

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KAĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**ATIK GAZETE VE MAGAZİN KAĞITLARININ MÜREKKEP UZAKLAŞTIRMA
VE AĞARTMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Emrah PEŞMAN

**ARALIK 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KAĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

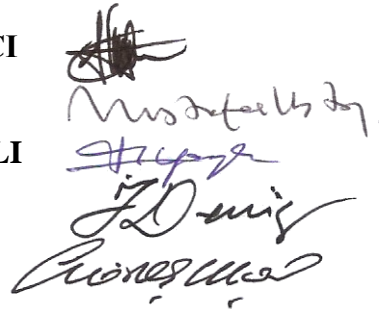
**ATIK GAZETE VE MAGAZİN KAĞITLARININ MÜREKKEP UZAKLAŞTIRMA
VE AĞARTMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Emrah PEŞMAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Doktor (Lif ve Kağıt Teknolojisi)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.12.2010
Tezin Savunma Tarihi : 27.12.2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mustafa USTA
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Nurettin YAYLI
Jüri Üyesi : Prof. Dr. İlhan DENİZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Güneş UÇAR**


Handwritten signatures of the jury members: Mustafa Usta, Nurettin Yaylı, İlhan Deniz, and Güneş Uçar.

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

“Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mürekkep Uzaklaştırma ve Ağartma Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Azalan hammadde kaynakları karşısında önemi gün geçtikçe artan atık kağıt geri dönüşümünde gazete ve dergi kağıdı atıklarının daha verimli kullanılmasını amaçlayan bu tez çalışmasının her aşamasında karşılaşılan sorunların aşılmasında fikirlerinden yararlandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin KIRCI’ya sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen ve başarıyla bitirilmesi için değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Mustafa USTA, Prof. Dr. Nurettin YAYLI, Prof. Dr. İlhan DENİZ’e teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında laboratuvar gereçlerimin temininden, çalışmanın planlanmasına kadar oldukça önemli desteğini gördüğüm sayın hocam Doç.Dr. Sami İMAMOĞLU’na özellikle teşekkür ederim. Değerli görüş ve önerileriyle çalışmamı yönlendiren, her zaman ilgi ve desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA, Yrd.Doç.Dr. Sedat ONDARAL, Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER ve Dr. Sevda BORAN’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Atık kağıtların tedarikinde önemli desteklerini gördüğüm Doğan Printing Center’ın Trabzon bölge müdürlüğüne ve tez çalışması kapsamında her zaman yardım ve desteğini sakınmayan arkadaşlarım Arş.Gör. Evren ERSOY KALYONCU, Arş.Gör. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR, Arş.Gör. Eylem DİZMAN TOMAK, Arş.Gör. Yasin BALABAN, Arş. Gör. Onur Tolga OKAN ve Arş.Gör. Cenk DEMİRKİR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın hazırlanmasında 20071130021 kodlu Bilimsel Araştırma projesi ile maddi destek sağlayan KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimine ve tez çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen kurumum Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi’ne ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren her anımda koşulsuz sevgi ve desteğini gösteren canım ailem ve ikiz kardeşim Arş. Gör. Emre PEŞMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Emrah PEŞMAN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XVIII
KISALTMALAR DİZİNİ	XXI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarından Kağıt Hamuru Üretimi	7
1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi	14
1.2.2. Temizleme ve Eleme İşlemleri	15
1.2.3. Yüzdürme (Flotasyon) Yöntemi ile Mürekkep Giderme İşlemi	15
1.2.4. Kesafet Artırma İşlemi	19
1.2.5. Dispersiyon İşlemi	19
1.2.6. Ağartma İşlemi	20
1.3. Mürekkep Giderme İşleminde Kullanılan Kimyasal Maddeler	21
1.3.1. Sodyum Hidroksit.....	21
1.3.2. Sodyum Silikat	22
1.3.3. Aglomeratlar (Yığılma ve Topaklanma Sağlayan Kimyasallar).....	22
1.3.4. Yüzey Aktif Maddeler (Surfactant).....	22
1.3.4.1. Dispersantlar (Dağıtıcı).....	23
1.3.4.2. Kollektörler (Toplayıcı Kimyasallar).....	24
1.3.5. Aktif Oksijen İçeren Ağartıcılar	27
1.3.5.1. Hidrojen Peroksit	27
1.3.5.2. Sodyum Perborat Tetrahidrat	27
1.3.5.3. Sodyum Perkarbonat	28
1.3.6. İndirgeyici Özellikteki Ağartıcı Kimyasallar	28
1.3.6.1. Sodyum Hidrosülfid (Ditiyonit).....	28
1.3.6.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)	29

1.3.6.3.	Sodyum Borhidrür.....	30
1.3.7.	Çelatlayıcılar.....	30
1.4.	Baskı Sistemleri ve Kullanılan Mürekkepler	31
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
2.1.	Materyal	32
2.1.1.	Hammadde (Atık Kağıt)	32
2.1.1.1.	Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mekanik ve Kimyasal Lif İçerikleri.....	32
2.1.1.2.	Gazete ve Magazin Kağıtlarını Oluşturan Kırıntı ve Uzun Lif Oranları	34
2.1.1.3.	Gazete ve Magazin Kağıtlarının Kül İçeriği	35
2.1.2.	Kullanılan Su	36
2.1.3.	Mürekkep Giderme ve Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Kimyasallar	36
2.1.3.1.	Sodyum Hidroksit	36
2.1.3.2.	Sabun, SDS ve Kalsiyum Klorür	37
2.1.3.3.	EDTA ve Sodyum Silikat	37
2.1.3.4.	Hidrojen Peroksit	37
2.1.3.5.	Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat.....	37
2.1.3.6.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcılar	38
2.2.	Metot	38
2.2.1.	Örnek Hazırlama.....	39
2.2.2.	Hamurlaştırma İşlemi	41
2.2.3.	Yüzdürme İşlemi	42
2.2.4.	Kesafet Artırma İşlemi	47
2.2.5.	Son Ağartma İşlemi	47
2.3.	Uygulanan Kimyasal ve Fiziksel Analizler	48
2.3.1.	Kağıt Hamurlarına Uygulanan Analizler.....	48
2.3.1.1.	Kağıt Hamurların Verimlerinin Belirlenmesi	48
2.3.1.2.	Kağıt Hamurları İçerisindeki Anorganik Madde Tayini.....	49
2.3.2.	Atık Çamur ve Su Analizleri	49
2.3.2.1.	Yüzdürme İşlemi Sırasında Açığa Çıkan Atık Çamur Analizi.....	49
2.3.2.2.	Atık Su İçerisindeki Askıda Katı Madde (AKM) Tayini.....	50
2.3.2.3.	Atık Su İçerisindeki Çözünmüş Katı Madde (ÇKM) Tayini	50
2.3.2.4.	Atık Suyun İletkenlik ve Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarının Belirlenmesi	51
2.3.3.	Optik Testler.....	51
2.3.3.1.	Optik Testler İçin Test Kağıdı ve Test Pedlerinin Hazırlama İşlemi.....	51

2.3.3.2.	Test Kağıtlarına Ait ISO Parlaklık Ölçümü.....	52
2.3.3.3.	Test Kağıtlarına Ait CIE Beyazlık İndeksi (WI) Ölçümü.....	52
2.3.3.4.	Test Kağıtlarına Ait Sarılık İndeksi (YI) Ölçümü	53
2.3.3.5.	Test Kağıtlarına Ait CIE L*a*b* Renk Değerlerinin Ölçümü	53
2.3.3.6.	Test Pedi ve Kağıtlarından Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği IE ₇₀₀ ve IE ₉₅₀ Değerlerinin Ölçülmesi	53
2.3.3.7.	Test Kağıtlarından Efektif Kalıntı Mürekkep Miktarının (ERIC) Ölçümü	54
2.3.3.8.	Test Kağıtlarının Kısa Dalga Boyunda Uygulanan Işık ile Yaşlandırılması	55
2.3.4.	Test Kağıtlarına Uygulanan Fiziksel Testler	55
2.3.4.1.	Fiziksel Testler İçin Laboratuvar Kağıdı Formasyonu	55
2.3.4.2.	Test Kağıtlarının Şartlandırılması	56
2.3.4.3.	Rutubet, Gramaj, Kalınlık ve Yoğunluk Tayinleri	56
2.3.4.4.	Patlama Testi.....	56
2.3.4.5.	Kopma Testi.....	56
2.3.4.6.	Yırtılma Testi	57
2.4.	İstatiksel Yöntemler	57
3.	BULGULAR.....	58
3.1.	Yüzdürme ile Mürekkep Uzaklaştırma Kademesinde Kalsiyum Klorür Miktarına Bağlı Olarak Yağ Asidi Sabunu (Olinor RS-4200) ve Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS) Etkilerinin Araştırıldığı Analizlere Ait Bulgular	58
3.1.1.	Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH, İletkenlik ve TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) Değerlerine Ait Bulgular.....	58
3.1.2.	Hamurlaştırıcıya Giren ve Yüzdürme İşlemi Sonrası Çıkan Katı Madde Miktarlarına Ait Bulgular	60
3.1.3.	Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği Organik ve İnorganik Madde Miktarlarına Ait Bulgular	62
3.1.4.	Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular	64
3.2.	Hamurlaştırıcı İçerisine İlave Edilen Alkali ve Ağartıcıların Etkilerinin Araştırıldığı Analizlere Ait Bulgular	66
3.2.1.	Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH, İletkenlik ve TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) Değerlerine Ait Bulgular.....	66
3.2.2.	Hamurlaştırıcıya Giren ve Yüzdürme İşlemi Sonrası Çıkan Katı Madde Miktarlarına Ait Bulgular	69
3.2.3.	Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçeriği Organik ve İnorganik Madde Miktarları	71
3.2.4.	Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular	74

3.2.5.	Fiziksel Testlere Ait Bulgular.....	77
3.3.	Son Ağartma Kademesine Ait Bulgular.....	77
3.3.1.	Ağartma İşlemi Sonrası Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular.....	78
3.3.2.	Kısa Dalga Boyundaki Işına Maruz Bırakılan Test Kağıtlarının Optik Özelliklerine Ait Bulgular	78
3.3.3.	Fiziksel Testlere Ait Bulgular.....	83
4.	İRDELEME	85
4.1.	Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi	85
4.1.1.	Değiştirilen Kalsiyum Klorür Oranına Bağlı Olarak Yağ Asidi Sabununun Yüzdürme İşlemine Etkisi	85
4.1.1.1.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi.....	86
4.1.1.2.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	91
4.1.1.3.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarlarına Etkisi	94
4.1.1.4.	Mürekkep Giderme Etkinliğini Belirlemek Amacı İle Kullanılan Optik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması	98
4.1.1.5.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Parlaklığına Etkisi	100
4.1.1.6.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının b* (Sarılık) Değerine Etkisi	102
4.1.1.7.	Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE ₉₅₀) ve Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonuna (ERIC) Etkisi.....	104
4.1.2.	Kalsiyum Klorür Oranına Bağlı Olarak Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS) Yüzdürme İşlemine Etkisi	107
4.1.2.1.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi.....	107
4.1.2.2.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	110
4.1.2.3.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarlarına Etkisi	112
4.1.2.4.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Parlaklığına Etkisi	115
4.1.2.5.	Sodyum Dodesil (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının b* (Sarılık) Değerine Etkisi.....	116
4.1.2.6.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE ₉₅₀) ve Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonuna (ERIC) Etkisi.....	117

4.1.3.	Yağ Asidi Sabunu ve Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS), Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	119
4.2.	Hamurlaştırma İşleminde Kullanılan Oksidatif Ağartıcılar ve Sodyum Hidroksitin Etkileri	121
4.2.1.	Ortama İlave Edilen Sodyum Hidroksit Miktarının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur Verimi, Hamur Parlaklığı, Hamurun Renk Değerleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi	122
4.2.2.	Hamurlaştırıcıya İlave Edilen Ağartıcıların Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur Verimi, Hamur Parlaklığı, Hamurun Renk Değerleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi.....	127
4.2.2.1.	Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonatın Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi.....	127
4.2.2.2.	Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonatın Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarına Etkisi	132
4.2.2.3.	Hamurlaştırma Sırasında Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamurun ISO parlaklık Değeri Üzerine Etkisi.....	137
4.2.2.4.	Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Hamurun Renk Değerlerinden a* ve b* Değerleri Üzerindeki Etkisi.....	141
4.2.2.5.	Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarına Etkisi.....	146
4.2.2.6.	Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamurdaki Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC) ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE ₉₅₀) Üzerine Etkisi	151
4.2.2.7.	Yüzdürme İşleminin (Flotasyon) Hamurun Fiziksel Sağlamlık Özellikleri Üzerine Etkisi.....	160
4.3.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Optik ve Fiziksel Sağlamlık Özellikleri Üzerine Etkisi.....	160
4.3.1.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun ISO Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi.....	162
4.3.2.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Renk Değerleri Üzerine Etkisi	165
4.3.3.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Fiziksel Sağlamlık Özellikleri Üzerine Etkisi.....	168
4.3.4.	Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Renk Kararlılığına Etkisi.....	170
5.	SONUÇLAR	178
5.1.	Yüzey Aktif Maddelerinin Etkileri	178

5.1.1.	Yüzey Aktif Maddelerinin Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarına Etkileri	179
5.1.2.	Yüzey Aktif Maddelerinin Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi.....	180
5.2.	Hamurlaştırma İşlemi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Etkileri	182
5.2.1.	Hamurlaştırma İşlemi Sırasında Kullanılan Sodyum Hidroksit'in Etkisi.....	182
5.2.2.	Hamurlaştırma İşlemi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Optik Özellikleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Derecesine Etkisi	183
5.3.	Son Ağartma Kademesi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Etkileri	185
5.3.1.	Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Optik Özelliklerine Etkisi	186
5.3.2.	Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Fiziksel Sağlamlık Özelliklerine Etkisi.....	188
5.3.3.	Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Renk Kararlılığına Etkisi	188
6.	ÖNERİLER.....	190
7.	KAYNAKLAR	192
8.	EKLER.....	200

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu çalışmada, atık gazete ve magazin kağıtlarının yeniden değerlendirilmesinde hamurlaştırma, mürekkep uzaklaştırma ve ağartma işlemleri için kullanılan kimyasalların, işlem verimliliği, mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve hamurun optik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Çalışma üç kısımda incelenmiş olup ilk kısımda kalsiyum konsantrasyonu, yağ asidi sabunu ile sodyum dodesil sülfat gibi toplayıcı özellikteki yüzey aktif maddelerin, yüzdürme işlemi sonrası verim, mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve hamurun renk değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. En az verim kaybı ile en etkili mürekkep uzaklaştırma derecesi, 0,001 mol/l kalsiyum klorür ve %1 yağ asidi sabunu kullanılarak elde edilmiştir.

İkinci kısımda hamurlaştırma sırasında alkalinin yol açtığı renk koyulaşmasını dengelemek için hamurlaştırıcıya ilave edilen hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın, yüzdürme işlemi sonrası hamurun renk değerleri ve mürekkep uzaklaştırma derecesi üzerine etkileri araştırılmıştır. En etkili sonuçlara, %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonatın alkali ilavesi olmaksızın kullanılması sonucu ulaşılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde mürekkebi uzaklaştırılan hamurların ağartılması üzerine çalışılmış ve ağartıcı olarak oksidatif özellikteki hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat ile indirgen özellikteki sodyum ditiyonit, sodyum borhidrür ve formamidin süfünik asit kullanılmıştır. Oksidatif ağartıcılarda en yüksek ISO parlaklık değerine sodyum perkarbonat ile ulaşıırken, indirgeyici ağartıcılar ile en yüksek sonuçları formamidin süfünik asit vermiştir. Bununla birlikte sodyum borhidrürün renk kırma özelliği açısından çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sodyum perkarbonat ile sodyum borhidrür ve formamidin süfünik asit kademelerinin ard arda kullanılması sonucu ISO parlaklık değeri %62,34'e kadar artırılmıştır. Çalışma kapsamında ışık muamelesi sonucu kağıt hamurlarının renk değerlerini koruyamadığı bununla birlikte sodyum borhidrürün kullanıldığı kademelerin, çok az da olsa daha dirençli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık Kağıt Geri Dönüşümü, Yüzdürme İşlemi ile Mürekkep Uzaklaştırma, Ağartma, Renk Kararlılığı

SUMMARY

Determination of Ink Removal and Bleaching Properties of Old News and Magazine Papers

The aim of this study was to determine the effects of chemical agents on yield, ink removal, strength and optical properties of recycled pulp during pulping, flotation and bleaching stages.

The study designed at tree stages. Firstly, the effects of calcium ion concentration and collectors such as fatty acid soap and sodium dodesil sulfate on yield, ink removal and optical properties of flotation deinked pulps were investigated. The most effective results namely higher ink removal with minimum yield loss obtained by 0.001 mol/l calcium chlorine and 1% fatty acid soap addition.

At the second stages of the study for avoiding alkaline darkening, bleaching agents such as hydrogen peroxide, sodium perborate tetrahydrate and sodium parcarbonate were investigated. The effects of these chemicals on ISO brightness, CIE L*a*b* color and ink elimination values of deinked pulps were compared and the highest results obtained by sodium percarbonate addition (1% active oxygen) without alkaline usage.

At the last part of the study, bleaching characteristics and color stability of deinked pulps were investigated. For bleaching pulp, oxidative agents like hydrogen peroxide and sodium percarbonate and reductive agents like sodium dithionite, formamidin sulfonic acid and sodium borohydride were used. The effects of these bleaching agents on ISO brightness, color values and strength properties of pulps were compared and the best ISO brightness values were obtained by sodium percarbonate and formamidin sulfonic acid usage. In addition, the best color removal values were obtained by sodium borohydride usage. In this respect, sodium percarbonate combined with formamidin sulfonic acid and sodium borohydride so ISO brightness value could be increased to 62.34% ISO. When the test papers exposed irradiation, the colors of paper couldn't be stable because of rich mechanical pulp content. Consequently in terms of color stability, most resistant results obtained by sodium borohydride bleaching stages.

