklık değeri kontrol örneğinde % 35,7 iken % 0,75 FAS ile % 53,9' a % 2 FAS ile % 77,9' a kadar çıkmıştır.



Şekil 7. FAS ön ağartma işlemi sonrası hamurların % ISO Parlaklık değerleri

Bu sonuçlardan FAS ön ağartma işleminin yeşil renkle boyanmış kâğıtlarda başarılı olduğu söylenebilir. Aslında burada gerçekleşen yeşil rengin indirgenerek maviye doğru kaymasıdır.

Sarı renkli kâğıtlarda da durum benzer şekilde olup ISO parlaklık değeri kontrol örneklerinde % 34,8 civarında iken % 0,75 FAS ilavesi ile parlaklık değeri % 54' e

ve % 2 FAS ilavesi ile bu değer % 82.9' a kadar çıkmıştır. FAS sarı rengin kırılması ve tamamen uzaklaştırılmasında oldukça başarılıdır.

Yapılan çalışmada kırmızı renkli kağıtların kontrol rneklerinin ISO parlaklık değerinin % 23,4 olduğu % 0,75 FAS ile bu değerin % 54' e çıktığı % 2 FAS ile ise % 77,3' e çıktığı görülmektedir.

Dört renk kendi aralarında karşılaştırıldığında grafiklerden de grldğu gibi mavi renk hariç diğer renkler FAS oranıyla birlikte değişime uğramakta ve ISO parlaklık değerleri artmaktadır.

Dört rengin eşit oranlarda karıştırıldığı atık kağıtların n ağartmasında beklenildiği gibi kırmızı, sarı ve yeşil renkler indirgenmiş ve geriye mavi renk kalmıştır. Bu da ISO Parlaklık değerlerinde kontrol örneğinde % 30,2 gibi bir değer okunurken % 0,75 FAS ile % 51,1 ve %2 FAS ile % 73 bir değer ile kendini göstermiştir.

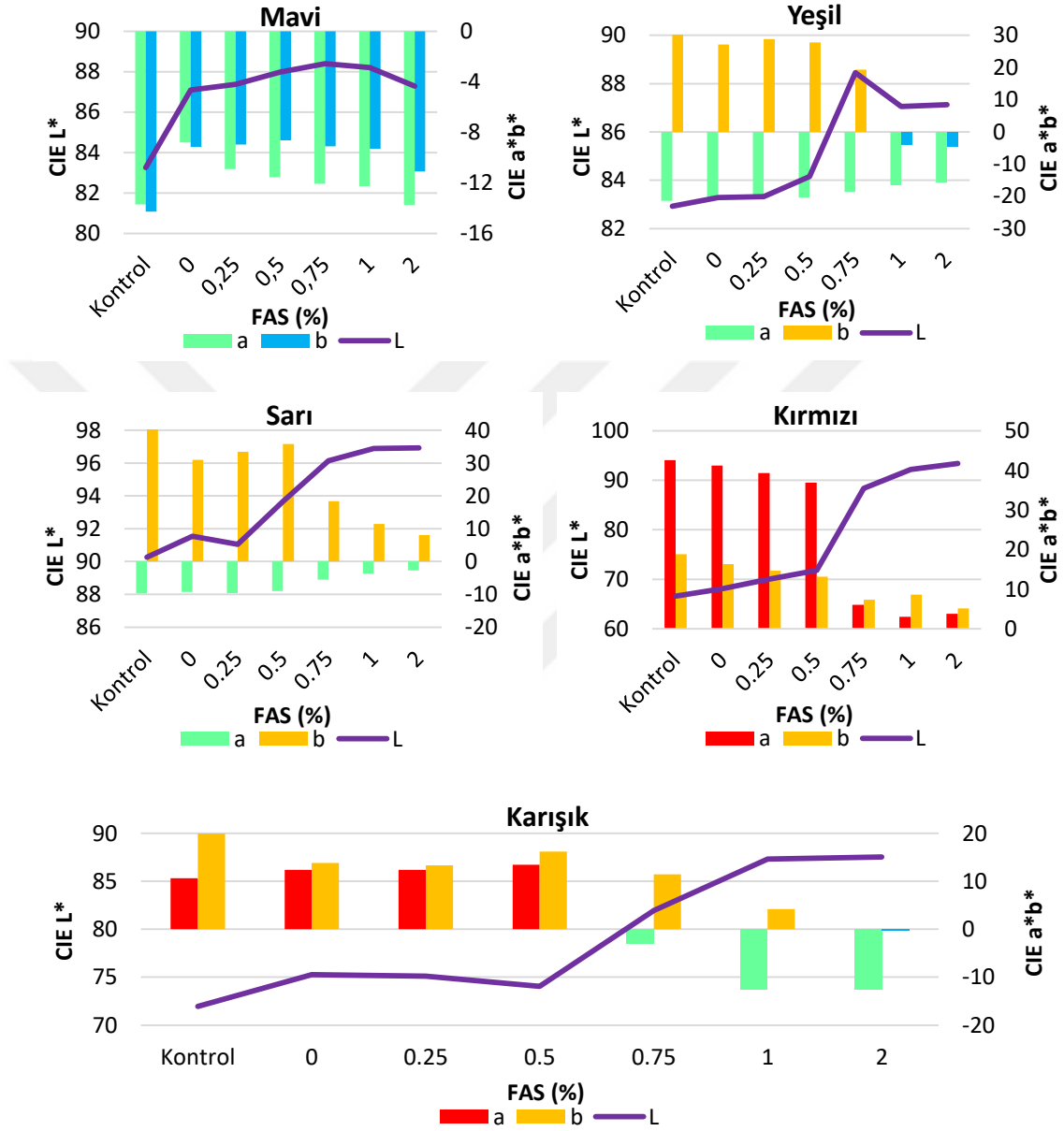
ISO parlaklık değerleri kağıtılık için önemli bir parametre olsa da özellikle renk değişimleri konusunda çok yeterli bilgi sunamamaktadır. Bu yüzden kağıtların CIE L*a*b* ve UV spektrumları renk değişimlerini gözlemlemek için daha ayrıntılı sonuçlar verecektir.

4.1.2. Hamurlaştırma Sırasında n Ağartma İşlemi için Kullanılan Formamidinsülfünik asidin Renkli Ofis Kağıtlarının CIE L*a*b* Renk Değerleri zerine Etkisi

şekil 8' de FAS n ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kağıtlarının CIE L*a*b* renk değerleri görülmektedir.

Grafikler incelendiğinde mavi renkli kağıtların hamurlarının renklerinde çok önemli değişimler görülmemektedir. Bununla birlikte FAS oranının % 0 ve % 0,25 olduğu şartlarda mavi (b*) rengin kontrole göre -14,3' ten sırasıyla -9,1 ve -9' a gerilediği fakat FAS oranının % 2 ye arttırılması ile bu oranın tekrar -11,1 değerlerine geri çıktığı görülmektedir. Benzer eğilim yeşil rengi belirten a* değerinde de gözlemlenmektedir. L* değerinde ise FAS oranına bağlı olarak artış tespit edilmiştir.

Bu sonuçlardan 10 dakikalık ön ağartma işleminde FAS' ın mavi rengin kırılmasında çok fazla etkili olmadığı sonucu çıkarılmaktadır.



Şekil 8. FAS ön ağartma işlemi sonrası hamurların CIE L*a*b* değerleri.

Yeşil renkli kağıtların hamurlaştırılmasında FAS kullanımı sonucu sarı(+) ve mavi (-) rengi belirten b* değerinde önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. FAS oranının % 0,75' e çıkarılması ile b* değeri 32,7' den 19,4' e kadar düşmüştür. Bunun anlamı hamur içerisindeki sarı rengin FAS oranıyla birlikte azalmasıdır. FAS oranı % 1 ve

% 2' ye çıkarıldığında ise hamurdaki sarı renk tamamen tükenmiş ve b* değeri sırasıyla -3,8 ve -4,4 olarak ölçülmüştür. Bu sonuç hamur içerisinde mavi rengin artışı olarak açıklanabilir. FAS oranının artışı negatif ekseninde yeşil rengi belirten a* değerini de azaltmaktadır. % 1 ve % 2 oranında FAS ilavesi ile a* değeri -21,4' ten sırasıyla -16,5 ve -15,8' e gerilemiştir. Bu sonuç FAS oranının artışı ile yeşil rengin ve sarı rengin azaldığı mavi rengin ise azda olsa arttığını göstermektedir. Renk koordinatlarına göre % 2 FAS ile ön ağartmaya uğratılan hamurun rengi yeşilden turkuza doğru kaymıştır. L* değeri ise FAS oranı ile birlikte artmıştır.

