

**RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT VE
HİDROJEN PEROKSİT İLE AĞARTILMASI**

Mehtap PARLAK

**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 FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT VE
HİDROJEN PEROKSİT İLE AĞARTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehtap PARLAK

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

Artvin 2017

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Renkli Ofis Kâğıtlarının Formamidin Sülfirik Asit ve Hidrojen Peroksit ile Ağartılması” 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

Mehtap PARLAK

İmza

ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RENKLİ OFİS KAĞITLARININ FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT VE
HİDROJEN PEROKSİT İLE AĞARTILMASI

Mehtap PARLAK

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 / Doktora 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 Kâğıtlarının Formamidin Sülfirik Asit ve Hidrojen Peroksit ile Ağartılması” 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. Türker Güleç’e, çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Sinem LALOĞLU’ ya teşekkür ederim.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Mehtap PARLAK
Artvin-2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
TEZ BEYANNEMESİ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET.....	V
SUMMARY	X
TABLolar DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Ofis Kağıtlarından Hamur Üretimi.....	3
1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi.....	4
1.2.2. Kesafet Arttırma İşlemi.....	5
1.3. Ağartma İşlemi.....	6
1.3.1. Ağartma İşleminde Kullanılan Kimyasallar.....	7
1.3.1.1. Klorlu Ağartıcı Kimyasal Maddeler.....	7
1.3.1.2. Klorsuz Ağartıcı Kimyasal Maddeler	8
1.3.2. Sodyum Hidroksit	8
1.3.3. Sodyum Silikat.....	9
1.3.4. Hidrojen Peroksit	9
1.3.5. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Materyal	15
2.1.1. Hammadde	15
2.1.2. Ağartma İşleminde Kullanılan Kimyasallar.....	17
2.1.2.1. Sodyum Hidroksit	17
2.1.2.2. EDTA ve Sodyum Silikat	17
2.1.2.3. Hidrojen Peroksit	17
2.1.2.4. Magnezyum Sülfat	17
2.1.2.5. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)	18
2.2. Metot	18

2.2.1. Hidrojen Peroksit (P) Ağartması.....	18
2.2.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS) Ağartması.....	20
2.3. Uygulanan Fiziksel Analizler.....	22
2.3.1. Fiziksel Analizler İçin Test Kağıtlarının Hazırlanması	22
2.3.2. Fiziksel Analizler İçin Test Kâğıtlarının Şartlandırılması	22
2.3.3. Test Kâğıtlarına Uygulanan Optik Testler	23
2.3.3.1. Test Kâğıtlarına ait ISO Parlaklık Ölçümü	23
2.3.3.2. Test Kâğıtlarına ait CIE Beyazlık İndeksi (WI) Ölçümü.....	24
2.3.3.3. Test Kâğıtlarına ait CIE $L^*a^*b^*$ Renk Değerlerinin Ölçümü ve ΔE Değerlerinin Hesaplanması.....	24
2.3.3.4. Test Kâğıtlarının UV Spektrumlarının Ölçümü.....	25
2.3.4. Test Kâğıtlarına Uygulanan Fiziksel Testler.....	25
2.3.4.1. Test Kâğıtlarına ait Rutubet, Gramaj ve Kalınlık Tayinler.....	25
2.3.4.2. Test Kâğıtlarına ait Kopma Testi	25
2.3.4.3. Test Kâğıtlarına ait Yırtılma Testi	26
3. BULGULAR.....	27
3.1. Ağartma İşlemi Sonrasında Yapılan Bulgular	27
3.1.1. Optik Özelliklere Ait Bulgular.....	27
3.1.2. Fiziksel Özelliklere ait Bulgular	30
4. TARTIŞMA.....	33
4.1. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının Optik Özellikleri Üzerine Etkisi	33
4.1.1. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının ISO Parlaklık Değerleri Üzerine Etkisi.....	33
4.1.2. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının CIE $L^*a^*b^*$ Renk Değerleri Üzerine Etkisi	35
4.1.3. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının CIE WI Beyazlık İndeksi Değerleri Üzerine Etkisi	42
4.1.4. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi	44

4.1.4.1 FAS ve Hidrojen Peroksidin Mavi Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi.....	44
4.1.4.2. FAS ve Hidrojen Peroksidin Yeşil Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi.....	46
4.1.4.3. FAS ve Hidrojen Peroksidin Kırmızı Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi.....	47
4.1.4.4. FAS ve Hidrojen Peroksidin Sarı Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi.....	48
4.1.4.5. FAS ve Hidrojen Peroksidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi.....	49
<u>4.2. Optimum FAS ve Hidrojen Peroksit Oranının Belirlenmesi.....</u>	<u>51</u>
4.3. FAS ve Hidrojen Peroksidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının Sağlık Özellikleri Üzerine Etkisi	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ÖZET

RENKLİ OFİS KÂĞITLARININ FORMAMİDİN SÜLFİNİK ASİT VE HİDROJEN PEROKSİT İLE AĞARTILMASI

Geri dönüşüm prosesi sırasında renklendirilmiş ofis kağıtları önemli sorunlar oluşturabilmektedir. Az miktardaki renkli ofis kağıdı lifi renksiz lifler ile karıştırılmış olsa bile hamurlaştırma sırasında serbest hale gelen boyar maddeler diğer lifleride boyamaktadır. Bu yüzden bu boyar maddelerin renklerinin giderilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada renk uzaklaştırma etkinliğini artırmak için son ağartma kademesinde formamidin sülfirik asit (FAS) ve hidrojen peroksit (P) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada ön ağartma işlemine uğratılmış mavi, yeşil, kırmızı, sarı boyar maddeler ile renklendirilmiş ofis kağıtlarının hamurları ve bu dört rengin karışımından oluşan hamurlar kullanılmıştır. FAS ve hidrojen peroksit oranları % 0, % 0,25, % 0,50, % 0,75, % 1,00, % 1,50 % 2,00 ve % 3,00 olarak değiştirilmiştir. Çalışma sonucunda FAS' ın renk gidermede indirgen özelliği sebebiyle peroksitten daha etkili olduğu belirlenmiştir. Karışık renkli ofis kağıt hamurlarının % 1,5 FAS ağartması sonucu CIE a* ve b* değerleri sırasıyla -12,1' den -1,3' e ve 5,5' ten 4,0' a düşmüştür. Bunun anlamı FAS' ın yeşil renk üzerinde daha etkili olduğu sarı rengi kısmen azalmış olduğudur. Diğer yandan hidrojen peroksidin genel anlamda etkisi daha sınırlı olsa da sarı renk giderilmesinde daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlardan her iki reaktifin (FAS) P veya P (FAS) şeklinde birbirinin ardına kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında örneklerin gerilme yırtılma indeksleri belirlenmiş ve her iki reaktifin de sağlamlık özelliklerini önemli derecede etkilemediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Formamidin sülfirik asit, hidrojen peroksit, son ağartma, L*a*b*, renkli ofis kağıdı

SUMMARY

POST-BLEACHING OF COLORED OFFICE PAPER WITH FORMAMIDINE SULPHINIC ACID AND HYDROGEN PEROXIDE

Colored office paper cause significant problems during recycling. 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. Therefore this dyestuff should be reduced or stripped for effective recycling. In this study, to enhance the color removal, the color stripping effects of formamidine sulfinic acid (FAS) and hydrogen peroxide (P) at the post-bleaching stage of recycling process were examined. In the study pre-bleached blue, green, red and yellow colored office paper fibers and the mixture of these colored office paper fibers were used. FAS and hydrogen peroxide charges were varied as 0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 %, 1,50 % 2,00 % and 3,00 % during post-bleaching. As a result of the study, FAS has been determined to be a more effective color stripper than peroxide. The CIE a* and b* value of mixed colored office paper fibers were decreased from -12,1 to -1,3 and from 5,5 to 4,0 respectively with 1,5 % FAS usage. This means that FAS was more effective on green than yellow color. On the other hand, hydrogen peroxide was determined more effective on yellow color than others. According to this result, It should be considered to use FAS and peroxide together as (FAS) P or P (FAS) sequence to obtain colorless fibers. FAS and peroxide charges were not affect the tensile and tear index of samples significantly.

Keywords: Formamidine sulfonic acid, hydrogen peroxide, post-bleaching, L*a*b*, colored office paper.

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Ağartma işleminde kullanılan hammaddenin bazı özellikleri	16
Tablo 2. P ağartmasına ait proses şartları.....	19
Tablo 3. FAS ağartmasına ait proses şartları	21
Tablo 4. P ağartmasından sonra test kağıtlarının optik özelliklerine ait bulgular.....	28
Tablo 5. FAS ağartmasından sonra test kağıtlarının optik özelliklerine ait bulgular.	29
Tablo 6. P ağartmasından sonra test kağıtlarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgular	31
Tablo 7. FAS ağartmasından sonra test kağıtlarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgular.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Hamurlaştırma sonrasında elde edilen atık kâğıt hamurları	15
Şekil 2. Ağartma sonrasında elde edilen hamur örnekleri	18
Şekil 3. FAS ağartması çalışması.....	20
Şekil 4. Ağartma sonrası elde edilen hamur örnekleri	20
Şekil 5. Fiziksel analizler için test kâğıtlarının hazırlanma aşaması.....	22
Şekil 6. Fiziksel analizler için test kâğıtlarının şartlandırılma aşaması	23
Şekil 7. Test kâğıtlarının CIE L*a*b* ölçüm aşaması.....	24
Şekil 8. Fiziksel testlerin ölçümünde yapılan yırtılma test çalışması	30
Şekil 9. FAS ve P oranlarının hamurların % ISO Parlaklık değerleri üzerine etkisi .	34
Şekil 10. Kırmızı renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri	36
Şekil 11. Sarı renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri	37
Şekil 12. Mavi renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri	38
Şekil 13. Yeşil renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri	39
Şekil 14. Karışık renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri	40
Şekil 15. Hidrojen peroksit oranının CIE ΔE değerine etkisi	41
Şekil 16. FAS oranının CIE ΔE değerine etkisi	41
Şekil 17. Hidrojen peroksit oranının CIE beyazlık indeksine (WI) etkisi	43
Şekil 18. FAS CIE beyazlık indeksine (WI) etkisi	43
Şekil 19. Mavi renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları	44
Şekil 20. Mavi renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları	45
Şekil 21. Yeşil renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları	46
Şekil 22. Yeşil renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları	47
Şekil 23. Kırmızı renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları	47
Şekil 24. Kırmızı renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları	48

Şekil 25. Sarı renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları	49
Şekil 26. Sarı renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları	49
Şekil 27. Karışık renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları	50
Şekil 28. Karışık renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları.....	51
Şekil 29. Ağartma sonrası test kâğıtlarının renkleri.....	52
Şekil 30. Hidrojen peroksit oranının gerilme indeksine etkisi.....	54
Şekil 31. FAS oranının gerilme indeksine etkisi.....	54
Şekil 32. Hidrojen peroksit ve FAS' ın yırtılma direncine etkisi	55



KISALTMALAR DİZİNİ

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)
P	Hidrojen Peroksit

GİRİŞ

Yapılan bu çalışmada renkli ofis kâğıtlarından ağartma işlemi ile mürekkebin uzaklaştırılması ve yüksek kalitede tamamen beyaz kâğıtların elde edilmesi amaçlanmıştır. Mürekkebi uzaklaştırılmış olan hamurların ağartılması üzerine çalışılmış ve ağartıcı olarak hidrojen peroksit ve FAS ağartmaları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda optik testler ve fiziksel testler ayrı ayrı uygulanmıştır. Yapılan optik testlerde ISO parlaklığı, CIE beyazlık değeri, CIE ve L*a*b* renk değerleri ve UV Spektrofotometre değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Fiziksel testler için de rutubet, gramaj, kalınlık, kopma ve yırtılma testleri ölçülmüştür.

1.1. Genel Bilgiler

Dünya ülkelerinin gelişmesiyle birlikte yeni ihtiyaçlarda ortaya çıkmıştır. İnsanoğlu her zaman düşüncelerini aktarmanın ve kaydetmenin yollarını araştırmıştır. Günümüzde de halen devam eden en önemli taşıma aracı kâğıttır. Bunların ilk örnekleride balmumundan yapılmış levhalar, yapraklar, bronz, ipek ve kil tabletleridir. Kâğıdın kullanımı M.Ö. 2500-2000 yıllarına dayanan ve papirüs adı verilen kâğıdın gelişimi ile hızlanmıştır. Gelişen teknoloji ve artan talepler kâğıdın yapılışını ve yapısal özelliklerini de değiştirmiştir (Yaylı, 2013). Tam olarak kâğıdın bulunması, Çin' li bir askeri mahkeme memuru olan Ts' ai Lun tarafından M.S. 105 yılına dayanmaktadır. Kâğıt yapımı için gerekli olan hammadde; papirüs, pamuk, keten, kabuk, kendir, kenevir, jüt, saman gibi yıllık bitkilerinin odunundan sağlanmıştır (Peşman, 2010).

Başlangıçta doğal içeriğe sahip olan kâğıtlar, kâğıt makinesinin icat edilmesiyle birlikte kimyasallar katılarak endüstriyel kâğıt üretimine katkı sağlamıştır (Yaylı, 2013).

Kâğıtçıların tarihleri incelendiği zamanlarda atıkların değerlendirilmesi oldukça geçmişe dayanmaktadır (Mc Knney, 1995). Herhangi bir kullanım alanından sonra

tüm fonksiyonlarını yitirmiş olan tüm kâğıt, karton ve mukavvalara atık kâğıt denilmektedir. Her ne kadar son kullanım yerine gönderilmemiş olsada, kâğıt fabrikalarından çıkan kırpıntı kâğıtlar ve gazete basan matbaalardan çıkan hatalı gazete baskıları ve baskı fazlası olan gazete kâğıtları da atık kâğıt olarak kabul edilmektedir.

Atık kâğıtların kâğıt endüstrisindeki avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Birim maliyetleri odun fiyatlarının değişmesinden etkilenmez
- Hammadde açısından ormana bağlı değildir
- Bir atık kâğıt 5-6 kez geri dönüştürülebilir
- Atık kâğıtların liflere ayrılması ve temizlenmesi odundan kağıt hamuru üretmekten daha ılımlı bir tarzdadır
- Daha az kimyasallar ve enerji tüketimi gerçekleşir
- Atık kâğıdın endüstride yeniden değerlendirilmesi ile odundan kağıt hamuru üretimine göre daha az su tüketilmekte ve daha az çevre kirliliği sağlamaktadır
- Odundan kâğıt hamuru üretimine göre klorlanmış organik bileşiklerden kaynaklanan su kirlenmesi yoktur
- Atık kâğıtların değerlendirilmesiyle birlikte milli ekonomiye hatırı sayılı bir katma değer sağlamaktadır
- 1 ton atık kâğıt geri dönüştürüldüğünde orta genişlikteki 17 ağaç kesilmekten kurtulmaktadır ve bu sayede de orman kaynakları daha iyi korunmaktadır

Atık kâğıtların kâğıt endüstrisindeki avantajlarının yanı sıra dezavantajları da vardır.

Bunlar:

- Her geri kazanım işlemi sırasında lifler mekanik parçalanmaya uğramakta, eleme ve yıkama işleminde ince olan fraksiyonlar uzaklaşmaktadır. Bu yüzden de hamurun sağlamlığı azalmaktadır
- Atık sudaki madde miktarı ve proses katı artı miktarı yüksektir
- Sınıflandırılma yapılmamış olan atık kâğıtların işlenmesinde sorunlar yaşanabilir
- Fotokopi ve lazer baskı yapılmış büro kâğıtlarından mürekkebin ayrılmasında zorluklar yaşanmaktadır

Kâğıt endüstrisinde atık kâğıt kullanılmadan önce (20. yüzyıl başı) ikincil lif (atık kâğıt) kaynağı paçavradır. İlk zamanlardaki geri kazanma sistemleri oldukça sadedir ve atık kâğıtlar küçük kapasiteli olan fabrikalarda işlenmektedir. Hammadde içerisinde saf olmayan hem tip olarak hem de miktar olarak azdır. Bu yüzden ikincil lifler işleyen sistemler açık devre halinde çalışmaktadır. Yani; taze su alınır, işlenir ve kısmen kirlenmiş olan su doğrudan alıcı sulara verilmektedir. Ağartmada kullanılan kimyasal maddelerin çevreye verdiği zararlar bu dönemde pek dikkate alınmamaktadır. Günümüzde ise kapalı bir su çevrim sistemi kullanılmaktadır. Kullanılan su fabrika içerisinde arıtılarak defalarca kullanılmaktadır. Böylece tesislerin çevreye yaptığı olumsuz etkiler en aza indirilmiştir (Kırcı, 2004).

Diesen'e göre (1998) kâğıt sektöründe sekonder lif kullanım oranının artmasını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Talebin artmasıyla birlikte orman kaynaklarının hammaddeyi karşılamaması
- Atık kâğıtların kullanılmasıyla ilgili yasal zorunlulukların getirilmesi
- Atık kâğıtların geri dönüşümüyle birlikte ekonomiye fayda sağlaması
- Atık kâğıt işleme teknolojilerindeki hızlı gelişmeler

Atık kâğıtlar ilk kullanılan kâğıt hamurundan daha farklıdır ve katkı maddeleri ile karışım halindedirler. Yapılan bu çalışma ile diğer lifleride boyama özelliğinden dolayı atık kâğıtlara karıştırılmasından kaçınılan boyar maddeler ile renklendirilmiş atık ofis kâğıtlarının yeniden kullanım olanaklarının artırılması amaçlanmış ve bu kâğıt türlerindeki renk pigmentlerinin indirgen ağartıcılar ve hidrojen peroksit gibi yükseltgen renk kırıcı reaktifler ile ağartılması çalışılmıştır.

1.2. Ofis Kâğıtlarından Hamur Üretimi

Birçok kaynaktan elde edilen heterojen yapıdaki atık kâğıt hammaddesinin, istenilen özellikteki kâğıt üretimi için temiz ve yeknesak kâğıt hamuru haline getirmektir. Atık kâğıt hamurları birincil kâğıt hamurlarından farklı olarak kâğıt türüne ve uğradıkları geri dönüşüm işlemlerine göre bir takım lif dışı katkı maddeleri ile karışım halinde bulunmaktadır. Bu maddeler; dolgu maddeleri, nişasta, iç yapıştırma ve yüzey tutkalları, boyalar, kuşe materyali ve baskı mürekkepleridir. Temiz, homojen ve daha

parlak kâğıt hamurunun elde edilmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle modifiye edilmesi ve uzaklaştırılması gerekmektedir (İmamoğlu, 2002; Özden, 2001).

Ülkelere göre toplanan atık kâğıtlar birçok kalite sınıflarına ayrılmıştır. Örneğin; CEPAC (Confederation of the European Paper Industry) 4 ana grup ve bunlara bağlı 49 alt grup olarak sınıflandırırken, İngiltere’ de 11 ana grup ve 68 alt grup, Almanya 4 ana grup ve 40 alt grup, Japonya ise 9 ana grup ve 26 alt grup olarak sınıflandırmıştır. Ülkemizde ise TSE Kurumu 1989 yılında 4 ana grup ve 11 alt grup olmak üzere bir sınıflandırma sistemi yapılmıştır (TSE, 1989).

İşyerinde ve okullarda kullanılan fotokopi, defter, yazıcı kâğıtları gibi veya matbaa ve kesim tesislerinin mekanik hamur oranı düşük beyaz kâğıt içerikli atık veya artıkları, yüksek optik özelliklerinin istendiği temizlik ve yazı kâğıdı üretiminde kullanılan sekonder lif kaynaklıdır (İmamoğlu, 2002).

1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi

Atık kâğıtlardan hamur yapma işlemi ilk olarak pulper içerisinde gerçekleşmektedir. Hamurlaştırmanın amacı; kaba kirliliklerin ortamdan uzaklaştırılması, liflerin bireysel hale gelmesi, ağartıcı kimyasal maddelerin sisteme verilmesi ve mürekkep partiküllerinin lifler üzerinden ayrılmasını sağlamak olarak sıralanmaktadır (Holik, 2000).

Hamurlaştırıcı (pulper) içerisinde liflerin serbest hale getirilmesi kâğıt hamuru elde etmenin ilk aşamasıdır. Pulper içerisindeki çalışma mekanizması; % 20 veya daha düşük hamur konsantrasyonlarında mekanik enerji kullanıp süspansiyona makaslama etkisi verilerek kâğıttaki hidrojen bağlarını parçalamaktır. Pulper içerisindeki hamurun sulu olmasının; ıslatma, sirkülasyon ve sürtünme gibi üç nedeni vardır. Islatma işleminde; kâğıt ile dolu olan pulper içerisine su ilave edilerek arzu edilen konsantrasyonda gerçekleştirilmektedir. Sirkülasyon aşamasında; atık kâğıt ve suyu karıştırmak için lif yapısına kadar yüksek bir makaslama bölgesi oluşturulmaktadır. Sürtünme işleminde ise; liflerin bireysel hale gelmesi için makaslama bölgesinde

topakların yırtılması ve yüksek hızla birlikte dönen elementlerin ortamdaki uzaklaştırılması sulu ortamda sağlanmaktadır.