Key Words: Paper Recycling, Flotation Deinking, Bleaching, Color Stability

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Global kağıt karton üretimi ve atık kağıt kullanımının üretimdeki oranı (FAO).....	3
Şekil 2. Türkiye’de üretilen kağıt karışımının üretimdeki yeri (1961-1999 FAO, 2000-2009 SKSV)	3
Şekil 3. Asya ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995).....	9
Şekil 4. Avrupa ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995).....	10
Şekil 5. İskandinav ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995)	12
Şekil 6. Üç aşamalı kombine sistem (Newsteck Recycling Inc. Vancouver, Kanada) (McCool, 1993)	13
Şekil 7. Yıkama ve yüzdürme tekniğinin mürekkep uzaklaştırabilme etkinlikleri(Scheldorf. ve Strand, 1996)	16
Şekil 8. Dört aşamada yüzdürme işleminin mekanizması(Ferguson, 1992 _b)	17
Şekil 9. Yıkama ile mürekkep giderme işleminin mekanizması(Ferguson, 1992 _b).....	24
Şekil 10. Yağ asidi sabununun şematik gösterimi(Ferguson, 1992 _b)	25
Şekil 11. Kalsiyum iyonları ile sabunun etkileşimi(Larsson et al, 1984 _a).....	26
Şekil 12. Florogulisin-HCl ile kırmızı renge boyanan meknik hamur lifleri ve renk değiştirmeyen kimyasal hamur lifleri	33
Şekil 13. Gazete ve magazin kağıtlarının kimyasal ve mekanik hamur lif içerikleri	33
Şekil 14. Baskı yapılmış gazete ve magazin kağıtları ile baskı yapılmamış baz kağıtlarının kül içerikleri	36
Şekil 15. Tez çalışmasında uygulanan laboratuar iş akışı şeması.....	40
Şekil 16. Laboratuar tipi heliko pulper	41
Şekil 17. Degusa yüzdürme hücresinin şematik gösterimi	42
Şekil 18. Kalsiyum klorür oranının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi.....	86
Şekil 19. Kalsiyum sabun etkileşiminin, yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma işlemi üzerindeki olumlu etkisinin nedenini açıklamak için önerilen mekanizmalar. (a) (Ortner vd. 1975) (b) (Bechstein ve Unger,1972) (c) (Ortner, 1981) (d) Fischer, 1982) (e) (Larsson vd., 1984 _a) (f) (Hornfeck, 1982) (g) (Turvey, 1990)	87
Şekil 20. Sabun ve CaCl ₂ miktarının, hamur verimi üzerine etkisi	88
Şekil 21. Sabun ve CaCl ₂ miktarının, uzaklaştırılan çamur miktarına etkisi.....	89

Şekil 22.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, hamur verimi üzerine etkisi	89
Şekil 23.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, atık çamur miktarı üzerine etkisi	90
Şekil 24.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi	90
Şekil 25.	Kalsiyum klorür miktarının, süzüntü suda bulunan askıda katı madde ve çözülmüş katı madde miktarına etkisi.....	91
Şekil 26.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının askıda katı madde miktarı üzerine etkisi	92
Şekil 27.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi	92
Şekil 28.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının askıda katı madde miktarına etkisi	93
Şekil 29.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi	94
Şekil 30.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının süzüntü sudan ölçülen TDS değerine etkisi.....	94
Şekil 31.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	95
Şekil 32.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	96
Şekil 33.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	96
Şekil 34.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	97
Şekil 35.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının yüzdürme işlemi sırasında meydana gelen lif kayıplarına etkisi	98
Şekil 36.	350-1100 nm dalga boyunda gönderilen ışık ile kağıt yüzeyinden ölçülen k/s (Işık absorblama/Işık dağıtma katsayısı) değerinin mürekkepli ve mürekkepsiz hamurlara göre değişimi.....	99
Şekil 37.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının hamurun ISO parlaklık değeri üzerine etkisi.....	101
Şekil 38.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının hamurun ISO parlaklık değerine etkisi.....	102
Şekil 39.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının hamurun sarı rengi belirten CIE b* değeri üzerine etkisi.....	103
Şekil 40.	Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, sarılık değerini belirten "b*" değeri üzerine etkisi	103
Şekil 41.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının, mürekkep giderme etkinliği (IE950) değeri üzerine etkisi.....	104
Şekil 42.	Sabun ve CaCl ₂ miktarının, hamur içerisinde kalan efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi.....	105
Şekil 43.	Kalsiyum klorür miktarının, efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu ve lif kaybına etkisi	106
Şekil 44.	SDS ve CaCl ₂ miktarının hamur verimine etkisi	107

Şekil 45.	Kalsiyum klorür ve SDS miktarının hamur verimine etkisi	108
Şekil 46.	SDS ve CaCl ₂ oranının atık çamur miktarına etkisi	109
Şekil 47.	Kalsiyum klorür ve SDS oranının atık çamur miktarına etkisi.....	109
Şekil 48.	SDS miktarına bağlı olarak kalsiyum klorür oranının, hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi	110
Şekil 49.	Kalsiyum klorür ve SDS oranının askıda katı madde miktarına etkisi.....	111
Şekil 50.	Kalsiyum klorür ve SDS oranının çözülmüş katı madde miktarına etkisi.....	111
Şekil 51.	Kalsiyum klorür ve SDS oranının süzöntü sudan ölçülen TDS değerine etkisi.....	112
Şekil 52.	SDS ve CaCl ₂ miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	113
Şekil 53.	Kalsiyum klorür ve SDS miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	113
Şekil 54.	SDS ve CaCl ₂ miktarının atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	114
Şekil 55.	Kalsiyum klorür ve SDS miktarının atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	114
Şekil 56.	Kalsiyum klorür ve SDS miktarının lif kaybına etkisi	115
Şekil 57.	SDS ve CaCl ₂ miktarının hamurun ISO parlaklık değerine etkisi.....	116
Şekil 58.	SDS ve CaCl ₂ miktarının sarılık değerini belirten “b*” değerine etkisi.....	116
Şekil 59.	SDS ve CaCl ₂ miktarının mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi.....	117
Şekil 60.	Kalsiyum klorür ve SDS miktarının mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi.....	118
Şekil 61.	SDS ve CaCl ₂ miktarının hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi.....	118
Şekil 62.	Kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS miktarının hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi	119
Şekil 63.	Kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS miktarının Yüzdürme işlemi sırasındaki lif kayıplarına etkisi	120
Şekil 64.	Değiştirilen kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS'nin hamurun içerdiği kalıntı mürekkep konsantrasyonu ve lif kaybına etkisi.....	121
Şekil 65.	Sodyum hidroksit miktarının, hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi.....	122
Şekil 66.	Sodyum hidroksit miktarının hamurlaştırma sırasında ve yüzdürme işlemi sonrası ölçülen pH değerine etkisi	123
Şekil 67.	Sodyum hidroksit oranının çözülmüş katı madde ve askıda katı madde miktarına etkisi	124
Şekil 68.	Sodyum hidroksit miktarının hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	124

Şekil 69.	Sodyum hidroksit miktarının hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi.....	125
Şekil 70.	Sodyum hidroksit oranının mürekkep uzaklaştırma ve ISO parlaklık değeri üzerine etkisi.....	126
Şekil 71.	Sodyum hidroksit oranının hamurun sarılık ve yeşilimsi rengini belirten CIE b* ve a* değerleri üzerine etkisi.....	127
Şekil 72.	Hidrojen peroksit oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi.....	128
Şekil 73.	Sodyum perborat tetrahidrat oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi.....	129
Şekil 74.	Sodyum perkarbonat oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi.....	130
Şekil 75.	Ağartıcıların sodyum hidroksit ilavesi olmaksızın hamur verimine etkisi.....	131
Şekil 76.	Ağartıcıların sodyum hidroksit ilavesi olmaksızın atık çamur miktarına etkisi.....	131
Şekil 77.	Ağartıcıların hamurlaştırma işlemi sırasında ölçülen pH değerine etkisi.....	131
Şekil 78.	Ağartıcıların yüzdürme işlemi sonrası süzüntü sudan ölçülen pH değerlerine etkisi.....	131
Şekil 79.	Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi	132
Şekil 80.	Hidrojen peroksit miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi	133
Şekil 81.	Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değerine etkisi.....	133
Şekil 82.	Sodyum perborat tetrahidrat miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi.....	134
Şekil 83.	Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değerine etkisi	135
Şekil 84.	Sodyum perkarbonat miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi	136
Şekil 85.	Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değerine etkisi.....	136
Şekil 86.	Hidrojen peroksit miktarının değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi	138
Şekil 87.	Sodyum perborat tetrahidratın değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi	138
Şekil 88.	Sodyum perkarbonatın değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi	139
Şekil 89.	Aktif oksijen cinsinden üç ağartıcının alkali kullanılmaksızın hamurun ISO parlaklığına etkisi	140

Şekil 90.	Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi	141
Şekil 91.	Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b* ve a* değerine etkisi.....	142
Şekil 92.	Sodyum perborat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b* ve a* değerine etkisi.....	143
Şekil 93.	Sodyum perkarbonat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b* ve a* değerine etkisi.....	143
Şekil 94.	Ağartıcıların alkali ilavesi olmaksızın hamurun b* (sarılık) değerine etkisi.....	144
Şekil 95.	Ağartıcıların alkali ilavesi olmaksızın hamurun a* (yeşil) değerine etkisi	144
Şekil 96.	Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun sarılık değeri (b*) üzerine etkisi	145
Şekil 97.	Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun renk değerlerinden a* değerine etkisi	146
Şekil 98.	Hidrojen peroksit miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	147
Şekil 99.	Hidrojen peroksit miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	147
Şekil 100.	Sodyum perborat tetrahidrat miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	148
Şekil 101.	Sodyum perborat tetrahidrat, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	149
Şekil 102.	Sodyum perkarbonat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	150
Şekil 103.	Sodyum perkarbonat miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi.....	151
Şekil 104.	Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi	152
Şekil 105.	Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi.....	152
Şekil 106.	Sodyum perborat tetrahidrat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi.....	153
Şekil 107.	Sodyum perborat tetrahidrat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi.....	154
Şekil 108.	Sodyum perkarbonat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi	155

Şekil 109.	Sodyum perkarbonat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi.....	156
Şekil 110.	Ağartıcıların, alkali ilavesi olmaksızın hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi.....	156
Şekil 111.	Ağartıcıların, alkali ilavesi olmaksızın mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi.....	156
Şekil 112.	Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, mürekkep uzaklaştırma etkinliğine “IE ₉₅₀ ” etkisi	157
Şekil 113.	Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, verim ve atık çamur miktarı üzerine etkisi	157
Şekil 114.	Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, askıda katı madde miktarı üzerine etkisi.....	158
Şekil 115.	Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi	158
Şekil 116.	Yüzdürme işleminin hamurun fiziksel sağlamlık özellikleri üzerine etkisi.....	160
Şekil 117.	Hidrojen peroksitin işlem süresine bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi.....	163
Şekil 118.	Sodyum perkarbonatın işlem süresine bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi.....	163
Şekil 119.	Sodyum perkarbonat ve hidrojen peroksidin 60 ve 120 dakikalık işlem sürelerindeki peroksit tüketim oranları	163
Şekil 120.	Farklı özellikteki ağartıcıların ISO parlaklık değerine etkisi	164
Şekil 121.	Farklı özellikteki ağartıcıların beyazlık indeksine etkisi	165
Şekil 122.	Farklı özellikteki ağartıcıların sarılık indeksine etkisi.....	166
Şekil 123.	Farklı özellikteki ağartıcıların b* (sarı) değerine etkisi.....	167
Şekil 124.	Farklı özellikteki ağartıcıların a* (yeşil) değerine etkisi	167
Şekil 125.	Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden patlama indisi üzerine etkisi	169
Şekil 126.	Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden kopma indisi üzerine etkisi	169
Şekil 127.	Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden yırtılma indisi üzerine etkisi	170
Şekil 128.	254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının ISO parlaklık değerleri üzerine etkisi	172
Şekil 129.	254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının ISO parlaklık değerlerindeki değişime etkisi	172

Şekil 130.	254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının sarılık indeksine etkisi	173
Şekil 131.	254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının b^* değeri üzerine etkisi	174
Şekil 132.	254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının a^* değeri üzerine etkisi	175
Şekil 133.	Sodyum borhidrür ve sodyum perkarbonat ağartma kademelerinin renk değişimine etkisi	176
Şekil 134.	Formamidin sülfünik asit ve sodyum perkarbonat ağartma kademelerinin renk değişimine etkisi	177

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Dört farklı atık kağıt kategorisi için uygulanan iş akışı ve üretilen kağıt hamurlarının kullanım yerleri (Estes, 1993).....	5
Tablo 2. Son beş yıl içerisinde ülkemizde tüketilen, üretilen, ihraç ve ithal edilen kağıt ve karton miktarları (ton).....	6
Tablo 3. Yüzdürme sisteminin etkinliğini belirleyen önemli parametreler	18
Tablo 4. Yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma iş akışında kullanılan kimyasal maddeler	21
Tablo 5. Yüzey aktif maddesi iyonikliği.....	26
Tablo 6. Kullanılan hammaddenin lif tasnif özellikleri	35
Tablo 7. Kontrol hamurlarının hazırlanışı ve kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemine ilişkin proses şartları	43
Tablo 8. Yağ asidi sabunu, SDS (sodyum dodesil sülfat) ve kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemine ait proses şartları	43
Tablo 9. Sodyum hidroksit oranının değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemine ait proses şartları	44
Tablo 10. Hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat, sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksidin değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemlerine ait proses şartları	45
Tablo 11. Son ağartma işlemlerine ilişkin proses şartları	48
Tablo 12. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri.....	59
Tablo 13. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun (olinor rs 4200) değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri	59
Tablo 14. Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri.....	60
Tablo 15. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	61
Tablo 16. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun (olinor rs 4200) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	61

Tablo 17.	Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	62
Tablo 18.	Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular	63
Tablo 19.	Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular	63
Tablo 20.	Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular	64
Tablo 21.	Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular	65
Tablo 22.	Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular	65
Tablo 23.	Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular	66
Tablo 24.	Sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışlarının sırasında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular	67
Tablo 25.	Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular	67
Tablo 26.	Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışlarında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular	68
Tablo 27.	Sodyum perkarboat ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışlarında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular	68
Tablo 28.	Sodyum hidroksitin etkisinin incelendiği iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	69
Tablo 29.	Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	69
Tablo 30.	Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	70
Tablo 31.	Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular	71

Tablo 32.	Sodyum hidroksidin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular	71
Tablo 33.	Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular	72
Tablo 34.	Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular.....	73
Tablo 35.	Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarları.....	74
Tablo 36.	Sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular.....	75
Tablo 37.	Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular	75
Tablo 38.	Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular.....	76
Tablo 39.	Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular.....	76
Tablo 40.	Yüzdürme işlemi sonrası bazı hamurların test kağıtlarından ölçülen fiziksel sağlamlık özelliklerine ait bulgular.....	77
Tablo 41.	Farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların optik özelliklerine ait bulgular	78
Tablo 42.	Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların ISO parlaklık değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular	79
Tablo 43.	Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE L* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular	80
Tablo 44.	Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE a* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular	81
Tablo 45.	Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE b* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular	82
Tablo 46.	Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların sarılık indeksi (YI) değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular	83
Tablo 47.	Farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların, fiziksel sağlamlık özelliklerine ait bulgular	84

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKM	: Asknda Katı Madde Miktarı
AO	: Aktif Oksijen
ASTM	: American Society for Testing and Materials
B	: Sodyum Borhidrür (NaBH_4)
CEPAC	: Confederation of the European Paper Industry (Avrupa Kağıt Endüstrisi Birliği)
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage (International Commission on Illumination ; Uluslar Arası Aydınlatma Komisyonu)
ÇKM	: Çözünmüş Katı Madde Miktarı
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Alman standartları)
DPC	: Doğan Printing Center
DTPMA	: Dietilen triamin pentametilen fosfonik asit
EDTA	: Etilen daimin tetraasetikasit
ERIC	: Effective Residual Ink Concentration (Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu)
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Ormancılık ve Tarım Organizasyonu)
FAS	: Formamidin Sülfirik Asit ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)
H	: Hidrojen peroksit (H_2O_2)
HLB	: Hidrofil /Lipofil Dengesi
IE ₉₅₀	: Ink Elimination at 950 nm (950 nm Dalga Boyundaki Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği)
INGEDE	: International Association of Deinking Industry (Uluslar Arası Mürekkep Uzaklaştırma Endüstrisi Birliği)
ISO	: International Standart Organisation (Uluslar Arası Standart Organizasyonu)
KO	: Kareler ortalaması
KT	: Kareler toplamı
LWC	: Light Weight Coated (Kuşelenmiş düşük ağırlıklı kağıt)
ÖD	: Önem düzeyi
SD	: Serbestlik derecesi (İstatistik)

SDS	: Sodyum Dodesil Sülfat ($C_{12}H_{25}NaO_4S$)
SKSV	: Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı
SPBTH	: Sodyum Perborat Tetrahidrat ($NaBO_2 \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$)
SPK	: Sodyum Perkarbonat ($Na_2CO_3 \cdot 1.5H_2O_2$)
SR°	: Serbestlik derecesi (Hamur)
TAPPI	: Technical Association of the Pulp and Paper Industry
TDS	: Total Dissolved Solids (Toplam Çözünmüş Katı Madde)
WI	: Whiteness Index (Beyazlık İndeksi)
Y	: Sodyum Ditiyonit (Hidrosülfit) ($Na_2S_2O_4$)
YI	: Yellowness Index (Sarılık İndeksi)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kağıdın uzun ve köklü tarihi 105 yılında Tsiu Lun'un Çin'deki keşfine kadar uzanmaktadır. O zamandan günümüze kadar kağıt için gerekli olan lifsel hammadde; papirüs, pamuk, keten, kabuk, kendir, kenevir, jüt, saman gibi yıllık bitkiler ile son olarak odundan sağlanmıştır. Kağıtçılığın tarihi incelendiğinde aslında atıkların değerlendirilmesi oldukça geçmişe dayanmaktadır (McKinney, 1995). Şu an kullandığımız endüstriyel kağıt üretim yöntemlerinin yaklaşık 200 yıl önceki keşfinden önce kağıt için gerekli lif kaynağı, tamamen ikincil lifleri içeren eski tekstil ürünlerinden elde edilebilmekteydi. Bu ikincil lifler genellikle kendir, kenevir, keten ve pamuk bazlı paçavralardır.

Endüstriyel kağıt üretiminin keşfinden yıllar önce 1799 yılında keşfedilen ilk kağıt makinesi ile paçavralardan üretilen kırtasiye ve yazı kağıtları geri dönüştürülerek düşük sınıflı kartonların üretiminde kullanılmıştır. Ayrıca 1774 yılında Almanya Göttingen'de Claproth , kullanılmış kağıtlardan el yapımı kağıt üretim prosesi geliştirmiştir. Bu prosesin en önemli özelliği ise bugün mürekkep uzaklaştırma sistemlerinde olduğu gibi mürekkebi atık kağıtlardan uzaklaştıran ilk sistem oluşudur (Putz, 2006).

1843 yılında mekanik hamur üretiminin, 19. yüzyılın ikinci yarısında da kimyasal hamur üretim tekniklerinin keşfedilmesi ile kağıt hamuru üretimi için ikincil liflerin kullanılmasına artık ihtiyaç kalmamış ve bunun sonucu olarak hızla artan talebi karşılayabilmek için uzun yıllar boyunca tüm kağıt ve karton, odun bazlı bakir hamurlardan üretilmiştir (Sixta, 2006).

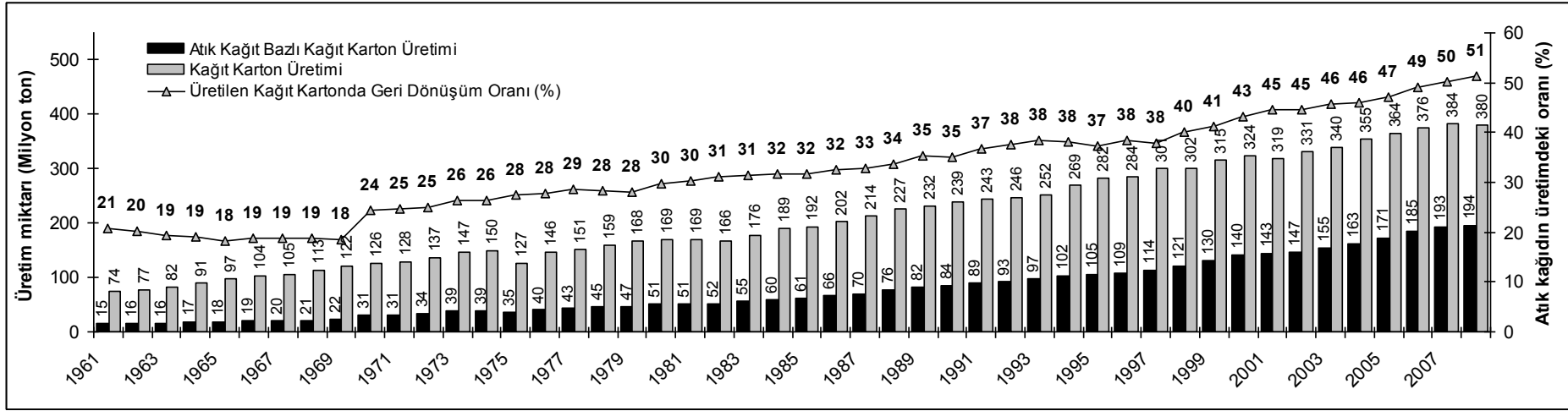
Son yıllarda ise azalan orman kaynakları ile birlikte hızla artan talebi karşılayabilmek için Batı Avrupa ve Japonya'nın öncülüğünde atık kağıdın geri kazanılması tekrar önem kazanmaya başlamıştır (McKinney, 1995). Günümüzde atık kağıt geri kazanma sistemleri, yasal yaptırımlar sayesinde kağıt ve kağıt hamuru fabrikalarının vazgeçilmez prosesleri haline gelmiştir.

Kağıt endüstrisinde ikincil lif kullanımının artmasının nedeni olarak aşağıdaki şu maddeleri sıralayabiliriz (Diesen, 1998).