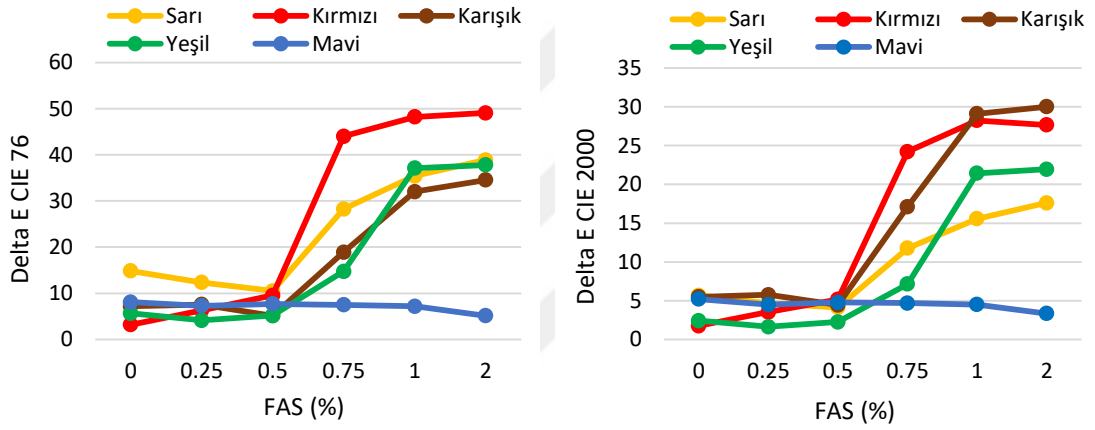
Sarı renkli kağıtların kontrol örneklerinin L*a*b* değerleri sırasıyla 90,3, -9,8, ve 45,7 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçtan kontrol hamurlarında önemli miktarda sarı rengin yanı sıra yeşil rengin de olduğu söylenebilir. FAS oranının artırılması ile birlikte grafikten de görüldüğü gibi sarı ve yeşil rengin azaldığı görülmektedir. % 2 FAS ile b* değeri 8,1, a* değeri -2,7' ye kadar gerilemiştir. L* değeri ise 90,3' ten 97' ye kadar artmıştır.

Kırmızı renkli kağıtların FAS ön ağartma sonuçları ile de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kırmızı rengin varlığını gösteren a* değeri % 2 FAS ilavesi ile kontrole göre 42,5' ten 3,7' ye kadar gerilemiştir. Sarı rengi belirten b* değeri ise % 2 FAS ile 18,8' den 5,1' e gerilemiştir. Bu sonuçlar ile birlikte L* değerinde 66,6' dan 93,4' e ciddi bir artış sağlanmıştır.

Dört rengin karışımlarının geri dönüşümünde ise kontrol numunelerinin CIE L*a*b* değerleri sırasıyla 72, 10,6 ve 20 olarak ölçülmüştür. İlk haliyle elde edilen kontrol hamuru kahverengi olarak görülmektedir. FAS oranının artışı, % 0,50 oranına kadar kırmızı(a*) rengi pek etkilememiş fakat kısmen sarı(b*) rengi azaltmıştır. Oran % 0,75' e çıkarıldığında ise kırmızı renk tamamen kaybolmuş a* değeri negatif ekseninde -3 olarak ölçülmüş yani yeşil renk tespit edilmiştir. b* değeri ise kontrole göre 20' den 11,4' e kadar gerilemiştir. FAS oranı % 2' ye çıkarıldığında a* değeri -12,7' ye b* değeri ise -0,3' e gerilemiştir. L* değeri % 2 FAS oranı ile birlikte 72' den 87,5' e çıkmıştır. Bu sonuçlardan FAS ilavesi ile birlikte kolay ağartılan kırmızı ve sarı rengin kaybolduğu bununla birlikte yeşil rengin ve çok az mavi rengin arttığı görülmektedir.

Renk uzaklaştırma etkinliğinin belirlenmesi için en uygun parametre ΔE ' dir. ΔE , CIE L*a*b* renk değerlerinden kontrol örneğine oranla hesaplanmaktadır. Şekil 9' da FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kağıtlarının $\Delta E_{CIE2000}$ ve ΔE_{CIE76} değerleri görülmektedir.

Grafikler incelendiğinde FAS oranının artırılması ile CIE 76 ya göre en fazla renk değişimi kırmızı renkli kağıtlarda CIE 2000' e göre ise en fazla renk değişimi kırmızı ve karışık kağıtlarda gerçekleşmiştir. CIE 76 ya göre kırmızıyı sarı, yeşil ve karışık renkler izlemiştir. CIE 2000' de sarı renk yeşilden sonra gelmektedir. Her iki formülde de mavi renkte önemli bir değişim görülmemiştir.



Şekil 9. FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kâğıtlarının $\Delta E_{CIE2000}$ ve ΔE_{CIE76} değerleri.

Bilindiği gibi FAS oldukça güçlü bir indirgendir ve ofis kâğıtlarının geri dönüştürülmesinde son kademedeki ağartıcı olarak birçok çalışmaya konu olmuştur. Peşman ve Kırıcı (2011) yaptıkları çalışmada FAS ve diğer indirgeyici ağartıcılar olan hidrosülfid ve sodyum borhidrid ile kromoforik yapılarda çok etkili olan hidrojen peroksidin eski gazete kâğıtlarının ağartılmasında kullanmışlar ve en yüksek parlaklık değerlerini FAS ile elde etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da FAS hamurlaştırıcıda çok etkili sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni FAS' ın atık kâğıt içerisindeki boyar maddelerde bulunan indirgenebilir yapılar ile reaksiyona girerek üre ve sodyum hidrosülfid açığa çıkarmasıdır (İmamoğlu, 2002). İmamoğlu ve çalışma arkadaşları (2013) yaptıkları benzer bir çalışmada farklı renkler ile baskı yapılmış kuşeli ve kuşesiz atık kâğıtların hamurlaştırıcıda FAS ve H₂O₂ ile

ağartılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında uzaklaştırılmak istenilen rengin boya olmayıp mürekkep olmasından dolayı akabinde uygulanan yüzdürme işlemine daha uygun koşullar sunan hidrojen peroksit ağartması daha etkili sonuçlar vermiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada ise mürekkep yerine boyar maddeler olduğu için bu maddelerin hamurlaştırma işlemi sırasında uzaklaştırılmasının mümkün olmaması dolayısı ile renklerinin kırılması gerekmektedir. Bu amaçla FAS çok daha etkili sonuçlar vermiştir.

FAS kromoforik yapıları indirgemesi dolayısı ile hem atık kağıtlar hem de mekanik hamurların ağartılmasında çok etkili olduğu bir çok araştırmacı tarafından da doğrulanmıştır (Gehr, 1997; Forsberg ve Genco, 1994; Deneault ve Leduc, 1995; Deneault vd, 1995; Patt vd., 1996; İmamoğlu, 2002; Peşman, 2010; Peşman vd., 2011; İmamoğlu vd., 2013).

Şekil 10' da FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kağıtlarının beyazlık (WI) indeksi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde beyazlık indeksi mavi renkte FAS oranının artışı ile kontrole göre azalmıştır. Mavi renk beyazlıkla çok ilişkili olduğu için mavi renkli kağıtların beyazlık değerleri 136-114 arasında tespit edilmiştir.

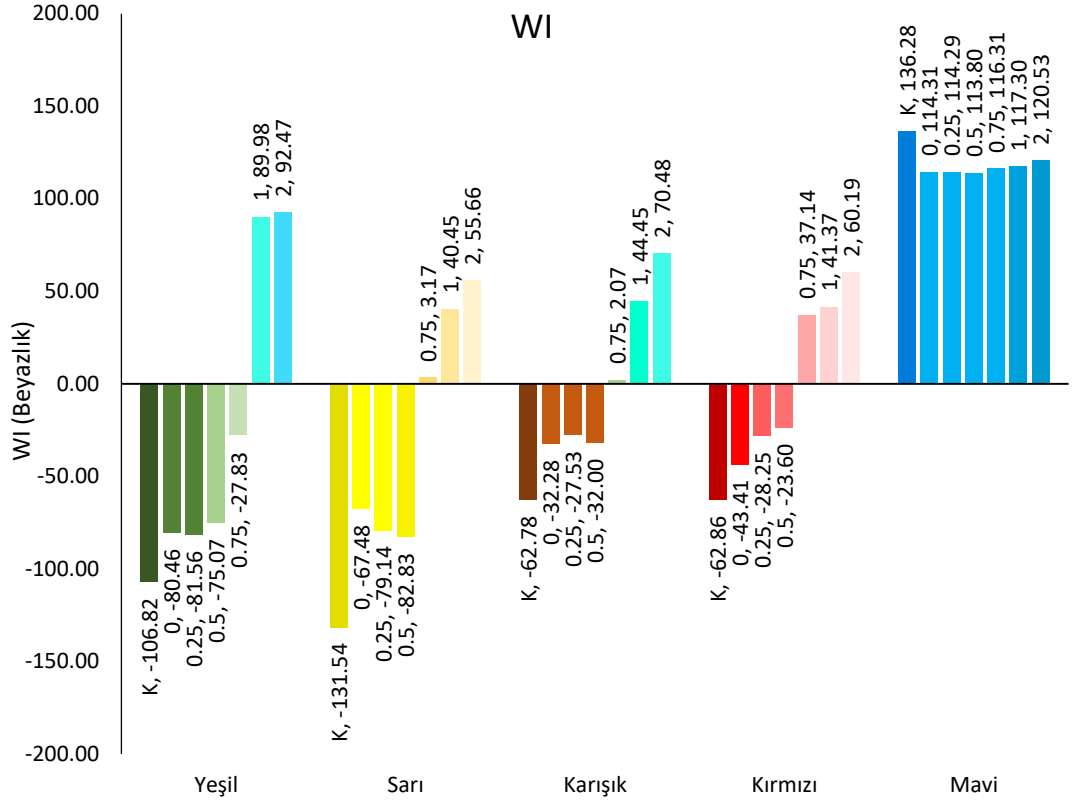
Yeşil renkli kağıtlarda beyazlık değeri % 0,75 FAS oranına kadar negatif ekseninde -106,8' den -27,7' e gerilemiştir. FAS oranı % 2' ye çıkarıldığında ise rengin maviye dönmesi ile beyazlık değeri 92,4 olarak tespit edilmiştir.