Pulper atık kâğıt sisteminin en önemli aşaması olup, kâğıt hamurunun hazırlandığı bu bölümde performansın düşük olması diğer aşamaları da engellemektedir. Özellikle lif içerisinde bulunan uzun çöpler ve ağır parçacıklar pulperde tutularak hamurdan ayrılmaktadır. Lifler üzerindeki mürekkebin giderilmesi, ayrılması ve süspansiyon içine dağılması pulper içerisinde gerçekleşmektedir (Kırcı, 2004).

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. Etkili bir uzaklaştırmanın gerçekleştirilmesi için silindir şeklindeki pulperler kullanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı pulper yoğunluğunun yüksek olmasının nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Lifler üzerindeki mürekkebin ayrılmasını sağlar ve daha temiz kâğıt hamuru elde edilir
- Hamurlaştırma işlemi kısalmır
- Sürtünmenin fazla olmasından dolayı mürekkeplerin dispersiyonu hızlanır
- Bir ton hamur için kullanılan enerji tüketimi düşüktür
- Ağartıcı kimyasal maddelerin lifler ile etkileşimi daha hızlı gerçekleşir

1.2.2. Kesafet Arttırma İşlemi

Kâğıt hamuru içerisindeki büyük miktarlarda bulunan proses suyunun fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılması kesafet arttırma işlemiyle yapılmaktadır. Bu sayede dispersiyon ve ağartma işlemleri için gerekli hamur kesafeti sağlanmaktadır. Kirli olan proses suyu ortamdaki uzaklaştırılarak temizlenir ve tekrar kullanılmaktadır. Elde edilen hamurun daha az hacim kaplaması için depolama ve taşıma işlemlerinin daha ekonomik olarak gerçekleşmesi sağlanmaktadır (İmamoğlu, 2002).

Kesafet arttırma işleminin öncelikli olarak sisteme giren hamurun kesafetine, serbestlik derecesine, sıcaklığına ve bileşimine bağlıdır. Diğer yandan kesafet arttırma işleminde rol oynayan kuvvetler, yer çekimi, santrifüj kuvveti, vakum etkisi

ve mekanik pres olarak sıralandığı gibi kesafet arttırma işlemi için yaygın olarak kullanılan sistemler; kayışlı, tamburlu, diskli ve vidalı preslerdir (Holik, 2000).

1.3. Ağartma İşlemi

Ağartma işleminin temel amacı; kâğıt hamurunda bulunan lignin ve ligninin degradasyon ürünleri, ekstraktif maddeleri, metal iyonları, selülozik olmayan karbonhidrat bileşenleri ve her türlü renk verici maddelerin uygun olan kimyasallarla modifiye edilmesi veya ortamdan uzaklaştırılmasıyla istenilen parlaklığa ulaşmasıdır (İmamoğlu, 2002).

Ağartma terimi, ağartma işlemi uygulanacak olan kâğıt hamurunun türüne bağlı olarak farklı anlamlarda da kullanılmaktadır. Kimyasal hamurda; hamurdaki kalıntı ligninin uzaklaştırılması sağlanırken mekanik hamurda ise ortamdaki lignini uzaklaştırmadan sadece liflerin parlaklığının arttırılması sağlanmaktadır. Atık kâğıt hamurlarında ağartmanın temel olan üç fonksiyonu vardır (Weinstock, 1994):

- Boya ve mürekkep gibi renk verici maddelerin ortamdan uzaklaştırılması
- Kalıntı ligninin yapısının değiştirilmesi veya ortamdan uzaklaştırılması
- Liflerin parlaklığının sağlanması

Atık kâğıt hamurları diğer birincil liflerden elde edilen hamurlardan farklı olarak yapılarında daha önceki kullanımlarına ve geri dönüşüm (converting) işlemlerine bağlı olarak değişik şekillerde kirlilikler içermektedir. Diğer yandan da atık kâğıtlar, yüksek verimli mekanik hamur içermeleri durumunda sıcaklık ve ışığın etkisine bağlı olarak sararmaktadır. Sonuç olarak temiz ve parlak bir kâğıt hamuru elde edilebilmesi için bütün maddelerin kimyasal ve fiziksel olarak uzaklaştırılması şarttır.

İlk olarak kâğıt hamurunun rengini doğrudan etkileyen boya veya mürekkeplerin ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Boya veya mürekkebin yapısına göre uygun kimyasal maddelerin kullanılmasına önem verilmektedir. Mekanik hamur içerikli kâğıt kullanılması durumunda birincil liflerin ağartma işlemine benzer şekilde lignin uzaklaştırarak veya yapısı modifiye edilerek daha parlak hamur elde edilmektedir. Son olarak renk veya mürekkep giderme ve delignifikasyon

aşamasından geriye kalan renk verici maddelerin ağartılarak liflerin parlaklıkları sağlanmaktadır. Bütün bu işlemler seçici olarak yapıldığı gibi aynı anda da yapılabilmektedir.

Ağartma işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli konu kullanılacak kâğıdın türüne ve üretilecek kâğıt hamurunun parlaklık düzeyine bağlı olarak kayıpların ne düzeyde olmasını gerektirmektedir. Kayıplar ağartma işleminin uygulanmasında en önemlisidir. Örneğin; verimin yüksek olması ile atık kâğıt materyaline istek daha düşük kalmaktadır ve hammadde daha az maliyet sağlamaktadır. Diğer yandan işlemler sırasında daha az atık madde ortaya çıkmaktadır (İmamoğlu, 2002).

1.3.1. Ağartma İşleminde Kullanılan Kimyasallar

Atık kâğıdın içeriğine ve parlaklık derecesine bağlı olarak birçok çeşitli ağartıcı kimyasal madde farklı noktalarda hamura ilave edilerek ağartma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Ağartıcı olarak kullanılan kimyasal maddeler; oksidatif, redüktif veya lignin uzaklaştırıcı, lignin modifiye edici olarak sıralamak mümkündür. Ancak çevreye olan etkileride ön plana alınmalı ve endüstride kullanılan kimyasal maddeleri klorlu ve klorsuz ağartıcılar şekilde incelenmektedir (İmamoğlu, 2002).

1.3.1.1. Klorlu Ağartıcı Kimyasal Maddeler

Klorlu ağartıcı kimyasal maddeler; klordioksit (ClO_2) ve sodyum hipoklorittir (NaOCl). Her ikisinde lignin uzaklaştırıcıdır ve oksidatif etkiye sahip ağartıcılardır (Bakkalcı, 1998).

1980' den sonra bu kimyasal maddelerin çevreye zarar verdiği tartışılmaya başlanmıştır. Sonuç olarak atık kâğıt üreticileri farklı alternatif ağartıcılar kullanmaya başlamışlardır (Ackermann, 2000).

1.3.1.2. Kloruz Ağartıcı Kimyasal Maddeler

Hidrojen peroksit (H_2O_2) atık kâğıt hamuru ağartmasında kullanılan en önemli kloruz ağartıcılardandır. Oksidatif ve lignin uzaklaştırmadan ağartma özelliğine sahip olan hidrojen peroksit, mekanik hamur içerikli atık kâğıtlarının ağartılmasında tercih edilmektedir (İmamoğlu, 2002).

Atık kâğıtların ağartılmasında kullanılan diğer bir kloruz ağartıcı kimyasal madde de oksijendir. Oksijenle ağartma, klorlu ağartmaların yerine kullanılabilir en iyi alternatiftir (Naddeo, 1994). Son yıllarda da en popüler olarak kullanılan kloruz ağartıcı kimyasal madde ozondur. Yüksek oksidasyon etkisine sahip olan ozon, boya ve optik parlaticıların atık kâğıt hamuru üzerinden uzaklaştırılmasında oldukça etkilidir (Kogan, 1994; Muguet, 1997).

Ditiyonit ($Na_2S_2O_4$) de uzun yıllardır mekanik hamur ve atık kâğıtların ağartılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ditiyonit ile optimum ağartma şartları sağlanmaktadır ve düşük kesafette (% 3-5), pH 6 civarında, 60 °C sıcaklık ve 1-2 saat işlem süresi uygulanarak ağartma işlemi gerçekleştirilmektedir (Ackermann, 2000).

Diğer bir kloruz ağartıcı kimyasal madde olarak kullanılan FAS son ağartma işleminde kullanılmaktadır (İmamoğlu, 2002).

1.3.2. Sodyum Hidroksit

Diğer ismiyle kostik soda olarak adlandırılan sodyum hidroksit, beyaz renkte olup suda kolaylıkla çözünebilir ve sabun özelliği veren bir maddedir. Sodyum hidroksit İngiltere' de 1807 yılında Humphrey Day tarafından keşfedilmiştir (URL- 1).

Sodyum hidroksit; ortamın pH' ını alkali seviyeye çıkarmak, mürekkebin taşıyıcı tabakasını hidroliz etmek veya sabunlaştırmak ve mürekkep pigmentlerinin serbest hale gelmesini sağlamak amacıyla atık kâğıtların mürekkep uzaklaştırma işlemlerinde kullanılmaktadır (Feguson, 1992). Bunun yanı sıra sodyum hidroksit hamur liflerini şişirir ve dolgu maddesinin ortamdan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (Shrinath, 1991; Read, 1986).

Sodyum hidroksitin ilave edilmesiyle mekanik hamur gibi odunun tüm yapılarını içeren hamurlarda sararma ve renk koyulaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenden dolayı hidrojen peroksit ya da benzeri ağartıcıların kullanılması da gerekmektedir (Peşman, 2010).

1.3.3. Sodyum Silikat

Sodyum silikat; eşit oranlarda SiO₂ ve Na₂O içermektedir ve cam suyu olarak da adlandırılmaktadır. Sodyum silikat renksiz, berrak yapılı bir bileşiktir ve kristal yapısına göre farklı sınıflandırılmaktadır. Suyu karıştırıldığında şuruba benzer bir yapıya sahiptir (URL- 2).

1.3.4. Hidrojen Peroksit

Atık kâğıt hamuru ağartmasında ağartıcı olarak hidrojen peroksit (H₂O₂) yaygın olarak kullanılmaktadır. Oksidatif ve lignin uzaklaştırmadan ağartma özelliğine sahip olan hidrojen peroksit, mekanik hamur içerikli atık kâğıt hamurlarının ağartılmasında daha çok tercih edilmektedir. Ağartma işlemi, hidrojen peroksidin su içerisinde dissosiyeye olarak hidronyum (H₃O⁺) ve perhidroksil iyonları (OOH⁻) oluşturması ve perhidroksil anyonunun hamur içerisindeki kromoforların ağartması şeklinde gerçekleşmektedir (İmamoğlu, 2002).



Hidrojen peroksit; alkalinin neden olduğu kromofor oluşumunun etkisini azaltmak için hamurlaştırma kademesinde kullanılmaktadır. Hidrojen peroksidin hamurlaştırma içerisinde kullanılması, mürekkep ve dolgu maddesi vb. safsızlıkların fazla olması nedeniyle peroksidin ağartma etkisini düşürmesinden dolayı çok etkili olamamaktadır (Feguson, 1992).

Hidrojen peroksit; ortamın pH' 1, hamurun metal iyon konsantrasyonu, sodyum silikat ve çelatlayıcı oranı, ortam sıcaklığı ve işlem süresi gibi değişkenlerden etkilenmektedir ve bozunmaktadır. Hidrojen peroksidin daha etkili olabilmesi için

ortamın pH' ı 10,0-11,5 arasında ve ortam sıcaklığının da 40-80 °C arasında olması gerekmektedir (Renders, 1995).

Hidrojen peroksit kolayca suyla ve oksijenle çözünebilen çevre dostu bir ağartıcıdır. Yüksek verim ve parlaklık değerine sahip olan hamurların üretilmesinde ağartma işlemlerinin son ağartma kademesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Renders, 1995; Feguson, 1992).

1.3.5. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)

FAS diğer adıyla tiyoüre dioksit veya aminoiminometan sülfirik asit olarak da adlandırılmaktadır. 1983 yılında alınan patenle (Süss, 1983) birlikte mekanik hamur ve atık kâğıtların ağartılması tek başına veya çoklu olarak diğer ağartıcı kimyasallarla birlikte kullanılabilmesi önerilmiştir. Renkli kâğıtların renklerinin giderilmesinde veya ağartılmasında kullanılan hipokloritin çevresel açıdan klor içerikli olması ve atık sularda sorunlar çıkarmasından dolayı FAS bu ağartıcının yerine kullanılmaya başlamıştır (İmamoğlu, 2002).

FAS; beyaz renkli, kokusuz ve kristal yapıya benzer indirgen özelliğe sahiptir. Molekül ağırlığı 108,12 g/mol, yoğunluğu 1,68 g/cm³ ve kapalı formülü CH₄N₂O₂S' dir. FAS su içerisinde litrede 27 gram da çözünürken alkali ortamda ise litrede 100 gram kadar çözünebilmektedir. Çözelti halinde çok kısa bir raf ömrü olduğu için üretim aşamasında çözelti hazırlanarak doğrudan sisteme verilmektedir. 1 litre su içerisinde 10 gram çözünebilmesi için ortamın pH derecesi 4 civarında olmalıdır. Yaklaşık olarak 123 °C' de bozduğu için soğuk ve kuru ortamda saklanması gerekmektedir (Anonim, 1999).

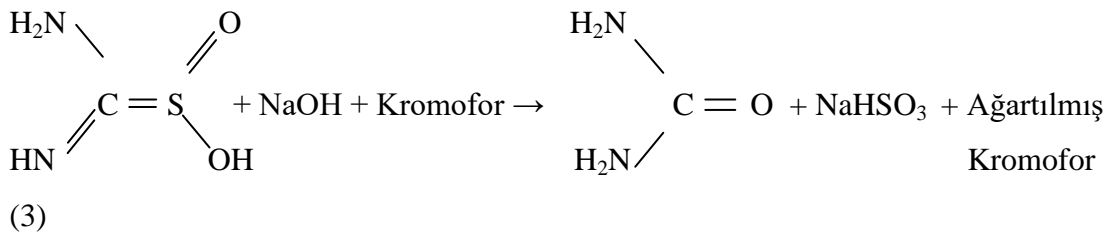
Aktif madde miktarı % 95' den daha yüksek olan FAS 50 kg' lık torbalarda veya plastik kutularda satılarak etkin madde miktarı iyodimetrik titrasyonla belirlenmektedir. FAS' ın içeriğinde korozyon etkisinin az olması ve oksidasyon etkisinde bulunmaması nedeniyle ağartma işlemi sonrasında nötr pH civarında hamur elde edilmesi ve boyalara karşı daha etkili olması diğer ağartıcılara göre en önemli üstünlüğüdür. FAS' ın atmosferik oksijenden daha az etkilenmesi de bir diğer avantajıdır (İmamoğlu, 2002).

Mekanik veya kimyasal hamur içerikli olan atık kâğıtların ağartılmasında çok kademeli ağartma işlemleri uygulanmaktadır. Yüksek parlaklık elde edilmesi için temel üç nokta vardır (Matzke, 1994). Bunlar:

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

Ağartılmış atık kâğıtların hamuruna olan talebin artmasıyla birlikte çevreye zarar vermeyen ağartma sistemlerinin araştırılmasına önem verilmiştir. Özellikle 1990' lı yıllardan sonra araştırmacılar FAS ile ilgili çalışmalara daha çok yönelmişlerdir. Uygun ağartma şartları sağlandığında FAS ile atık kâğıt içerisindeki kromoforlar reaksiyona girerek üre ve sodyum hidrojen sülfite açığa çıkarmaktadır. Sodyum hidrojen sülfite yükseltgenerek sodyum hidrojen sülfata dönüşmektedir (İmamoğlu, 2002).

Atık kâğıt hamurlarının ağartılmasında yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksidin boyar maddelere karşı fazla etkili olmadığı görülmektedir. Buna karşı olarak redüktif etkiye sahip olan FAS' ın boya giderilmesinde etkili olduğu tesbit edilmiştir (Hanchett, 1994).



FAS, redüktif ağartıcılar gibi atmosferik havaya karşı çok fazla duyarlı olmadığı için ağartma işlemleri, ağartma kademesi dışındaki atmosferik havayla temas eden bölümlerde de yapılmaktadır. Bu amaçla ağartma işleminin yapıldığı üç nokta vardır (Kronis, 1994). Bunlar:

- Pulper içerisindeki atık kâğıdın hamurlaştırılması

- Dispersiyon ünitesindeki yüksek kesafette ve sıcaklıkta dispersiyon işleminin gerçekleştirilmesinde
- Son ağartma işleminin yapıldığı ağartma kulesinde

Uygulanabilecek en basit ağartma işlemi, FAS' ın sodyum hidroksit ile pulper ünitesine ilave edilmesidir. Endüstri tarafından da kabul edilen bu sistemde kurulu bir düzen proses hattında hiçbir modifikasyona ve ek yatırıma gerek duyulmamaktadır. İyi derecede sınıflandırılmış ofis kâğıtlarının kullanılması durumunda ağartma işlemi daha artmaktadır. FAS' ın kâğıt hamuruna ilave edilmesindeki diğer bir işlemde dispersiyon ünitesidir. Yüksek sıcaklık ve yüksek yoğunluktaki dispersiyon ile kimyasal maddenin liflerle etkileşimi daha hızlı gerçekleşmektedir. Dispersiyon ünitesinde dikkat edilmesi gereken en önemli konu dispersiyon sıcaklığıdır. Dispersiyon sıcaklığının 120 °C sıcaklığının üzerine çıkmasıyla FAS' ın bozunmasına neden olmaktadır. Son ilave noktası olan kule ağartmasında, yüksek kesafet ve sıcaklığın daha etkili olması atmosferik havanın olumsuz etkisinin olmaması nedeniyle daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (İmamoğlu, 2002).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

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

2.1.1. Hammadde

Yapılan bu çalışmada aşağıda belirtilen şartlarda ön ağartma işlemine uğratılmış mavi, kırmızı, sarı, yeşil ve karışık renkli kağıt (Xerox Smphony), hamurları kullanılmış, bu renklerin eşit oranda karıştırıldığı atık kâğıtlar ve beyaz ofis kâğıtları (Copier Bond) kullanılmıştır.



Şekil 1. Hamurlaştırma sonrasında elde edilen atık kâğıt hamurları.

Son ağartma kademesinde yukarıda bahsedilen atık kâğıtların aşağıda belirtilen şartlarda hamurlaştırılması sonrası elde edilen hamurlar kullanılmıştır.

- Sıcaklık : 50 °C
- NaOH : % 2
- FAS : % 1
- Sodyum silikat : % 3

- EDTA : % 0.2
- Süre : 10 dk.
- Konsantrasyon : % 8
- Renkli kağıt oranı : % 25
- Beyaz kağıt oranı : % 75

Hamurlaştırma işlemi sonrası elde edilen hammaddenin özellikleri Tablo 1’ de belirtilmiştir.

Tablo 1. Ağartma işleminde kullanılan hammaddenin bazı özellikleri.

HAMMADDE							
	ISO Parlaklığı	Beyazlık İndeksi (WI)	L*	a*	b*	Gerilme İndeksi	Yırtılma İndeksi
	%					N.m/g	m.N.m ² /g
KIRMIZI	72,12	41,4	91,2	3,5	7,6	35,46	8,68
MAVİ	84,59	117,3	88,2	-12,3	-9,3	39,36	7,98
YEŞİL	76,55	50,1	86,9	-16,9	-3,5	37,45	8,23
SARI	78,37	40,5	95,89	-3,76	11,69	37,83	7,08
KARIŞIK	68,11	44,5	87,4	-12,1	5,5	37,89	8,35

2.1.2. Ağartma İşleminde Kullanılan Kimyasallar

2.1.2.1. Sodyum Hidroksit

Sodyum hidroksit ağartma işleminde hamura katılarak; ortamın alkali dengesini arttırma amacıyla kullanılmıştır. Ağartma için kullanılan sodyum hidroksit; MERCK marka olup 40,00 g/mol molekül ağırlığında 1 kg'lık plastik kaplarda muhafaza edilmektedir.

2.1.2.2. EDTA ve Sodyum Silikat

FAS ağartmasında ortamdaki metal iyonlarının zararlı etkilerinden korumak amacıyla % 0,04 oranında EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) katılmıştır. Hidrojen peroksit ağartmasında ise ortamın alkaliliğini arttırmak amacıyla ağartma kademesine sodyum silikat ilave edilmiştir. Ağartma için kullanılan sodyum silikat; MERCK marka olup 1 L' sinde 1,35 kg içeren kimyasal 2,5 L' lik plastik kaplarda saklanmaktadır.