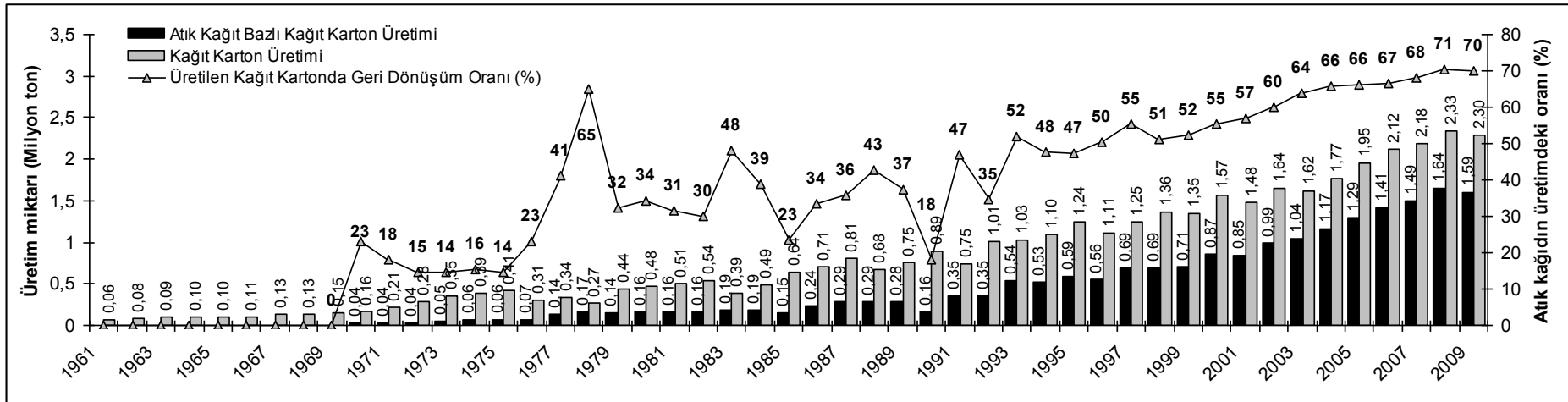
- Orman kaynaklarının giderek artan hammadde talebini karşılayamayacak hale gelmesi
- Kentlerde yok edilmesi büyük sorun oluşturan katı atık yükünün giderek artması
- Mürekkep giderme, temizleme, ağartma ve diğer atık kağıt işleme teknolojilerindeki hızlı gelişmeler
- Tüketicilerin çevre bilincinin artması
- Atık kağıt kullanımına yönelik yasal zorunlulukların getirilmesi
- Geniş çaplı geri dönüşüm projelerinin ekonomik açıdan cazip hale gelmesi

Şekil 1’de Dünyamızda üretilen toplam kağıt karton üretim miktarları ve atık kağıt geri dönüşüm oranları görülmektedir. Grafiği incelediğimizde FAO’nun verilerine göre 1961 yılında toplam kağıt-karton üretimi 74.154.896 ton iken 2008 yılında nüfus artışı ve dolayısı ile kağıda olan talep artışı ile birlikte yaklaşık beş kat büyümeyle 379.785.461 tona çıkmıştır. Bununla birlikte artan hammadde sıkıntısı ve tükenen kaynaklar nedeniyle atık kağıt dönüşüm oranlarında da artış gözlenmektedir. 1960 ve 1970’li yıllarda üretilen kağıdın yaklaşık %20’si atık kağıtlardan üretilirken bugün üretilen kağıdın %51’i atık kağıtlardan üretilmektedir.

Ülkemizdeki durumu inceleyecek olursak, Şekil 2’de FAO ile Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfının (2010) verileriyle oluşturulan grafikten görüldüğü gibi kağıt karton üretim miktarımız 1961 yılında FAO’nun verilerine göre 63.600 ton iken 2009 yılında toplam üretim miktarımız selüloz ve kağıt sanayi vakfının verilerine göre toplam 2.295.308 tona kadar artmıştır. Gerçekleştirilen kağıt-karton üretiminin 2009 yılında %70 gibi önemli kısmı ise atık kağıtlardan üretilmiştir. 2009 yılında tüketmiş olduğumuz kağıt karton miktarı 4.324.994 ton olup tüketilen kağıdın yaklaşık %41’i tekrar üretime geri kazandırılabilmiştir. Geriye kalan 2.237.877 ton kağıt ve karton ise ithalat yolu ile tedarik edilmiştir (SKSV, 2010).



Şekil 1. Global kağıt karton üretimi ve atık kağıt kullanımının üretimdeki oranı (FAO)



Şekil 2. Türkiye’de üretilen kağıt karışımının üretimdeki yeri (1961-1999 FAO, 2000-2009 SKSV)

Atık kağıt proseslerindeki temel amaç, bir çok kaynaktan elde edilen heterojen yapıdaki atık kağıt hammaddesini, istenen türdeki kağıt hamuru üretimi için temiz ve yeknesak kağıt hamuru haline çevirmektedir. Bilindiği üzere atık kağıt hamurları birincil kağıt hamurlarından farklı olarak, elde edildikleri kağıt türüne ve uğradıkları işlemlere göre bir takım lif dışı katkı maddeleri ile karışım halinde bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri, mineral dolgu maddeleri, nişasta, iç yapıştırma ve yüzey tutkalları, boyalar, kuşe tabakası ve baskı mürekkepleridir. Temiz, homojen ve daha parlak bir kağıt hamurunun elde edilebilmesi için yukarıda belirtilen tüm safsızlıkların fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemler ile modifiye edilmesi veya uzaklaştırılması gerekmektedir.

Atık kağıtlar, farklı karışımlar halinde kullanılması durumunda düşük değerli hammadde kaynağı iken, iyi bir sınıflandırma ve temizleme işlemi yapılması durumunda yüksek değerli hammadde kaynağına dönüşebilmektedir (Özden ve İmamoğlu, 2001).

Ülkelere göre toplanan atık kağıtlar bir çok kalite sınıflarına ayrılmıştır. Örneğin CEPAC (Confederation of the European Paper Industry) 4 ana grup ve bunlara bağlı 49 alt grup olarak sınıflandırılırken, İngiltere, 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 sınıflandırmışlardır (İmamoğlu, 2002). Ülkemizde ise TSE kurumu 1989 yılında 4 ana grup ve 11 alt grup olmak üzere bir sınıflandırma sistemi yayınlanmasına rağmen kağıt karton sektörü tarafından tam olarak benimsenememiştir.

Atık kağıt proses tasarımı, öncelikle işlenecek olan kağıt niteliğine ve son ürün kullanım yerine bağlı olarak farklı şekillerde planlanmakta ve uygulanmaktadır. Diğer yandan, uzaklaştırılması istenen lif dışı materyalin türü ve miktarı, etkin enerji ve proses suyu kullanım isteği ile öngörülen verim düzeyi ve kayıpların geri dönüştürülme isteği gibi bir çok faktör proses tasarımına karar vermede belirleyici etkenlerdendir. Bütün bu sayılanlar proses tasarımı için önemli etkenler olmasına rağmen Tablo 1’de verildiği gibi genel olarak endüstride 4 temel uygulama şekli vardır (Estes ve Spankgenberg, 1993).

Tablo 1. Dört farklı atık kağıt kategorisi için uygulanan iş akışı ve üretilen kağıt hamurlarının kullanım yerleri (Estes ve Spankgenberg, 1993)

Atık Kağıt Kategorisi	Prosesler	Kullanım Yeri
Karışık Kağıtlar	Hamurlaştırma, Kaba Kir Uzaklaştırma	Gri Karton Üretimi, Kalıp Kartonlar
Oluklu Mukavva Kağıtları	Hamurlaştırma, Kir Uzaklaştırma Fraksiyonlama, Dispersiyon	Oluklu Mukavva Liner Katı, Torba Kağıdı
Gazete ve Magazin Kağıtları	Hamurlaştırma, Kir Uzaklaştırma, Mürekkep Giderme, Dispersiyon (Ağartma)	Gazete Kağıdı, Dergi kağıdı
Ofis Kağıtları	Hamurlaştırma, Kir Uzaklaştırma, Mürekkep Giderme, Dispersiyon, Ağartma	Yazı ve Baskı Kağıdı, Temizlik Kağıdı

Tablo 1’de görüldüğü gibi karışık kağıtlar hariç tüm kağıt kategorileri yine aynı kağıdın üretimi için kullanılmaktadır. Oysa ülkemizde atık kağıtların büyük kısmı oluklu mukavva üretiminde ve karışık kağıtlar olarak değeri fazla olmayan karton üretiminde kullanılmaktadır.

Tablo 2’de Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı’nın verilerine göre Türkiye’de tüketilen, üretilen ve dışarıdan tedarik edilen kağıt ve karton türlerinin ton cinsinden miktarları yer almaktadır. Tablo incelendiğinde 2009 yılında %38’lik oran ile en fazla tüketilen ürünün ambalaj sanayisinde kullanılan oluklu mukavva olduğu görülmektedir. Tüketilen oluklu mukavvanın yaklaşık %69’u ülkemiz tarafından üretilebilmektedir. Oluklu mukavvayı, %22’lik oranla yazı tabı kağıtları takip etmektedir. Yazı tabı kağıtlarının da yaklaşık %33’ü ülkemizde üretilebilmektedir. En fazla tüketilen üçüncü ürün %17’lik oranla kartonlar olup % 56’sı iç piyasadan sağlanabilmektedir. Temizlik kağıdı üretiminde ise ülkemiz tükettiği kağıdın tamamını üretebilirken bir kısmını da ihraç etmektedir.

En fazla tüketilen dördüncü kağıt türü ise %11’lik oran ile gazete kağıdıdır. Bununla birlikte 2000 yılında ülkemizde 127.531 ton gazete kağıdı üretilebilirken bugün gazete kağıdı ihtiyacının tamamı dışarıdan tedarik edilmektedir. Oysa gelişmiş ve gelişmekte olan bir çok ülkede en fazla geri dönüşümü yapılan ürün oluklu mukavva ve kartondan sonra gazete kağıdıdır. Ülkemizin 2009 yılındaki gazete kağıdı tüketiminin 467.999 ton olduğu düşünülürse ne kadar zarara uğradığımız ortaya çıkmaktadır. Gazete kağıdı üretimi yapan fabrikaların SEKA’nın özelleştirilmesi sonucu özel sektöre devredilmesinin ardından mali sebeplerden dolayı üretimleri son bulmuştur.

Tablo 2. Son beş yıl içerisinde ülkemizde tüketilen, üretilen, ihraç ve ithal edilen kağıt ve karton miktarları (ton) (SKSV, 2010)

		2005	2006	2007	2008	2009
Gazete Kağıdı	Yurt İçi Tüketim	522.169	575.846	556.540	535.361	467.999
	Üretim	21.000	15.000	5.000	0	0
	İthalat	501.788	561.273	551.918	536.397	468.998
	İhracat	619	427	378	1.036	999
Yazı-Tabı Kağıtları	Yurt İçi Tüketim	793.704	856.161	996.565	942.551	931.803
	Üretim	342.366	345.261	337.348	323.621	309.163
	İthalat	483.632	549.818	689.459	651.763	641.308
	İhracat	35.125	33.360	34.365	30.029	21.521
Sargılık Kağıtlar	Yurt İçi Tüketim	126.739	131.464	117.339	125.154	121.012
	Üretim	23.477	21.616	18.600	22.500	22.500
	İthalat	124.461	135.164	129.754	142.107	134.152
	İhracat	22.690	24.943	31.388	39.453	35.640
Oluklu Mukavva Kağıtları	Yurt İçi Tüketim	1.347.752	1.492.168	1.603.007	1.578.874	1.640.736
	Üretim	922.629	1.012.176	1.026.475	1.170.806	1.125.833
	İthalat	456.821	520.036	627.473	545.857	563.056
	İhracat	27.187	34.330	37.230	95.448	71.513
Kraft Torba Kağıdı	Yurt İçi Tüketim	103.435	103.770	212.578	100.055	101.052
	Üretim	43.318	47.236	69.349	55.030	52.574
	İthalat	66.393	61.855	160.180	55.389	54.941
	İhracat	5.736	5.120	13.344	12.042	7.635
Kartonlar	Yurt İçi Tüketim	662.745	733.532	772.935	698.763	727.049
	Üretim	396.095	430.631	451.777	432.454	410.973
	İthalat	313.660	332.182	389.004	334.835	354.261
	İhracat	42.122	47.635	59.434	58.930	42.829
Temizlik Kağıtları	Yurt İçi Tüketim	168.212	205.393	235.399	263.348	319.108
	Üretim	195.472	238.438	270.668	322.500	369.265
	İthalat	12.818	16.036	12.392	7.559	8.914
	İhracat	40.840	43.562	47.659	66.320	60.056
Sigara ve İnce, Özel Kağıtlar	Yurt İçi Tüketim	15.392	14.295	14.215	15.955	16.235
	Üretim	7.500	7.500	5.000	5.000	5.000
	İthalat	7.976	6.872	9.317	11.070	12.247
	İhracat	84	77	102	115	1.012
TOPLAM TÜKETİM		3.740.148	4.112.629	4.508.578	4.260.061	4.324.994

Kağıt karton üretimi dışında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus üretimimiz için gerekli hammaddeyi nasıl sağladığımızdır. Hammadde ihtiyacımızın %70'i atık kağıtlardan temin edilirken geri kalan selüloz ve kağıt hamuru ihtiyacının tamamı dış ülkelerden temin edilmektedir. Bugün ne yazık ki yüksek maliyet, hammadde sıkıntısı ve yatırımsızlık nedeniyle ülkemizde kağıt hamuru üretimi artık yapılamamaktadır. Sonuç olarak ülkemizin yaklaşık 4,3 milyon tonluk kağıt karton tüketiminin yalnız 2.3 milyonu iç piyasada üretilirken geriye kalan 2 milyon tonu ithalat yoluyla tedarik edilmektedir. Bu veriler incelendiğinde, atık kağıt dönüşümümüzün %41'den daha yukarılara çıkarmak

gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla yazı-baskı kağıdı üreten fabrikaların üretim proseslerinin atık kağıt ve mürekkep giderme sistemleri ile desteklenmesi ve üretim kapasitelerinin artırılması gerekmektedir. Aynı şekilde şu an atıl durumda olan mekanik hamur üreten tesislerinde atık kağıt işleme tesisleri ile desteklenip üretim maliyetleri makul seviyelere getirilerek üretim kapasiteleri artırılmalı ve tekrar faaliyete geçirilmelidir.

1.2. Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarından Kağıt Hamuru Üretimi

Eski gazete kağıtlarının yapısı genellikle üretildiklere yere bağlı olsa da toplandıkları yerlerinde içerdikleri safsızlıklar açısından oldukça önemi vardır. Eski gazete kağıtları, hiç basılmamış kağıtların yanı sıra basılıp okunmamış ve kirlenmeden toplanmış kağıtlar veya okunup evsel atık haline gelen gazete/dergi kağıtları olarak temin edilebilmektedir. Genel olarak eski gazete kağıtları yüksek oranda, taş mekanik veya termomekanik hamur gibi odunun bütününe kapsayan lifleri içermektedir. Yaklaşık %30'luk kısmı ise sağlamlık özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kraft veya sülfite hamuru liflerinden oluşabilmektedir. Ayrıca eski gazete kağıtları, üretim akışına göre içerisinde nişasta, dolgu ve renk kontrolü için boyar maddeler içerebilmektedir. %3-12'si ise külden oluşmaktadır. Gazete kağıtlarının baskı yöntemleri, tip, ofset veya fleksografik tipte olup baskı sonrası kağıdın sadece ağırlıkça %1-2'si mürekkepten oluşmaktadır.

Magazin kağıtlarında ise durum daha farklı olup, %100'ü kimyasal hamur olabileceği gibi %100 mekanik hamurdan da oluşabilmektedir. Magazin kağıtları önemli miktarda, kaolin gibi kil, şap ve çöktürülmüş kalsiyum karbonat içermektedir. Kuşesiz olan magazin kağıtlarında inorganik madde miktarı %10 civarında iken kuşe tabakasıyla bu oran %50'ye kadar çıkabilmektedir. İçerdikleri mürekkep oranı %1 ile %7 arasında değişmektedir (Hutson, 1995).

Eski gazete ve magazin kağıtları genellikle belli oranlarda karışım halinde geri dönüştürülmekte olup proses basamakları genel olarak;

- Hamurlaştırma
- Eleme
- Temizleme
- Mürekkep uzaklaştırma
- Dispersiyon, Kneading (Yoğurma, Homojenleştirme)

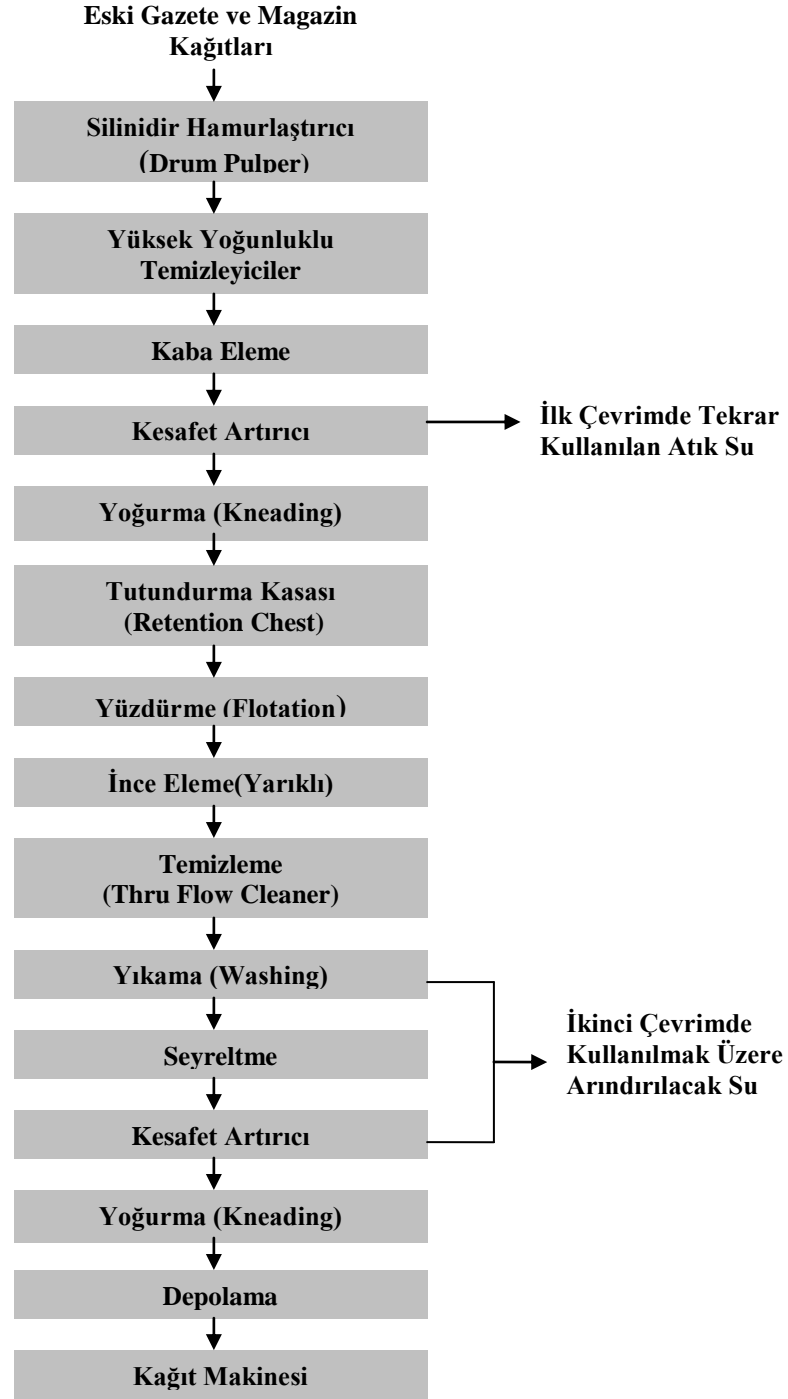
- Ağartma
- Katı atık işleme
- Atık su işleme

Olup üretim yöntemi ve aşağıda belirtilen ihtiyaçlara göre farklılıklar göstermektedir (Hutson, 1995).