Sarı renkli kağıtlarda beyazlık değeri % 0,50 FAS oranına kadar negatif ekseninde -131,5' ten -82,8' e gerilemiştir. FAS oranı % 2 ye çıkarıldığında beyazlık değeri 55,6' ya çıkmıştır.

Kırmızı renkli kağıtlarda da durum sarı renktekinden çok farklı değildir. Beyazlık değeri kırmızı renkli kağıtlarda FAS oranının % 2' ye çıkarılması ile -62,9' dan +60,2' ye çıkmıştır.

Karışık renkli kağıtlarda yeşil renkli kağıtlardakine benzer bir sonuç çıkmıştır. Beyazlık değeri % 0,5 FAS oranına kadar -62,8' den -32' ye gerilemiştir. % 0,75

FAS oranı ile renk hakiye dönmüş ve beyazlık değeri 2,1' e çıkmıştır. % 2 FAS ile beyazlık rengin turkuaza çalması ile 70,48' e kadar çıkmıştır.



Şekil 10. FAS ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kâğıtlarının beyazlık değerleri (WI).

4.2. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi için Kullanılan Formamidinsülfünik asidin Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

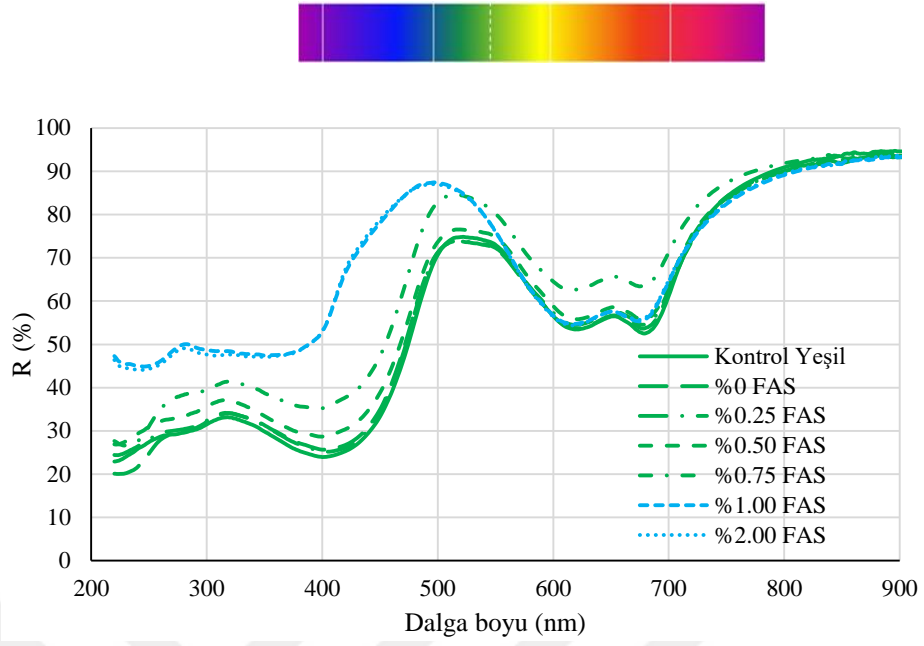
Yapılan çalışmada ön ağartma işlemine uğratılmış renkli ofis kâğıtlarının Shimadzu UV-3600 ISR 3100 cihazı ile baryum sülfat standart yansıtıcısına göre 220-900 nm dalga boyları arasındaki reflektans (%R) ve absorbans (K/S ; K: absorbans katsayısı, S: ışık dağıtma katsayısı) değerleri ölçülmüştür. Cisimler bilindiği gibi ışığın spektrumunda bazı dalga boylarını absorbe ederken bazılarını da yansıtmaktadır. Yansıtılan ışık spektrumu cisimlerin rengini oluşturmaktadır. Bu yüzden ağartma işlemine uğratılmış ofis kâğıdı numunelerimizin reflektans ve absorbans değerleri, formamidin sülfünik asit ön artmasının kâğıt hamurlarını ne derecede etkilediğinin

belirlenmesi açısından bize değerli bilgiler sunmaktadır. Kromofor boyar maddelerin kalbini oluşturmaktadır ve konjuge çift bağlar ile tekil bağlardan oluşan geniş bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistem, pi elektron sistemi olarak bilinmektedir. Boyar maddenin ışığı absorblayabilmesi için en az 4 konjuge çifte bağa ihtiyacı vardır. Işık bu pi elektron sistemi ile karşılaştığında ışığı absorblama derecesine göre renk olarak görünmektedir. Yapılan FAS ağartması ile boyar maddelerin çifte bağları indirgenmekte ve absorbans değerleri değiştiği için renk ya zayıflamakta ya da başka renklere dönüşmektedir (Mclow, 2009).

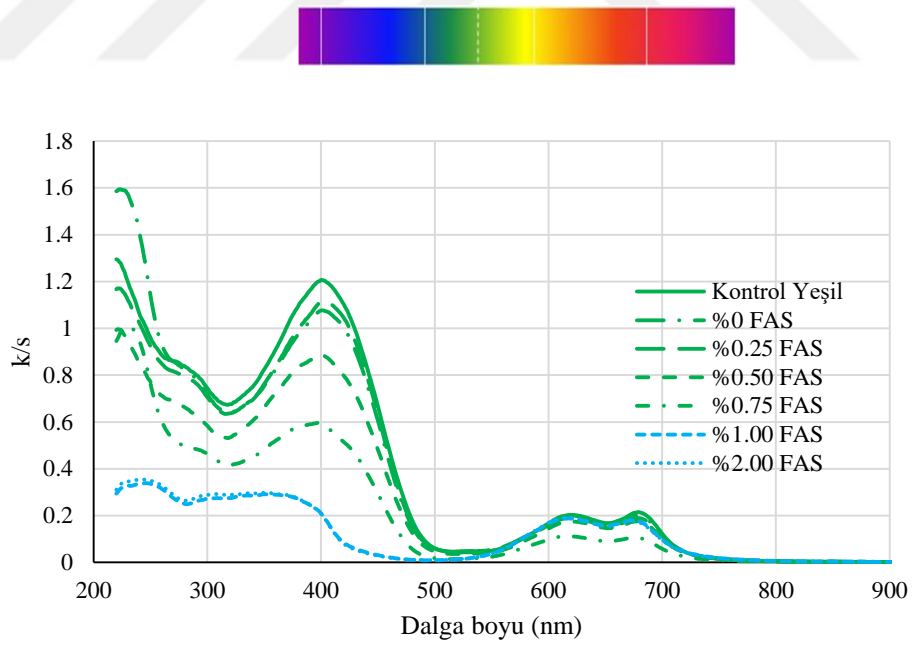
4.2.1. Formamidin Sülfünik Asidin Yeşil Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 11' de FAS ön ağartmasına uğratılmış yeşil kâğıtların 220-900 nm dalga boyları arasındaki reflektans değerine ait spektrumlar görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi baskın reflektans piki kontrol de yeşil rengi belirten 550-500 nm arasında görülmektedir. FAS oranının artırılması ile birlikte pik, renk açılması ile birlikte artmakta ve mavi rengi belirten 500-450 nm ye doğru kaymaktadır. Bunun nedeni ofis kâğıtlarının boyanmasında kullanılan yeşil renkli direkt boyanın indirgeyici özellikteki FAS ile yapısının değişerek absorbans ve reflektans değerlerinin değişmesidir.