2.1.2.3. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit, etkili bir oksidatif ağartıcıdır. Ağartmada kullanılan hidrojen peroksit; MERCK marka olup % 30 hidrojen peroksit içeren kimyasal 1 L' lik plastik kaplarda laboratuvar şartlarında korunmaktadır.

2.1.2.4. Magnezyum Sülfat

Hidrojen peroksit ağartmasında 0,1 gr magnezyum sülfat ağartma işlemine katılmıştır. Ağartma sırasında kullanılan magnezyum sülfat; MERCK marka olup 246,48 g/mol molekül ağırlığında 2,5 kg'lık plastik kaplarda saklanmaktadır.

2.1.2.5. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)

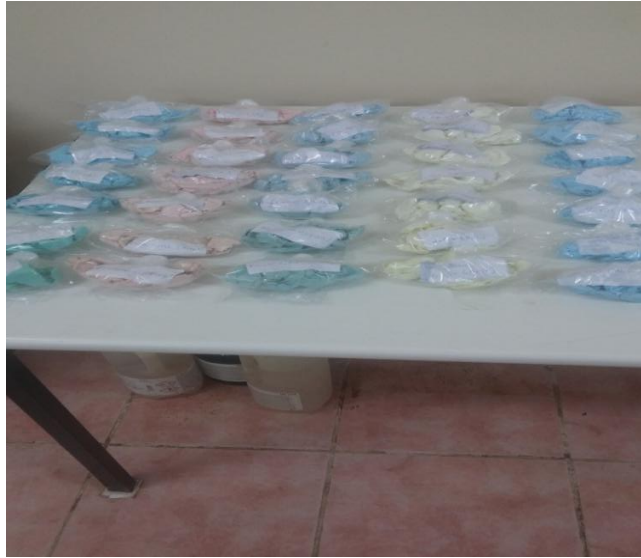
Redüktif ağartıcı etkiye sahip olan FAS atık kâğıtlardaki boyar maddelerin giderilmesi amacıyla ağartma kademesinde kullanılan en önemli kimyasallardandır. Çalışma kapsamında Tablo 3' te belirtilen oranlarda son ağartma kademesinde kullanılmıştır.

2.2. Metot

Yapılan bu çalışmada atık kâğıt hamurlarından daha parlak ve beyaz kâğıtlar elde etmek amacıyla P ve FAS ağartmasının etkileri araştırılmıştır.

2.2.1. Hidrojen Peroksit (P) Ağartması

Kağıt hamurları Tablo 2' de belirtilen oranlarda hazırlanarak % 10 konsantrasyonda hidrojen peroksit, sodyum hidroksit, sodyum silikat, EDTA, su ve magnezyum sülfat ilave edilerek su banyosunda 80 °C' ye kadar sıcaklığın artmasıyla birlikte 1 saat boyunca ağartma işlemine uğratılmıştır. Ağartma işleminin ardından örnekler elek üzerinde yıkanmış ve kesafeti % 30' a ayarlanmıştır.



Şekil 2. Ağartma sonrasında elde edilen hamur örnekleri.

Tablo 2. P ağartmasına ait proses şartları.

		Sodyum						Sıcaklık	Süre
No	(H ₂ O ₂)	NaOH	Silikat	EDTA	MgSO ₄	Konst.			
	%	%	%	%	%	%	C°	saat	
KIRMIZI	PK	0,25	0,1875	0,1875	0,2	0,5	10	80	1
	PK1	0,50	0,3750	0,3750	0,2	0,5	10	80	1
	PK2	0,75	0,5625	0,5625	0,2	0,5	10	80	1
	PK3	1,00	0,7500	0,7500	0,2	0,5	10	80	1
	PK4	1,50	1,1250	1,1250	0,2	0,5	10	80	1
	PK5	2,00	1,5000	1,5000	0,2	0,5	10	80	1
	PK6	3,00	2,2500	2,2500	0,2	0,5	10	80	1
MAVİ	PM	0,25	0,1875	0,1875	0,2	0,5	10	80	1
	PM1	0,50	0,3750	0,3750	0,2	0,5	10	80	1
	PM2	0,75	0,5625	0,5625	0,2	0,5	10	80	1
	PM3	1,00	0,7500	0,7500	0,2	0,5	10	80	1
	PM4	1,50	1,1250	1,1250	0,2	0,5	10	80	1
	PM5	2,00	1,5000	1,5000	0,2	0,5	10	80	1
	PM6	3,00	2,2500	2,2500	0,2	0,5	10	80	1
SARI	PS	0,25	0,1875	0,1875	0,2	0,5	10	80	1
	PS1	0,50	0,3750	0,3750	0,2	0,5	10	80	1
	PS2	0,75	0,5625	0,5625	0,2	0,5	10	80	1
	PS3	1,00	0,7500	0,7500	0,2	0,5	10	80	1
	PS4	1,50	1,1250	1,1250	0,2	0,5	10	80	1
	PS5	2,00	1,5000	1,5000	0,2	0,5	10	80	1
	PS6	3,00	2,2500	2,2500	0,2	0,5	10	80	1
YEŞİL	PY	0,25	0,1875	0,1875	0,2	0,5	10	80	1
	PY1	0,50	0,3750	0,3750	0,2	0,5	10	80	1
	PY2	0,75	0,5625	0,5625	0,2	0,5	10	80	1
	PY3	1,00	0,7500	0,7500	0,2	0,5	10	80	1
	PY4	1,50	1,1250	1,1250	0,2	0,5	10	80	1
	PY5	2,00	1,5000	1,5000	0,2	0,5	10	80	1
	PY6	3,00	2,2500	2,2500	0,2	0,5	10	80	1
KARIŞIK	PR	0,25	0,1875	0,1875	0,2	0,5	10	80	1
	PR1	0,50	0,3750	0,3750	0,2	0,5	10	80	1
	PR2	0,75	0,5625	0,5625	0,2	0,5	10	80	1
	PR3	1,00	0,7500	0,7500	0,2	0,5	10	80	1
	PR4	1,50	1,1250	1,1250	0,2	0,5	10	80	1
	PR5	2,00	1,5000	1,5000	0,2	0,5	10	80	1
	PR6	3,00	2,2500	2,2500	0,2	0,5	10	80	1

2.2.2. Formamidin Sülfinik Asit (FAS) Ağartması

Atık kâğıt hamurundan alınan örnekler Tablo 3’ de belirtilen oranlarda hazırlanarak EDTA, FAS, alkali ve su ilave edilerek 80 °C’ ye kadar sıcaklığın artırılmasıyla 1 saat boyunca su banyosunda ağartma işlemi yapılmıştır. Kimyasalların ve renk pigmentlerinin ortamdaki uzaklaştırılması için hamurlar 200 mesh lik elekte yıkanmış ve kesafetleri % 30’ a ayarlanmıştır.



Şekil 3. FAS ağartması çalışması.



Şekil 4. Ağartma sonrası elde edilen hamur örnekleri.

Tablo 3. FAS ağartmasına ait proses şartları.

	NO	FAS	NaOH	EDTA	Konst.	Sıcaklık	Süre
		%	%	%	%	C°	saat
KIRMIZI	FK	0,25	0,125	0,2	10	80	1
	FK1	0,50	0,250	0,2	10	80	1
	FK2	0,75	0,375	0,2	10	80	1
	FK3	1,00	0,500	0,2	10	80	1
	FK4	1,50	0,750	0,2	10	80	1
	FK5	2,00	1,000	0,2	10	80	1
	FK6	3,00	1,000	0,2	10	80	1
	FK7	4,00	2,000	0,2	10	80	1
MAVİ	FM	0,25	0,125	0,2	10	80	1
	FM1	0,50	0,250	0,2	10	80	1
	FM2	0,75	0,375	0,2	10	80	1
	FM3	1,00	0,500	0,2	10	80	1
	FM4	1,50	0,750	0,2	10	80	1
	FM5	2,00	1,000	0,2	10	80	1
	FM6	3,00	1,000	0,2	10	80	1
	FM7	4,00	2,000	0,2	10	80	1
SARI	FS	0,25	0,125	0,2	10	80	1
	FS1	0,50	0,250	0,2	10	80	1
	FS2	0,75	0,375	0,2	10	80	1
	FS3	1,00	0,500	0,2	10	80	1
	FS4	1,50	0,750	0,2	10	80	1
	FS5	2,00	1,000	0,2	10	80	1
	FS6	3,00	1,000	0,2	10	80	1
	FS7	4,00	2,000	0,2	10	80	1
YEŞİL	FY	0,25	0,125	0,2	10	80	1
	FY1	0,50	0,250	0,2	10	80	1
	FY2	0,75	0,375	0,2	10	80	1
	FY3	1,00	0,500	0,2	10	80	1
	FY4	1,50	0,750	0,2	10	80	1
	FY5	2,00	1,000	0,2	10	80	1
	FY6	3,00	1,000	0,2	10	80	1
	FY7	4,00	2,000	0,2	10	80	1
KARIŞIK	FR	0,25	0,125	0,2	10	80	1
	FR1	0,50	0,250	0,2	10	80	1
	FR2	0,75	0,375	0,2	10	80	1
	FR3	1,00	0,500	0,2	10	80	1
	FR4	1,50	0,750	0,2	10	80	1
	FR5	2,00	1,000	0,2	10	80	1
	FR6	3,00	1,000	0,2	10	80	1
	FR7	4,00	2,000	0,2	10	80	1

2.3. Uygulanan Fiziksel Analizler

2.3.1. Fiziksel Analizler İçin Test Kâğıtlarının Hazırlanması

Mürekkebi uzaklaştırılmış, P ve FAS ağartmasına uğratılmış atık kâğıt hamurlarından test kâğıtları hazırlanması için homojen bir sınıflandırılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırılan atık kâğıt hamurları Rapid Köthen test cihazında ISO standartlarına uygun olarak test kâğıtları hazırlanmıştır. Test kâğıtlarının gramajları 65 gr/m² olarak belirlenip kurutma kademesinde $93 \pm 4^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 7 dakika süre aralıklarında kurutma işlemi yapılmıştır.



Şekil 5. Fiziksel analizler için test kâğıtlarının hazırlanma aşaması.

2.3.2. Fiziksel Analizler İçin Test Kâğıtlarının Şartlandırılması

Elde edilen test kâğıtları, Tappi 402-om-88 standartlarına göre $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 2$ bağıl nem niteliklerine göre hazırlanan şartlandırma odasında 1 hafta bekletildikten sonra fiziksel testler uygulanmıştır.



Şekil 6. Fiziksel analizler için test kâğıtlarının şartlandırılma aşaması.

2.3.3. Test Kâğıtlarına Uygulanan Optik Testler

2.3.3.1. Test Kâğıtlarına ait ISO Parlaklık Ölçümü

Test kâğıtlarının parlaklık değerleri ISO 2470-1977 (E) standardı alınarak Minolta CM-2600d Spectrofotometresinde belirlenmiştir. Test kâğıtları ışığı geçirmeyecek şekilde dörde katlanarak aşağıda yazan maddelerin koşulunu sağlayacak şekilde kâğıdın farklı noktalarından alınan ölçümler gerçekleştirilmiştir.

- MASK/GLOSG : M/ I+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

Yapılan çalışmada test kâğıtlarına ait beyazlık ölçümü (WI) Minolta CM-2600d Spectrofotometresinde ISO/DIS 11476 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Beyazlık ölçümünde farklı yöntemler olmasına rağmen yapılan çalışmada CIE beyazlık değeri ölçülmüştür. Dış (D65/10°) ve iç (C/2°) ışık ortamında gerçekleştirilen bulgular için hesaplama yöntemi, ISO 11475 ve 11476 standartlarında verilen 400-700 nm dalga boylarına karşılık gelen X (kırmızı), Y (yeşil) ve Z (mavi) ışıklarının ağırlıkları kullanılarak yapılmıştır.

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

Test kâğıtlarına ait renk ölçüm değerleri ISO/CD 5631 standardına göre difüz reflektans metodu ile yapılmıştır. CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) tarafından 1971 yılında önerilen bu sistem tristimulus (X,Y,Z) değerlerinden program aracılığı ile L*a*b* CIELAB koordinatlarının hesaplanması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Test kâğıtlarının CIE L*a*b* ölçüm aşaması.

- L^* : Aydınlik değerini göstermektedir.
- a^* : Pozitif eksen de kırmızı rengin, negatif eksen de yeşil rengin varlığını göstermektedir.
- b^* : Pozitif eksen de sarı rengin, negatif eksen de mavi rengin varlığını göstermektedir.

ΔE değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(\Delta L) + (\Delta a) + (\Delta b)] \quad (4)$$

2.3.3.4. Test Kâğıtlarının UV Spektrumlarının lçümü

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. Test Kâğıtlarına ait Rutubet, Gramaj ve Kalınlık Tayinler

Kullanılan test kâğıtlarının rutubet tayinleri Tappi 412 standart yöntemine göre, gramajları ISO/DIS 536 standardı kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar 1 m^2 deki tam kuru madde miktarı olarak verilmiştir. Test kâğıtlarının kalınlıkları Tappi T411 om-89 metoduna uygun olarak belirlenerek hacimlilikleri de hesaplanmıştır.

2.3.4.2. Test Kâğıtlarına ait Kopma Testi

Test kâğıtları Tappi 404 om-87 standardına uygun olarak Testometric 2,5 kN marka tipi kopma cihazı ile kâğıt şeritlerin gram-kuvvet cinsinden kopma direnci ölçülmüştür. 15 mm genişliğindeki kâğıt şeritler 100 mm uzunluğunda aralığa sahip koparma çeneleri arasına yerleştirilerek ve çekme hızı 120 mm/dak. Olacak şekilde

ayarlanarak kopmanın 20 ±5 saniyede gerçekleşmesi sağlanmıştır. Hesaplanan gram-kuvvet (gf) cinsinden kopma direnci aşağıdaki formüle (4) göre kopma indisine çevrilmiştir.

$$Kopma \text{ ind. } (N.m / g) = \frac{Kopma \text{ Direnci}(gf) \times 0,0098}{\text{Şerit Gen.}(m) \times Gramaj(g / m^2)} \quad (5)$$

2.3.4.3. Test Kâğıtlarına ait Yırtılma Testi

Test kâğıtlarındaki yırtılma testinde, Tappi 414 om-88 standardına uygun olarak TMI Elmendorf tipi yırtılma cihazında yapılmıştır. Test örnekleri 62x100 mm boyutlarında hazırlanarak dört kat olacak şekilde yırtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kadronda okunan değer aşağıdaki formül (5) ile yırtılma indisine çevrilmiştir.

$$Yırtılma \text{ ind. } (mN.m^2 / g) = \frac{Okunan \text{ Değ.} \times 3 \times 9,8}{Kagit \text{ Ad.} \times Gramaj(g / m^2)} \quad (6)$$

3. BULGULAR

Yapılan çalışmanın bu bölümünde, en uygun şartlarda hazırlanan hamurların zerine P ve FAS ağartmaları uygulanmış olup elde edilen test kâğıtlarının fiziksel ve optik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

3.1. Ağartma İşlemi Sonrasında Yapılan Bulgular

3.1.1. Optik özelliklere ait Bulgular

Yapılan alışmada P ve FAS ağartmaları için Tablo 4 ve Tablo 5' de verilen değerlerin ISO parlaklıkları, CIE beyazlık indeksi (WI), CIE L*a*b* renk değerleri ve UV spektrofotometre ölümleri ayrı ayrı gösterilmiştir.

Tablo 4. P ağartmasından sonra test kağıtlarının optik özelliklerine ait bulgular.

		ISO						
	NO	H ₂ O ₂	Parlaklığı	CIE WI	L*	a*	b*	ΔE
		%						
KIRMIZI	PK	-	72,12	41,4	91,2	3,5	7,6	-
	PK1	0,25	72,66	53,7	91,6	4,2	6,3	3,16
	PK2	0,50	72,55	55,8	91,6	5,4	5,1	3,16
	PK3	0,75	75,31	62,2	92,0	5,9	4,1	4,32
	PK4	1,00	76,44	64,0	92,1	6,2	3,9	4,67
	PK5	1,50	76,83	65,0	92,4	7,0	3,5	5,52
	PK6	2,00	77,43	66,3	92,5	7,2	3,5	5,67
	PK7	3,00	77,44	67,1	92,3	8,2	3,4	6,40
MAVİ	PM	-	84,59	117,3	88,2	-12,3	-9,3	-
	PM1	0,25	85,9	117,9	88,1	-11,8	-9,3	0,45
	PM2	0,50	87,01	120,3	88,8	-11,4	-9,5	1,05
	PM3	0,75	87,5	121,1	89,0	-11,3	-9,6	1,26
	PM4	1,00	88,22	122,0	89,2	-10,8	-9,7	1,82
	PM5	1,50	89,59	123,0	89,7	-10,5	-9,7	2,41
	PM6	2,00	90,75	123,1	90,2	-10,2	-9,7	2,90
	PM7	3,00	91,42	123,4	91,0	-9,6	-9,0	3,84
SARI	PS	-	78,37	40,5	95,89	-3,76	11,69	-
	PS1	0,25	78,88	41,1	95,73	-3,43	11,03	0,75
	PS2	0,50	79,71	47,0	96,17	-2,67	8,99	2,92
	PS3	0,75	84,7	63,0	96,86	-2,04	6,63	5,43
	PS4	1,00	86,55	68,6	96,89	-1,68	5,29	6,80
	PS5	1,50	86,73	70,2	96,99	-1,5	4,93	7,15
	PS6	2,00	89,12	74,6	97,48	-1,69	4,21	7,92
	PS7	3,00	90,38	78,4	97,67	-1,59	3,53	8,63
YEŞİL	PY	-	76,55	50,1	86,9	-16,9	-3,5	-
	PY1	0,25	76,55	55,3	86,8	-16,4	-4,0	0,76
	PY2	0,50	76,43	69,5	86,5	-16,5	-4,2	0,81
	PY3	0,75	77,68	94,2	87,1	-15,6	-4,6	1,88
	PY4	1,00	81,92	109,3	87,4	-14,0	-7,5	5,02
	PY5	1,50	84,5	114,3	88,0	-13,4	-8,6	6,39
	PY6	2,00	86,0	115,4	88,7	-12,4	-8,6	7,12
	PY7	3,00	86,95	115,2	89,6	-11,7	-7,9	7,47
KARIŞIK	PR	-	68,11	44,5	87,4	-12,1	5,5	-
	PR1	0,25	68,75	58,7	86,6	-10,3	1,6	4,32
	PR2	0,50	67,57	60,3	86,1	-9,8	1,6	4,72
	PR3	0,75	69,07	63,8	86,2	-9,3	0,8	5,62
	PR4	1,00	73,73	79,9	87,2	-7,3	-1,9	8,81
	PR5	1,50	78,14	91,4	88,2	-6,9	-4,0	10,85
	PR6	2,00	80,29	96,7	82,5	-6,3	-4,9	11,96
	PR7	3,00	81,33	96,7	89,1	-5,7	-4,7	12,19

Tablo 5. FAS ağartmasından sonra test kağıtlarının optik özelliklerine ait bulgular.