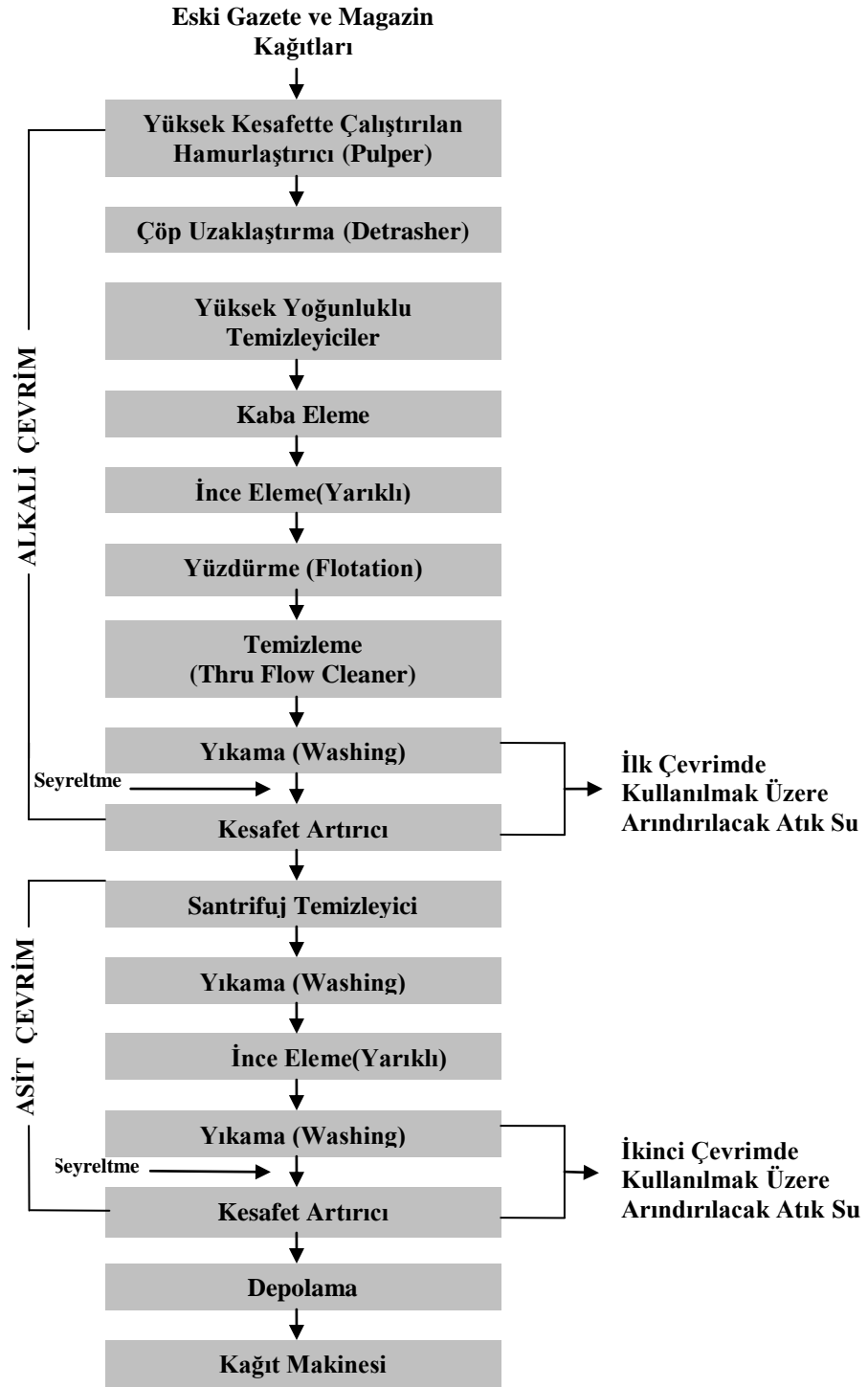
- Ürünün kalite gereksinimi
- Kaynaklara ulaşılabilirlik (enerji, su vb.)
- Atık kağıdın yapısı
- Kağıdın içerdiği geri kazanılmış lif oranı
- Çevresel yaptırımlar

Örneğin Asya ülkelerinde gazete kağıdının temiz ve uzun süre baskı makinesinde basılabilir olması gerekmektedir. Asya ülkelerindeki diller çok karmaşık karakterler içermesinden dolayı mürekkep lekeleri çok değişken olabilmektedir. Asya'da baskı tesisleri çok etkin çalışmakta olup 1000 rululuk kağıt ile baskı makinesi hiç durdurulmadan baskı yapmak zorundadır. Bu yüzden baskı makinesinin ara vermesine neden olan yapışkan türdeki kirlerin kesinlikle temizlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte Asya'da genellikle kapalı devre su sistemleri kullanılmaktadır. Şekil 3'de Asya'da kullanılan tipik atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalara ait iş akışı şeması görülmektedir.

Asya'da genellikle sürekli çalışan silindir tipi hamurlaştırıcılar(pulper) kullanılmakta olup, bu tip hamurlaştırıcıların en önemli özelliği en az lif kaybıyla, en yüksek kir uzaklaştırmanın yapılabiliyor olmasıdır. Yüzdürme işlemi öncesi bu sistemlerde yoğurma (kneading) kademesi bulunmakta olup kostik, silikat ve hidrojen peroksit gibi bir çok kimyasal bu kademedede hamura karıştırılmaktadır. Yoğurma kademesini, tutundurma kasası (retention chest) izlemektedir. Bu kısımda 1 saatlik süre ile yüzdürme kimyasalları ve diğer kimyasalların hamura karışması sağlanmaktadır. Bu işlemin ardından uygulanan yüzdürme işlemi ile mürekkep uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra düşük konsantrasyonda gerçekleştirilen yıkama kademesiyle küçük boyutlu kir ve mürekkepler uzaklaştırılmaktadır. İkinci yoğurma kademesi ile kağıt hamuru homojenleştirilmekte ve kağıt üretimine hazır hale getirilmektedir.



Şekil 3. Asya ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995)



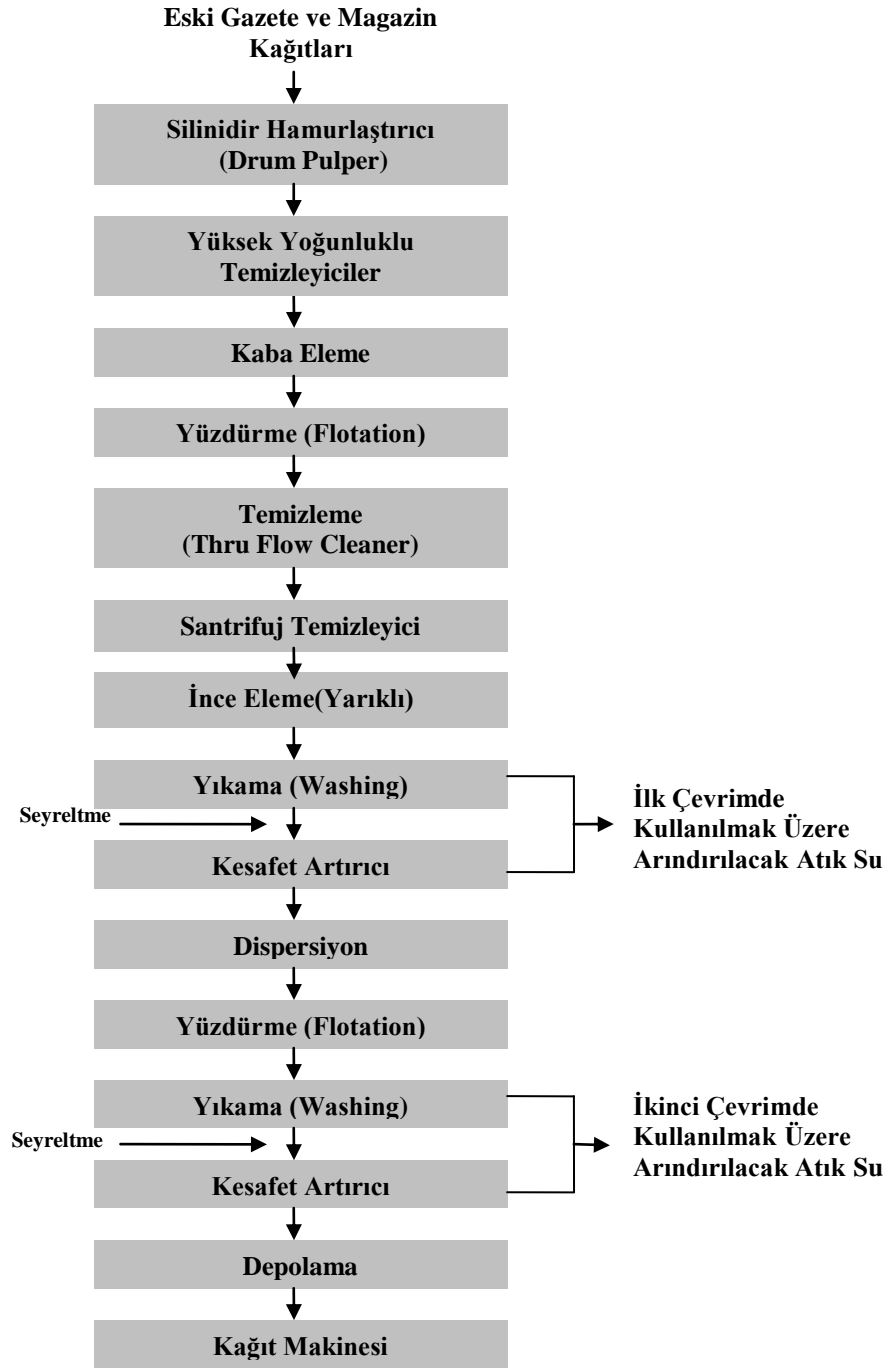
Şekil 4. Avrupa ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995)

Avrupa ülkelerinde ise en az lif kaybı ile en etkin enerji ve su kullanımı esas alınmıştır. Bunun için yüksek kesafette çalıştırılan hamurlaştırıcılar kullanılmakla birlikte

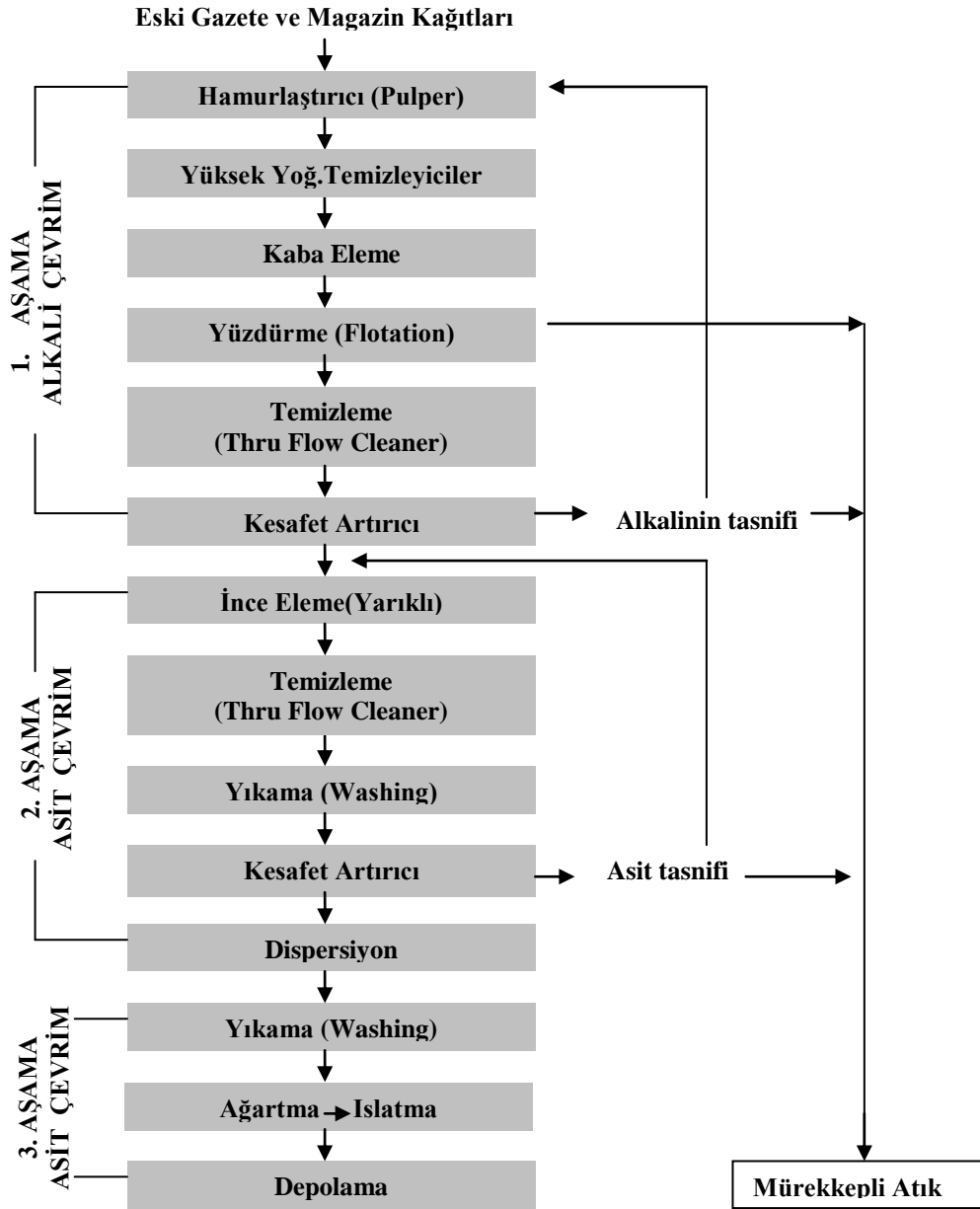
diğer yöntemlerden farklı olarak iş akışı alkali ve asit çevrimi olacak şekilde iki kısma ayrılmıştır. İlk kısımda pH 9-11'e ayarlanarak hamurlaştırma ve etkin bir mürekkep uzaklaştırma sağlanırken ikinci kısımda pH 5-6 seviyesine düşürülerek, düşük kesafette kir, yapışkan maddeler ve küçük mürekkep parçacıklarının yarıklı elekler, temizleyici ve yıkayıcılar ile etkin şekilde uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Şekil 4'te Avrupa'da uygulanan tipik iş akışı şeması görülmektedir.

İskandinav ülkelerinde ise Şekil 5'te görüldüğü gibi farklı bir iki kademeli mürekkep uzaklaştırma sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemin en önemli avantajı, kağıt üretimi sırasında problem oluşturan kimyasal madde ve çözünmüş katı maddelerin kağıt makinesine ulaşmasının engellenmesidir (Hutson, 1995).

Bununla birlikte Kuzey Amerika'da uzun yıllar boyunca gazete kağıtları için yıkamanın baskın olduğu iş akışları kullanılmıştır. Yıkama yöntemi %100 eski gazetelerin kullanılması ve su tüketiminin problem olmadığı durumlarda (Hutson, 1995) avantaj sağlasa da günümüzde, Kuzey Amerika'da yüzdürme ve yıkama sistemleri kombine olarak kullanılmaktadır. Hatta Vancouver Kanada'da Newsteck Recycling işletmesi üç aşamalı kombine bir sistem kullanmaktadır. Şekil 6'da bu sisteme ait iş akışı yer almaktadır (McCool, 1993).



Şekil 5. İskandinav ülkelerinin atık gazete ve magazin kağıdı işleyen fabrikalarında genellikle uygulanan iş akışı şeması (Hutson, 1995)



Şekil 6. Üç aşamalı kombine sistem (Newsteck Recycling Inc. Vancouver, Kanada) (McCool, 1993)

İhtiyaçlara göre farklı şekillerde düzenlenen temel proses aşamaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.2.1. Hamurlaştırma İşlemi

Hamurlaştırıcı (pulper) içerisinde liflerin serbest hale geçirilmesi, atık kağıt iş akışının ilk basamağını oluşturmaktadır. Hamurlaştırmanın temel fonksiyonları, erken aşamada kaba kirliliklerin ortamdan uzaklaştırılması, atık kağıtların bireysel lifler haline getirilmesi, mürekkebin taşıyıcı tabakasının hidroliz edilip mürekkep pigmentlerinin serbest hale getirilmesi, ağartıcı ve mürekkep giderme işlemi için gerekli kimyasalların sisteme verilmesi olarak sıralanabilir (Holik, 2000).

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

- Lifler üzerindeki mürekkebin ayrılmasını hızlandırır, dolayısı ile işlem sonrası daha temiz bir hamur elde edilir.
- Hamurlaştırma işlem süresi daha kısadır.
- Lifler arasında sürtünmenin daha fazla olması sebebiyle mürekkebin dispersiyonu hızlanır.
- Enerji tüketimi bir ton hamur için daha düşüktür.
- İlave edilen mürekkep giderici ve ağartıcı kimyasal maddelerin lifler ile etkileşimi daha hızlı gerçekleşir.

İlk aşamada belirli miktardaki atık kağıt pulper içerisine alınır ardından su ve gerekli kimyasal maddeler ilave edilir. Pulper kesafeti, sıcaklığı, süresi ve ilave edilen kimyasal maddelerin oranı pulper işleminin etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerdendir (Fallows, 1995). Pulper sıcaklığının artması ile hamurlaştırma süresi kısaltılabilir. Çünkü yüksek sıcaklık, mürekkep ve diğer kirlerin yumuşayarak lif yüzeyinden sökülmesini hızlandırırken diğer yandan kimyasal maddelerin etkinliği artar (Cleveland, 1993). Atık kağıdın ıslanması büyük oranda pulper koşullarına bağlı olmakla birlikte kağıt türü ve ağırlığının da etkisi oldukça fazladır. Bilindiği gibi kağıtlar su içerisine bırakıldıklarında hidrojen bağlarının su molekülleri ile bağlanması sonucu lifler arası bağların kuvveti azalmaktadır. Eski oluklu mukavvalar içerdikleri hava nedeniyle gazete kağıdına kıyasla

çok daha zor ıslanmaktadır (McKinney, 1995). Islanmış kağıtlarda bağlanma zayıf olmakla birlikte kağıt türüne göre farklılık göstermektedir. Kopma uzunluğu gazete kağıtları için 3300 m, yazı tabı kağıtları için 5860 m ve kraft kağıdı için 8100 m kadardır (McKinney, 1995; Heinbockel, 1979).

Hamurlaştırma işlemi sonrası liflerine ayrılmış hamur seyreltilerek perfore elekten geçirilerek, deflaker (düğüm çözücü), temizleme ve eleme elemanlarına sevk edilir.

1.2.2. Temizleme ve Eleme İşlemleri

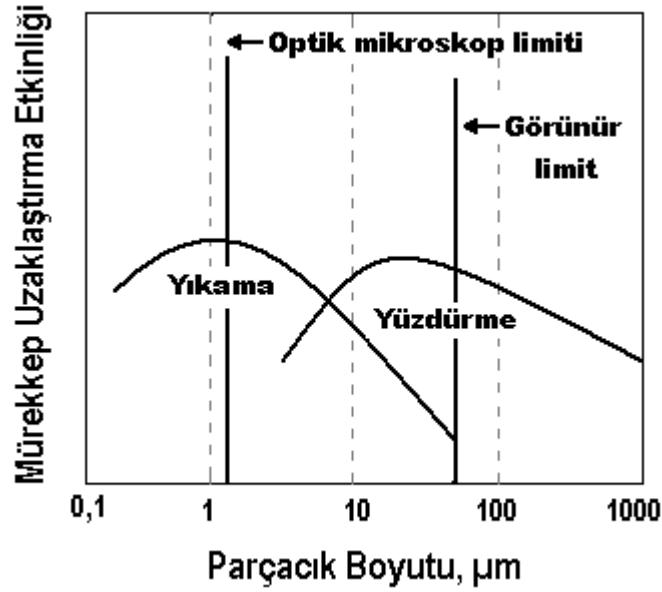
Temizleme ve eleme işlemlerinin amacı, lif dışı kirlerin en az lif kaybıyla kağıt hamuru içerisinden uzaklaştırmaktır. Eleme işlemlerinde kuşkusuz kirlerin biçimi, boyutu uzaklaştırılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Santrifüj temizleyiciler kullanılması durumunda ise kirlerin yoğunluğu etkin faktördür. Eleme sistemlerini kaba ve ince olarak iki kısma ayırmak mümkündür. Kaba eleme, adından da anlaşılacağı üzere boyutça fazla olan kirlerin uzaklaştırılmasını ve ince eleme yapan sistemin aşırı yüklenmesini engellemektedir. İnce eleme ise daha küçük kirlerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca atık kağıt işleme sistemlerinde santrifüj temizleyiciler de fazlaca kullanılmaktadır. Santrifüj temizleyiciler kirin boyutu ve yapısına göre üçe ayrılmaktadır (McKinney, 1995).

- Yüksek yoğunluklu, yüksek konsantrasyonda çalışan temizleyiciler: Kağıt atacı, cam, kum taşı gibi yüksek yoğunluklu, orta boylu kirlerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.
- Yüksek yoğunluklu, düşük konsantrasyonda çalışan temizleyiciler: İnce kum, yapışkan, kuşe yüzeyleri, bazı mürekkepler gibi yüksek yoğunluklu (>1.0) küçük boyutlu kirlerin uzaklaştırılması için kullanılmaktadır.
- Düşük yoğunluklu, düşük konsantrasyonda çalışan temizleyiciler: Vaks, plastik ve bazı yapışkanlar gibi düşük yoğunluklu(<1.0) ufak kirlerin uzaklaştırılması için kullanılmaktadır.