Şekil 12' de FAS ön ağartmasının yeşil renkli kâğıtların 220-900 nm dalga boyu arasındaki K/S değerleri üzerine etkisi görülmektedir. K/S reflektans değerinin aksine absorbansı göstermekte olup kâğıdın hangi renkleri absorbe ettiğini göstermektedir. Grafikten görüldüğü gibi absorbans pikleri başlangıçta 400nm, 625 nm ve 675 nm de fazla iken FAS oranının artışı ile birlikte absorbans değerlerinde azalma olmakta ve % 1-2 FAS oranında mavi renkteki pik neredeyse kaybolmaktadır.



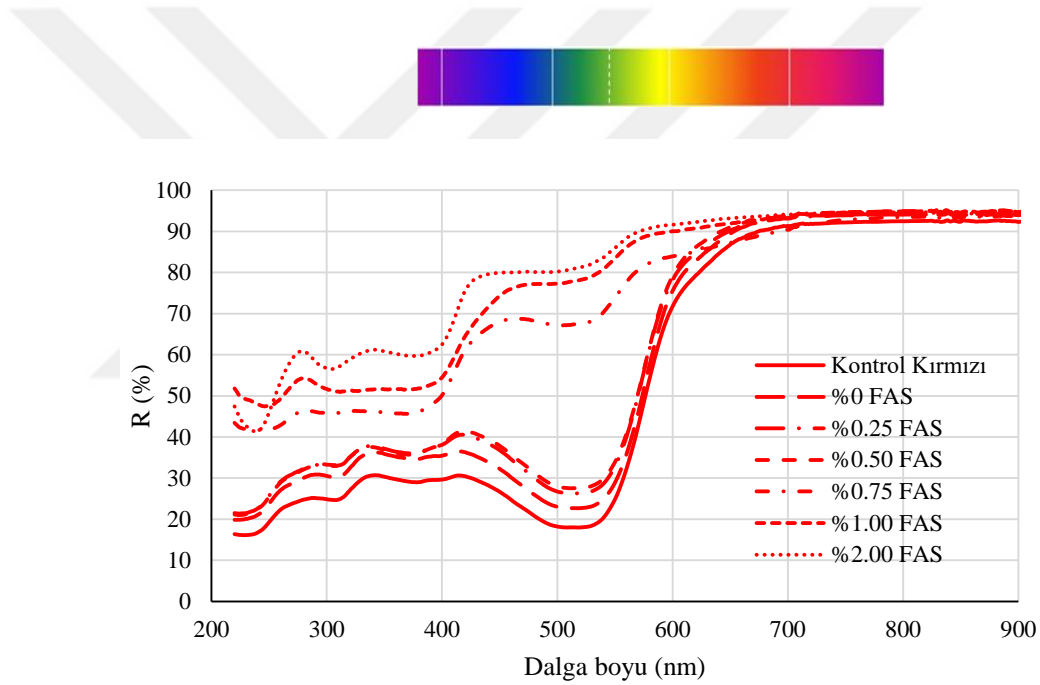
Şekil 11. FAS ön ağartmasının yeşil renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi.



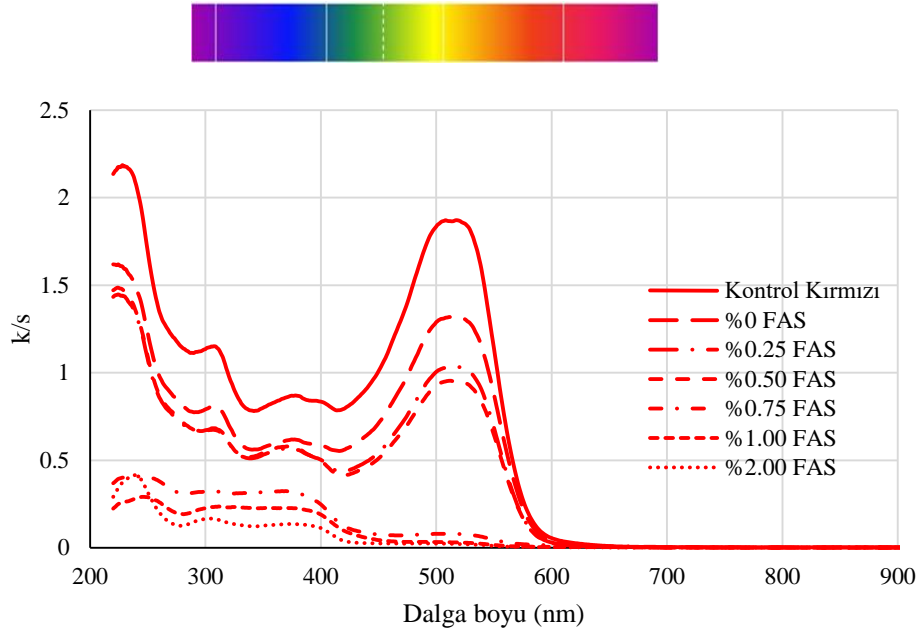
Şekil 12. FAS ön ağartmasının yeşil renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi

4.2.2. Formamidin sülfünik asidin Kırmızı Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 13’ de FAS’ ın kırmızı renkli ofis kâğıtlarının reflektans değerleri üzerine etkisi, Şekil 14’ de ise k/s değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FAS oranının artırılması ile birlikte reflektans değerlerinde genel bir artış görülmektedir. Bunun nedeni kırmızı rengin FAS oranının artırılması ile azalması ve bununla birlikte beyazlığın artışıdır. % 1 ve % 2 FAS oranlarındaki ağartma ile yeşil renkteki absorbans değerleri ciddi oranda azalmıştır. Bu sonuçlar FAS ön ağartmasının kırmızı rengin kırılmasında çok başarılı olduğunu göstermektedir.



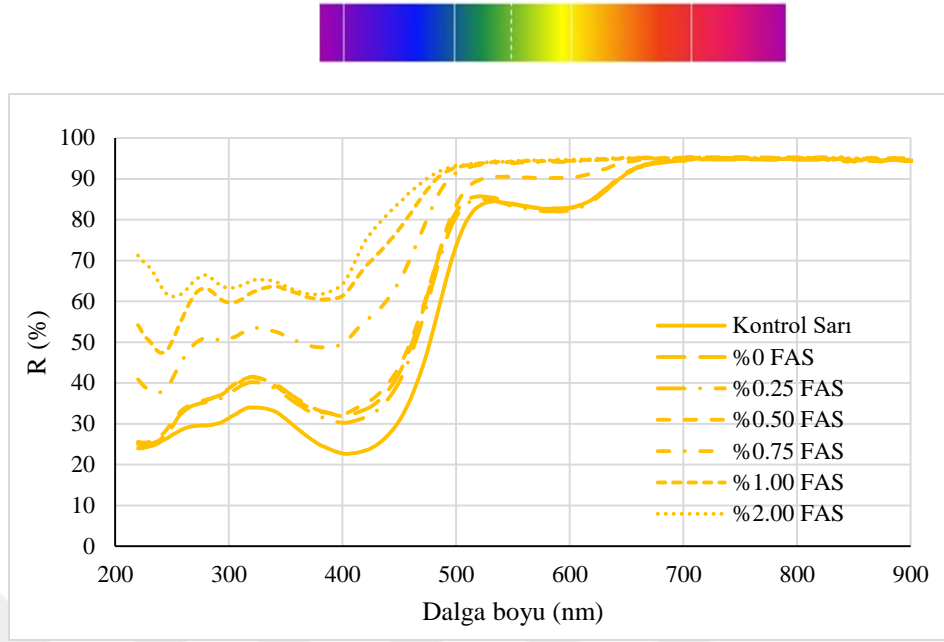
Şekil 13. FAS ön ağartmasının kırmızı renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi.



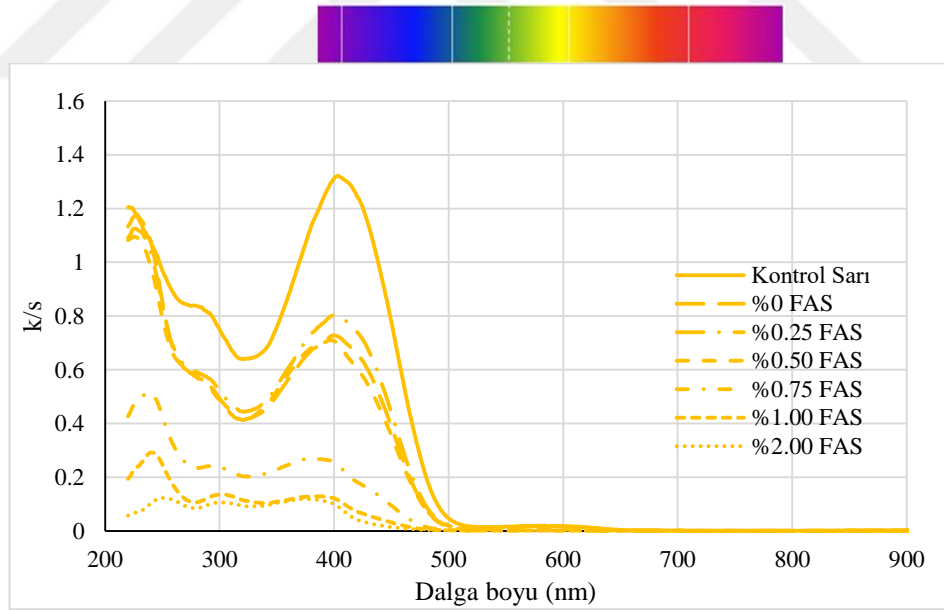
Şekil 14. FAS ön ağartmasının kırmızı renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi.