	NO	FAS	ISO					ΔE
			Parlaklığı	CIE (WI)	L*	a*	b*	
		%						
KIRMIZI	FK	-	72,12	41,4	91,2	3,5	7,6	-
	FK1	0,25	72,46	44,8	91,7	0,1	7,8	3,72
	FK2	0,50	71,95	44,0	92,1	0,4	8,0	3,25
	FK3	0,75	72,90	44,6	92,1	-0,1	7,8	3,70
	FK4	1,00	72,35	44,9	92,2	-0,1	7,9	3,75
	FK5	1,50	71,62	45,9	92,2	-0,1	8,1	3,75
	FK6	2,00	72,69	47,2	92,4	-0,2	8,0	3,93
	FK7	3,00	72,47	49,5	92,5	-0,1	8,3	3,91
	FK8	4,00	72,72	49,5	92,5	-0,2	8,3	4,01
MAVİ	FM	-	84,59	117,3	88,2	-12,3	-9,3	-
	FM1	0,25	84,93	95,6	90,8	-7,4	-3,6	7,96
	FM2	0,50	84,64	84,1	93,4	-3,7	0,0	13,67
	FM3	0,75	84,77	83,3	93,7	-3,3	0,3	14,27
	FM4	1,00	85,12	84,3	93,7	-3,6	0,1	13,93
	FM5	1,50	86,31	82,6	94,8	-2,1	1,0	15,85
	FM6	2,00	86,30	82,9	94,7	-2,2	0,8	15,72
	FM7	3,00	86,11	80,9	94,9	-1,0	1,4	16,90
	FM8	4,00	86,87	82,2	95,2	-0,9	1,4	17,14
SARI	FS	-	78,37	40,5	95,89	-3,76	11,69	-
	FS1	0,25	82,47	59,9	95,80	-2,10	6,39	5,56
	FS2	0,50	85,47	67,5	96,29	-1,70	4,96	7,05
	FS3	0,75	86,79	71,9	96,48	-1,43	4,35	7,73
	FS4	1,00	87,04	72,6	96,41	-1,43	3,94	8,11
	FS5	1,50	88,04	75,1	96,62	-1,35	3,58	8,49
	FS6	2,00	88,14	77,1	96,35	-1,04	3,10	9,02
	FS7	3,00	87,85	78,4	95,81	-0,79	2,66	9,51
	FS8	4,00	88,71	79,1	96,40	-0,82	2,62	9,56
YEŞİL	FY	-	76,55	50,1	86,9	-16,9	-3,5	-
	FY1	0,25	76,00	52,2	90,2	-10,2	5,1	11,56
	FY2	0,50	78,02	59,7	92,9	-3,7	4,7	16,81
	FY3	0,75	79,23	63,1	93,3	-2,3	4,3	17,95
	FY4	1,00	78,99	62,3	93,3	-2,8	4,5	17,60
	FY5	1,50	78,06	62,5	92,3	-2,1	4,3	17,91
	FY6	2,00	79,65	64,9	93,5	-1,7	4,2	18,44
	FY7	3,00	80,56	66,2	93,7	-1,2	4,0	18,87
	FY8	4,00	81,80	66,3	94,0	-0,8	3,7	19,22
KARIŞIK	FR	-	68,11	44,5	87,4	-12,1	5,5	-
	FR1	0,25	73,60	51,3	91,4	-5,3	5,1	7,84
	FR2	0,50	76,84	59,3	92,1	-2,7	4,9	10,51
	FR3	0,75	76,10	59,9	92,0	-2,4	4,4	10,83
	FR4	1,00	76,36	61,2	92,1	-1,8	4,3	11,40
	FR5	1,50	77,37	61,4	91,8	-1,3	4,0	11,72
	FR6	2,00	76,46	62,7	92,2	-1,0	4,0	12,15
	FR7	3,00	76,29	63,4	92,4	-0,7	3,8	12,59
	FR8	4,00	78,15	64,6	92,9	-0,5	3,2	13,04

3.1.2. Fiziksel Özelliklere ait Bulgular

Çalışmanın bu aşamasında P ve FAS ağartmaları için uygulanan rutubet, gramaj, kalınlık ve yoğunluk, kopma ve yırtılma testleri gibi fiziksel özellikleri Tablo 6 ve Tablo 7’ de gösterilmiştir.



Şekil 8. Fiziksel testlerin ölçümünde yapılan yırtılma test çalışması.

Tablo 6. P ağartmasından sonra test kağıtlarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgular.

	NO	H ₂ O ₂	Rutubet	Gramaj	Kalınlık	Gerilme İndisi	Yırtılma İndisi
		%	%	g/m ²	Mm	N.m/g	m.N.m ² /g
KIRMIZI	PK	-	-	-	-	35,46	8,68
	PK1	0,25	9,80	65	127	45,56	10,85
	PK2	0,50	9,83	66	155	42,32	6,65
	PK3	0,75	10,14	67	159	40,66	7,28
	PK4	1,00	9,85	70	202	43,15	8,38
	PK5	1,50	9,91	69	150	42,74	6,67
	PK6	2,00	10,11	69	121	43,14	6,30
	PK7	3,00	10,09	68	130	43,66	7,88
MAVİ	PM	-	-	-	-	39,36	7,98
	PM1	0,25	10,00	67	162	36,57	9,42
	PM2	0,50	9,88	69	165	33,98	5,90
	PM3	0,75	9,92	68	172	33,87	7,32
	PM4	1,00	10,11	69	124	36,54	6,54
	PM5	1,50	10,14	68	130	36,16	9,18
	PM6	2,00	9,97	69	137	31,11	11,20
	PM7	3,00	9,99	69	135	36,76	10,61
SARI	PS	-	-	-	-	37,83	7,08
	PS1	0,25	9,81	67	131	37,73	7,10
	PS2	0,50	9,90	68	135	35,54	5,95
	PS3	0,75	9,92	70	125	40,94	8,7
	PS4	1,00	9,83	69	124	40,46	6,84
	PS5	1,50	9,83	69	134	38,20	7,94
	PS6	2,00	9,97	66	136	40,05	7,45
	PS7	3,00	10,14	65	131	40,90	7,38
YEŞİL	PY	-	-	-	-	37,45	8,23
	PY1	0,25	10,13	68	133	41,85	8,18
	PY2	0,50	10,13	69	127	39,63	8,83
	PY3	0,75	9,98	70	130	43,83	9,88
	PY4	1,00	9,85	69	123	41,25	10,46
	PY5	1,50	9,89	66	121	47,00	8,61
	PY6	2,00	9,92	66	127	45,00	7,51
	PY7	3,00	9,96	70	118	43,07	6,68
KARIŞIK	PR	-	-	-	-	37,89	8,35
	PR1	0,25	9,93	66	125	37,86	8,18
	PR2	0,50	9,98	68	135	39,92	7,35
	PR3	0,75	10,11	70	134	39,64	6,68
	PR4	1,00	9,96	69	147	42,05	6,54
	PR5	1,50	10,13	68	137	38,22	7,35
	PR6	2,00	9,85	70	129	38,81	8,33
	PR7	3,00	9,91	69	128	43,25	7,61

Tablo 7. FAS ağartmasından sonra test kağıtlarının fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgular.

	NO	FAS	Rutubet	Gramaj	Kalınlık	Gerilme İndisi	Yırtılma İndisi
		%	%	g/m ²	mm	N.m/g	m.N.m ² /g
KIRMIZI	FK	-	-	-	-	35,46	8,68
	FK1	0,25	9,82	66	165	39,42	8,42
	FK2	0,50	9,95	69	130	33,26	8,83
	FK3	0,75	9,98	65	135	41,25	8,61
	FK4	1,00	10,14	65	143	40,52	6,43
	FK5	1,50	10,13	69	140	39,61	10,61
	FK6	2,00	9,96	70	128	41,64	10,31
	FK7	3,00	9,85	68	129	37,61	6,94
	FK8	4,00	9,86	67	136	38,71	7,46
MAVİ	FM	-	-	-	-	39,36	7,98
	FM1	0,25	9,83	66	155	36,84	7,95
	FM2	0,50	9,95	65	158	38,82	8,25
	FM3	0,75	10,12	65	197	36,46	9,6
	FM4	1,00	9,96	68	165	44,39	8,23
	FM5	1,50	9,87	70	169	42,24	7,38
	FM6	2,00	9,83	69	159	42,06	8,45
	FM7	3,00	9,85	70	135	38,26	7,27
	FM8	4,00	9,91	68	153	41,81	6,63
SARI	FS	-	-	-	-	37,83	7,08
	FS1	0,25	10,11	69	128	41,63	8,11
	FS2	0,50	10,09	69	136	40,50	8,17
	FS3	0,75	9,97	65	133	41,62	10,05
	FS4	1,00	10,08	70	132	39,16	8,16
	FS5	1,50	9,98	69	130	35,49	8,11
	FS6	2,00	9,85	70	147	35,57	8,76
	FS7	3,00	9,81	68	135	43,31	8,85
	FS8	4,00	9,97	66	137	42,61	9,12
YEŞİL	FY	-	-	-	-	37,45	8,23
	FY1	0,25	9,98	68	178	42,30	8,57
	FY2	0,50	9,93	68	157	42,39	8,00
	FY3	0,75	9,87	70	165	42,35	6,97
	FY4	1,00	10,07	70	158	41,10	8,6
	FY5	1,50	10,14	69	163	32,09	8,39
	FY6	2,00	9,92	66	196	37,90	8,89
	FY7	3,00	9,88	68	159	38,18	7,87
	FY8	4,00	9,96	67	178	32,51	9,15
KARIŞIK	FR	-	-	-	-	37,89	8,35
	FR1	0,25	9,93	66	146	33,18	7,95
	FR2	0,50	9,99	68	139	39,68	10,07
	FR3	0,75	10,09	69	133	37,57	8,17
	FR4	1,00	10,12	70	174	40,29	8,38
	FR5	1,50	10,14	70	165	35,93	8,6
	FR6	2,00	9,98	69	180	37,35	7,01
	FR7	3,00	9,99	68	175	35,48	7,42
	FR8	4,00	9,93	68	171	40,61	7,23

4. TARTIŞMA

4.1. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kâğıtlarının Optik Özellikleri Üzerine Etkisi

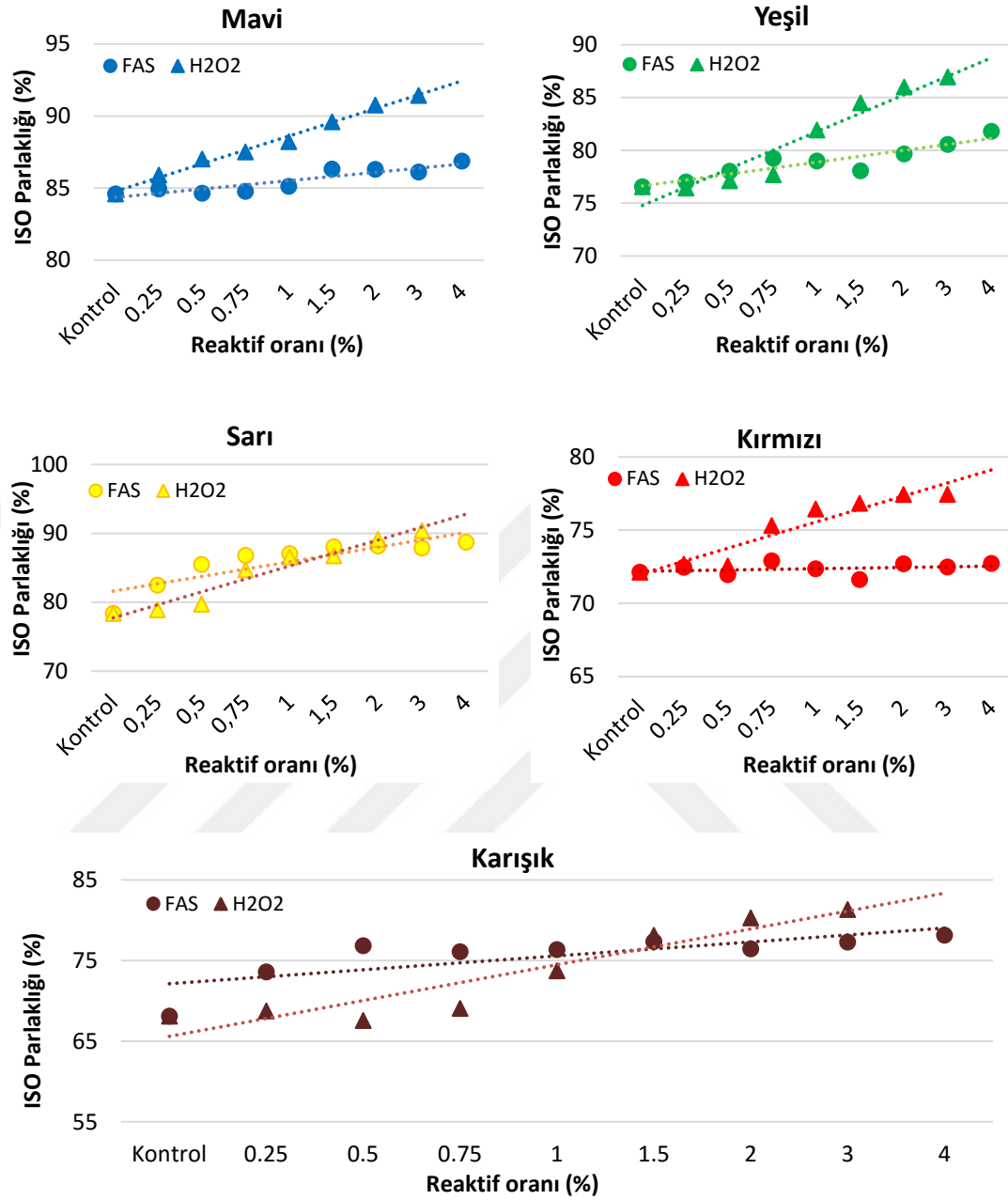
Çalışma kapsamında FAS ve P ağartıcılarının etkilerinin karşılaştırılması amacıyla test kâğıtlarının ISO parlaklığı değerleri, CIE L*a*b* renk değerleri, CIE WI beyazlık indeksi değerleri, renk uzaklaştırma derecesi ΔE değerleri, 220-900 nm dalga boyundaki absorpsiyon ve reflektans değerleri gibi parametreler ölçülmüştür.

4.1.1. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kağıtlarının ISO Parlaklık Değerleri Üzerine Etkisi

ISO parlaklık değeri kâğıtçılık açısından çok önemli bir parametre olup ağartma derecesinin belirlenmesi amacıyla ilk başvurulan yöntemdir. Şekil 9' da FAS ve H₂O₂ ile ağartılan renkli ofis kâğıtlarının parlaklık değerleri görülmektedir. Şekildeki grafikler incelendiğinde hidrojen peroksidin FAS' a göre parlaklık değerleri üzerinde büyük bir üstünlüğünün olduğu görülmektedir. Öyle ki mavi ve yeşil renk incelendiğinde % 3 lük hidrojen peroksit ile parlaklık değerleri kontrole göre sırasıyla % 84,6' dan % 91,4' e ve % 76,5' ten % 87' ye kadar artmıştır. Bu oranlar % 4 FAS ilavesi ile mavi renk için % 87 ve yeşil renk için % 82 civarında kalmıştır. Yeşil ve mavi renkli kâğıtlarda elde edilen yüksek parlaklık değerleri yöntemin ölçüldüğü dalga boyu ile ilişkilidir. Bilindiği gibi ISO Parlaklık değeri 457 nm dalga boyunda yani mavi rengi belirten aralıkta ölçülmektedir (ISO 2470, 1997).

Kırmızı renkli kâğıtlarda aradaki fark çok daha fazladır. Hidrojen peroksidin artırılan oranları ISO parlaklık değerini doğrusal bir şekilde artırırken FAS ilavesi ile parlaklık değeri sabit kalmıştır. % 3' lük peroksit ile parlaklık değeri % 72' den % 77,44' e çıkmıştır.

Sarı renkli kâğıtlarda her iki ağartıcıda başarı göstermiştir. % 3 hidrojen peroksit ile parlaklık değeri % 78,4' ten % 90,4' e, % 4 FAS ile ise % 88,7' ye çıkmıştır.



Şekil 9. FAS ve P oranlarının hamurların % ISO Parlaklık değerleri üzerine etkisi.

Karışık renkli atık kâğıtların ağartılmasında her iki reaktifinde parlaklık değeri üzerine olumlu etki gösterdiği görülmektedir. Karışık renkten elde edilen veriler uygulamaya daha yakın sonuçları bize verdiği için oldukça önem taşımaktadır. Karışık renkli kâğıtlarda parlaklık değeri % 3 hidrojen peroksit ile % 68,1' den % 81,3' e yaklaşık 13 birim, % 4 FAS ile % 68,1' den % 78,2' ye yaklaşık 10 birim kadar artmıştır. Bununla beraber ISO parlaklık değeri iki ağartıcının etkinliklerinin karşılaştırılmasında önemli bilgiler sunmuş olsa da yeterli sonuçlar

sağlayamamaktadır. ISO parlaklık değeri, daha çok hamurların delignifikasyon sonucu ağartılmasında yararlı bilgiler sunmaktadır. Çünkü bu tür hamurlarda lignin uzaklaştırıldıkça hamur rengi beyazlamakta ve anlamlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Yapılan bu çalışmada ise kâğıtlar orijinal renklerinden çok farklı renklere boyanmış ve bu renklerin ağartılması çalışılmıştır. Bu amaçla renk değerlerinin incelenmesi bize çok daha güvenilir sonuçlar verecektir.

4.1.2. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kâğıtlarının CIE L*a*b* Renk Değerleri Üzerine Etkisi

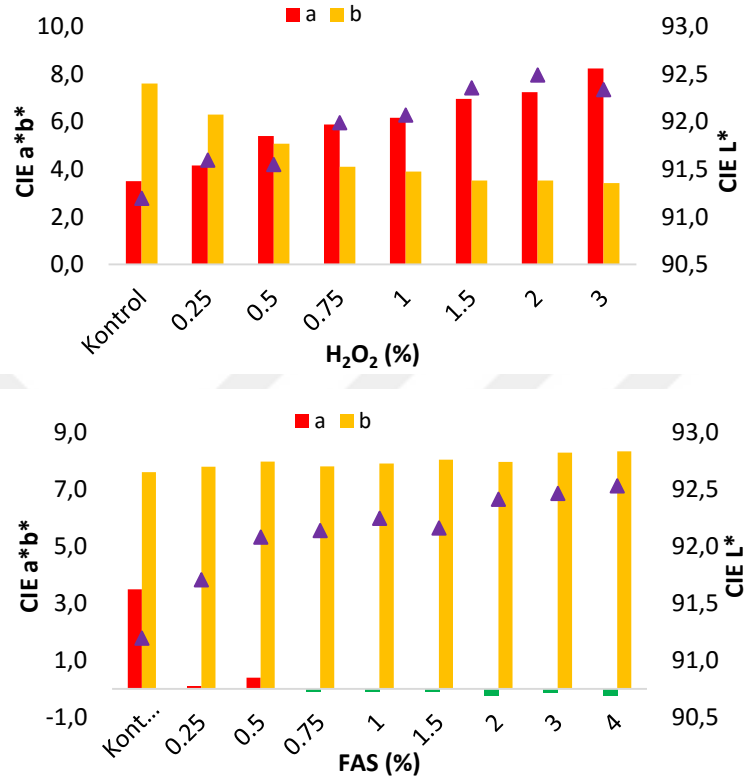
Şekil 10' da ön ağartmaya uğratılmış kırmızı renkli ofis kâğıdı atıklarının son ağartma kademesinde uygulanan hidrojen peroksit ve formamidin sülfünik asit oranının CIE L*a*b* değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi hidrojen peroksit oranının artırılması ile pozitif ekseninde kırmızı rengi belirten a* değerinin artış gösterdiği bununla birlikte pozitif ekseninde sarı rengi belirten b* değerinin azaldığı görülmektedir. % 3 hidrojen peroksit oranı ile a* değeri 3,5' tan 8,2' a çıkarken b* değeri 7,6' dan 3,4' e düşmüştür. Hidrojen peroksit bu kâğıtlar da sarı rengi azaltırken kırmızı rengin daha belirgin olmasını sağlamıştır.

FAS ilavesi ise mevcut kırmızı rengi çok düşük olan % 0,75' lik oranda bile sıfırlamış yani a* değerini 3,5' tan -0,1' e düşürmüştür bununla birlikte peroksidin tersine sarı rengi yani b* değerini 7,6' dan 8 civarına kadar azda olsa artırmıştır. Bu sonuçlardan formamidin sülfünik asidin ana renk olan kırmızıda çok daha etkili olduğu bununla birlikte sarı rengi gidermemesi nedeniyle hafif sarımtırak kâğıtların elde edilmesine neden olduğu söylenebilir.

Bu sonuçlardan her iki ağartıcının birbirinin açığını kapatacak şekilde peşi sıra kullanımının fayda sağlayabileceği söylenebilir.

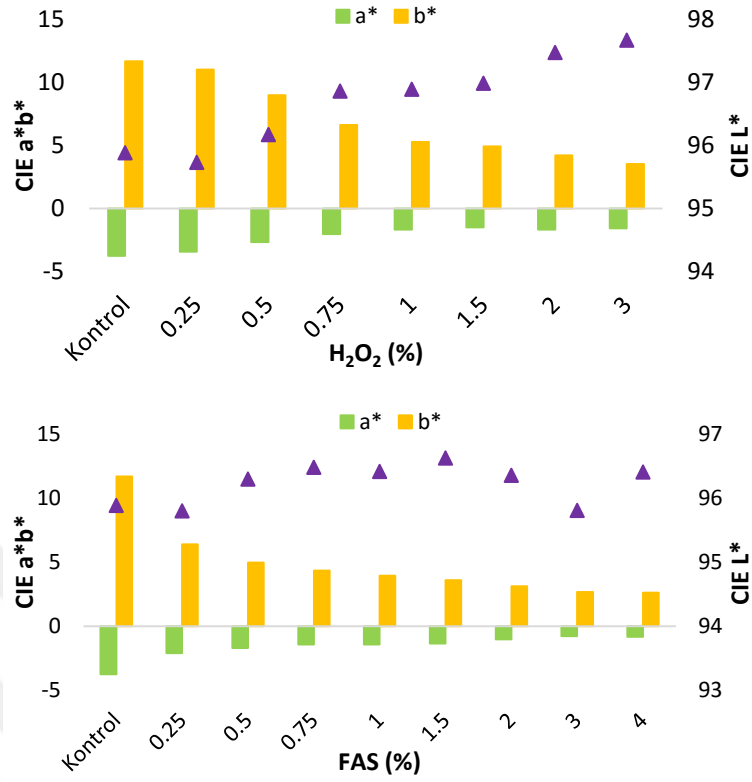
Şekil 11' de P ve FAS ağartmasının sarı renk içeren kâğıtlar üzerine etkileri görülmektedir. Şekil 11' deki grafikten görüldüğü gibi artırılan hidrojen peroksit oranıyla birlikte hem sarı renk hem de yeşil renkte azalış meydana gelmektedir. Hidrojen peroksit oranının % 3' e çıkarılması ile pozitif ekseninde sarı rengi belirten b* değeri 11,7' den 3,53' e gerilemiştir. % 3 Peroksit oranıyla negatif ekseninde yeşil rengin varlığını belirten a* değeri ise -3,8' den -1,6' ya gerilemiştir. L* değerinde ise

hidrojen peroksit oranına bağlı olarak artış gözlenmiştir. Bu sonuçlar hidrojen peroksidin sarı renk üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 10. Kırmızı renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri.