1.2.3. Yüzdürme (Flotasyon) Yöntemi ile Mürekkep Giderme İşlemi

Tekrar yazı-baskı kağıdı veya gazete kağıdı olarak kullanılacak atık kağıtların geri dönüşümünde, hamurlaştırma ve diğer işlemler ile serbest hale gelen ve suya karışan

mürekkebin ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Mürekkep pigmentleri eleme ve temizleyiciler ile uzaklaştırılmayıp ancak mürekkep giderme teknikleri ile uzaklaştırılmaktadır. Mürekkep giderme işlemi, temel olarak yüzdürme ve yıkama metodu ile gerçekleştirilmesine rağmen yüzdürme yöntemi, yüksek verimliliği, proses suyunu daha az oranda kirletmesi gibi sebeplerden ötürü daha çok tercih edilmektedir. Diğer yandan Şekil 7’den de belli olduğu gibi yıkama metodu, büyük boyutlu mürekkep parçacıklarını uzaklaştırmada daha az etkin iken yüzdürme yöntemi ise küçük boyutlu mürekkep pigmentlerinin uzaklaştırılmasında etkin değildir (Scheldorf. ve Strand, 1996). Ancak bu sorun küçük boyutlu mürekkep parçacıklarının aglomerasyonu ile çözülebilmektedir.



Şekil 7. Yıkama ve yüzdürme tekniğinin mürekkep uzaklaştırılabilirlik etkinlikleri(Scheldorf. ve Strand, 1996)

Kimyasal ve mekanik bir proses olan (Morel, 1989) yüzdürme sistemi havanın kullanıldığı seçici bir ayırma uygulamasıdır. Bu proses çeşitli parçacıkların farklı yüzey özelliklerini kullanarak mürekkep pigmentlerini hamur içerisinden ayırmaktadır. 30 ile 80 µm boyutları arasındaki mürekkep partikülleri yüzdürme sistemi için en ideal boyutlardır (Borchardt, 1999). Yüzdürme işleminin temeli, baskı mürekkeplerinin hidrofobik ve liflerin de hidrofilik özellik göstermesine bağlıdır. Bununla birlikte bazı lifler hidrofobik olurken bazı mürekkep parçacıkları da hidrofilik olabilmektedir.

Şekil 8’de dört aşamada yüzdürme işleminin gerçekleşme mekanizması gösterilmiştir (Ferguson, 1992_b). Yüzdürme işleminin etkinliğini artırmak için pulper, yoğurucu veya yüzdürme hücresi içerisine palmitik, stearik veya oleik yağ asitlerinin sodyum tuzları ilave edilir. Sabun, sulu ortamda yeterli miktarda kalsiyum iyonlarının bulunması ile çözünmez kalsiyum tuzlarını oluşturur. Oluşan bu vaksa benzer yapının mürekkep taneciklerinin yüzeyini kapladığı ve hidrofobik özellik kazandırdığına inanılmaktadır. Bu sayede, yüzeyi hidrofobik yapıya dönüşen mürekkep tanecikleri hava kabarcığına yapışarak süspansiyon içerisinden uzaklaştırılır. Bu yüzden yüzdürme sistemine ilave edilen sabun, kollektör yani toplayıcı olarak adlandırılır.



Şekil 8. Dört aşamada yüzdürme işleminin mekanizması(Ferguson, 1992_b)

Etkili bir yüzdürme işlemi, aşağıda sıralanan faaliyetlerin yererli düzeyde gerçekleştirilebilmesine bağlıdır.

- Mürekkebin liflerden sökülmesi,
- Mürekkep parçacıklarının hava kabarcığına tutunma kabiliyetinin iyileştirilmesi,
- Hava kabarcığı-mürekkep parçacıkları kompleksinin oluşumu,
- Kompleksin süspansiyon yüzeyine hareketi,
- Mürekkep ve hamurun tekrar karışmasının önlenmesi

Yüzdürme işlemi olasılığa dayalı bir proses olmasından dolayı bir çok değişkenden etkilenen karmaşık bir sistemdir. Tablo 3’de yüzdürme işlemi etkileyen önemli parametreler verilmiştir (McCool, 1993).

Tablo 3. Yüzdürme sisteminin etkinliğini belirleyen önemli parametreler(McCool, 1993)

Mürekkep Parçacığı	Hava Kabarcığı	Proses Şartları	Karıştırma
Miktarı	Tipi (Gaz)	Atık kağıdın türü	Şekli
Boyutu	Sayısı	Mürekkep miktarı ve türü	Şiddeti
Şekli	Boyutu	İnorganik madde miktarı	Süresi
Yoğunluğu	Yüzey kimyası	Lif karakteristiği	
Yüzey kimyası	Yapısı (Çözünmüş veya Dağınık)	Yüzdürme konsantrasyonu	
Aglomerasyon		Yüzdürme sıcaklığı	
		Yüzdürme süresi	
		Yüzdürme hücresinin dizaynı	
		Ortamin pH’ı	
		Kimyasal ortam	

1.2.4. Kesafet Artırma İşlemi

Kesafet artırma işlemi kağıt hamuru içerisinde bulunan büyük miktardaki proses suyunun uygun ekipmanlar ile fiziksel olarak ayrıştırılması işlemidir. Bu şekilde, dispersiyon, yoğurma ve ağartma işlemleri gibi yüksek konsantrasyon gereken prosesler için gerekli hamur kesafetinin sağlanması, kirli proses suyunun ortamdaki uzaklaştırılması ve temizlenerek tekrar kullanılması gerçekleştirilirken diğer yandan elde edilen hamurun daha az hacim kaplaması sebebiyle depolama ve taşıma işlemlerinin daha ekonomik hale getirilmesi sağlanmaktadır (İmamoğlu, 2002).

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

1.2.5. Dispersiyon İşlemi

Dispersiyon işlemi, atık kağıt hamuru içerisindeki mürekkep veya diğer kirlilik verici maddelerin boyutlarını küçültme ve hamur içerisinde homojen dağılımlarını sağlama işlemi olarak tanımlanabilir. Bu şekilde hamur içerisindeki kirlilik verici maddeler uzaklaştırılmaya gerek kalmadan gözle görülemeyecek boyutlarda hamur içerisinde homojenize edilerek, hem elde edilecek kağıdın görünümü iyileştirilmiş olur hem de kağıt üretimi sırasında bu kirlerden dolayı ortaya çıkabilecek problemler azaltılmış olur (İmamoğlu, 2002).

Bu amaçla, endüstride yaygın olarak yüksek devirli diskli disperser ve düşük devirli helezon vidalı yoğurma (kneading) sistemleri kullanılmaktadır (İmamoğlu, 2002).

Dispersiyon sistemlerinin atık kağıt proses aşamalarında kullanılmasının aşağıda belirtilen faydaları bulunmaktadır (Holik, 2000; McKinney, 1995).

- Gözle görülebilecek büyüklükteki yabancı maddelerin boyutları küçültülerek hamur içerisinde homojen dağılımı sağlanır.
- Mürekkep kalıntılarının lifler üzerinden sökülmesini sağlayarak giderilmelerini mümkün hale getirir.

- Yüksek hızlı dispersiyon sisteminin kullanılması durumunda ilave bir rafine işlemine gerek kalmaz.
- Ağartıcı kimyasalların iyi derecede kağıt hamuruna karışmasını sağlar.
- Yüksek sıcaklık kullanılması sebebi ile atık kağıt üretiminde önemli problemlerden olan mikroorganizma faaliyetleri önlenir.
- Liflerin yüksek sıcaklık ile muamelesi sonucu hacimliliği artar.

1.2.6. Ağartma İşlemi

Ağartma işlemi mürekkep giderme işleminde olduğu gibi iki fazı birbirinden ayırma işleminden farklı olarak kimyasal ağırlıklı bir prosestir. Ağartma terimi, ağartma uygulanacak hamurun türüne göre farklı anlamlar ifade etmektedir. Kimyasal hamurlarda ağartmanın fonksiyonu, kalıntı ligninin oksidatif kimyasallar ile uzaklaştırılması ve lif parlaklığının sağlanması iken, mekanik hamurlarda, ortamdaki lignini uzaklaştırmadan indirgeyici özellikteki reaktifler ile yapısını değiştirerek lif parlaklığının artırılmasıdır. Atık kağıtlarda ise ağartmanın temel üç fonksiyonu vardır (Weinstock, 1994).

- Boya ve renk verici maddelerin renginin kırılması.
- Kalıntı ligninin ortamdaki uzaklaştırılması veya yapısının değiştirilmesi
- Liflerin parlaklığının sağlanması

Hamurda diğer renk verici olan karbon siyahı ve metal içerikli mürekkep pigmentleri gibi inorganik yapıların ağartılması mümkün olmayıp yalnızca mürekkep uzaklaştırma sistemleri ile hamurdan uzaklaştırılabilirler.

Ağartma işlemi atık kağıt işleyen tesislerde, hamurlaştırıcı (pulper), yoğurucu (dispenser) ve veya ağartma kulelerinde yapılmaktadır.

1.3. Mürekkep Giderme İşleminde Kullanılan Kimyasal Maddeler

Tablo 4'te görüldüğü gibi mürekkep giderme amacıyla kullanılan kimyasalların önemli kısmı iş akışına hamurlaştırma işlemi sırasında ilave edilmektedir (Ferguson, 1992). Mürekkep giderme işlemi bir bütün olarak düşünüldüğünde, yüzdürme hücresi sistemin kalbi olarak adlandırılırsa hamurlaştırıcıda (pulper) kuşkusuz sistemin beynini oluşturmaktadır. Hamurlaştırıcıda yapılan bir hatanın telafisi olmamakla birlikte tüm iş akışını doğrudan etkilemektedir.

Mürekkep giderme işlemi için kullanılan kimyasal maddeler ve kullanım amaçları alt başlıklar halinde aşağıda anlatılmıştır.

Tablo 4. Yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma iş akışında kullanılan kimyasal maddeler (Ferguson, 1992)

KİMYASALLAR	UYGULAMA YERLERİ
Sodyum hidroksit	Hamurlaştırıcı, Ağartma
Sodyum silikat	Hamurlaştırıcı, Ağartma
Çelat	Hamurlaştırıcı, Ağartma
Hidrojen peroksit	Hamurlaştırıcı, Ağartma
Yüzey aktif maddesi (Surfactant)	Hamurlaştırıcı, Yüzdürme, Yıkama
Kolektör kimyasallar (Sabun, SDS)	Hamurlaştırıcı, Yüzdürme
Aglomerasyon kimyasalları	Hamurlaştırıcı, Temizleme Üniteleri
Kalsiyum klorit	Yüzdürme İşlemi (Flotasyon)
Dispersant	Yıkama, Stok Hazırlama
Sodyum hipoklorit	Ağartma
Sodyum hidrosülfid	Ağartma
Sodyum borhidür	Ağartma
Formamidin sülfonik asit	Ağartma
Kir kontrolü	Hamurlaştırıcı, Depolama, Stok Hazırlama
Atık su saflaştırma polimerleri	Atık İşleme Sistemleri

1.3.1. Sodyum Hidroksit

Kostik soda olarak da adlandırılan sodyum hidroksit, mürekkep uzaklaştırma yapan atık kağıt iş akışlarına, ortam pH'ını alkali seviyeye çıkarmak, mürekkebin taşıyıcı tabakasını hidroliz etmek veya sabunlaştırmak, dolayısı ile mürekkep pigmentlerinin serbest hale gelmesini sağlamak amacıyla katılmaktadır (Ferguson, 1992_a). Ayrıca sodyum hidroksitin, hamur liflerini şişirdiği ve mürekkep ve dolgu maddesi gibi safsızlıkların uzaklaşmasını kolaylaştırdığı da iddia edilmektedir (Shrinath vd., 1991; Read,

1986). Ne var ki hamurlaştırma kademesinde sodyum hidroksidin lif şişmesini artırıp artırmadığı tartışmalı bir konudur (Ferguson, 1992_a ; Gurnagul, 1995). Bununla birlikte, Gurnagul (1995) termomekanik hamur ve dövülmemiş kraft hamurlarının geri dönüşümü ile ilgili olarak yapmış olduğu bir çalışmada, sodyum hidroksit ilavesinin, termomekanik hamur liflerinin şişmesinde ve yapılan kağıtların sağlamlık özelliklerinin gelişmesinde etkili olduğunu fakat kraft hamuru liflerinin şişmesi üzerinde dikkate değer bir gelişmenin olmadığını tespit etmiştir.

Sodyum hidroksit ilavesi, özellikle mekanik hamur gibi odunun tüm yapılarını içeren hamurlarda sararma veya renk koyulaşmasına neden olmaktadır. Bu amaçla hidrojen peroksit ve benzeri bazı ağartıcıların kullanılması gerekmektedir.

1.3.2. Sodyum Silikat

Sodyum silikat bir diğer deyişle cam suyu, mürekkep giderme yapan fabrikalarda 41.6° (Be°) derecelik sodyum metasilikat çözeltileri olarak kullanılmaktadır. Kabaca eşit oranlarda SiO₂ ve Na₂O içermektedir. Bu durum silikata, sodyum hidroksitin %11'i kadar alkalilik sağlamaktadır.

Silikatların ağır metal iyonları ile kolloidal yapılar oluşturduğu ve bu şekilde hidrojen peroksidin ağartma reaksiyonlarını koruduğu düşünülmektedir (Ali vd., 1991). Ayrıca silikatlar, mürekkep parçacıklarının dispersiyonunu artırmakta ve mürekkebin yeniden lifler üzerine yığılmasını da önlemektedir (Ferguson, 1992_a).

1.3.3. Aglomeratlar (Yığılma ve Topaklanma Sağlayan Kimyasallar)

Aglomeratlar genellikle ofis kağıdı atıklarında bulunan lazer ve buna benzer baskılarla oluşturulan toner tipi mürekkeplerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

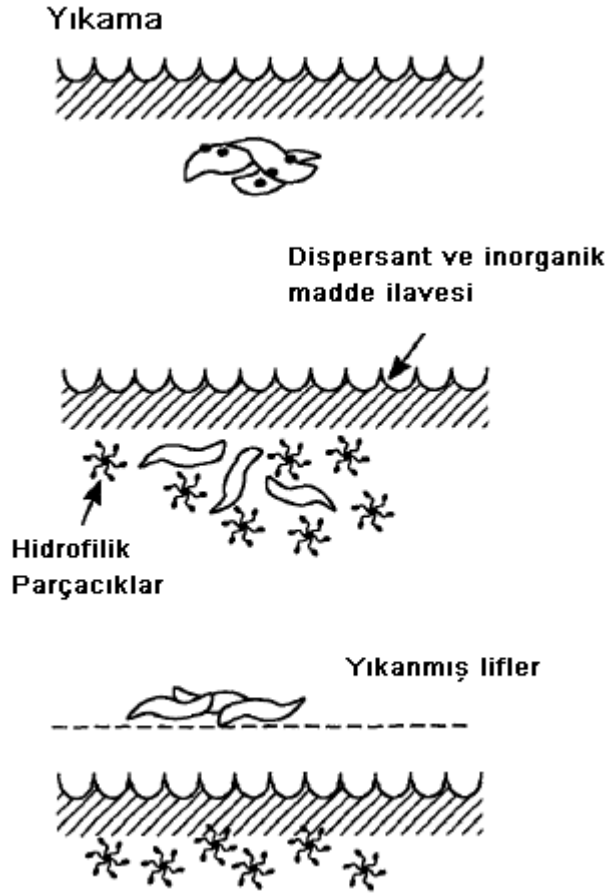
1.3.4. Yüzey Aktif Maddeler (Surfactant)

Yüzey aktif maddeler, dispersantlar (dağıtıcı), kolektörler (toplayıcı), ıslatma reaktifleri, displektörler (ayırıcı) ve yeniden kümelenmeyi önleyici kimyasallar gibi birçok kimyasalı kapsayan genel bir terimdir. En önemli yüzey aktif maddeler, yıkama ile mürekkep giderme işleminde etkili olan dispersant ve yüzdürme ile mürekkep giderme

işleminde etkili olan kolektörlerdir. Yüzey aktif maddelerinin etkinlikleri genellikle kullanılacakları amaca göre içerdikleri hidrofilik (suyu seven) uç ve hidrofobik (suyu sevmeyen) uç grup sayılarının oranı yani HLB değerine göre belirlenmektedir (Ferguson, 1992_b).

1.3.4.1. Dispersantlar (Dağıtıcı)

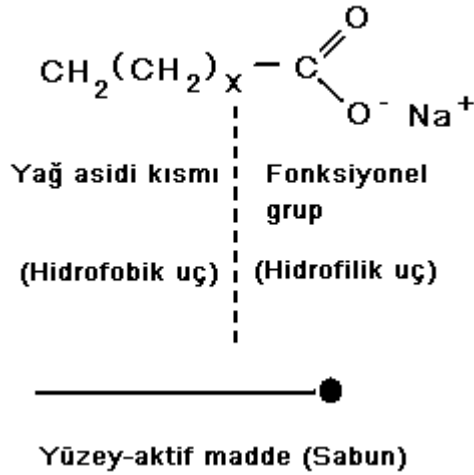
Dağıtıcı özellikteki bu kimyasalların amacı çok küçük boyutlu olan mürekkep gibi parçacıkları süspansiyon içerisinde serbest hale getirerek yıkama veya kesafet artırma işlemiyle ortamdan uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Yıkama ile mürekkep uzaklaştırma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan dispersantlar, nonilfenil etoksilat ve liner etoksilatlanmış alkollerdir. Kısa periyotlu iş akışlarında ise Eo/Po kopolimerleri (etilen oksit (hidrofilik)/propilen oksit (hidrofobik)), glikoller ve ağır yağ alkol alkoksilatları karışım halinde kullanılmaktadır. Yıkama ile mürekkep giderme işleminin şematik gösterimi Şekil 9'da verilmiştir. Burada amaçlanan, parçacıkların yıkama makinesinin eleğinden geçebilecek kadar küçük ($10\mu\text{m}$ 'nin altı, ideal olarak $5\mu\text{m}$ 'nin altı) ve elekten rahatça süzüleebilecek kadar hidrofilik olmasının sağlanmasıdır (Ferguson, 1992_b).



Şekil 9. Yıkama ile mürekkep giderme işleminin mekanizması(Ferguson, 1992_b)

1.3.4.2. Kollektörler (Toplayıcı Kimyasallar)

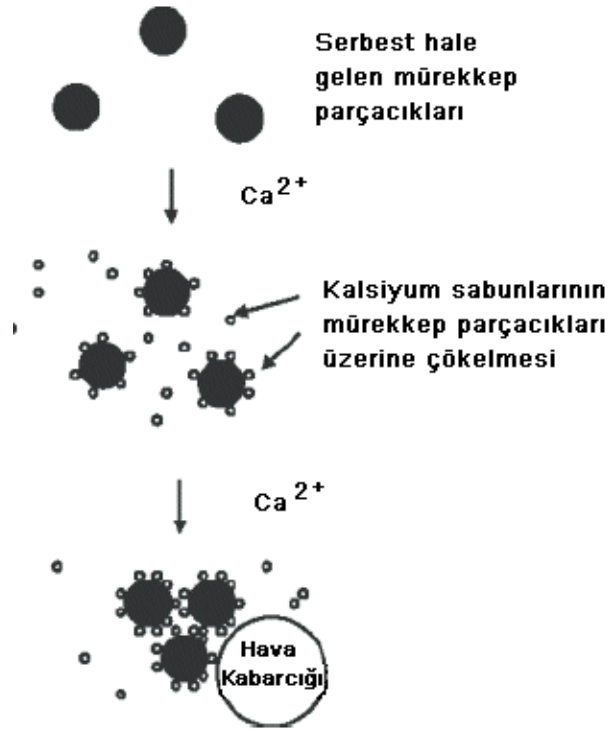
Kolektör kimyasallarının amacı adından da anlaşıldığı gibi hamurlaştırma sırasında serbest hale gelen mürekkep parçacıklarını bir araya toplayarak hava kabarcığı vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Kollektör kimyasalları yüzdürme yani flotasyon ile mürekkep uzaklaştırma sistemlerinde hamurlaştırıcı veya yüzdürme hücresinden hemen önce sisteme katılmaktadır. Kollektör kimyasalları olarak, yağ asidi sabunları gibi doğal maddeler, etilen oksit (hidrofilik) / propilen oksit (hidrofobik) kopolimerleri gibi sentetik maddeler ve etoksilatlanmış yağ asitleri kullanılmaktadır. En fazla kullanılan kollektör kimyasalları yağ asidi sabunlarıdır. Şekil 10'da yağ asidi sabununun şematik gösterimi bulunmaktadır (Ferguson, 1992_b).



Şekil 10. Yağ asidi sabununun şematik gösterimi(Ferguson, 1992_b)

Yağ asidi sabunları, 12 ile 18 arasında değişen karbon atomu zincir yapısına sahip stearik, oleik, palmitik, linoleik ve palmitoleik asitlerin karışımlarından oluşmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda karbon zincirinde stearik asitte olduğu gibi çifte bağların bulunmasının mürekkep uzaklaştırmayı arttırdığı belirlenmiştir (Read, 1991; Marchildon vd., 1991).