4.2.3. Formamidin sülfünik asidin Sarı Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 15’ de FAS’ ın sarı renkli ofis kağıtlarının reflektans değerleri üzerine etkisi, Şekil 16’ da ise k/s değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FAS oranının artırılması ile birlikte kırmızı renkte olduğu gibi reflektans değerlerinde genel bir artış görülmektedir. Bunun nedeni FAS oranının artırılması ile sarı rengin azalması ve bununla birlikte beyazlığın artışıdır. % 1 ve % 2 FAS oranlarındaki ağartma ile özellikle mavi renge yakın olan dalga boyunda ki absorbands değerlerinin önemli oranda azaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar FAS ön ağartmasının kırmızı renk gibi sarı rengin kırılmasında da başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 15. FAS ön ağartmasının sarı renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi

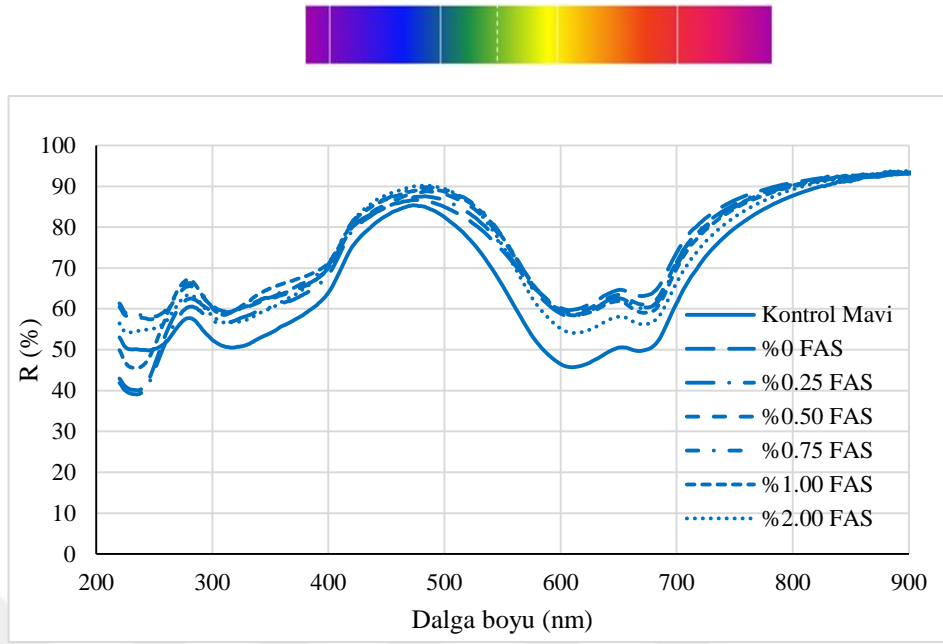


Şekil 16. FAS ön ağartmasının sarı renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi

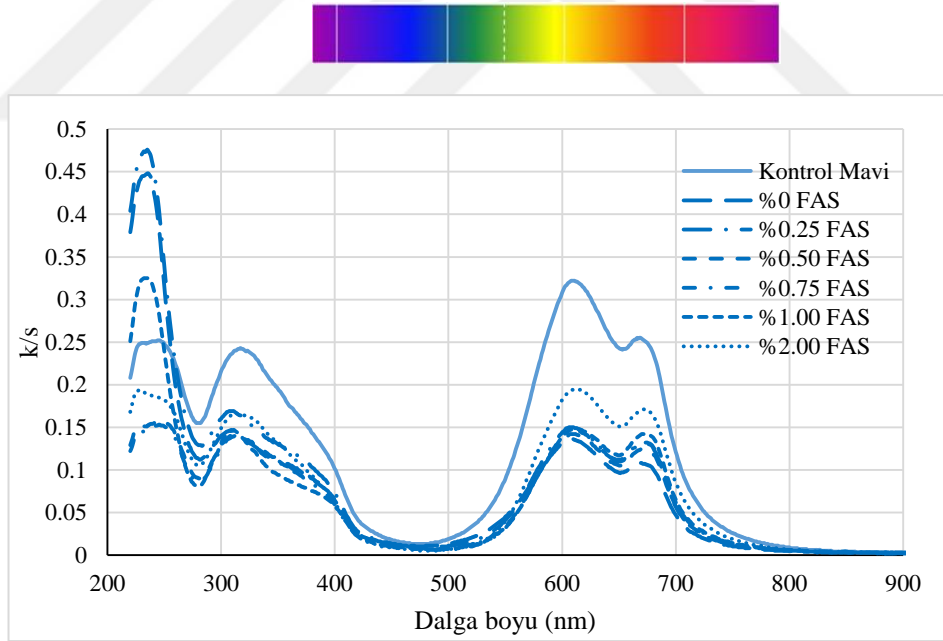
4.2.4. Formamidin sülfinik asidin Mavi Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 17’ de FAS ın mavi renkli ofis kağıtlarının reflektans değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi reflektans değeri özellikle 450-500 nm arasında pik yapmaktadır. Bu bölgedeki dalga boyu mavi renge işaret etmektedir. Spektrumlar incelendiğinde FAS oranının artışı ile mavi renkli kağıtların ön ağartılmasında önemli bir etki sağlanamadığı görülmektedir.

Şekil 18’ de ise FAS’ ın mavi renkli kağıtların k/s değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FAS oranının artırılması ile reflektans eğrilerinin tersi bir eğrinin oluştuğu grafikten görülmektedir. Spektrumlardan sarı rengin olduğu dalga boyundaki absorbansın kontrol örneğine göre azalış gösterdiği bununla birlikte FAS’ ın mavi rengin ağartılmasında çok da etkili olamadığı görülmektedir.



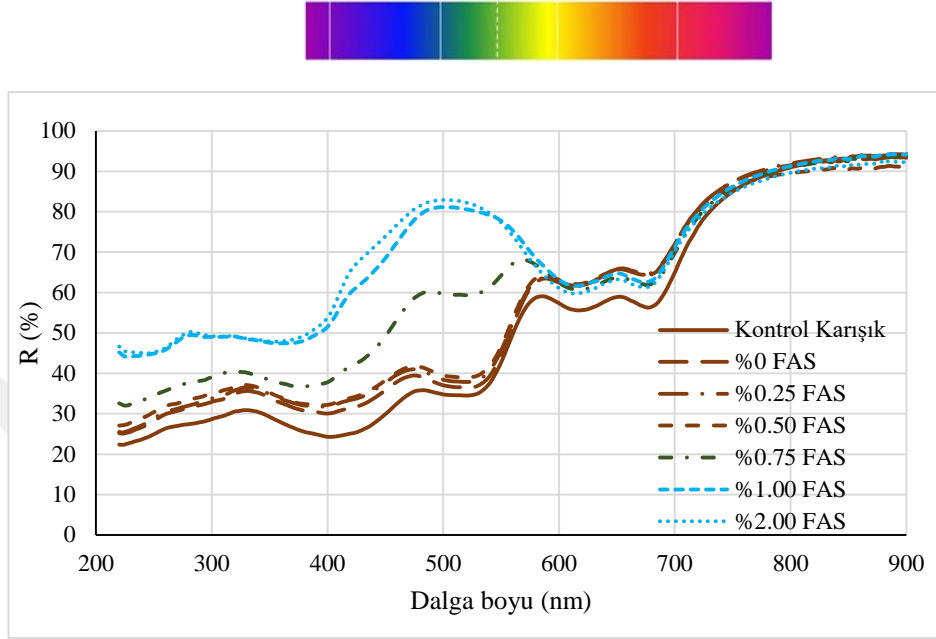
Şekil 17. FAS ön ağartmasının mavi renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi.



Şekil 18. FAS ön ağartmasının mavi renkli kâğıtların k/s değerleri üzerine etkisi.