Şekil 11' de aynı zamanda FAS oranının L*a*b* değerleri üzerine etkisi de görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan FAS oranı, sarı ve yeşil renkte azalışa neden olmuştur. % 3 FAS ile b* değeri 11,7' den 2,66' ya a* değeri ise -3,8' den -0,8' e gerilemiştir. Bu sonuçlardan indirgen özellikteki FAS' ın sarı renkteki kağıt hamurlarında hidrojen perokside göre daha etkili olduğu söylenebilir.

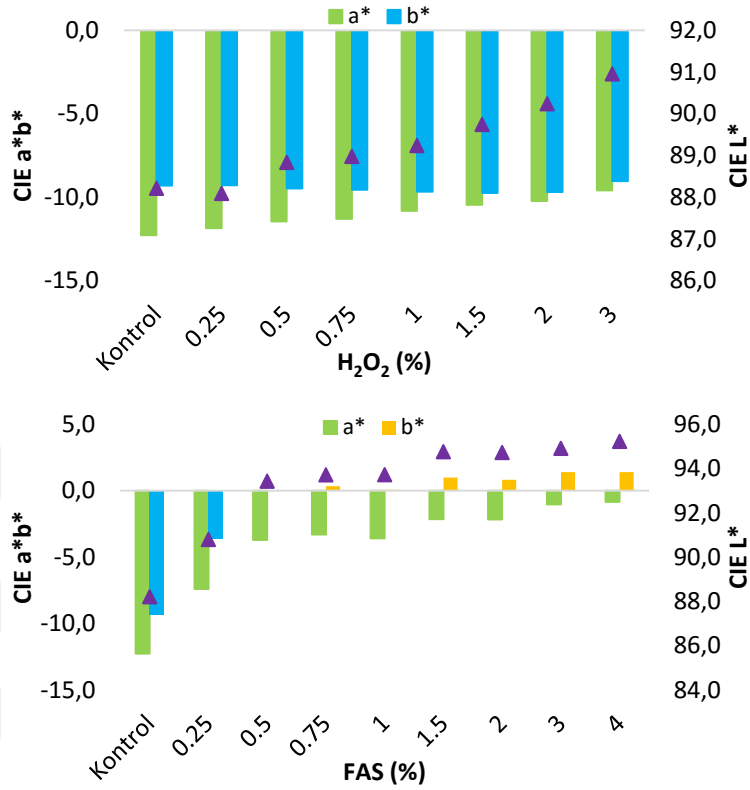


Şekil 11. Sarı renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri.

Şekil 12’ de her iki ağartıcının mavi renk içeren atık akağıtların CIE L*a*b* renk değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde hidrojen peroksidin artırılan oranlarının yeşil renkte kısmen etkili olduğu bununla birlikte mavi renk üzerinde çok etkili olmadığı görülmektedir. % 3 hidrojen peroksit oranıyla yeşil rengi temsil eden a* değeri -12,3’ ten -9,6’ ya yaklaşık 3 birim gerilemiş bununla birlikte mavi rengi belirten b* değeri -9,3’ ten -9’ a pek bir değişim sağlayamamıştır. Bu sonuç hidrojen peroksit ile mavi rengi uzaklaştırmada çok etkili olmamasına rağmen parlaklık değerinde en yüksek değerlerin elde edildiğini de açıklamaktadır. Uzaklaşan yeşil renk ile mavi renk daha belirgin hale gelmekte ve ölçülen reflektans değerini 457 nm de artırmaktadır.

FAS ağartmasında durum daha farklıdır. Mavi renkli atık kâğıtlar FAS ile daha başarılı şekilde ağartılabilmektedir. Mavi rengi belirten b* değeri artırılan FAS oranı ile birlikte negatif eksenden pozitif eksene kadar çıkmıştır. Bunun anlamı kâğıt içerisinde mavi rengin tamamen uzaklaşması hatta sarı rengin artmasıdır. % 4 FAS ile b* değeri -9,3’ ten 1,4’ e çıkmıştır. Yeşil renkte de durum benzer şekilde olmuştur. Artırılan FAS oranı ile birlikte a* değeri -12,3’ ten -0,9’ a kadar

gerilemiştir. L* değeri ise 88,2' den 95,2' ye artmıştır. Bu sonuçlar elde edilen son ürünün artık beyaza çok yaklaştığını belirtmektedir.

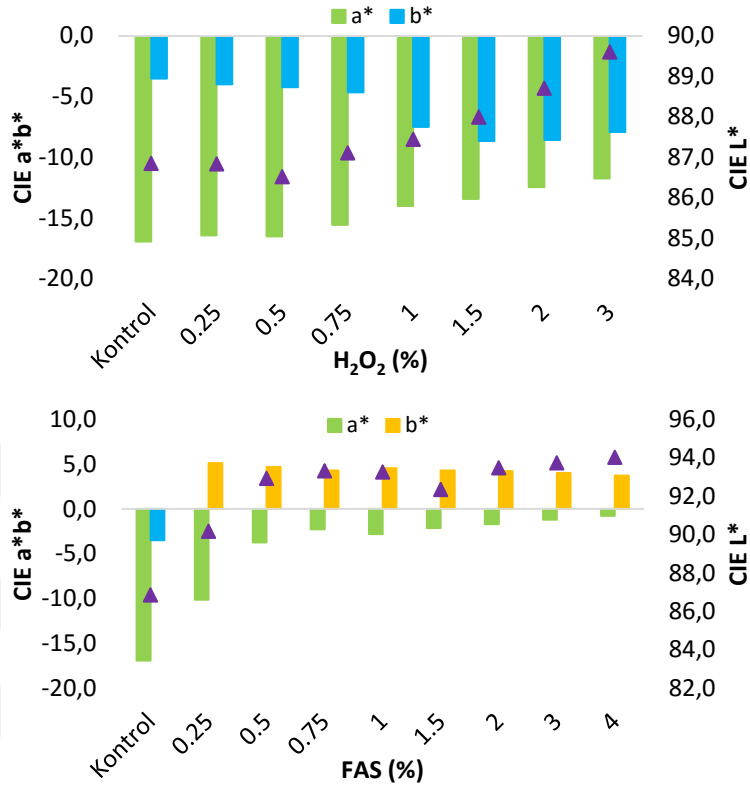


Şekil 12. Mavi renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri.

Şekil 13' de hidrojen peroksit ve FAS' ın yeşil renk içeren atık kâğıt hamurlarının CIE L*a*b* renk değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan peroksit oranı ile birlikte yeşil renk azalmış bunun yanı sıra mavi renk daha fazla belirgin hale gelmiştir. Hidrojen peroksit oranının % 3'e çıkarılması ile birlikte yeşil rengi belirten a* değeri -16,9' dan -11,7' ye gerilemiştir. Mavi rengi belirten b* değeri ise % 3 hidrojen peroksit ile -3,5' tan -7,9' a çıkmıştır. Bu sonuçlardan hidrojen peroksidin mavi renkli atık kâğıtlarda olduğu gibi yeşil renkli kâğıtlarda da çok başarılı olamadığı söylenebilir.

FAS' ın yeşil renk içeren atık kâğıtların ağartılmasında kullanılması hidrojen peroksit göre çok daha iyi sonuçlar vermiştir. FAS oranının artırılması ile atık kâğıt içerisindeki yeşil renk ciddi oranda azalmış, mavi renk tamamen tükenmiş ve sarı renk artış göstermiştir. % 3 FAS oranı ile birlikte a* değeri -16,9' dan -1,2' ye

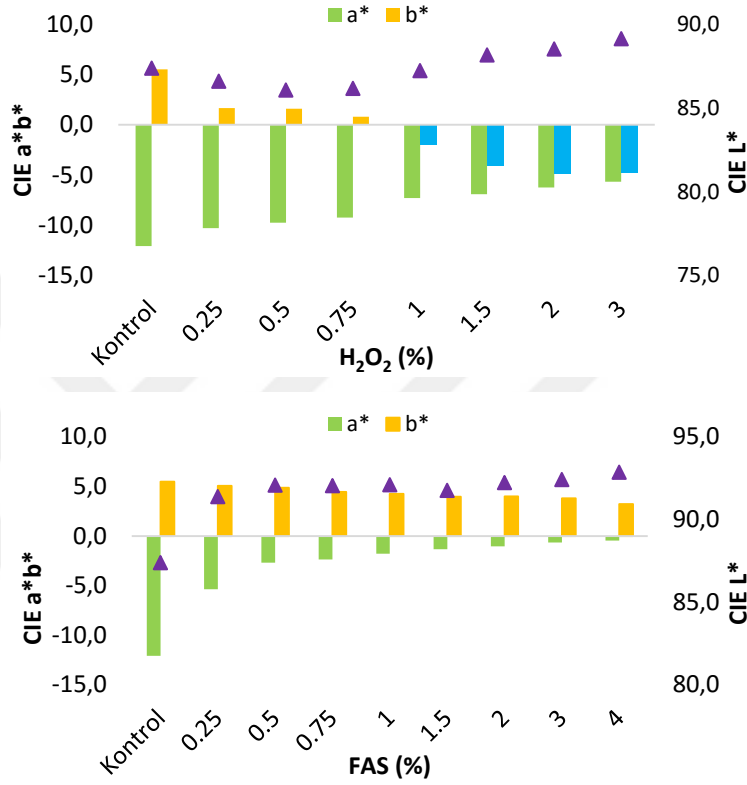
gerilemiştir. Mavi ve sarı rengi belirten b^* değeri % 3 FAS ile -3,5' tan +4' e çıkmıştır. Ayrıca FAS oranı ile birlikte L^* değeri de artış göstermiştir.



Şekil 13. Yeşil renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri.

Şekil 14' de dört rengi de içeren karışık renkli hamurların hidrojen P ve FAS sonrası ölçülen CIE L*a*b* renk değerleri görülmektedir. Karışık renkli kâğıtlardan elde edilen sonuçlar, renkli ofis kâğıtlarının uygulamada kullanımı hakkında çok daha doğru sonuçlar vermektedir. Çünkü bu tür kâğıtlar renklerine tasnif edilememekte karışık toplanmakta ve bu şekilde geri dönüştürülmektedir. Grafikler incelendiğinde hidrojen peroksidin sarı rengin uzaklaştırılmasında FAS' ın ise yeşil rengin uzaklaştırılmasında daha etkili olduğu görülmektedir. Hidrojen peroksit oranının % 3' e çıkarılması ile a^* değeri yani yeşil renk -12,1' den -5,7' ye gerilemiştir. Pozitif ekseninde sarı rengi, negatif ekseninde mavi rengi belirten b^* değeri % 0,75 hidrojen peroksit ile 5,5' ten 0,8' e gerilemiştir. Hidrojen peroksit oranının artırılması ile b^* değeri negatif ekseninde artış göstermiş ve % 3 hidrojen peroksit ile -4,7' ye çıkmıştır.

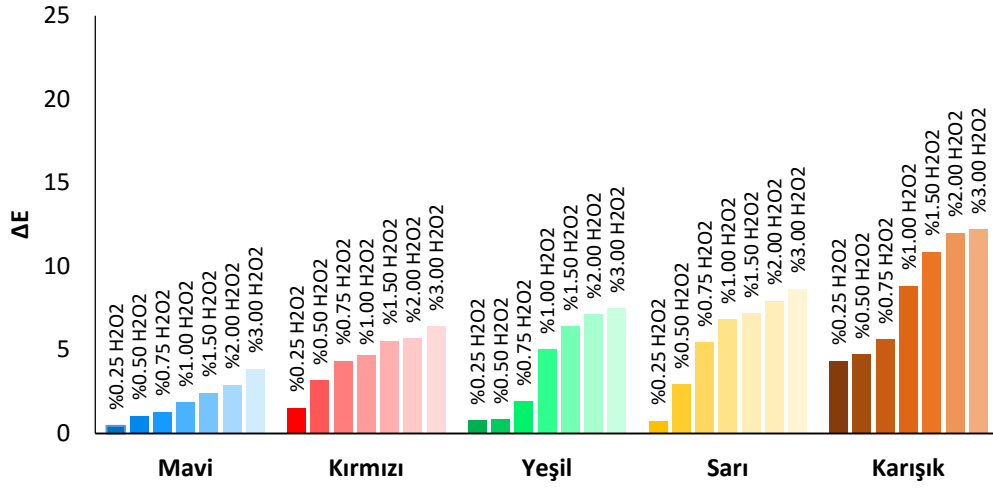
FAS ağartmasında karışık renkli atık kâğıtlarda sarı renk daha dirençli kalmış ve b* değeri % 3 FAS ile 5,5' ten ancak 3,8' e kadar gerilemiştir. Yeşil rengi belirten a* değeri % 3 FAS ile -12,1' den -0,7' ye gerilemiştir. Bu sonuçlar iki ağartıcının etki mekanizmalarının farklı olması ve kromoforik yapıları farklı şekilde etkilemeleri nedeniyle birbirini tamamlayıcı şekilde kullanılabilceği sonucunu çıkarmaktadır.



Şekil 14. Karışık renk barındıran hamurların ağartma sonrası CIE L*a*b* renk değerleri.

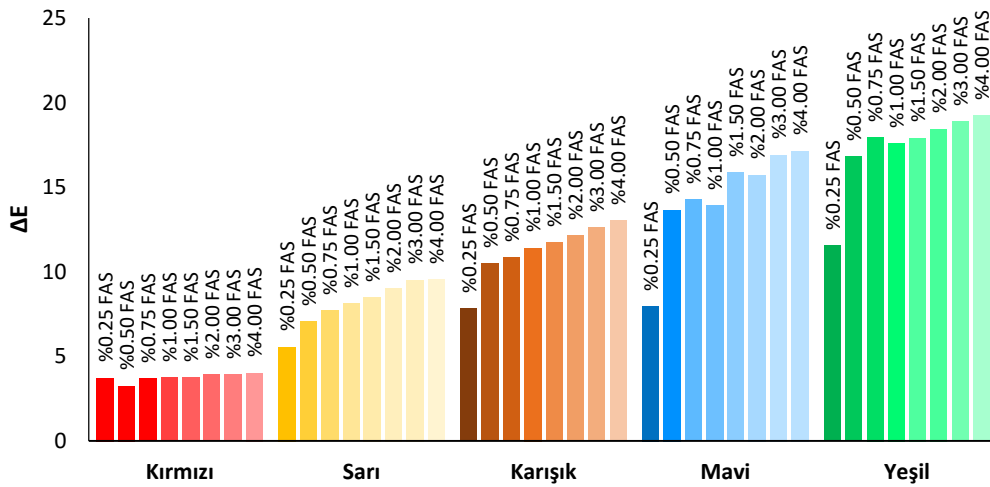
Renk uzaklaştırma etkinliğinin belirlenmesi için en uygun parametre ΔE dir. ΔE , CIE L*a*b* renk değerlerinden kontrol örneğine oranla hesaplanmaktadır. Şekil 15' de hidrojen peroksidin ΔE değerleri, Şekil 16' de ise FAS' ın ΔE_{CIE76} değerleri üzerine etkisi görülmektedir.

Şekil 15' deki grafik incelendiğinde hidrojen peroksit oranının % 3' e çıkarılması ile en fazla renk değişiminin karışık renkli kâğıtlarda gerçekleştiği onu sarı, yeşil, kırmızı ve mavi rengin izlediği görülmektedir. Hidrojen peroksit ile renk uzaklaştırma oranı en iyi durumda bile 12,19 civarında kalmıştır.



Şekil 15. Hidrojen peroksit oranının CIE ΔE değerine etkisi.

Şekil 16’ daki grafik incelendiğinde FAS ağartması ile renk uzaklaştırma etkisinin en fazla sırasıyla yeşil, mavi, karışık ve sarı renklerde olduğu görülmektedir. Kırmızı renkte ise % 0,25 FAS oranından sonra renk değişiminin neredeyse hiç artmadığı tespit edilmiştir. Yeşil renk içeren atık kâğıtlarda % 4 FAS oranı ile renk uzaklaştırma değeri kontrole göre 19,22 olarak tespit edilmiştir. Karışık renkli kâğıtlarda ise renk uzaklaştırma oranı % 3 FAS ile kontrole göre 12,6 değerinde olmuştur. Bu sonuç hidrojen peroksit ile elde edilen değere oldukça yakındır. İki ağartıcı karşılaştırıldığında FAS’ ın % 0,5 gibi düşük oranlarda bile etkili olduğu görülmektedir.

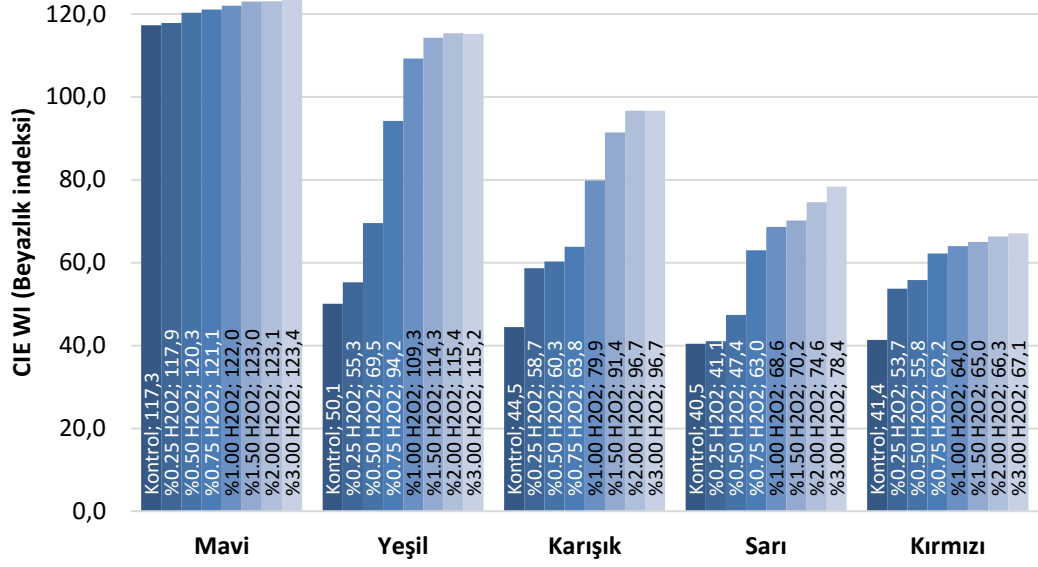


Şekil 16. FAS oranının CIE ΔE değerine etkisi.

Bilindiği gibi FAS oldukça güçlü bir indirgendir ve ofis kâğıtlarının geri dönüştürülmesinde son kademedeki ağartıcı olarak kullanılmaktadır. Peşman vd. (2011) yaptıkları çalışmada FAS ve diğer indirgeyici ağartıcılar olan hidrosülfid ve sodyum borhidrür 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'ın üstünlüğü ortadadır. Bunun nedeni FAS'ın atık kâğıt içerisindeki boyar maddelerde bulunan indirgenbilir yapılar ile reaksiyona girerek üre ve sodyum hidrosülfid açığa çıkarmasıdır (İmamoğlu, 2002). Hidrojen peroksit FAS'a göre çok etkili olamamış bununla birlikte sarı rengin uzaklaştırılmasında daha etkili olmuştur. Bunun nedeni hidrojen peroksidin kromoforik yapıların uzaklaştırılmasında daha etkili sonuçlar vermesi olabilir (Forsberg ve Genco, 1994). Sarı renkte uzaklaşabilir kromoforik yapılar fazla iken diğer boyaların iskelet yapısı gereği daha büyük ve kararlı yapıları olması nedeniyle peroksit yeterli olamamıştır. FAS ve diğer indirgen ağartıcılar kromoforik yapıları uzaklaştırmak yerine indirgediğinden yeterli oranlarda kullanılması durumunda renk kırmada daha etkili olmuştur. Birçok çalışmada hidrojen peroksidin boyar maddelere karşı fazla etkili olmadığını ve FAS'ın çok daha etkili olduğunu doğrulamaktadır (Hanchett, 1994; Forsberg ve Genco, 1994; Deneault vd., 1995; Patt vd., 1996; Peşman, 2010; Peşman ve Kırıcı, 2011).