Bununla birlikte ortamda kalsiyum iyonu bulunmaması durumunda yağ asidi sabunları görevlerini yerine getirememektedir. Şekil 11’de kalsiyum iyonları ile sabunun etkileşimi görülmektedir. Kalsiyum iyon oranı optimum düzeylerde kullanıldığında mürekkep uzaklaştırma etkinliğini artırmaktadır (Lassus, 2000 ; Haynes, 1997).



Şekil 11. Kalsiyum iyonları ile sabunun etkileşimi(Larsson et al, 1984_a)

Ayrıca yüzey aktif maddesi olarak anyonik ve katyonik maddelerin yanında kalsiyum iyonuna ihtiyaç duymayan iyonik olmayan kolektörlerde kullanılabilir. Tablo 5’de yüzey aktif maddelerinin iyonikliğine göre sınıflandırılması yapılmıştır.

Tablo 5. Yüzey aktif maddesi iyonikliği(Turvey, 1995)

Anyonik (Negatif)	Katyonik (Pozitif)	Amfoterik (Hem negatif hem pozitif)	Noniyonik (Yük içermeyen)
Sülfonatlar	Amonyum-	Aminokarbon asitleri vb.	Akil-
Sülfatlar	Piridinyum-		Alkilaril
Karboksilatlar	İmidazolinyum-		Açıl-
Fosforlar	Piperidinyum-		Açilamid- bileşikleri
	Sülfoksonyum-		Poliglikol eterleri
	Bileşikleri vb.		Poliölesterler
			Alkanolamidler
			Etilenoksitler
			Propilenoksitler

1.3.5. Aktif Oksijen İçeren Ağartıcılar

1.3.5.1. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit yukarıda belirtildiği gibi alkalinin neden olduğu kromofor oluşumunun etkisini azaltmak amacıyla hamurlaştırma kademesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte hamurlaştırıcı içerisinde hidrojen peroksit kullanımı, mürekkep, dolgu maddesi vb. safsızlıkların fazla olması ve bu maddelerin peroksidin ağartma etkinliğini düşürmesinden dolayı ağartıcı olarak çok etkili olamamaktadır (Ferguson, 1992_a). Hidrojen peroksidin ağartma reaktifliği aşağıdaki formülde (1) görüldüğü gibi alkali ortamda oluşan perhidroksil (OOH⁻) anyonları ile gerçekleşmektedir (Renders, 1995).



Perhidroksil iyonlarının oluşabilmesi ve hidrojen peroksidin bozunmaması, ortamın pH'ı, hamurun metal iyon konsantrasyonu, sodyum silikat ve çelatlayıcı oranı, ortam sıcaklığı ve işlem süresi gibi bir çok değişkenden etkilenmektedir. Hidrojen peroksitin etkin olabilmesi için ortam pH'ı 10.0-11.5 arasında, ortam sıcaklığının ise 40-80°C arasında olması gerekmektedir (Renders, 1995).

Bununla birlikte hidrojen peroksit, kolayca suya ve oksijene bozulan çevre dostu bir ağartıcıdır. Ayrıca kullanıldığı ortamda etkinliğini düşürebilecek safsızlıklar bulunmaması halinde oldukça etkili olabilen bir ağartıcı reaktiftir. Bu amaçla yüksek verim ve parlaklık değerine sahip hamurların üretilmesi amacıyla yaygın bir şekilde ağartma kulelerinde son ağartma kademesi olarak kullanılmaktadır (Renders, 1995 ; Ferguson, 1992_a).

1.3.5.2. Sodyum Perborat Tetrahidrat

Sodyum perborat tetrahidrat, alkali karakterde olan önemli aktif oksijen kaynaklarından birisidir. Yaklaşık %11 oranında içerdiği aktif oksijen ile etkili bir ağartıcıdır. Hidrojen peroksitten farklı olarak alkaliye ihtiyaç duymadan mekanik hamurların ağartılmasında oldukça etkili olabilmektedir (Varenes vd. 1996; Pesman vd., 2006).

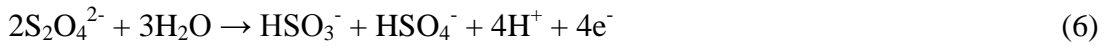
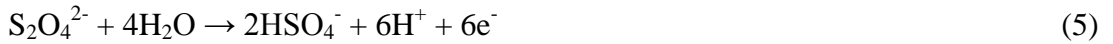
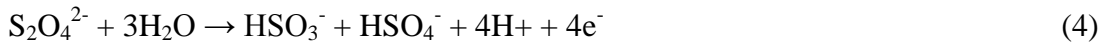
1.3.5.3. Sodyum Perkarbonat

Sodyum perkarbonat da sodyum perborat gibi önemli aktif oksijen kaynaklarından birisidir. Perboratlar ile karşılaştırıldığında alkali özelliği, içerdiği sodyum karbonattan dolayı oldukça yüksektir. Aktif oksijen içeriği de yaklaşık %15 civarındadır (Takeda, 1984). Perboratlar gibi alkaliye ihtiyaç duymadan tek başına mekanik hamurların ağartılmasında oldukça etkili olabilen bir ağartıcıdır (Leduc vd., 2002).

1.3.6. İndirgeyici Özellikteki Ağartıcı Kimyasallar

1.3.6.1. Sodyum Hidrosülfid (Ditiyonit)

Sodyum ditiyonit beyaz renkte kristal yapıda bir ağartıcıdır. Kağıt hamurunun ağartılmasında çözelti olarak veya toz halinde kullanılabilir. Sulu çözelti içerisinde sodyum ditiyonit aşağıdaki şekillerde hidroliz olmaktadır (Lindholm, 1999 ; Ali, vd., 1986)



İlk dört reaksiyon ağartma işleminden sorumlu reaksiyonlardır. (6) nolu reaksiyon pH'nin düşmesi ile oluşan sodyum ditiyonitin bozunma reaksiyonudur. (7) nolu reaksiyon ise havanın neden olduğu bozunma reaksiyonudur. Ditiyonitin ağartma reaksiyonlarındaki etkisi aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Lindholm, 1999).

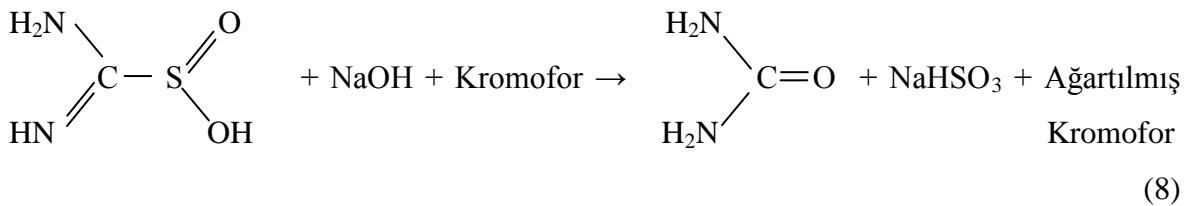
- Kinoidik grupların hidrokinonlara indirgenmesi,
- α - karbonil gruplarının indirgenmesi,
- koniferil aldehit gruplarının indirgenmesi,
- Fe^{+3} 'ün daha az renkli olan Fe^{+2} 'ye indirgenmesini sağlar.

Ağartma işlemlerinde genellikle %0,5-1 oranlarında kullanılmaktadır. Ağartma işleminde ortam pH'ı 6-6,5 arasında olmalıdır. pH değeri yükselirse hamurda kararmaya neden olmaktadır. pH'ın düşük olması durumunda ise ditiyonit bozunmakta ve ağartma etkisi zayıflamaktadır. İşlem süresinin 30-60 dakika arasında olması yeterlidir. Ortam sıcaklığı ise 50-70°C arasında olmalıdır.

1.3.6.2. Formamidin Sülfirik Asit (FAS)

FAS, diğer adıyla tüyoüre dioksit veya aminoiminiometan sülfirik asit 1983 yılında alınan bir patenle atık kağıtların ağartılmasında tek başına veya diğer ağartıcılar ile birlikte kullanılabileceği önerilmiştir (Süss ve Krüger, 1983). Formamidin sülfirik asit beyaz renkli, kokusuz ve indirgen özelliğe sahip bir ağartıcıdır. Molekül ağırlığı 108.12 g/mol, yoğunluğu 1,68 g/cm³ ve kapalı kimyasal formülü CH₄N₂O₂S dir. Su içerisinde litrede 27 gramı rahatlıkla çözünürken alkali ortamda litrede 100 grama kadar çözünür. Sulu çözeltisinin raf ömrü kısa olduğu için kullanılacağı zaman çözelti haline getirilmektedir. Litrede 10 gram çözündürülmesi halinde pH değeri 4 tür. Yaklaşık 123°C de bozulan bu kimyasal soğuk ve kuru bir ortamda depolanmalıdır (Anon, 1999).

Uygun ağartma şartları gerçekleştiğinde, FAS ile atık kağıt içerisindeki indirgenebilir bileşikler (kromoforlar) reaksiyona girerek üre ve sodyum hidrojen sülfid açığa çıkarır. Devam eden reaksiyonlarda sodyum hidrojen sülfid yükseltgenerek sodyum hidrojen sülfata dönüşmektedir (8).



FAS, atmosferik havaya karşı diğer indirgen ağartıcılardan daha fazla dayanıklıdır. Bu yüzden son ağartmanın yapıldığı ağartma kulelerinden farklı olarak hidrojen peroksitler gibi hamurlaştırıcı ve benzeri bir çok yerde kullanılabilir.

FAS, alkali ortamda kullanılan bir ağartıcıdır ve sodyum hidroksit ile birlikte hamura ilave edilmektedir. FAS:NaOH oranı 2:1 olması durumunda optimum ağartmanın

gerçekleştiği saptanmıştır (Pettit, 1992 ; Patt, 1993). Ayrıca ağartma başındaki pH 10'dan ağartma işleminin sonunda nötr değerlere inmektedir (Vincent vd., 1997).

1.3.6.3. Sodyum Borhidrür

Kimyasal formülü NaBH_4 olan sodyum borhidrürün molekül ağırlığı 37,84 g/mol, olup bozunma sıcaklığı 400°C dir. Sodyum borhidrür aldehit ve ketonları da kapsayan organik bileşikler için kuvvetli bir indirgeyicidir (Bilici, 2004). Ayrıca kimyasal hamurların pişirilmesinde selülozun ve hemiselülozların indirgen ucundaki karbonil gruplarını hidroliz eder ve soyulma reaksiyonlarına karşı koruduğu belirtilmektedir. (Tutuş, 2004). Ayrıca ligninin renk grupları üzerine etkisi nedeniyle lignini koruyucu ağartma elemanı olarak da kullanılmaktadır (Leary vd., 1997).

1.3.7. Çelatlayıcılar

Çelatlayıcıların görevi ağır metal iyonları ile çözünebilir formda kompleksler oluşturarak, hidrojen peroksit gibi ağartıcı kimyasalları, zararlı metal iyonlarına karşı korumaktır. En fazla kullanılan çelatlayıcılar DTPA (dietilentriaminpentaasetik asit) ve EDTA (etilendiamintetraasetik asit) dir (Colodette vd. 1989). Ayrıca mekanik hamur ağartılmasında, DTPA türdeşi DTMPA yani dietilen triamin pentametilen fosfonik asit gibi fosfonatlar çok daha avantajlı olabilmektedir (Süss, 2006).

Bununla birlikte İsveç ve Norveç gibi bazı ülkelerde atık sular vasıtası ile su altı yaşamını olumsuz etkilemesinden dolayı DTPA ve EDTA kullanımına sınırlamalar ve yasaklamalar getirilmiştir (Ferguson,1992_a).

Çelatlayıcı olarak epsom tuzu olarak bilinen magnezyum sülfatın kağıtçılıkta kullanımı da yaygındır. Genellikle birincil liflerin ağartılmasında kullanılmakta olup mürekkep giderme sistemlerinde az da olsa kullanılmaktadır. Magnezyum sülfat, metal iyonlarını etkisizleştirmek yerine daha çok peroksit bozunma reaksiyonlarını durdurmaktadır. Ayrıca sodyum silikat ile birleşerek metal iyonlarını etkisiz hale getirdiği belirtilmektedir (Andrews ve Singh, 1979).

1.4. Baskı Sistemleri ve Kullanılan Mürekkepler

Gazete kağıtlarının basılmasında yaygın olarak, web ofset ve su bazlı fleksografik baskı teknikleri kullanılmaktadır. İki teknikte de kullanılan mürekkebin pigmenti hidrokarbonlardan elde edilen ve boyutları 10-15 nm olan karbon siyahıdır. Ofset baskı mürekkepleri bağlayıcı olarak hidrokarbon reçineleri içermektedir ve baskı sonrası kuruyarak pigmenti baskı yapılan yüzeye sabitlemektedir. Taşıyıcı tabaka olarak mineral yağlar kullanılmaktadır. Taşıyıcının görevi baskı yapılana kadar kimyasalların çözünür durumda olması ve pigmentlerin taşınmasını sağlamaktır. Ofset baskı sistemlerinde en yaygın kullanılan teknik, şeklin indirekt olarak baskı levhasından kağıda kauçuk yüzeyler veya silindir ile aktarıldığı lithografik yöntemdir.

Fleksografik baskı mürekkeplerinin ofset baskı mürekkeplerinden farkı, formülasyonlarında bağlayıcı olarak akrilik yada maleik reçinelerin, taşıyıcı olarak ise suyun kullanılmasıdır. Fleksografik yöntemde baskı, direkt olarak silindir etrafına sarılmış esnek kauçuk veya fotopolimerlerden yapılmış kabartma levhalar ile oluşturulmaktadır. (Lassus, 2000 ; Larson, 1999).

Ofset baskı mürekkepleri buharlaşmadan ziyade absorblama ile kuruyacak şekilde formüle edilmiştir. Bu yüzden tam olarak kuruyamamakta ve okuyucunun belli bir süre sonra parmaklarının kararmasına neden olmaktadır. Bu yüzden ofset ile yeni basılmış gazete kağıtlarının geleneksel yüzdürme sistemleri ile mürekkeplerinin uzaklaştırılması oldukça kolaydır. Bunun yanı sıra fleksografik yöntemler ile basılan gazetelerin mürekkebinin uzaklaştırılması çok daha zordur. Çünkü bu tür su bazlı mürekkeplerin pigmentleri daha çok hidrofilik karakterdedir ve disperse olan pigment boyutu oldukça küçüktür. Hamurlaştırma işleminden sonra ofset baskı mürekkebinin pigmentleri 2-100 µm arasında kümelenebilirken, fleksografik mürekkep pigmentleri 0,3-2µm arasında kalmaktadır (Carleton, 2004).

Ayrıca %20 ye kadar kuşeli magazin kağıtlarının atık gazete kağıtları ile karışım halinde kullanılmasının mürekkep uzaklaştırma üzerinde olumlu etkiler sağladığı genel kabul görmüş bir olgudur. Magazin kağıtları, rotogravür ve ofset baskı sistemleri kullanılarak basılmaktadır. Kuşeli magazin kağıtlarının mürekkebi çok daha kolayca uzaklaştırılabilmektedir. Bunun nedeni kuşe tabakasının çok kolay bir şekilde liflerden sökülmesi ve beraberinde mürekkebi de taşımasıdır (Lassus, 2000; Larson, 1999 ; Shen vd., 1995).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

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

2.1.1. Hammadde (Atık Kağıt)

Bu çalışmada hammadde olarak; DPC Trabzon tesislerinden elde edilen ofset baskı sistemine göre basılan 31 Mart 2007 tarihli gazete kağıtları (VATAN) ve 27 Ocak 2007 tarihli magazin (BORSA) dergisi kullanılmıştır. Yapılacak çalışmaların karşılaştırılabilirliği için kullanılacak hammaddenin aynı özellikte olmasına ve eşit baskıyı içermesine özen gösterilmiştir. Her bir deney için %80'i gazete kağıdı ve %20'si magazin kağıdından oluşan tam kuru ağırlığı 100g olan örnekler kullanılmıştır. Deneyde kullanılan örnekler yaklaşık 2x3 cm olacak şekilde elde kırılmış ve polietilen poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

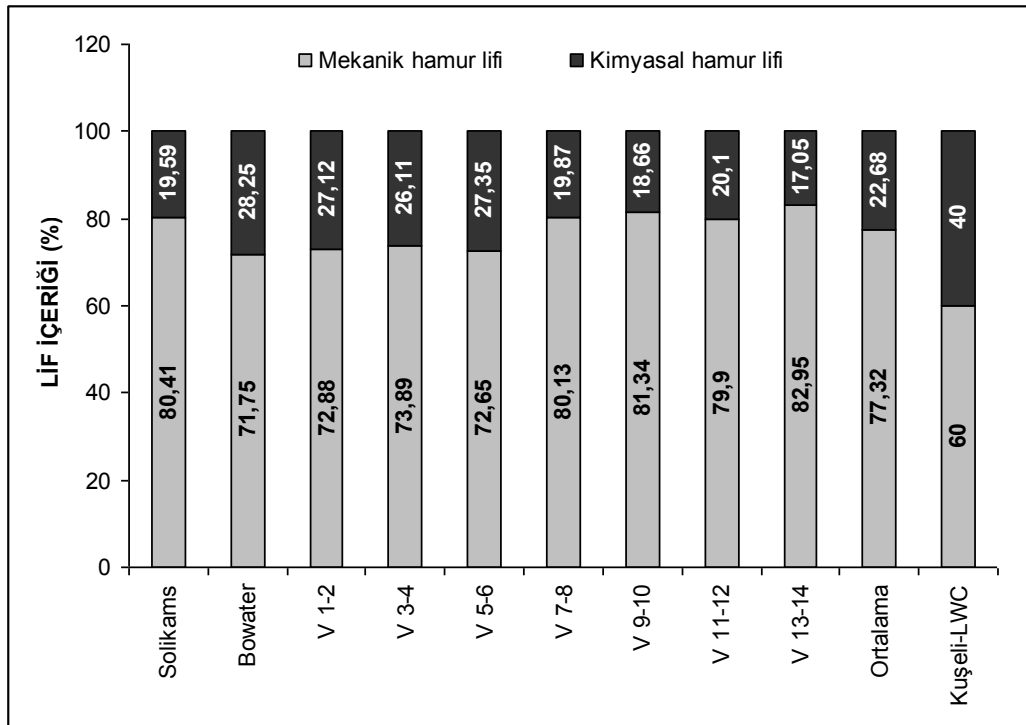
Aşağıda gazete kağıdı ve magazin dergisine ait bazı önemli özellikler başlıklar altında açıklanmıştır.

2.1.1.1. Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mekanik ve Kimyasal Lif İçerikleri

Bilindiği gibi mekanik hamur lifleri odunun tüm bileşenlerini içermektedir yani selülozun yanı sıra önemli ölçüde lignin ve hemiselüloz içeriğine sahiptir. Kimyasal hamur lifleri ise delignifikasyon yöntemiyle üretildikleri için baskın olarak selüloz içerir. Bu özellikleri sayesinde kimyasal ve mekanik hamur bileşimi floroglusin-HCl indikatörü ile belirlenebilmektedir (Levlin ve Söderhjelm, 1999). Bu yöntemde, hamuru temsil edecek yeterlilikte hazırlanan preparatlar üzerine damlatılan bir miktar floroglusin-HCl ilavesiyle mikroskop kullanılarak preparat üzerindeki kırmızıya boyanmış ve boyanmamış lif miktarı tespit edilebilmektedir. Şekil 12'de görüldüğü gibi kırmızıya boyanan lifler mekanik hamuru, boyanmamış lifler ise kimyasal hamuru temsil etmektedir. Ölçümler her bir kağıt türü için toplam 70 lif içerecek şekilde hazırlanan preparatlar üzerinden yapılmıştır.



Şekil 12. Floroglucosin-HCl ile kırmızı renge boyanan mekanik hamur lifleri ve renk değiştirmeyen kimyasal hamur lifleri



Şekil 13. Gazete ve magazin kağıtlarının kimyasal ve mekanik hamur lif içerikleri

Şekil 13'te baskı yapılmış gazete kağıtlarının, baskı yapılmamış orijinal kağıtların ve magazin kağıtlarının sayfa numaralarına göre kimyasal ve mekanik hamur içeriği görölmektedir. Grafiği incelediğimizde baskısız orijinal kağıtlardan rengi daha açık olan

Bowater (ABD) firmasınca üretilen kağıtların, kimyasal hamur içeriğinin ikinci kalite olan Solikams (Rusya) firmasınca üretilenlere göre daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Gazete kağıdının sayfaları teker teker incelenirse renkli baskının yapıldığı ilk 3 ile son 3 sayfanın (V 1-2, V 3-4, V 5-6) kimyasal hamur içeriğinin Bowater firmasınca üretilenlerle benzerlik gösterdiği, diğerlerinin ise solikams firmasınca üretilmiş olduğu söylenebilir. Gazetenin tamamı hesaba katıldığında, hammaddenin yaklaşık %80'lik kısmının mekanik hamur, %20 sinin ise kimyasal hamurdan oluştuğu görülmektedir. Çalışmalarda kullanılacak magazin kağıtlarının da %40'ının Kimyasal hamur %60'ının mekanik hamurdan oluştuğu görülmektedir.