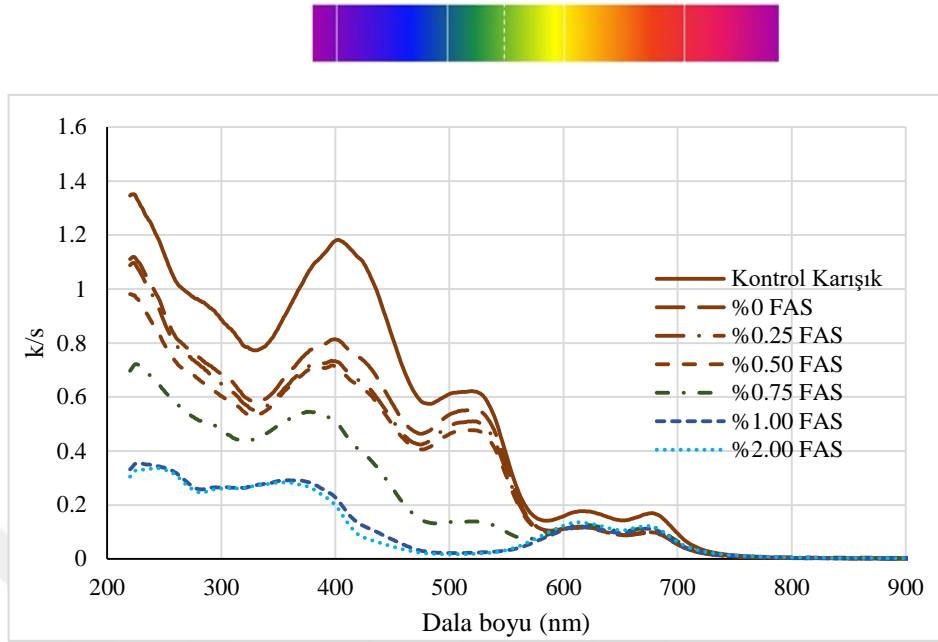
4.2.5. Formamidin sülfünik asidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 19’ da FAS’ ın karışık renkli ofis kağıtlarının reflektans değerleri üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 19. FAS ön ağartmasının karışık renkli kâğıtların reflektans değerleri üzerine etkisi

220-900 nm dalga boyu arasındaki reflektans spektrumları incelendiğinde FAS oranının % 0,5’ e kadar artırılması ile kahverengi olan karışık ofis kağıtlarının renginin açıldığı dolayısı ile reflektans değerlerinin arttığı görülmektedir. FAS oranının % 0,75’ e çıkarılması ile özellikle yeşil ve sarı rengi tanımlayan dalga boylarında önemli bir artış olduğu ve FAS oranının % 1 ve % 2’ ye çıkarılması ile bu pikin mavi renge doğru kaydığı görülmektedir. Benzer durum absorpsiyon eğrilerinde de görülmektedir. FAS oranının % 2’ ye çıkarılması ile birlikte mavi renkteki absorpsiyonun azaldığı k/s spektrumundan görülmektedir. Bunun nedeni kırmızı ve sarı rengin kolayca kırılması ve geriye daha zor indirgenen mavi ve yeşil rengin kağıt hamuru içerisinde kalmasıdır.



Şekil 20. FAS ön ağartmasının karışık renkli kağıtların k/s değerleri üzerine etkisi

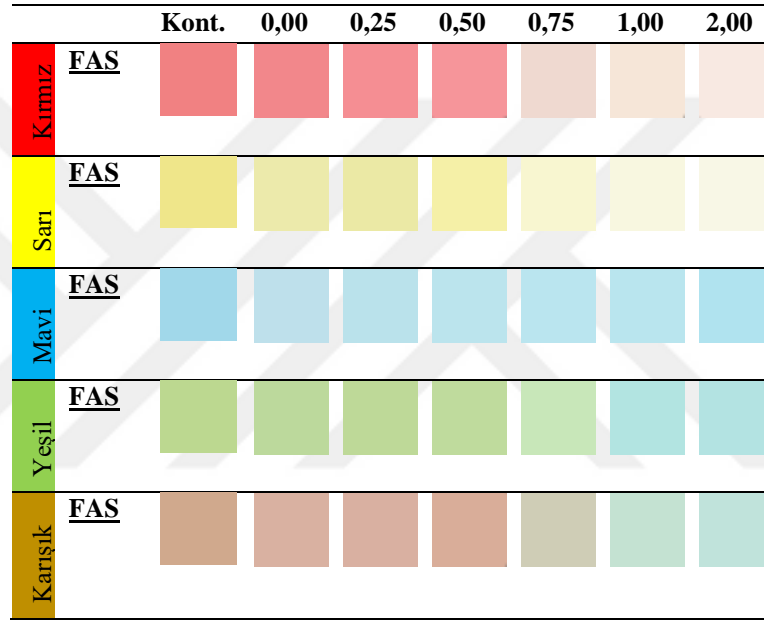
4.3. Optimum Formamidin Sülfünik Asit Oranının Belirlenmesi

Şekil 21’ de hamurlaştırma işlemi sonrası üretilen test kağıtlarının ulaştığı renkler görülmektedir. Optik özellikler ile ilgili diğer tüm parametreler ve bu renk çizelgesinden faydalanarak en uygun ağartıcı oranları belirlenmiştir. Bilindiği gibi formamidin sülfünik asit çok etkili bir indirgen olması yanı sıra pahalı da bir ağartıcıdır. Hidrojen peroksit ise formamidin sülfünik aside kıyasla daha ucuz bir kimyasaldır. Bu amaçla özellikle FAS için en az oranla en başarılı sonuçların elde edildiği oranı belirlemek oldukça önemlidir.

Çalışma kapsamında hamurlaştırma sırasında ortama ilave edilen FAS oranı ile birlikte Şekil 21’ de görüldüğü gibi % 0,75 FAS oranında bütün renklerin döndüğü görülmektedir. En uygun sonuçların % 2 FAS ile elde edildiği görülmektedir. Benzer durum sarı renkte de gözlenmiştir. Yeşil renkli kağıtlarda ise renk dönüşümü % 1 FAS oranında gerçekleşmiştir. % 1 FAS ile yeşil renk maviye dönüşmüştür. Dört rengin eşit şekilde karıştırıldığı karışık renkli atık kağıtların hamurlaştırılmasında FAS kullanımı ile iki renk dönüşümü gözlenmiştir. % 0,75 FAS ile kahverengi olan

renk hakiye % 1 FAS ile mint yeşiline dönüşmüştür. Mavi renkli atık kağıtlarda renk açılması gözlene de çok büyük bir fark oluşmamıştır.

Sonuç olarak en uygun FAS oranının % 1 olduğu görülmektedir. % 1' in altındaki oranlar hamurlaştırma açısından da pek uygulanabilir değildir. Çünkü hamurlaştırma işlemi FAS' ın yanı sıra önemli ölçüde alkaliye ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca FAS alternatifi sodyum hidrosülfite göre 3 kat daha pahalıdır(Forsberg ve Genco, 1994; Patt vd., 1996). Bu yüzden çok iyi optimize edilerek kullanılmalıdır.

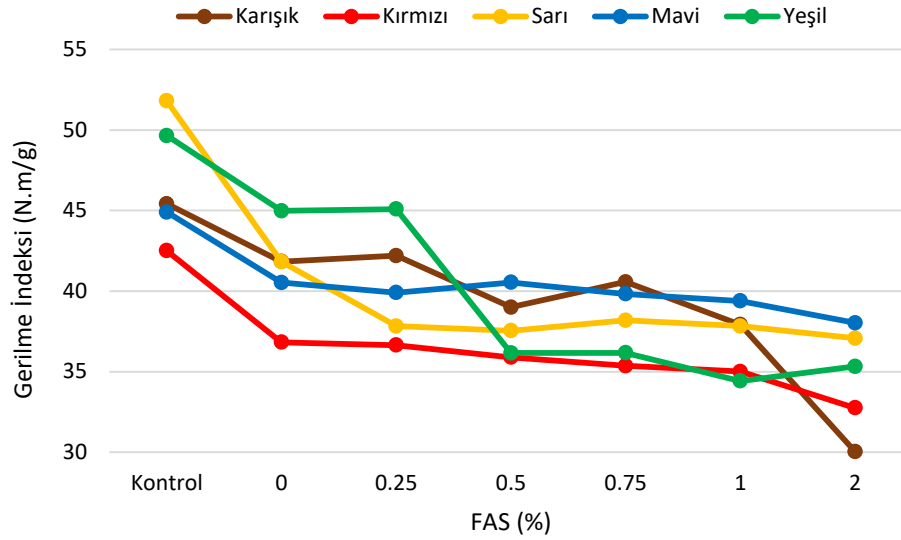


Şekil 21. Ön ağartma sonrasında elde edilen kâğıtların renkleri.