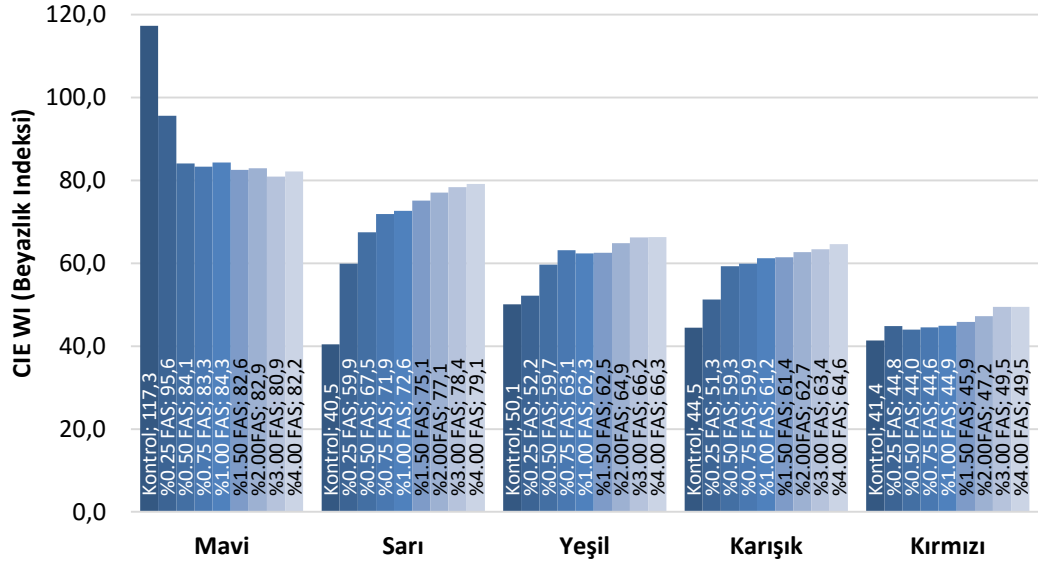
4.1.3. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kâğıtlarının CIE WI Beyazlık İndeksi Değerleri Üzerine Etkisi

Şekil 17'de hidrojen peroksidin CIE WI beyazlık indeksi değerleri üzerine etkisi görülmektedir. En yüksek değerler ISO parlaklık değerine benzer şekilde mavi renkli kâğıtlarda elde edilmiştir. Hidrojen peroksidin % 3'e artırılması ile beyazlık 6 birim artmıştır. Yeşil renkli kâğıtlarda beyazlık değeri % 3 hidrojen peroksit ile 50,1' den 115,2' ye yaklaşık 65 birim kadar artmıştır. Karışık renkli kâğıtlarda beyazlık değeri % 3 hidrojen peroksit ile 44,5' tan 96,7' ye yaklaşık 50 birim kadar artmıştır. Sarı renkli kâğıtlarda beyazlık değeri % 3 peroksit ile 40,5' tan 78,4' e 38 birim kadar artmıştır. Kırmızı renkli kâğıtlarda da beyazlık % 3 hidrojen peroksit ile 41,4' ten %67,1' e 25 birim kadar artmıştır.



Şekil 17. Hidrojen peroksit oranının CIE beyazlık indeksine (WI) etkisi.

Şekil 18’ de FAS’ ın CIE WI beyazlık indeksi değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FAS ağartması sonucu ölçülen beyazlık değerleri parlaklık değerlerinde olduğu gibi hidrojen peroksit göre daha sınırlı olmuştur.



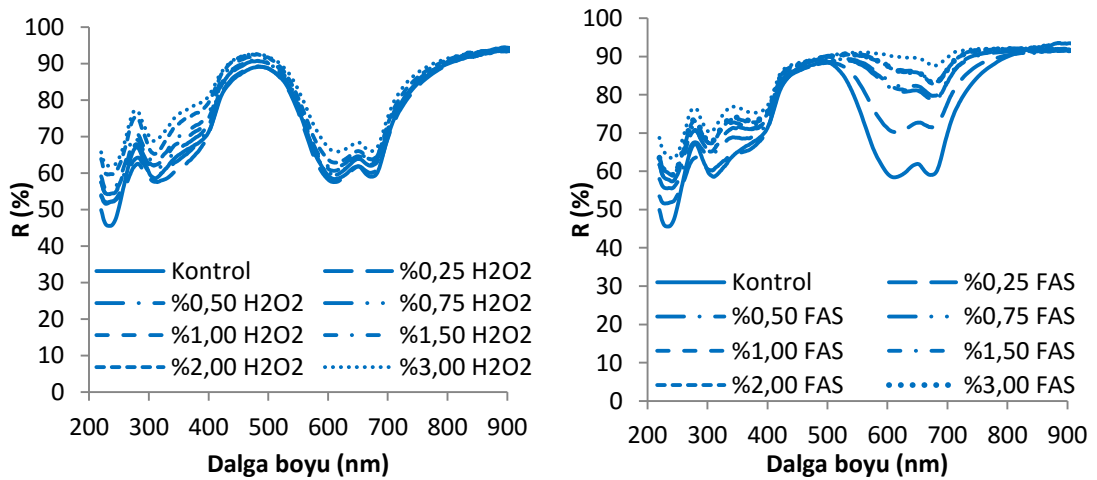
Şekil 18. FAS oranının CIE beyazlık indeksine (WI) etkisi.

4.1.4. Son Ağartma Kademesinde Ortama Eklenen FAS ve Hidrojen Peroksidin Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Yapılan çalışmada son 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. 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 (McIow, 2009). Bu yüzden ağartma işlemine uğratılmış ofis kâğıdı numunelerimizin reflektans ve absorbans değerleri, P ve FAS ağartması kâğıt hamurlarını ne derecede etkilediğinin belirlenmesi açısından bize değerli bilgiler sunmaktadır.

4.1.4.1. FAS ve Hidrojen Peroksidin Mavi Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

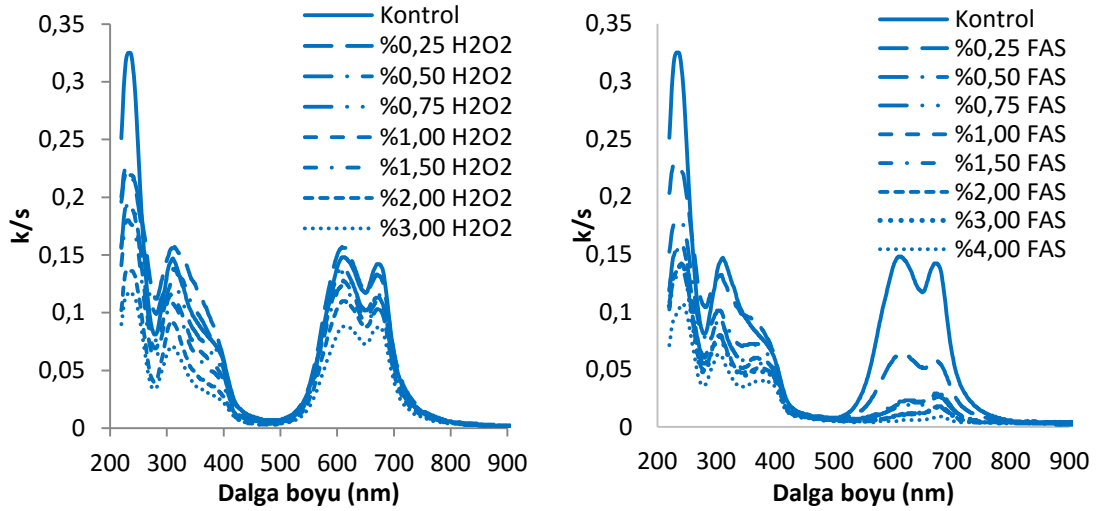
Şekil 19’ da mavi renk içeren atık kâğıtların ağartma sonrası reflektans değerleri Şekil 20’ de ise k/s yani absorbans katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranı görülmektedir.



Şekil 19. Mavi renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları.

Grafikler incelendiğinde reflektans ve k/s değerlerinin birbirinin tersi olduğu ve aynı dalga boylarında belirgin pik artışı veya azalışlarının olduğu görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi hidrojen peroksit oranının artırılması çok sınırlı bir etkiye sahiptir. “ k/s ” değerleri incelendiğinde özellikle sarı ve kırmızı rengi belirten 600 nm ve 700 nm deki absorbands pikleri azalış göstermektedir. Benzer şekilde 322 nm de de pik azalışı gözlenebilmektedir. Mutlak beyazın absorbandsının bu dalga boylarında sıfır olduğu hatırlanırsa ağartma işlemi ile birlikte kâğıtların daha az rengi absorbe ettiği söylenebilir.

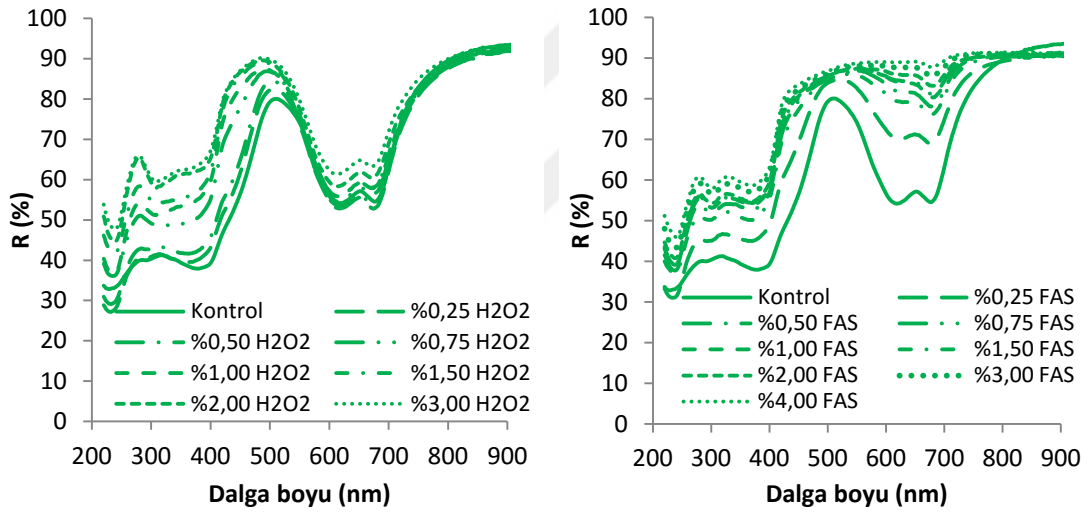
FAS ağartmasında reflektans ve absorbands değerlerinde çok daha fazla değişimin gözlemlendiği görülmektedir. “ k/s ” değerinin özellikle 600 nm civarındaki pikinin, artırılan FAS oranı ile birlikte ciddi oranda azalış gösterdiği görülmektedir. Buna benzer şekilde kırmızı rengi belirten 700 nm civarındaki pikinde azaldığı görülmektedir. 320 nm dalga boyundaki pik ve 400 nm deki pikte FAS oranı ile birlikte azalmıştır. Genel olarak 220-900 nm arasındaki eğrinin absorbandsının % 4 FAS ile 0,1’ in altına düştüğü görülmekte bir başka ifade ile beyaz kâğıdın spektrumuna çok yaklaşmıştır. Bu sonuçlar FAS’ ın renk gidermede indirgen özelliğinden dolayı çok güçlü olduğunu göstermektedir.



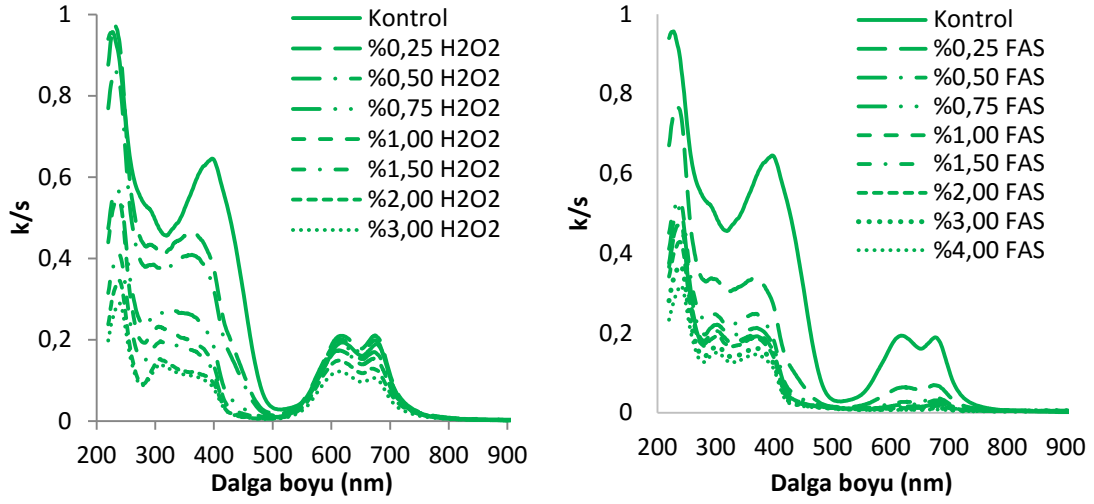
Şekil 20. Mavi renk barındıran kâğıtların absorbands spektrumları.

4.1.4.2. FAS ve Hidrojen Peroksidin Yeşil Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 21’ de yeşil renk içeren atık kâğıtların ağartma sonrası reflektans değerleri Şekil 22’ de ise k/s yani absorbans katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde mavi renkteki eğilim gözlenmiştir. Bununla birlikte her iki ağartıcının artırılan oranı ile birlikte 320 nm arasında k/s değerinde önemli bir azalışın olduğu hatta hidrojen peroksidin % 3 oranında bu pik azalışının maksimum olduğu görülmektedir. 400 nm deki pik ise maviden mora doğru kaymış ve azalmıştır. Hidrojen peroksit sırasıyla sarı ve kırmızı rengin absorbansını gösteren 600 nm ve 700 nm aralığında FAS kadar başarılı olamamıştır. Hidrojen peroksit ile % 3 oranında bu dalga boylarında absorbans 0,1 civarına kadar indirilebilmişse de FAS ile 0 civarına kadar inmiştir.



Şekil 21. Yeşil renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları.

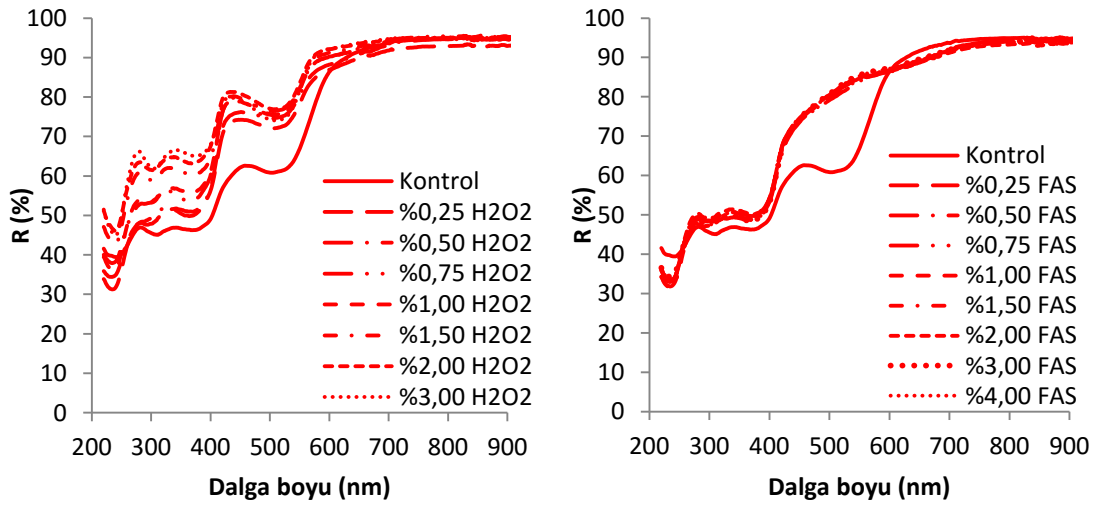


Şekil 22. Yeşil renk barındıran kâğıtların absorbands spektrumları.

Reflektans ve absorbands spektrumlarından elde edilen sonuçlar CIE L*a*b* renk değerleri ile uyumlu olmakla birlikte renk geçişlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bize faydalı bilgiler sunmaktadır.

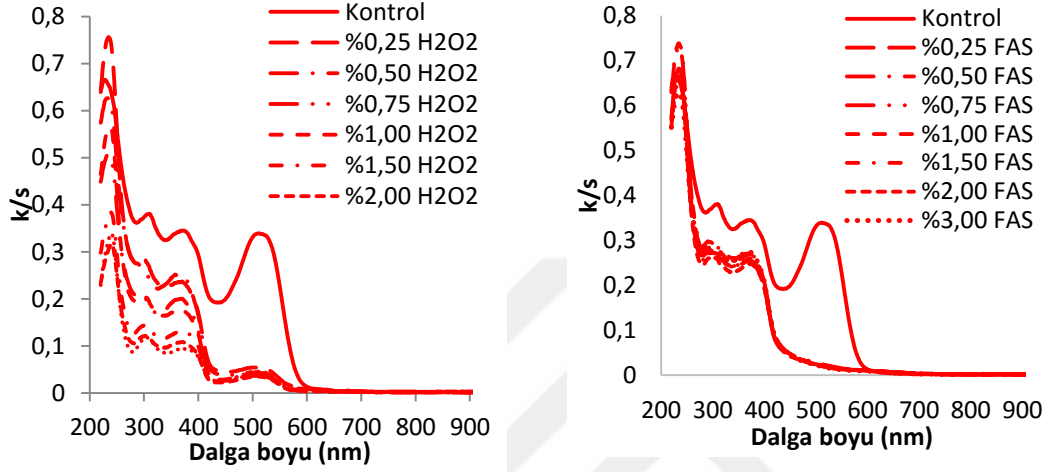
4.1.4.3. FAS ve Hidrojen Peroksidin Kırmızı Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 23' de kırmızı renk içeren atık kâğıtların ağartma sonrası reflektans değerleri Şekil 24' de ise k/s yani absorbands katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranı görülmektedir.



Şekil 23. Kırmızı renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları.

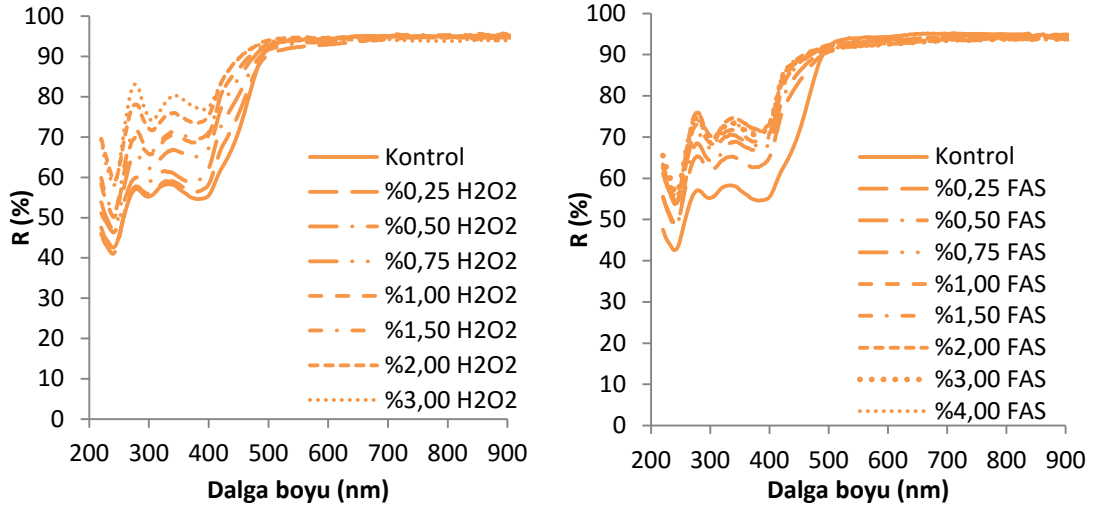
Grafiklerden görüldüğü gibi hidrojen peroksit k/s değerinde yeşil rengi belirten 500-600 nm aralığında kısmen etkili iken FAS aynı aralıktaki absorbans pikini tamamen azaltmıştır. CIE L*a*b* sonuçlarına göre hidrojen peroksit kırmızının daha belirginleşmesine FAS ise kırmızıyı uzaklaştırarak sarımsı bir kırmızıya neden olmuştur.