2.1.1.2. Gazete ve Magazin Kağıtlarını Oluşturan Kırıntı ve Uzun Lif Oranları

Hammaddenin daha iyi anlaşılabilmesi için hamurun ne kadarının uzun lifli ne kadarının kırıntı lif olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla her sayfa için hazırlanan numuneler, Lorentzen Lif Tasnif cihazında ilgili standarda göre sınıflandırılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004). Kullanılan elek numaraları 40, 60, 80 ve 100 mesh lik elekler olup 40 meshlik elek üzerinde kalan lifler uzun lifleri, 100 meshlik elekten geçen lif miktarı da kırıntı lif miktarını belirtmektedir.

Tablo 6'da sayfa numaralarına göre gazete kağıtları, magazin kağıtları ve orijinal baskı yapılmamış kağıtlara ait lif tasnif değerleri verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde kullanılacak hammaddenin önemli bir kısmını oluşturan gazete kağıtlarının ortalama olarak %59'unun uzun lifli, %25 kadarının ise 100 meshlik elekten geçebilen kırıntı liflerden oluştuğu görülmektedir. Magazin kağıtlarının uzun lif oranı %41, ince kırıntı lif oranı ise % 44 olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni magazin kağıdının içerdiği dolgu maddeleri ve baskı özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılan kısa lifli kimyasal hamurlar olabilir.

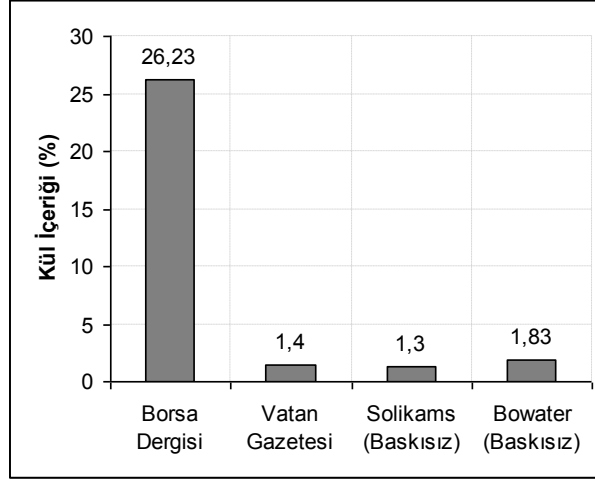
Tablo 6. Kullanılan hammaddenin lif tasnif özellikleri

		40 Mesh- Üstü, uzun lifler	40-60 Mesh	60-80 Mesh	80-100 Mesh	İnce,kırıntı lifler
1-2/26-25	Vatan gazetesi (Sayfa numaralarına göre)	53,45	3,9	7,4	6,8	28,35
3-4/23-24		57,31	4,62	1,83	5,12	28,13
5-6/21-22		51,93	6,1	3,5	6,8	31,73
7-8/19-20		61,16	7,8	6,36	2,83	21,81
9-10		63,8	4,39	6,38	4,3	22,13
11-12/17-18		61,06	8,83	4,1	4,45	21,56
13-14/15-16		64,39	8,12	4,34	2,62	20,54
Ortalama Tüm Gazete		59,01	6,25	4,84	4,7	24,89
Bowater	Baskı yapılmamış gazete kağıdı	54,28	4,83	2,06	7	31,83
Solikams		64,01	5,54	5,12	5,34	21
Magazin (Borsa dergisi)	Kağıdı	63,79	7,155	4,11	5,58	19,37

2.1.1.3. Gazete ve Magazin Kağıtlarının Kül İçeriği

Tez kapsamında kullanılan atık kâğıtların %20'si kuşelenmiş magazin kâğıtlarından oluşmaktadır. Kuşeli kâğıtların bilindiği gibi önemli kısmı kuşe tabakasını oluşturan inorganik dolgu maddelerinden oluşmaktadır. Dolgu maddelerinin atık kâğıt geri kazanma prosesinde yer almasının olumlu birçok katkısının yanı sıra zararlı etkileri de olabilmektedir. Bu amaçla ortamda bulunabilecek inorganik madde miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Kullanılan atık kâğıtların kül içeriği TAPPI T-211 standardına göre belirlenmiştir.

Şekil 14'te magazin kağıdı, gazete kağıdı ve baskı yapılmamış orijinal kağıtların kül içerikleri yer almaktadır. Beklenildiği gibi kuşelenmiş LWC kağıdından oluşan atık magazin kağıtlarının kül içeriği %26'nın üzerindedir. Gazete kağıtlarının kül içeriğinin de beklenildiği şekilde %1,5 civarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 14. Baskı yapılmış gazete ve magazin kağıtları ile baskı yapılmamış baz kağıtlarının kül içerikleri

2.1.2. Kullanılan Su

Hamurlaştırma, yüzdürme, kesafet artırma ve son ağartma işlemleri sırasında dışarıdan gelebilecek herhangi bir safsızlığı önlemek, yük değişimi sağlayacak kalsiyum ve magnezyum iyonlarının kontrolünü sağlamak ve kullanılan suyun standart olması amacıyla deiyonize su kullanılmıştır. Suyun sertliği, ortama ilave edilen kalsiyum klorür oranıyla değiştirilmiş ve tez kapsamında kalsiyum iyonlarının etkisi ayrıca araştırılmıştır.

2.1.3. Mürekkep Giderme ve Ağartma İşlemi İçin Kullanılan Kimyasallar

2.1.3.1. Sodyum Hidroksit

Sodyum hidroksit ortamın alkali dengesini artırmak, liflerin şişmesini sağlamak, mürekkebin taşıyıcı tabakası ve bağlarını hidroliz etmek amacıyla değiştirilen oranlarda hamurlaştırma (pulper) kademesine ilave edilmiştir. Kullanılan hidrojen peroksit Merck firmasından, laboratuvar çalışmalarına uygun saflık oranını sağlayacak şekilde temin edilmiştir.

2.1.3.2. Sabun, SDS ve Kalsiyum Klorür

Yüzdürme işlemi sırasında mürekkep parçacıklarının, hidrofobik özellik kazandırılarak hava kabarcıklarına tutunmasını sağlamak amacıyla “Olinor-RS 4200” yağ asidi sabunu ve “Sodyum dodesil sülfat” (SDS) kullanılmıştır. Kuru granül haldeki endüstriyel amaçlı sabun, Ankara-Meteksan Kağıt Fabrikasından, Sodyum dodesil sülfat ise %98 saflıkta Sigma Aldrich firmasından sağlanmıştır. Sabun ve SDS sisteme hamurlaştırma sırasında ilave edilmiştir. Ayrıca sabun ve SDS'nin işlev görebilmesi için yüzdürme hücresine değişen oranlarda kalsiyum klorür ilave edilmiştir.

2.1.3.3. EDTA ve Sodyum Silikat

Hamurlaştırma kademesinde ağartıcı olarak kullanılan hidrojen peroksidi, ortamdaki metal iyonlarının zararlı etkilerinden korumak amacıyla %0,2 oranında EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit) kullanılmıştır. Ayrıca ortamın alkaliliğini artırmak, mürekkebin liflerden sökülmesini sağlamak ve hidrojen peroksidi stabilize etmek amacıyla hamurlaştırma kademesine % 1 oranında sodyum silikat ilave edilmiştir.

2.1.3.4. Hidrojen Peroksit

İlk ağartma olarak da adlandırabileceğimiz hamurlaştırma kademesinde alkali ortamın neden olduğu renk koyuluğunu azaltmak için hamurlaştırıcıya hidrojen peroksit ve benzeri ağartıcı kimyasallar ilave edilmektedir. Yapılan tez çalışması kapsamında, Sigma-Aldrich'ten temin edilen %30'luk hidrojen peroksit kullanılmış olup, peroksit oranları aktif oksijen cinsinden %0,25, %0,5, %0,75 ve %1 oranlarında değiştirilmiştir.

2.1.3.5. Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat

Sodyum perborat ve perkarbonatlar hidrojen peroksit gibi aktif oksijen içeren ayrıca alkali özellik gösteren ağartıcılardır. Çalışma kapsamında kullanılan sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonat Sigma-Aldrich firmasından tedarik edilmiştir. Yapılan tez çalışması kapsamında hidrojen peroksit için uygulanan aynı deney koşullarında sodyum

perborat tetrahidrat ve sodyum perkabonatın aynı aktif oksijen miktarlarında hidrojen peroksit yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.1.3.6. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcılar

Yüzdürme işlemi sonrası mürekkebi uzaklaştırılan kağıt hamurlarının, kullanım amacı ve kalite gereksinimlerine göre bazı durumlarda renginin daha parlak olması istenebilmektedir. Bu durumda kağıt hamurlarının ağartma kulelerinde ağartılması gerekmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında yüzdürme işlemi sonrası en iyi sonucu veren hamurun ağartılması üzerine de çalışılmıştır. Çalışma kapsamında, hidrojen peroksit ve sodyum perkabonat gibi ağartıcıların yanı sıra, sodyum dithiyonit, sodyum borhidrür, ve formamidin sülfirik asit gibi indirgeyici özellikteki ağartıcıların hamurun renk, parlaklık ve sağlamlık özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2.2. Metot

Bu araştırma, atık gazete ve magazin kağıtlarının çok daha etkin bir şekilde yeniden üretime dahil edilebilmesi amacıyla mürekkep uzaklaştırma işlemi sırasında kullanılan kimyasalların etkilerinin araştırılmasını kapsamaktadır. Bu amaçla tez çalışması üç ayrı bölüme ayrılmıştır.

İlk bölümde yüzdürme işlemi için hamurlaştırıcıya ilave edilen yağ asidi sabunu (Olinor RS-4200) ve sodyum dodesil sülfat oranının etkileri, yüzdürme hücresine ilave edilen kalsiyum klorür miktarına göre araştırılmış ve en uygun yüzdürme işlemi koşulları tespit edilmiştir.

İkinci bölümde, hamurlaştırma kademesine ilave edilen alkalinin sarartma etkisini dengelemek amacıyla ortama katılan ağartıcıların etkileri karşılaştırılmıştır. Bu bölümde ortama aktif oksijen cinsinden değiştirilen oranlarda hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkabonat ilave edilmiş ve bu reaktiflerin, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına göre ağartma ve mürekkep uzaklaştırma derecesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde ise mürekkep uzaklaştırma işlemi sonrası uygulanan son ağartma kademesinde, hidrojen peroksit ve sodyum perkabonat ile indirgeyici özellikteki; sodyum

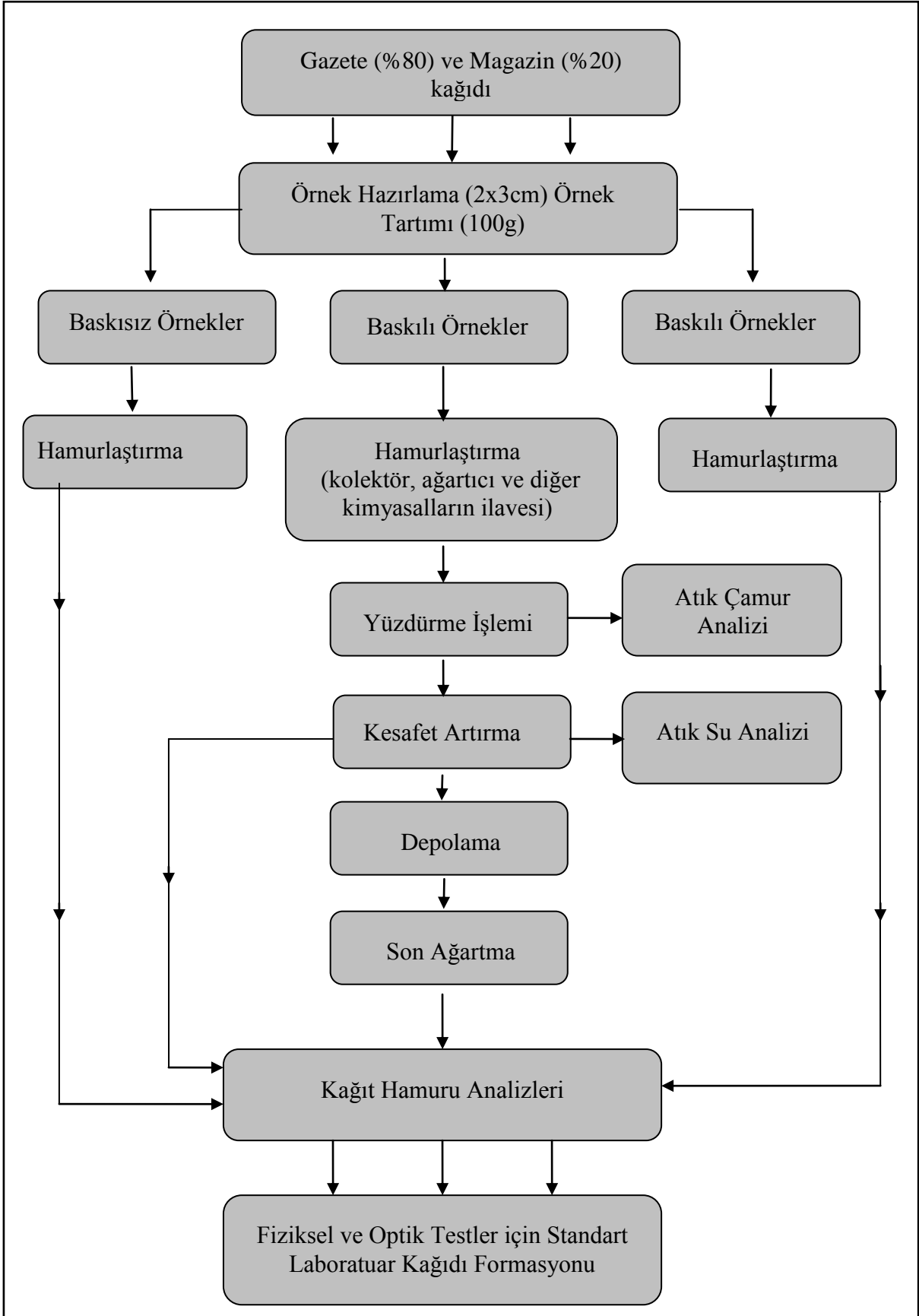
hidrosülfid, formamidin sülfirik asit, sodyum borhidrür ve bu indirgeyici ağartıcılardan formadinsülfirik asit ile sodyum borhidrürün sodyum perkarbonat ile birlikte kullanıldığı ağartma kademelerinin etkileri karşılaştırılmıştır.

Uygulanan laboratuvar iş akışı şeması Şekil 15'te verilmiştir.

2.2.1. Örnek Hazırlama

Atık gazete ve magazin kağıtları laboratuvar tipi hamurlaştırıcıda homojen bir liflendirme sağlamak için yaklaşık 2x3 cm boyutlarında olacak şekilde elle parçalanarak rutubet tayinleri yapılmıştır. Rutubet tayinleri, bileşimlerinin farklı olması nedeniyle magazin ve gazete kağıdına ayrı ayrı yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre tam kuru ağırlığı 80 gram olan gazete kağıtları ile tam kuru ağırlığı 20 gram olan magazin kağıtları karıştırılarak ağzı kapatılabilen polietilen poşetler içerisinde ışık ve sıcaklıktan korunarak depolanmıştır.

Örnek hazırlama işleminde, yapılan her deneyin birbiriyle karşılaştırılabilir olması için kırılan kağıtların aynı sayfalardan oluşmasına azami önem gösterilmiştir. Bu amaç için tez kapsamında aynı tarihte basılmış 250 adet gazete ve 250 adet magazin dergisi kullanılmıştır.



Şekil 15. Tez çalışmasında uygulanan laboratuvar iş akışı şeması

2.2.2. Hamurlaştırma İşlemi

Hamurlaştırma işlemi 2 litre kapasiteli Şekil 16’da görülen hobart tipi pulper içerisinde gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan hamurlaştırıcı, sıcaklığın işlem boyunca sabit tutulmasını sağlayan mantolu ısıtıcı ve sıcaklık kontrol sistemine sahiptir. Ayrıca karıştırıcı devri esnek bir şekilde ayarlanabilmektedir. Hamurlaştırma işlemi için tam kuru ağırlıkları sırasıyla 80 ve 20 gram olan gazete ve magazin kağıdı karışımları öncelikle sıcaklığı 45°C olan deiyonize su ile ölçülü bir kap içerisinde %7 konsantrasyona ayarlanmış ve bir süre kağıtların ıslanması sağlanmıştır. Daha sonra orta devirde (450 rpm) çalışır duruma getirilen hamurlaştırıcı içerisine aktarılmıştır. Bu sırada hamurlaştırıcı sıcaklığı 45°C’ye ayarlanmıştır. Hamurlaştırıcının devri 950 rpm’e çıkarılarak 1 dakika boyunca karıştırma işlemi uygulanmış ve hamurlaştırıcı durdurularak ilk pH ölçümü yapılmıştır. Bu işlemin ardından Tablo 7,8,9 ve 10’da belirtildiği oranlarda ortama, sodyum hidroksit, sodyum silikat, EDTA ve ağartıcı olarak kullanılan reaktifler (hidrojen peroksit, sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonat) ilave edilmiştir. Kimyasal maddelerin ilave edilmesinin ardından hamurlaştırıcı tekrar 950 rpm’de çalıştırılarak kimyasalların homojen şekilde hamura karışması sağlanmış ve bir dakikalık süre sonunda ikinci pH ölçümü yapılmıştır. pH ölçümünün ardından hamurlaştırıcı tekrar çalıştırılmış ve hamurlaştırma işlemine devam edilmiştir. Toplam on dakika olan işlem süresinin bitimine iki dakika kala hamurlaştırıcı içerisine Tablo 7, 8, 9 ve 10’da belirtilen oranlarda kolektör madde (“Olinor RS-4200” ve “Sodyum dodesil sülfat”) ilave edilmiştir. Hamurlaştırma işleminin sonunda tekrar pH ölçümü yapılmış ve kağıt hamuru yüzdürme hücresine transfer edilmiştir. Ayrıca baskılı ve baskısız aynı miktardaki kağıt örnekleri hamurlaştırıcı içerisinde kimyasal madde kullanılmadan kağıt hamuru haline getirilmiştir.