4.4. Hamurlaştırma Sırasında Ön Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Formamidin Sülfünik Asidin Renkli Ofis Kağıtlarının Sağlık Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında hamurlaştırıcıda uygulanan FAS ön ağartmasının kâğıt hamurunun sağlık özelliklerini ne derecede etkilediğini belirleyebilmek amacıyla test kâğıtlarının kalınlıkları, kopma dirençleri ve yırtılma dirençleri belirlenmiştir. Şekil 22' de hamurlaştırıcıya ilave edilen FAS oranının farklı renkteki ofis kâğıtlarının gerilme indeksleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde gerilme indeksinin FAS ilavesinin olmadığı fakat diğer kimyasalların bulunduğu % 0 da azalış gösterdiği FAS oranının ise % 1 değerinden sonra kâğıt sağlamlığını

kısmen azalttığı görülmektedir. Alkali ve FAS hamur içerisindeki hemiselülozlara ve selüloza kısmen zarar vermekte ve sağlamlık özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır. Fibrillenen lif yapısında öncelikle fibreller ve amorf bölgeleri uzaklaştırmasından dolayı da sağlamlık özellikleri azalmaktadır.



Şekil 22.Hamurlaştırıcıda ilave edilen FAS oranının farklı renkteki ofis kâğıtlarının gerilme indeksleri üzerine etkisi.

Alkali ve FAS ilavesi ile birlikte yırtılma direncinde de kopma direncinde olduğu gibi azalmalar gözlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında atık renkli ofis kâğıtlarının geri kazanılarak yeniden beyaz kâğıt hamuru üretiminde değerlendirilebilmesi için kritiklik önemdeki hamurlaştırıcı kademesinde ön ağartma işlemi için formamidin sülfünik asit (FAS) kullanım olanakları araştırılmıştır. Bilindiği gibi geleneksel hamurlaştırıcı kademesinde kullanılan kimyasalların başında alkali, silikat ve yüzey aktif maddeleri gelmektedir. Mürekkep baskısı olan beyaz ofis kâğıtlarında bu uygulama çok başarılı olmakta iken direkt, asit, bazik veya su bazlı boyalar ile renklendirilmiş kâğıtlarda ne yazık ki bu formül başarılı olamamaktadır. Boyanmış atık kâğıtların beyaz ofis kâğıtları ile çok az oranda karıştırılması durumunda bile hamurlaştırıcı kademesinde çok az olan boyanmış atık kâğıtlar diğer lifleride boyamakta ve bu rengin kırılmasında hidrojen peroksit yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla bu çalışma kapsamında hamurlaştırıcı kademesinde hidrojen peroksit alternatif olarak indirgeyici özellikte ve renk kırma özelliğine sahip formamidin sülfünik asit kullanımı çalışılmıştır. İndirgeyici ağartıcı olarak sodyum ditiyonit veya sodyum borhidrür yerine formamaidin sülfünik asidin tercih edilmesindeki sebep; bu reaktifin diğer reaktiflerden farklı olarak alkali ortamda etkili olması ve hamurlaştırıcı şartlarına en uygun reaktif olmasıdır. Ayrıca kullanımını daha zahmetsiz ve gerektirdiği ekipmanların diğer indirgeyicilere göre çok daha az olmasıdır. FAS 10 dakikalık süre zarfında bile 40-50 °C sıcaklıkta etkili olabilmektedir.

Çalışma kapsamında ortama FAS % 0, % 0,25, % 0,50, % 0,75, % 1 ve % 2 oranlarında ilave edilmiştir. Çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma ile en yüksek ISO parlaklık değeri % 2 FAS oranı ile % 85,5 olarak mavi boyalı hamurların ön ağartmalı hamurlaştırılmasında elde edilmiştir. Bununla birlikte kontrol örneğinin parlaklık değerinin % 81 olması FAS' ın mavi renkli boyayı uzaklaştırmada çok başarılı olmadığını göstermektedir. Parlaklık değerinin mavi renkte çok yüksek çıkmasının nedeni yöntemin mavi rengi yansıtan 457 nm dalga

boyundaki reflektans değerinde ölçülmesinden kaynaklanır. Mavi rengi % 2 FAS oranında % 82,9 ISO parlaklığı ile sarı renk izlemiştir. Sarı renkli kağıtlar da % 2 oranında kullanılan FAS oranı ile % 34,8 ISO parlaklığından % 82,9 ISO parlaklığına çıkmıştır. Bu sonuçtan FAS' ın sarı rengi gidererek parlaklık arttırılmasında etkili olduğu söylenebilir. Yeşil renkli kağıtlarda % 2 FAS ilavesi ile ISO parlaklık değeri % 35,7' den % 77,9' a çıkmıştır. Kırmızı renkli kağıtlarda % 2 FAS ile parlaklık değeri % 23,4' ten % 77,3' e karışık renkli kağıtlarda ise % 2 FAS ile parlaklık % 30,2' den % 73' e çıkmıştır. ISO parlaklık değeri, bize FAS kullanımının renk uzaklaştırılması hakkında önemli bilgiler sunsa da yeterli bir yöntem değildir. Bu yüzden kağıtların renk değerleri ve renk uzaklaştırma oranları ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında renkler üzerinde çalışıldığı için renk koordinatlarını belirten CIE L*a*b* ve UV spektrum değerleri çok daha net sonuçlar sunmuştur. L* değeri bilindiği gibi rengin aydınlık seviyesini, a* değeri pozitif ise kırmızı rengin, negatif ise yeşil rengin varlığını, b* değeri pozitifte sarı, negatifte mavi rengin varlığını göstermektedir. CIE L*a*b* değerleri incelendiğinde kırmızı renkli kağıtlarda FAS ilavesi ile L* değerinin arttığı dolayısı rengin açıldığı belirlenmiştir. % 1 FAS ile a* değeri yani kırmızı renk 42,5' ten 3,58' e düşmüştür. b* değeri yani sarı renk % 2 FAS ile 18,8' den 5,1' e düşmüştür. Bu sonuçlardan FAS' ın kırmızı renk uzaklaştırmakta başarılı olduğu söylenebilir. Bu sonuçları kontrole göre renk uzaklaştırma derecesini veren ΔE sonuçları da doğrulamaktadır. Kırmızı renkli kağıtlar için % 2 FAS ile $\Delta E_{CIE2000}$ 27,7 ve ΔE_{CIE76} 49.1 olarak tespit edilmiştir.

Sarı renkli kağıtlarda L*a*b* değerlerindeki değişim kırmızı renge benzer bir eğilim izlemiştir. L* değeri artan FAS oranı ile artmış, a* değeri diğer değişle yeşil renk % 2 FAS ile -9,8' den -2,7' ye indirgenmiştir. Sarı rengi belirten b* değeri ise % 2 FAS ile 45,7' den 8,1' e gerilemiştir. FAS' ın sarı renk uzaklaştırmakta da etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Sarı renkli kağıtlar için % 2 FAS ile $\Delta E_{CIE2000}$ 17,52 ve ΔE_{CIE76} 38,88 olarak tespit edilmiştir.

Yeşil renkli kağıtlarda L* değeri % 2 FAS ile azda olsa artmıştır. Yeşil rengi belirten a* değeri % 2 FAS ile -21,42' den -15,8' e gerilemiştir yani yeşil renk azalmıştır.

Sarı renk (b^*) % 0,75 FAS oranına kadar 32,7' den 19,4' e gerilemiş. % 1 FAS oranında sarı renk kaybolmuş yerini mavi renge bırakmış ve b^* değeri -3,8 olarak ölçülmüştür. Bu sebeple % 2 FAS ile ön ağartmaya uğratılan yeşil renkli kağıtların son renkleri turkuaza yakın bir renk olmuştur. Yeşil renkli kağıtlar için % 2 FAS ile $\Delta E_{CIE2000}$ 22 ve ΔE_{CIE76} 37,8 olarak tespit edilmiştir.

Mavi renkli kağıtlarda durum oldukça farklı görülmektedir. L^* değeri kontrole göre artmış olsa da mavi ve yeşil rengi belirten b^* ve a^* değerlerinde dikkate değer bir gelişme gözlenmemiştir. Hatta FAS oranı çok az da olsa ağartma işlemini daha olumsuz etkilemiştir. Mavi renkli kağıtlar için % 2 FAS ile $\Delta E_{CIE2000}$ 3,3 ve ΔE_{CIE76} 5,1 olarak tespit edilmiştir. Oysa alkali ve FAS olmayan koşullarda $\Delta E_{CIE2000}$ 5,2 ve ΔE_{CIE76} 8,1 olarak yani daha yüksek tespit edilmiştir.

Dört rengin karıştırıldığı kağıtlarda L^* değeri FAS ilavesi ile artmıştır. a^* değeri % 2 FAS ilavesi ile +10,61' den -12,7' ye gerilemiştir. Bunun anlamı hamur içerisindeki kırmızı rengin FAS oranıyla azalması ve % 0,75 FAS oranından sonra yeşil rengin artmasıdır. b^* değeri % 1 FAS oranı ile 20' den 4,2' ye düşmüş yani sarı renk önemli derecede azalmıştır. % 2 FAS ile değer -0,3' e gerilemiş yani sarı renk yerini çok az olan mavi renge bırakmıştır.

Bu sonuçlar ayrıca UV spektrum değerleri ile desteklenmiştir.