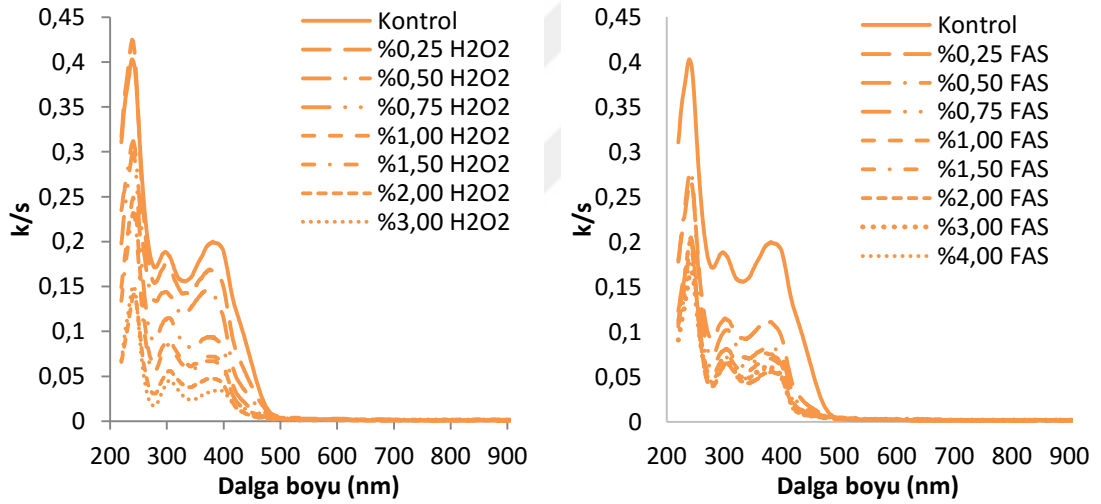
Şekil 24. Kırmızı renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları.

4.1.4.4. FAS ve Hidrojen Peroksidin Sarı Renkli Ofis Kâğıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

Şekil 25' de sarı renk içeren atık kâğıtların ağartma sonrası reflektans değerleri Şekil 26' da ise k/s yani absorbans katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranı görülmektedir. Reflektans spektrumları incelendiğinde her iki ağartıcının artırılan oranları ile birlikte reflektans değerlerinin genel olarak arttığı beyaz kâğıdın spektrumuna yaklaştığı görülmektedir. Benzer durum absorbans spektrumlarında da görülmektedir. Her iki ağartıcı karşılaştırıldığında % 3 oranında hidrojen peroksidin daha etkili olduğu da görülmektedir.



Şekil 25. Sarı renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları.



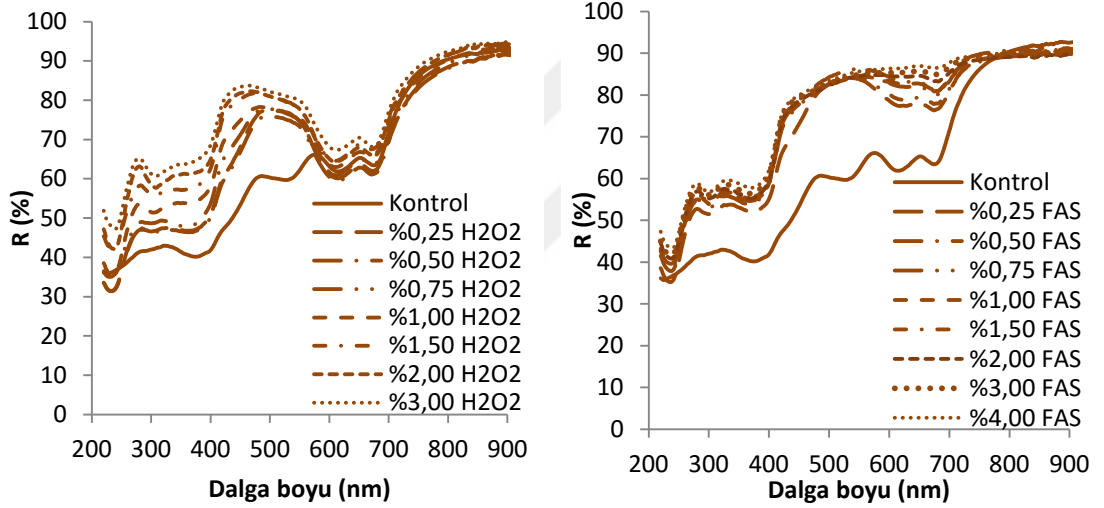
Şekil 26. Sarı renk barındıran kâğıtların absorptans spektrumları.

4.1.4.5. FAS ve Hidrojen Peroksidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının UV Spektrumları Üzerine Etkisi

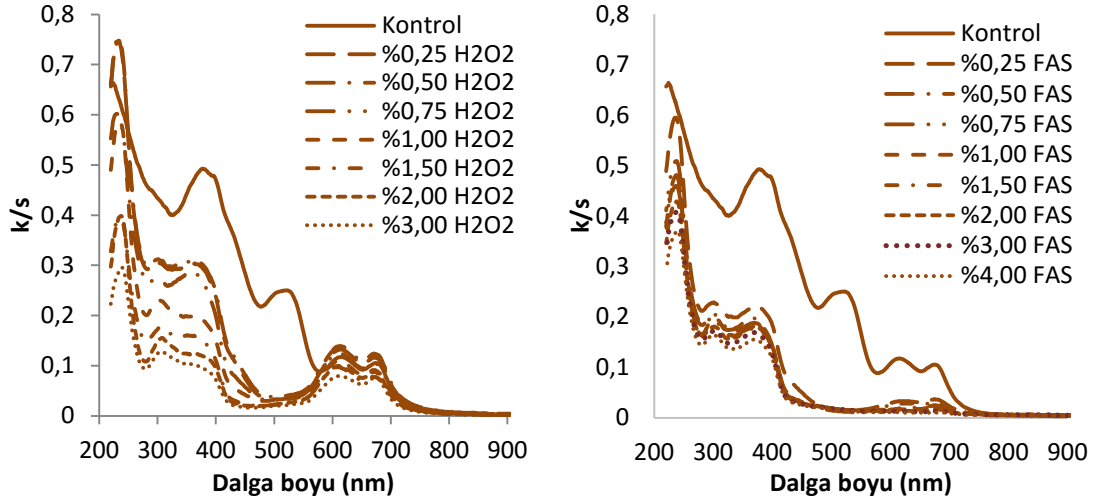
Şekil 27' de karışık renkli atık kâğıtların ağartma sonrası reflektans değerleri Şekil 28' de ise k/s yani absorptans katsayısının ışık dağıtma katsayısına oranı görülmektedir. Reflektans spektrumları incelendiğinde her iki ağartıcının artırılan oranları ile birlikte reflektans değerlerinin genel olarak arttığı beyaz kâğıdın spektrumuna yaklaştığı görülmektedir. Benzer durum absorptans spektrumlarında da görülmektedir. Her iki ağartıcı karşılaştırıldığında FAS' ın hidrojen perokside göre

daha etkili olduğu grafiklerden net bir şekilde görülmektedir. Bunun nedeni hidrojen peroksidin özellikle mavi ve yeşil renk uzaklaştırmada etkisiz kalmasından kaynaklanmaktadır. Grafiklerden görüldüğü gibi her iki ağartıcı 400-600 nm dalga boyu arasında absorbanı düşürürken hidrojen peroksit 600-700 nm arasında aynı etkiyi göstermemiş bununla birlikte FAS bu aralıkta da etkili olmuştur.

Bu sonuçlardan renk uzaklaştırmada hidrojen peroksit faydalı olsa da indirgen ağartıcıların çok daha iyi sonuçlar verdiği anlaşıldığı görülmektedir. Bununla birlikte özellikle sarı renkte hidrojen peroksit çok daha etkilidir. FAS ağartması ardından P daha beyaza yakın kâğıtların üretimine olanak sağlayabilir.



Şekil 27. Karışık renk barındıran kâğıtların reflektans spektrumları.



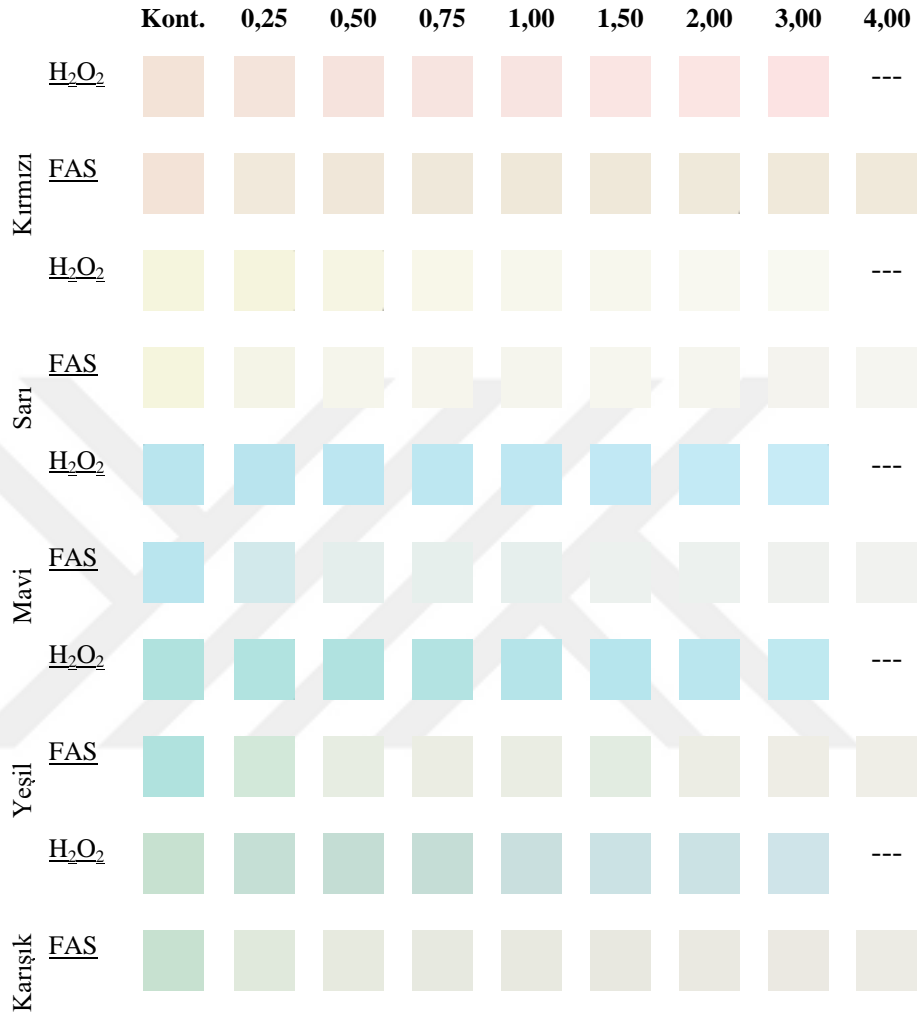
Şekil 28. Karışık renk barındıran kâğıtların absorbans spektrumları.

4.2. Optimum FAS ve Hidrojen Peroksit Oranının Belirlenmesi

Şekil 29’ da ağartma işlemleri sonrası üretilen test kâğıtlarının ulaştığı renkler görülmektedir. Optik özellikler ile ilgili diğer tüm parametreler ve bu renk çizelgesinden faydalanarak en uygun ağartıcı oranları belirlenmiştir. Bilindiği gibi FAS çok etkili bir indirgen olması yanı sıra pahalı da bir ağartıcıdır. Hidrojen peroksit ise FAS’ a kıyasla daha ucuz bir kimyasaldır (Forsberg ve Genco, 1994; Patt vd., 1996). Bu amaçla özellikle FAS için en az oranla en başarılı sonuçların elde edildiği oranı belirlemek oldukça önemlidir.

Şekil 29’ da görüldüğü gibi hidrojen peroksit sarı renkli ve karışık renkli atık kâğıtların ağartılmasında daha etkili olmuştur. Beyaza en yakın sonuçlar % 3 hidrojen peroksit oranı ile elde edilmiştir. Bununla birlikte renk dönüşümü gözle görülebilecek şekilde % 1-1,5 oranından başlamaktadır. Karışık renkli kâğıtlarda ise yeşilimtrak olan kontrol hamurlarının rengi ağartıcı ilavesiyle göze daha iyi görünen mavi beyaza doğru dönüştürülmüştür. Renk dönüşümünün Şekil 29’ da görüldüğü gibi % 1-1,5 oranında olduğu görülmektedir. Kırmızı renkli kâğıtlarda durum daha farklıdır. Şekil 29’ da da görüldüğü gibi hamur içerisinde sarının etkili bir şekilde uzaklaşması ile ağartılan kâğıtlarda kırmızı renk daha belirgin hale gelmiştir. Mavi renkli kâğıtlarda hidrojen peroksit mavi rengi etkili bir şekilde uzaklaştıramamış fakat renk açılmasına neden olmuştur. Yeşilimsi kâğıtlar ise Şekil 29’ dan görüldüğü

gibi % 1,5 oranından sonra mavi renge doğru dönüştürülmüştür. Bu sonuçlardan hidrojen peroksit için % 1,5 oranının tüm kâğıtlar için yeterli olduğu söylenebilir.



Şekil 29. Ağartma sonrası test kâğıtlarının renkleri.

FAS hidrojen peroksit göre indirgen özelliğinden dolayı daha etkili bir ağartıcıdır. Kırmızı renk barındıran atık kâğıtlarda sarımsı olan kontrol rengi çok fazla değişim gösterememiştir. Bu duruma bir önceki ön ağartmadan sonra sarı rengin çok daha kararlı hale gelmesi ve hamurlaştırma kademesindeki alkali oranının fazlalığı sebep olmuş olabilir. Sarı renk içeren atık kâğıtlarda ise FAS ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Renk dönüşümü % 0,75 oranı ile başlayıp artırılan FAS oranı ile devam etmiştir. Mavi renkte de dönüşüm % 0,75 oranında başlamış, bununla birlikte % 1,5 FAS oranında daha beyaz bir kâğıt elde edilmiştir. Benzer eğilim yeşil renkli atık kâğıtlarda da gözlenmiştir. Karışık renkli kâğıtlarda dönüşüm diğerlerinde olduğu

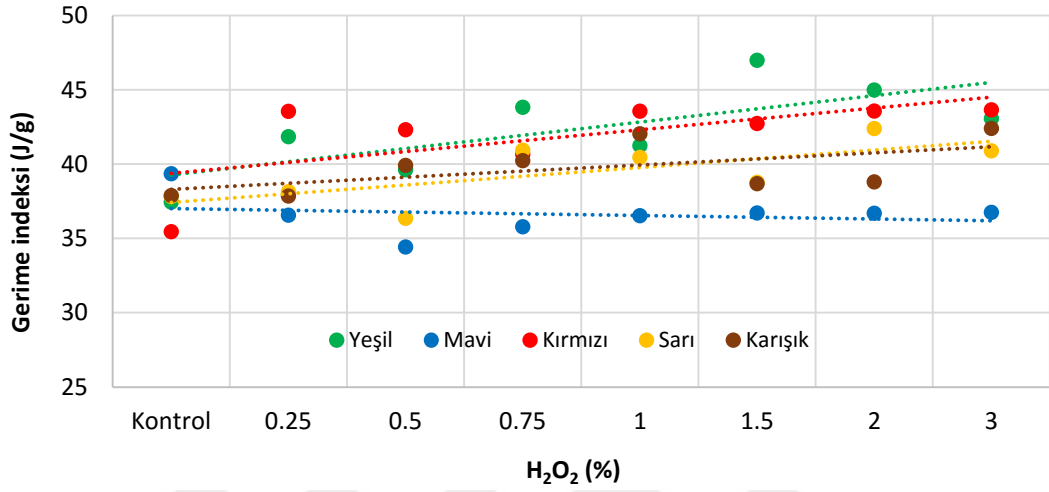
gibi % 0,75 FAS oranında başlamıştır. Bu sonuçlardan atık kâğıtların % 100 karışım olmadan kullanılması durumunda % 1,5 FAS oranının, beyaz life karıştırılarak kullanılacak olması durumunda % 0,75 hatta % 0,5 FAS oranının yeterli olacağı söylenebilir.

Çalışma ile peroksidin sarı renkte çok daha fazla etkili olduğu, FAS' ın tüm renklerde etkili olduğu fakat elde edilen son kâğıtlarda sarımsı bir renk kaldığı tespit edilmiştir. Bu amaçla FAS ağartması sonrası ikinci kademe olarak hidrojen peroksidin kullanılması beyazlığı daha yüksek olan kâğıtların üretimine olanak sağlayabilir. Pesman yaptığı çalışmada (2010) peroksit içeren sodyum perkarbonat ağartmasından sonra uygulanan FAS ağartması ile çok daha yüksek beyazlıkta kâğıtlar üretmeyi başarmıştır. Patt ve arkadaşları da (1996) yaptıkları çalışmada birçok ağartma kademesini kombine etmişler ve yüksek parlaklığa sahip hamurlar elde etmiştir.

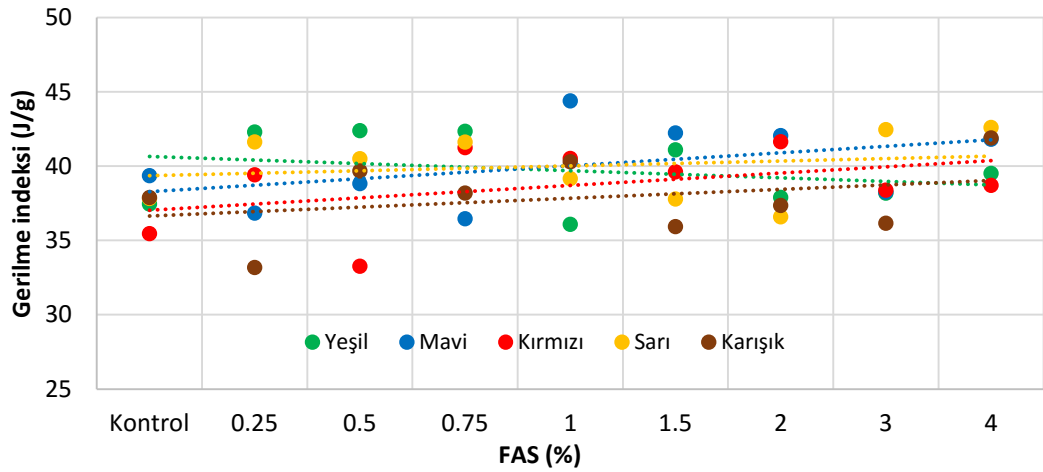
4.3. FAS ve Hidrojen Peroksidin Karışık Renkli Ofis Kağıtlarının Sağlık Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışma kapsamında hamurlaştırma ve yüzdürme işleminden sonra uygulanan son ağartma kademelerinin test kâğıtlarının sağlık özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Şekil 30' da hidrojen peroksidin Şekil 31' de FAS' ın farklı renklerdeki atık kâğıt hamurlarının gerilme indeksi değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde mavi renk hariç diğer renklerin hidrojen peroksit oranı ile birlikte kısmen arttığı görülmektedir. Benzer durum yeşil hariç FAS ağartmasında da gözlenmiştir. Bu artış büyük olasılıkla ağartma işlemlerinin kırıntı liflerin hamur içerisinden uzaklaştırması sonucu geriye daha uzun ve sağlam liflerin kalmasından kaynaklanmaktadır. Benzer sonuçları Patt ve çalışma arkadaşları da (1996) elde etmişlerdir yaptıkları çalışmada kopma uzunluğunun FAS ağartmasının olduğu kâğıtlarda en yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca hamurlaştırma yüzdürme ve ağartma kademelerinin sağlamlığı arttırdığını tespit etmişlerdir. Yırtılma direncinin ise çok değişim göstermediğini belirlemişlerdir. Şekil 32' de P ve FAS ağartmalarının test kâğıtlarının yırtılma dirençleri üzerine etkisi görülmektedir. Karışık renkli atık kâğıtların her iki ağartıcıyla ağartılmasında yırtılma direncinde önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte

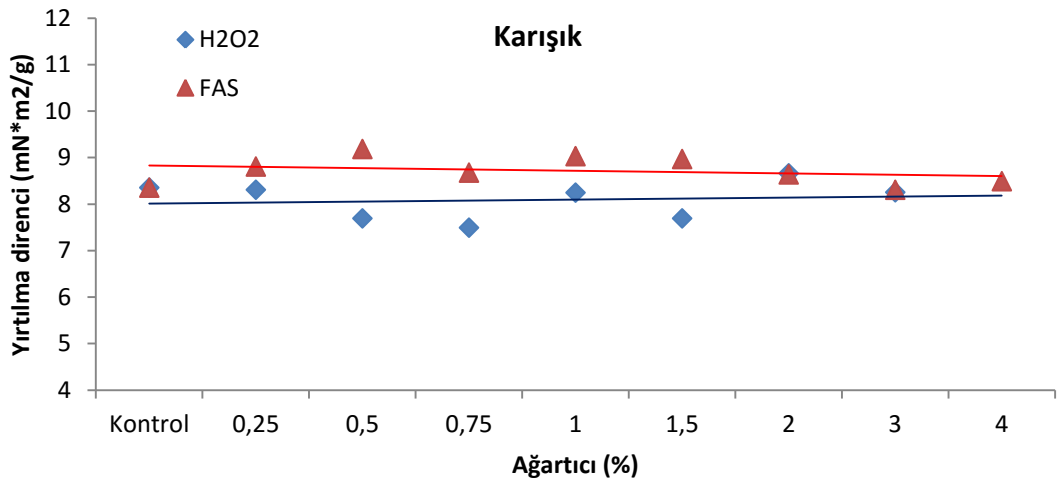
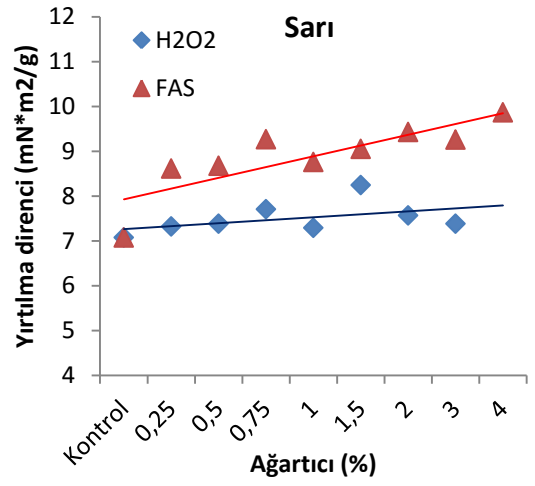
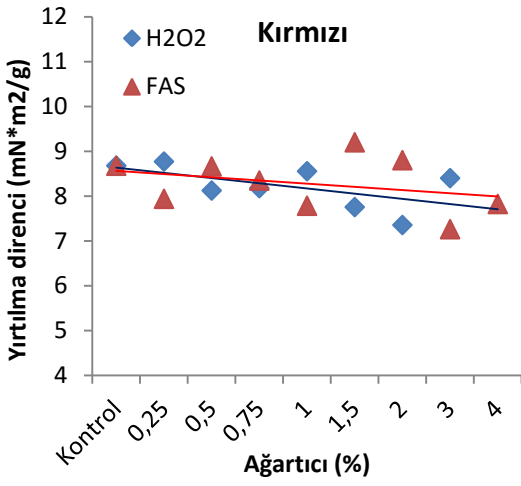
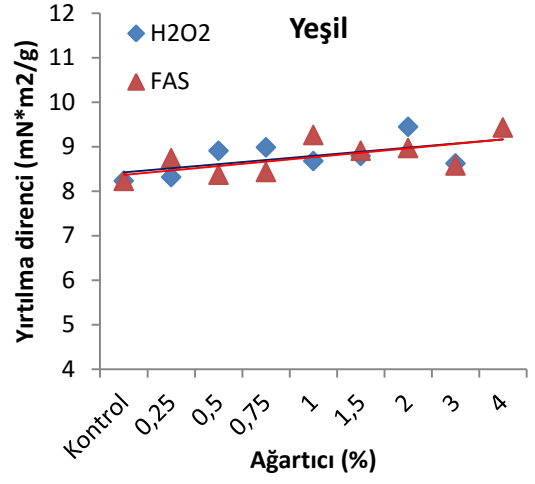
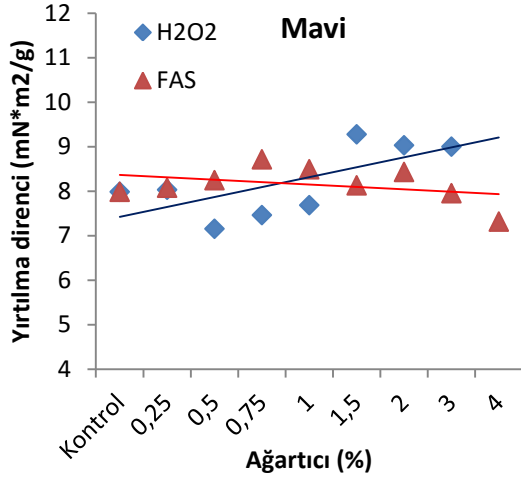
artırılan hidrojen peroksit oranı mavi renkli kâğıtların yırtılma direncini artırırken FAS düşürmüştür. Sarı ve yeşil renkli kâğıtların yırtılma dirençleri ağartıcı oranıyla artarken kırmızı renkli kâğıtlarda azalış meydana gelmiştir. Tespit edilen bu artış ve azalışlar bir iki birim olup dalgalanmaktadır dolayısı ile bu sonuçlardan sağlamlık özelliklerinin ağartıcı oranı ile azaldığı veya arttığını söylemek oldukça güçtür.



Şekil 30. Hidrojen peroksit oranının gerilme indeksine etkisi.



Şekil 31. FAS oranının gerilme indeksine etkisi.



Şekil 32. Hidrojen peroksit ve FAS' ın yırtılma direncine etkisi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında hamurlaştırma ve yüzdürme işlemi sonrası elde edilen atık kâğıt hamurunun ağartılması çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kromoforik yapılarda farklı yollar ile etki gösteren P ve FAS ağartmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya konu olan hamurlar hamurlaştırıcıda ön ağartmaya uğratılmış oldukları için % 1 FAS ile renk değerleri daha kırık renklerdir. Çalışmada indirgeyici ağartıcı olarak FAS tercih edilmiştir. Bunun nedeni FAS' ın diğer indirgen ağartıcılardan dithiyonite göre çok daha kuvvetli bir indirgen olması ve uygulanmasının çok daha kolay olmasıdır. FAS diğer indirgen ağartıcılar olan dithiyonit ve sodyum borhidrüre göre hava oksijenine karşı çok daha az duyarlıdır. Ayrıca alkali şartlarda kullanılması avantajları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte sodyum borhidrürden çok daha ucuz fakat dithiyonitten 3 kat daha pahalıdır.

Çalışma kapsamında ortama FAS % 0, % 0,25, % 0,50, % 0,75, % 1, % 2, % 3 ve % 4 oranlarında ilave edilmiştir. Hidrojen peroksit ise % 0, % 0,25, % 0,50, % 0,75, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında ilave edilmiştir.

Çalışma ile en yüksek ISO parlaklık değeri % 3 hidrojen peroksit oranı ile % 91,4 ile mavi renk ve % 87 ile yeşil renk içeren hamurların ağartılması sonucu tespit edilmiştir. Bununla birlikte parlaklık değerinin mavi renkte çok yüksek çıkmasının nedeni yöntemin mavi rengi yansıtan 457 nm dalga boyundaki reflektans değerinde ölçülmesidir. Mavi rengi % 3 hidrojen peroksit oranıyla kontrole göre yaklaşık 13 birimlik artışla karışık renkli kâğıtlar izlemiştir. Sarı renkli kâğıtların parlaklığı % 3 hidrojen peroksit oranı ile kontrole göre 12 birim artmış, kırmızı renkli kâğıtlarınki ise 5,5 birim kadar artmıştır.

FAS ağartmasından sonra çok daha açık renkli kâğıtlar elde edilmiş olmasına rağmen kâğıtların sarı beyaz olmasından dolayı ISO parlaklık değerleri daha düşük ölçülmüştür. Bununla birlikte karışık ve sarı renk içeren kâğıtların % 4 FAS ile ağartılması sonucu parlaklık değeri artışı bu kadar yüksek oranda bile kontrole göre ancak 10 birim kadar olmuştur. Yeşil renkte % 4 FAS ile 5,5, mavi renkte ise ancak

2,5 birim kadar artış sağlanmıştır. ISO parlaklık değeri, bize FAS kullanımının renk uzaklaştırılması hakkında önemli bilgiler sunmuş olsa da yeterli bir yöntem değildir. Bu yüzden kâğıtların renk değerleri ve renk uzaklaştırma oranları da 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.

FAS ilavesi mevcut kırmızı rengi çok düşük olan % 0,75' lik oranda bile sıfırlamış yani a* değerini 3,5' tan -0,1' e düşürmüştür bununla birlikte hidrojen peroksidin tersine sarı rengi yani b* değerini 7,6' dan 8 civarına kadar azda olsa artırmıştır. Bu sonuçlardan FAS' ın ana renk olan kırmızıda çok daha etkili olduğu bununla birlikte sarı rengi gidermemesi nedeniyle hafif sarımtırak kâğıtların elde edilmesine neden olduğu söylenebilir. P ağartması ise sonuç olarak rengi açılan fakat daha kırmızı kâğıtlar üretilmesine neden olmuştur. Kırmızı renkli kâğıtlar için % 1 FAS ile ΔE_{CIE76} yalnızca 3,8 olarak tespit edilmiştir. % 3 hidrojen peroksitte ise bu oran 6,4 olarak tespit edilmiştir.

Sarı renkli kâğıtlarda L* değeri artan FAS ve hidrojen peroksit oranı ile artmıştır. " a* " değeri diğer bir ifade ile yeşil renk % 1,5 FAS ile -3,7' den -1,4' e indirgenmiştir. Sarı rengi belirten b* değeri ise % 1,5 FAS ile 11,7' den 3,53' e gerilemiştir. FAS oranı % 3' e çıkarıldığında a* değeri -0,8' e b* değeri ise 2,7' ye düşmüştür. % 3' lük hidrojen peroksit ile a* değeri -1,6' ya b* değeri ise 3,5' e düşmüştür. ΔE_{CIE76} renk uzaklaştırma etkinliği % 1,5 FAS oranında 8,5, % 3 FAS oranında 9,51 ve % 3 hidrojen peroksit oranında 8,63 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan % 1,5 FAS' ın % 3 hidrojen peroksitine eşdeğer olduğu söylenebilir. Bununla birlikte elde edilen son kâğıtlara bakıldığında hidrojen peroksidin sarı renk uzaklaştırmada daha başarılı olduğu ve beyaza yakın kâğıtlar verdiği tespit edilmiştir.

Yeşil renkli kâğıtlarda L* değeri FAS ve hidrojen peroksit ile artmıştır. Yeşil rengi belirten a* değeri % 3 hidrojen peroksit ile -16,9' dan -11,7' ye gerilemiştir yani yeşil renk çok sınırlı oranda azalmıştır. Negatif ekseninde mavi rengi belirten b* değeri % 3 hidrojen peroksit ile -3,5' tan -7,9' a çıkmıştır. Bu sonuçlardan hidrojen

peroksidin yeşil renk ağartılmasında başarılı olamadığı anlaşılmaktadır. % 1,5 FAS ağartması ile negatif ekseninde mavi, pozitif ekseninde ise sarı rengi belirten b^* değeri -3,5' tan 4,3' e ve % 3 FAS ile 3,7' ye çıkmıştır. Diğer bir ifade ile mavi renk kaybolmuş yerini sarı renk almıştır. Yeşil rengi temsil eden a^* değeri ise % 1,5 FAS ile -16,9' dan -2,1' e ve % 3 FAS ile -0,8' e kadar önemli oranda azalmıştır. Yeşil renkli kâğıtlar için % 3 FAS ile ΔE_{CIE76} 18,9 olarak tespit edilirken % 3 hidrojen peroksit ile bu değer ancak 7,5 seviyesinde kalmıştır.

Mavi renkli kâğıtlarda durum yeşil renge benzer şekilde gelişmiştir. Hidrojen peroksit mavi renk uzaklaştırmada başarılı olamamıştır. % 3 hidrojen peroksit ile b^* değeri -9,3' ten -9' a ve a^* değeri -12,3' ten sadece -9,6' ya gerilemiştir. L^* değeri kontrole göre artmış olsa da mavi ve yeşil rengi belirten b^* ve a^* değerlerinde dikkate değer bir gelişme gözlenmemiştir. FAS ise hidrojen peroksit göre daha etkili olmuş ve % 1,5 oranda bile b^* değerini -0,9' a, a^* değerini ise -2,1' e kadar düşürmüştür. Mavi renkli kâğıtlar için % 1,5 FAS ile ΔE_{CIE76} renk uzaklaştırma değeri 15,9 iken % 3 hidrojen peroksit ile bu değer ancak 3,8 olarak tespit edilmiştir.

Dört rengin karıştırıldığı kâğıtlarda L^* değeri her iki ağartıcı ile artmıştır. a^* değeri % 3 FAS ilavesi ile -12,1' den -0,7' ye gerilemiştir. Bunun anlamı hamur içerisindeki yeşil rengin FAS oranıyla neredeyse tamamen tükenmesidir. b^* değeri % 3 FAS oranı ile 5,5' ten 3,8' e sınırlı oranda azalmıştır. Diğer ağartıcı olan hidrojen peroksidin % 3 oranında a^* değeri -12,1' den -5,7' ye ve b^* değeri 5,5' ten -4,7' ye gerilemiştir. Sonuçlardan anlaşıldığı gibi FAS' ın a^* değeri üzerinde, hidrojen peroksit ise b^* değeri üzerinde daha fazla etkiye sahiptir. Renk değişimini belirten ΔE değeri FAS ve hidrojen peroksit % 3' lük oranda kullanılması ile sırasıyla 12,6 ve 12,19 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ayrıca UV spektrum değerleri ile de desteklenmiştir.

Sağlamlık özellikleri açısından her iki ağartıcının kopma direncini az oranda arttırdığı ve yırtılma direncinde önemli bir etki sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

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

- Genel olarak her iki ağartıcı karşılaştırıldığında FAS indirgeme kabiliyetinden dolayı renk kırmada hidrojen peroksitten daha iyi sonuçlar vermiştir.
- FAS' ın renklere göre etkisi; Yeşil > Mavi > Sarı > Kırmızı. Hidrojen peroksidin renklere göre etkisi; Sarı > Yeşil > Kırmızı > Mavi şeklinde sıralanmıştır.
- Dört rengin karışımında % 3 FAS ile kırık bir sarımsı beyaz renk elde edilirken. Hidrojen peroksitin aynı oranında mavimsi bir renk elde edilmiştir.
- FAS ağartması özellikle ön ağartmaya uğratılmış ve kırmızı renk barındıran hamurlarda çok etkili olamamış bununla birlikte diğer tüm renklerde başarılı olmuştur.
- Hidrojen peroksit sarı renkte çok başarılı olmuş fakat diğer renklerde özellikle mavi ve yeşil renkte başarılı olamamıştır.
- Bu sonuçlardan FAS ve P ağartma dizinlerinin peşi sıra uygulaması ile daha beyaz kâğıtların üretimi gerçekleştirilebilir. FAS ağartması sonucu elde edilen kâğıtların hafif sarılığı P ağartmasıyla giderilebilir.
- Sağlamlık özellikleri açısından ağartma kademelerinin kopma direncini az oranda arttırdığı ve yırtılma direncini de düşürmediği tespit edilmiştir.
- Çalışma sonucunda genel olarak en iyi sonuçlar % 3-4 FAS oranı ile elde edilmiş olsa da en uygun FAS oranı maliyet düşünüldüğünde % 1,5 olarak tespit edilmiştir. Renk dönüşümü % 0,75 FAS oranında başlamakta ve % 1,5' ta optimum seviyeye ulaşmaktadır. P ağartmasında ise % 2-3 en uygulanabilir sonuçları vermektedir.

Çalışma sonucunda FAS' ın boyanmış atık lifleri içeren kâğıtların geri dönüşümü sonrası ağartma işleminde kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca FAS ile ağartılmış kâğıt hamurlarının ardından uygulanacak bir hidrojen peroksit kademesinin daha beyaz kâğıtlar üretmek üzere kullanılabileceği düşünülmüş ve ileriki çalışmalarda bunun denenmesi planlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Ackermann, C., 2000. Bleaching of deinked pulp. In: Recycled Fibre and Deinking, Edited by L. Götsching, *Fapet Oy Publ.*, Helsinki, pp. 306-355.
- Anonim, 1996. Jaakko Pöyry Consulting Inc.
- Anonim, 1999. Safety data sheet for DegaFAS AS-Formamidin Sülfünik Acid (93/112/EC)
- Bakkalcı, S., 1998. Gazete kağıdı atıklarının sekonder lif olarak endüstride kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 70 s.
- 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.
- Feguson, L.D., 1992. Deinking chemistry: Part 2. Tappi Journol, 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.
- Hanchett, 1994. Forsberg ve Genco, 1994. Deneault vd., 1995. Patt vd., 1996. Peşman, 2010. Peşman ve Kırıcı, 2011.
- Hanchett, G.D., 1994. Bleaching and colour stripping recycled fibres-an overview. Progress Poper Recycling, Vol. 3, No. 2, p.24.
- Holik, H., 2000. Unit operations and equipment in recycled fibre processing. In: Recycled Fibre and Deinking, Edited by L. Götsching, Fapet Oy Publ., Helsinki, pp. 91-205.
- İmamoğlu, S., 2002. Atık Kağıt Hamurlarının Formamidin Sülfünik Asit (FAS) ile Ağartılması. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. İstanbul
- İmamoğlu, S., Karademir, A., Peşman, E., Aydemir, C., Atik, C., 2013. Effects of Flotation Deinking onthe Removal of Main Colors of Oil-Based Inks from Uncoated and Coated Office Papers, Bioresourcesi 8(1) p 45-58.
- Kırıcı, H., 2004. Atık Kâğıt Geri Kazanma Teknolojisi Ders Notları

- Kogan, J., Muguet, M., Perkins, A., 1994. Ozone bleaching of deinked pulp. Tappi Recycling Symposium Proceedings, *Tappi Press*, Atlanta, pp. 237-244.
- Kronis, J.D., Nimmerfroh, N., 1994. *Opportunities for FAS secondary fibre processing*. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings, Atlanta, pp. 263-276.
- Matzke, W. , Selder, H. , Kappal, J. , 1994. *Present and future bleaching of secondary fibres*. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings, Atlanta pp. 325- 331.
- Mclow, B., 2009. Paper Colouration : Application of Wet-End Paper Chemistry Thorn, I., On Au, C. Edt, Springer Science+Business Media B.V. 2009.
- Mc Kinney, 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.
- Muguet, M., Sundar, M., 1997. *New ozone technology provides costeffective secondary fibre bleaching*. In: Advances in Bleaching Technology, Edited by K.L. Patrick, Pulp and Paper Insight Series, Miller Freeman Books Publ., Son Francisco, pp. 109-113.
- Naddeo, R., Magnotta, V., Kulkowski, T., 1994. *Oxidative methods offer alternative to chlorine bleaching of wastepaper*. In: Advances in Paper Recycling, Ed. by K.L. Patrick, Miller Freeman Publ., Son Francisco, pp. 84-90.
- Özden, Ö. ve İmamoğlu, S., 2001. *The Impact of Secondary Fibre on Corrugated Board and Wastepaper Classification System*, 2nd International Packaging Courses and Exhibition Proceedings, İzmir, syf. 277-288
- 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 Kâğıtlarının 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
- Read, B.R., 1986. *Deinking Chemical and Their Affects Symp*. Inst. Chem. Eng. North West Branch. 7.1-1.16
- Renders, A., 1995. Recycled Fibre Bleaching. In: *Technology of Paper Recycling*, edit by McKinney, R. W. J., Blackie Academic&Professionol Publ.

Shrinath, A., Szewczok, J.T., ve Bowen, I.J., 1991. *A Review of ink-removal Techniques in Current Deinking Technology*, Tappi Journal. 74 (7): 85

Süss, H. ve Krüger, H., 1983. German Patent, DE 3.309.956 C1 Mart 19

TSE, 1989. Atık Kâğıtlar. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, TSE 6941/ Nisan 1989

URL-1: <http://www.sodyum.gen.tr/sodyum-hidroksit.html> (19.12.2016 16:39)

URL-2: <http://www.sodyum.gen.tr/sodyum-silikat.html> (19.12.2016 17:03)

Vincent A.H.D., Khong, C., Rizzon, E., 1997. FAS (thiourea) Bleaching of Recycled Pulp, *Appita Journal*, 50(5) p.393-399.

Weinstock, I.A., 1994. Use of the term “*bleaching*” in the context of virgin and secondary fibres: A clarification. In: *Recycled Fibre Technology*, Mahendre Doshi ed., Tappi Pres, Atlanta, pp.57-59.

Yaylı, M., 2013. Farklı Marka Ofis Kâğıtlarında XRF yöntemiyle Element Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : PARLAK Mehtap
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 10.11.1990/ RİZE
Medeni hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0539 738 3086
e-posta : mehtap.parlak.08@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi/Orman End. Mühendisliği	2010-2014
Lise	Çok Programlı Lise/HOPA