Sağlamlık özellikleri açısından FAS' ın sağlamlık özelliklerini çok az azalttığı bununla birlikte hamurlaştırma işleminin kontrole göre sağlamlık özelliklerini daha fazla oranda azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen spesifik sonuçlar ışığında çalışmadan çıkarılan genel sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Renklere göre etkisi; Kırmızı > Sarı > Yeşil > Mavi şeklinde sıralanabilir. Dört rengin karışımında ise son elde edilen renk mavimsi bir yeşildir.
- FAS'ın ve alkalinin sağlamlık özellikleri üzerine kısmi bir olumsuz etkisi bulunmakla birlikte, hamurlaştırma işleminin etkisi çok daha fazladır.

- Çalışma sonucunda genel olarak en uygun FAS oranı % 1 olarak tespit edilmiştir. Renk dönüşümü % 0,75 FAS oranında başlamakta ve % 1 de tamamlanmaktadır. % 2 FAS oranı renk değişimini daha da arttırmakta fakat % 1 de elde edilen sonuçlara göre çok büyük fark olmamaktadır. Maliyet ve sağlamlık özellikleri açısından % 1 FAS en optimum orandır.

Sonuçlar açısından bize laboratuvar dışındaki uygulamadaki sonuçlara en yakın verileri dört rengin karışımı olan karışık renkli hamurlar sağlayacaktır. Çünkü sahada kağıtlar renklerine göre toplanıp işlenmemekte aksine karışık işlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında koyu kahverengi olan bu hamurun rengi % 2 FAS ön ağartma işlemi ile yeşilimsi veya mavimsi bir renk olacaktır. Kağıt üretiminde bu liflerin az oranlarda beyaz liflere karıştırılması prosesi olumsuz yönde etkilemeyecektir fakat bu hamurların son ağartma kademesinde ağartılması çok daha faydalı sonuçlar verecektir.

Çalışma sonucunda formamadin sülfünik asidin (FAS) boyanmış atık lifleri içeren kağıtların geri dönüşümü sırasında hamurlaştırma kademesinde renk uzaklaştırma amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anon, 1996. Jaakko Pöry Consulting Inc.
- Anon, 1999. Safety data sheet for DegaFAS AS-Formamidin sulfonic acid
93/112/EC
- Berger, M. , Meier, J. , EUL, W. , 1990. Advanced bleaching technology for secondary fibre, Pacific paper Expo Conference, Vancouver
- Brandon, C.E. ,1981. Properties of paper. In : Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Edited by J.P. Casey, Third Edition, Vol. 3, A Willey Interscience Publication, New York, 1715-1955.
- Couture, J. W. , 1994. A short history of papermaking and waste paper processing equipment. In: Recycled Fibre
- Crow, D. R. , Secor, R. F. , 2000. The ten steps of deinking. In: Recycling paper-From Fibre to Finished Product. Pp. 273-280
- Cleveland, F. C. , 1993. Pulping of secondary fibre. In: Secondary Fibre Recycling, Edited by R.J. Spangenberg. Tappi Press, Atlanta, pp. 91-100
- Davis, C. B. , 188. The Manufacture of paper, Philadelphia
- Deneault, C., Robert, S., Leduc, C.L., 1995. Formamidine Sulfinic Acid Used as a Bleaching Chemical on Softwood TMP, Res. Chem. Intermed. Vol.21 Nos 3-5 pp.521-533.
- Deneault, C., Leduc, C.L., 1995. Bleaching Efficiency of Formamidine Sulfonic acid (FAS) In Comparison to Hydrosulfite, Borohydride, and Peroxide in One and Two Stages, Tappi Journal,78(7) p.153-160
- Diesen, M. 1998. Economics of the pulp and paper industry. In: Papermaking Science and Technology Series, Book 1, Published in Cooperation With the Finnish Paper Engineers Association and Tappi, Helsinki,186 p.
- Fao, 2001. Statistical database for pulp & paper industries, available at www.apps.fao.org. Food and Agriculture Organisation
- Fallows, J. D., 1995. Pulper and pulper screens. In: Deinking Short Course, Atlanta, Tappi Press, pp. 39-72

- Ferguson, L. D ., 1992. Deinking Chemistry: P2 Tappi Journal, Vol 75, No 8, pp 49-57
- Forsberg, P.M. ve Genco, J.M., 1994. Bleaching Mixed Office Waste to High Brightness, Tappi Journal, 77(3) p253-259.
- Gehr, V., 1997. Bleaching of Secondary Fibre Stocks-What Can the White Magic Achieve?, Papier. 51(11) p580-585.
- Holík, H. , 2000. Unit Operations and equipment in recycled fibre processing. In: Recycled Fibre and Deinking, Edited by L. Göttching, Fapet Oy Publ. , Helsinki, pp.91-205
- İmamoğlu, S. 2002. Atık Kağıt Hamurlarının Formamidin Sülfirik (FAS) ile Ağartılması. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. İstanbul
- İmamoğlu, S., Karademir, A., Peşman, E., Aydemir, C., Atik, C., 2013. Effects of Flotation Deinking on the Removal of Main Colors of Oil-Based Inks from Uncoated and Coated Office Papers, Bioresources 8(1) p 45-58.
- ISO / DIS 536, 1993. Paper and board – Determination of grammage
- ISO/ DIS 5269-2, 1997. Standart preparation of laboratory sheets for physical testing- Part 2 : Rapid Köthen Method
- ISO/ DIS 2470, 1997. Paper, board and pulps- measurement of diffuse blue reflectance factor (ISO Brightness)
- Kronis, J. D. , Nimmerfroh, N. , 1994. Opportunities for FAS secondary fibre processing. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings, Atlanta, pp. 263-276
- Kırcı, Kırcı, H. 2004. Atık Kâğıt Geri Kazanma Teknolojisi, KTÜ Basımevi, Trabzon.
- Mckinney, R. W. J. , 1995. Wastepaper recovery and collection, In: Technology of paper Recycling, Edited by R. W. J. Mckinney, London, Blackie Academic and Professional Publ. , pp. 1-26
- Mclow, B., 2009. Paper Colouration : Application of Wet-End Paper Chemistry Thorn, I., On Au, C. Edt, Springer Science+Business Media B.V. 2009.
- Matzke, W. , Selder, H. , Kappal, J. , 1994. Present and future bleaching of secondary fibres. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings, Atlanta pp. 325- 331

- Manso, M., Corsta, M. ve Carvalho, M. L., 2007. From Papyrus to Paper: Elemental Characterization by X-ray Fluorescence Spectrometry, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 580, 732-734.
- Manso, M., Corsta, M. ve Carvalho, M. L., 2006. Artificial Aging Processes in Modern Papers: X-ray Spectrometry Studies, Spectrochimica Acta Part B, 61, 922-928.
- Patt, R., Gehr, V., Matzke, W., Kordsachia, O., 1996. New Approchesnin Bleaching of Recycled Fibers, Tappi Journal, 79(12) p.143-151.
- Peşman, E. 2010. Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mürekkep Uzaklaştırma ve Ağartma Özelliklerinin Belirlenmesi Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Peşman, E., Kırıcı, H. Ersoy Kalyoncu, E., 2011. Kısa Dalga Boyunda Uygulanan UV Işınımının Geri Dönüştürülen ve Ağartılan Atık Gazete ve Magazin Kağıdı Hamurlarının Renk Değerleri Üzerine Etkisi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(1):57-67
- Strachan, J. 1918. The Recovery and Re-manufacture of wastepaper, The Albany Press, Aberdeen, UK.
- Süss, H. ve Krüger, H., 1983. German Patent, DE 3.309.956 C1 Mart 19
- Vincent A.H.D., Khong, C., Rizzon, E., 1997. FAS (thiourea) Bleaching of Recycled Pulp, Appita Journal, 50(5) p.393-399.
- TAPPI T412 om-90, 1992. Moisture in paper and paperboard. Tappi Test Methods, Tappi pres, Atlanta, Vol 2
- TAPPI T404 om-87, 1992. Tensile breaking strength and elongation of paper and paperboard (using pendulum-type tester). Tappi Test Methods, Tappi press, Atlanta, Vol.2.
- TSE, 1989. Atık Kağıtlar. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, TSE 6941/ Nisan 1989
- URL-1 www.edta.gen.tr (11.12.2016)
- Yaylı, M., 2013: Farklı Marka Ofis Kağıtlarında XRF yöntemiyle Element Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : LALOĞLU Sinem
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 10.09.1992 / ERZURUM
Medeni hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0507 165 25 70
e-posta : sinemlaloglu@gmail.com

Eğitim

| <u>Derece</u> | <u>Eğitim Birimi</u> | <u>Mezuniyet Tarihi</u> |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Lisans | Artvin Çoruh Üniversitesi/ Orman Fakültesi/ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü | 2010 – 2014 |
| Lise | Ilıca Lisesi / ERZURUM | 2006 – 2010 |