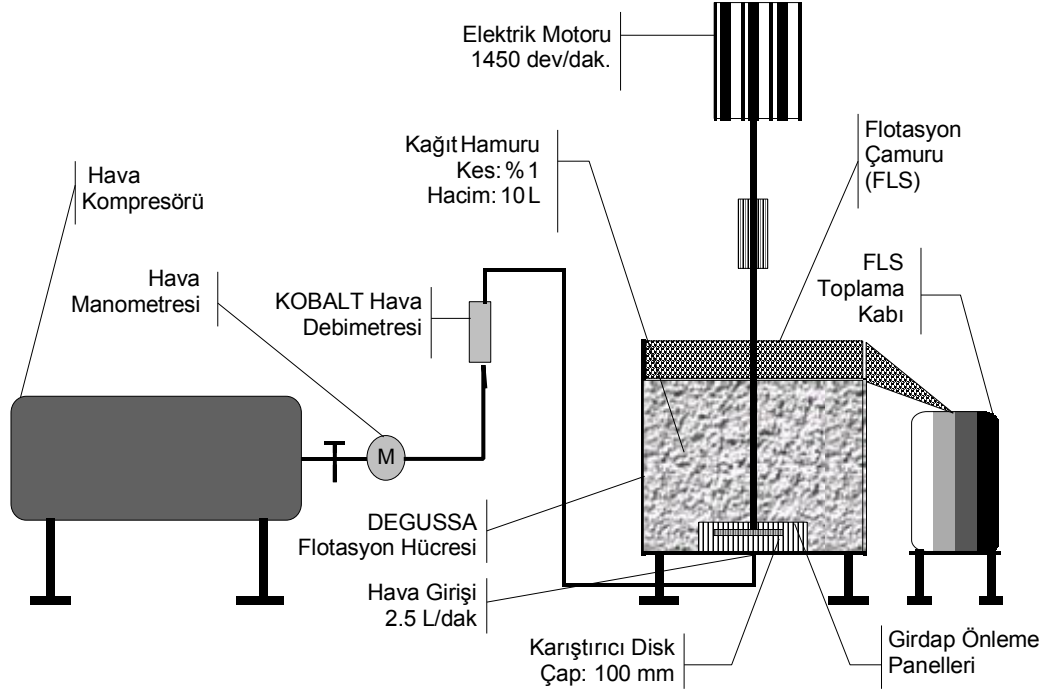


Şekil 16. Laboratuvar tipi heliko pulper

2.2.3. Yüzdürme İşlemi

Mürekkep uzaklaştırma işlemi 10 litre kapasiteli degussa tipi yüzdürme hücresinde (Şekil 17) gerçekleştirilmiştir. Hamurlaştırma işlemi sonrasında tamamen bireysel lifler haline gelen atık kağıt hamuru yüzdürme hücresi içerisine boşaltılmıştır. Yüzdürme işlemi sırasında istenilen su sertliğinin sağlanabilmesi için Tablo 7, 8, 9 ve 10’da belirtilen oranlarda kalsiyum klorür (CaCl_2) sıcak su içerisinde çözülerek hücre içerisine ilave edilmiştir. Ardından toplam hacim 10 litre olacak şekilde konsantrasyon 45°C ’lık deiyonize su ile %1’e ayarlanmıştır. Yüzdürme hücresine hava debimetresi ve hızı ayarlanabilir hava pompası yardımıyla dakikada 2,5 litre olacak şekilde alt kısımdan hava verilmiştir. Karıştırıcı hızı 1450 devir/dakika olarak ayarlanıp, 100 mm çapındaki delikli karıştırma diskli kullanılmıştır. Yüzdürme işlemine 10 dakika devam edilmiş ve her 20 saniyede bir yüzeydeki köpüklü kısım bir kap içerisine sıyrılmıştır. Biriktirilen mürekkep, su, lif ve dolgu maddesi içerikli karışım ileriki analizler için muhafaza edilmiştir. İşlem boyunca yüzdürme hücresindeki süspansiyonun seviyesi ilave sıcak su ile sabit tutulmuştur.

Tüm deneysel işlemler, oda sıcaklığının $21\pm 2^\circ$ olduğu standart koşullar altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 17. Degussa yüzdürme hücresinin şematik gösterimi

Tablo 7. Kontrol hamurlarının hazırlanışı ve kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemine ilişkin proses şartları

Deney No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)									YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	H ₂ O ₂ (Aktif Oksijen)	Sabun	SDS	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	g/l	%	%	dk.	%	°C	mol/l	dk.	%	°C
A1 (Baskısız kağıtlar)	-	-	-	-	-	-	10	7	-	-	-	-	-
A2 (Baskılı Kağıtlar)	-	-	-	-	-	-	10	7	-	-	-	-	-
B1	1	0,5	-	-	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
B2	1	0,5	-	-	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
B3	1	0,5	-	-	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
B4	1	0,5	-	-	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Tablo 8. Yağ asidi sabunu, SDS (sodyum dodesil sülfat) ve kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemine ait proses şartları

Deney No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)									YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	H ₂ O ₂ (Aktif Oksijen)	Sabun	SDS	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	g/L	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C
C1	1	0,5	0,25	-	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
C2	1	0,5	0,50	-	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
C3	1	0,5	0,75	-	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
C4	1	0,5	1,00	-	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
C5	1	0,5	0,25	-	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
C6	1	0,5	0,50	-	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
C7	1	0,5	0,75	-	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
C8	1	0,5	1,00	-	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
C9	1	0,5	0,25	-	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
C10	1	0,5	0,50	-	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
C11	1	0,5	0,75	-	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
C12	1	0,5	1,00	-	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
C13	1	0,5	0,25	-	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
C14	1	0,5	0,50	-	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
C15	1	0,5	0,75	-	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
C16	1	0,5	1,00	-	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Tablo 8'in devamı

Deney No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)									YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	H ₂ O ₂ (Aktif Oksijen)	Sabun	SDS	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaşırma süresi	Hamurlaşırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaşırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	g/L	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C
D1	1	0,5	-	0,003	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
D2	1	0,5	-	0,005	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
D3	1	0,5	-	0,007	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
D4	1	0,5	-	0,009	0,2	1	10	7	45	-	10	1	45
D5	1	0,5	-	0,003	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
D6	1	0,5	-	0,005	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
D7	1	0,5	-	0,007	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
D8	1	0,5	-	0,009	0,2	1	10	7	45	0,001	10	1	45
D9	1	0,5	-	0,003	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
D10	1	0,5	-	0,005	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
D11	1	0,5	-	0,007	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
D12	1	0,5	-	0,009	0,2	1	10	7	45	0,002	10	1	45
D13	1	0,5	-	0,003	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
D14	1	0,5	-	0,005	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
D15	1	0,5	-	0,007	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
D16	1	0,5	-	0,009	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Tablo 9. Sodyum hidroksit oranının değişken parametre olduğu hamurlaşırma ve yüzdürme işlemine ait proses şartları

Deney No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)									YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	Ağartıcı (Aktif Oksijen)	Sabun	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaşırma süresi	Hamurlaşırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaşırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı	
	%	%	%	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C	
E1	-	-	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45	
E2	0,25	-	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45	
E3	0,50	-	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45	
E4	0,75	-	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45	
E5	1,00	-	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45	

Tablo 10. Hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat, sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksidin değişken parametre olduğu hamurlaştırma ve yüzdürme işlemlerine ait proses şartları

Deneş No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)								YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	Hidrojen peroksit (Aktif Oksijen)	Sabun	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C
F1	-	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F2	-	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F3	-	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F4	-	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F5	0,25	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F6	0,25	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F7	0,25	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F8	0,25	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F9	0,50	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F10	0,50	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F11	0,50	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F12	0,50	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F13	0,75	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F14	0,75	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F15	0,75	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F16	0,75	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F17	1,00	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F18	1,00	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F19	1,00	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
F20	1,00	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Deneş No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)								YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	NaOH	Sodyum perborat tetrahidrat (Aktif Oksijen)	Sabun	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C
G1	-	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G2	-	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G3	-	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G4	-	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G5	0,25	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G6	0,25	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G7	0,25	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G8	0,25	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Tablo 10'un devamı

Deneç No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)								YÜZDÜRME HÜCREŞİ			
	NaOH	Sodyum perborat tetrahidrat (Aktif Oksijen)	Sabun	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
G9	0,50	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G10	0,50	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G11	0,50	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G12	0,50	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G13	0,75	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G14	0,75	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G15	0,75	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G16	0,75	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G17	1,00	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G18	1,00	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G19	1,00	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
G20	1,00	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

Deneç No	HAMURLAŞTIRICI (PULPER)								YÜZDÜRME HÜCREŞİ			
	NaOH	Sodyum perkarbonat (Aktif Oksijen)	Sabun	EDTA	Sodyum silikat	Hamurlaştırma süresi	Hamurlaştırıcı Konsantrasyonu	Hamurlaştırıcı sıcaklığı	CaCl ₂	Yüzdürme süresi	Yüzdürme konsantrasyonu	Yüzdürme sıcaklığı
	%	%	%	%	%	dk.	%	°C	mol/L	dk.	%	°C
H1	-	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H2	-	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H3	-	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H4	-	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H5	0,25	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H6	0,25	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H7	0,25	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H8	0,25	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H9	0,50	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H10	0,50	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H11	0,50	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H12	0,50	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H13	0,75	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H14	0,75	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H15	0,75	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H16	0,75	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H17	1,00	0,25	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H18	1,00	0,50	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H19	1,00	0,75	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45
H20	1,00	1,00	1	0,2	1	10	7	45	0,003	10	1	45

2.2.4. Kesafet Artırma İşlemi

Kesafet artırma işlemi 10 litre kapasiteli ve 200 tyler meshlik (0,075mm açıklık veya DIN No:80) iç hazne eleğine sahip Degussa yıkama hücresinde gerçekleştirilmiştir. Yüzdürme işleminden sonra %1 konsantrasyondaki mürekkebi giderilmiş hamur, yıkama hücresinin iç haznesine doldurulmuş ve atık suyun elek dışına çıkması kendi haline bırakılarak sağlanmıştır. Ardından, iç haznede kalan hamur sıkılarak konsantrasyonun %30-32 civarına gelmesi sağlanmıştır. Dış hazne içerisindeki atık su ise 15 litrelik kovada ileriki analizler için muhafaza edilmiştir. Yüksek konsantrasyondaki hamur, rutubet tayini için gerekli örneğin alınmasından hemen sonra polietilen poşet içerisine koyularak -15°C'lik soğutucuda ileriki işlemler için saklanmıştır

2.2.5. Son Ağartma İşlemi

Son ağartma işlemi ağzı kapalı polietilen poşetler içerisinde sıcak su banyosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son ağartma işlemleri tüm hamurlara uygulanmamış olup yalnızca yüzdürme işlemi sonrası verim, mürekkep uzaklaştırma derecesi, parlaklık vb. özellikleri bakımından en uygun sonucu veren hamura uygulanmıştır. Ağartıcı kimyasal olarak, hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat, sodyum hidrosülfid, formamidin sülfirik asit ve sodyum borhidrür kullanılmıştır. Ağartma işlemleri öncesinde kağıt hamurları, zararlı metal iyonlarının etkisizleştirilmesi amacıyla %3 konsantrasyonda %0,4'lük EDTA ile 60°C'lik su banyosunda 15 dakika ön işleme uğratılmıştır. Uygulanan ağartma işlemlerine ait proses şartları Tablo 11'de görülmektedir.

Tablo 11. Son ağartma işlemlerine ilişkin proses şartları

	Sodyum dithionit (Y)				Formamidin sülfirik asit (FAS)				Sodyum borhidrür (B)				Hidrojen peroksit (H)				Sodyum perkarbonat (SPK)			
Reaktif oranları	%0,5	%1,0	%1,5	%2,0	%0,5	%1,0	%1,5	%2,0	%0,5	%1,0	%1,5	%2,0	%0,5 AO	%1,0 AO	%1,5 AO	%2,0 AO	%0,5 AO	%1,0 AO	%1,5 AO	%2,0 AO
NaOH	-				%0,25	%0,50	%0,75	%1,00	-				%0,9	%1,3	%1,7	%2,1	-			
pH	5,5				-				8,5				10,59	10,92	10,67	10,88	9,19	9,95	10,27	10,47
Sıcaklık	65°C				65°C				65°C				70°C				70°C			
Süre	60 dakika				60 dakika				60 dakika				60 dakika				60 dakika			
Konsantrasyon	%5				%5				%5				%12				%12			
DTPMA	-				%0,2				%0,2				%0,2				%0,2			
EDTA	%0,2				-				-				-				-			
MgSO₄	-				-				-				%0,5				%0,5			
Sodyum silikat	-				-				-				%3				%3			
<i>AO = Aktif Oksijen</i>																				
<i>Ayrıca çalışma kapsamında %2 oranındaki sodyum perkarbonat ağartması sonrası elde edilen hamurlar Formamidin sülfirik asit ve Sodyum borhidrür ağartma kademeleri ile %1 ve %2 oranlarında aşağıdaki dizinlerde olduğu gibi ikinci ağartma kademesine uğratılmıştır.</i>																				
<i>SPK(%2AO)+FAS(%1)</i>										<i>SPK(%2AO)+B(%1)</i>										
<i>SPK(%2AO)+FAS(%2)</i>										<i>SPK(%2AO)+B(%2)</i>										

2.3. Uygulanan Kimyasal ve Fiziksel Analizler

2.3.1. Kağıt Hamurlarına Uygulanan Analizler

2.3.1.1. Kağıt Hamurların Verimlerinin Belirlenmesi

Hamurlaştırma ve ardından uygulanan yüzdürme işlemi sonrası elde edilen hamurların verimleri, hamurlaştırıcıya ilave edilen tam kuru atık kağıda oranla hesaplanmaktadır. Çalışma kapsamında aynı zamanda, yüzdürme işlemi sonrası oluşan atık çamur, kesafet artırma işlemi sonrası açığa çıkan süzüntü sudaki askıda katı madde miktarı ve çözülmüş katı madde miktarı, hamur verimi ve ilk başta hamurlaştırıcıya ilave edilen toplam katı madde miktarı yani atık kağıt ve kimyasal maddelerin hesaba katıldığı bilanço analizi dolayısı ile sistem verimliliği belirlenmiştir.

2.3.1.2. Kağıt Hamurları İçerisindeki Anorganik Madde Tayini

Laboratuvar çalışmaları boyunca yapılan anorganik madde tayinleri temel olarak iki ana grup altında yapılmıştır. Birinci grup, hamurlaştırma ve ardından uygulanan yüzdürme işlemi sonrası elde edilen kağıt hamurlarının anorganik madde miktarı, ikinci grup ise yüzdürme işlemi sırasında uzaklaştırılan atık çamurun anorganik madde miktarı tayinidir.

Yüzdürme işlemi sonrası elde edilen kağıt hamuru ve atık çamurun anorganik madde miktarını belirlemek amacıyla Tappi 211 om-85 metodu kullanılmıştır.

Tam kuru madde miktarı bilinen hamur örnekleri, ilk olarak porselen krozeler içerisinde etüvde kurutulmuş ardından çeker ocak altında alevsiz şekilde yakılmıştır. Yakma işleminden sonra, krozeler kül fırınına alınarak $575 \pm 25^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 4 saat süre ile tüm organik maddelerin yanması sağlanmıştır. Kroze içerisindeki kalıntı madde tartılarak hamur içerisindeki % anorganik madde miktarı hesaplanmıştır (9).

$$\text{Anorganik Madde Miktarı (\%)} = [B/A] \times 100 \quad (9)$$

A : Tam kuru hamur ağırlığı (g)

B : 575°C 'de yakma işleminden sonraki kalıntı (g)

2.3.2. Atık Çamur ve Su Analizleri

2.3.2.1. Yüzdürme İşlemi Sırasında Açığa Çıkan Atık Çamur Analizi

Yüzdürme işlemi sırasında uzaklaştırılan madde atık çamur miktarının belirlenmesi ve çamur içerisindeki anorganik madde miktarının saptanması elde edilecek hamurun verimi ve diğer nitelikleri açısından önemlidir. Bu amaçla, yüzdürme hücrelerinin üst kısmında biriken lif, dolgu maddesi, mürekkep ve kirlilik karışımından oluşan süspansiyon yani yüzdürme atık çamuru, 1 litrelik bir mezüre alınarak bir süre katı maddelerin çökmesi için beklenmiştir. Çamur taslağın oluşturulma işlemi, daha önceden tam kuru ağırlığı belirlenmiş siyah bant külsüz filtre kâğıdından buhner hunisi ve vakum pompası yardımı ile süspansiyonun önce sıvı fazının daha sonra da katı fazının süzülmesi ile sağlanmıştır. Süzme sonunda oluşturulan yaklaşık % 50 kesafetteki çamur taslağı $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 'ye ayarlı bir etüvde kurularak tam kuru madde

miktarı hesaplanmıştır. Kuru haldeki bu taslaklar daha sonra yapılacak anorganik madde tayinleri için uygun bir ortamda muhafaza edilmiştir.

2.3.2.2. Atık Su İçerisindeki Askıda Katı Madde (AKM) Tayini

Özellikle kapalı devre sistemi ile üretim yapan kâğıt fabrikalarında işlemler sonrasında uzaklaştırılan süzüntü su tekrar kullanıldığı için bu su içerisinde bulunan askıda ve çözünmüş katı maddelerin miktarı önemlidir. Kesafet artırma işleminden sonra biriktirilmiş atık su içerisinde bulunan askıda katı madde miktarı tayini Tappi-656 metoduna göre yapılmıştır. 10 litrelik atık su $25 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ 'ye kadar soğutulduktan sonra homojenliğin sağlanması için iyice karıştırılmış ve bundan 500 ml örnek alınmıştır. Süzme işlemi 50 mm çaplı külsüz ve tam kuru ağırlığı daha önceden belirlenmiş beyaz bant filtre kâğıdından, süzme hunisi ve vakum pompası yardımı ile gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda filtre kâğıdı ve üzerindeki kalıntı $105 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde tam kuru hale gelene kadar kurutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. Bu değerden tam kuru filtre kâğıdı ağırlığı çıkarılarak kalıntı madde bulunmuş ve bu değerde 20 ile çarpılarak atık su içerisinde bulunan toplam askıda katı madde miktarı hesaplanmıştır. Filtre kâğıdı ve üzerindeki kalıntı madde anorganik madde tayini için uygun bir ortamda muhafaza edilmiştir. Ayrıca süzüntü su, çözünmüş katı madde miktarı tayini için temiz bir nuçe erleninde biriktirilmiştir.

2.3.2.3. Atık Su İçerisindeki Çözünmüş Katı Madde (ÇKM) Tayini

İşlemler sırasında çözünen ve atık su içerisine karışan katı maddenin (ÇKM) tayini için Tappi-656 test metodu kullanılmıştır. Toplam çözünmüş katı madde miktarını belirlemek için AKM tayininden sonra nuçe erleninde biriktirilen süzüntü kullanılmıştır. 250 ml süzüntü daha önceden tam kuru ağırlığı belirlenmiş ısıya dayanıklı cam kase içerisine dökülerek kaynatılmıştır. Kaynatma işlemi kase içerisinde yaklaşık 20-30 ml süzüntü kalana kadar devam edilmiş ve ardından düşük sıcaklıkta tamamen buharlaşma tamamlanmıştır. İşlem sonunda kase tekrar hassas terazide tartılarak kalıntı madde miktarı hesaplanmıştır. Bu değer de 40 ile çarpılmak sureti ile 10 litre atık su içerisindeki işlemler sırasında çözünmüş katı madde miktarı bulunmuştur.

2.3.2.4. Atık Suyun İletkenlik ve Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarının Belirlenmesi

Kesafet artırma işlemi sonrası oluşan süzüntü sudan alınan numuneler üzerinden pH, iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde miktarları ölçülmüştür. Bu değerler özellikle ortamda bulunan kalsiyum iyon yoğunluğu, ortama ilave edilen alkali ve kimyasalların özelliklerine göre farklılık göstermektedir.

2.3.3. Optik Testler

2.3.3.1. Optik Testler İçin Test Kağıdı ve Test Pedlerinin Hazırlama İşlemi

Hamurlaştırıcı ve yüzdürme hücresi içerisinde farklı proses koşullarında üretilen hamurlar ve son ağartma işlemine uğratılan hamurların, mürekkep uzaklaştırma etkinliği, parlaklık, beyazlık ve renk değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla Rapid Köthen test cihazında standart laboratuvar test kağıtları ISO standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Makine giriş suyunun, elde edilecek kağıtların optik niteliklerine zarar vermemesi için makine ana giriş ve kağıt formasyonu ünitesine giriş noktalarına iki adet su filtresi takılmış ve aralıklarla değiştirilmiştir. Elde edilen laboratuvar kağıtlarının gramajları ise 70g/m^2 olarak hedeflenmiş ve taslaklar kurutma ünitesinde $93\pm 4^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 7 dakika süre ile kurutulmuştur.

Optik özelliklerin belirlenebilmesi, özellikle mürekkep giderme etkinliğinin belirlenebilmesi için kağıt hamurundan süzgeç kağıdı ve buhner hunisi kullanılarak oluşturulan pedler aynı hamurdan hazırlanan deneme kağıtlarına göre bazı durumlarda daha hatasız sonuçlar verebilmektedir. Bunun nedeni kağıt hazırlama prosesi sırasında ortamda bulunan küçük mürekkep parçacıkları ve dolgu maddelerinin yıkanarak ortamdan uzaklaşmasıdır. Oysa kağıt pedleri, geçirgenliği daha az olan süzgeç kağıdı kullanımından ve konsantrasyonun daha yoğun olmasından dolayı hamurun özelliklerini daha iyi temsil etmektedir. Bu amaçla, kolektör madde ve kalsiyum klorür oranının etkilerinin araştırıldığı ilk bölümde INGEDE Test Method 1'in 4.1.1 maddesine göre kağıt pedleri hazırlanmıştır. Bu yöntemle göre tam kuru ağırlığı 4g olacak şekilde alınan kağıt hamuru 1 litreye seyreltilmiş ve üzerine filtre kağıdı yerleştirilen 160mm çaplı buhner hunisinde bir vakum kaynağı ile süzölmüştür. Daha sonra elde edilen pedler Rapid-Köthen kurutucusunda 10

dakikalık süreyle kurutulmuştur. Ölçüm yapılana kadar kağıt pedi süzgeç kağıdından sökülmemiştir.

2.3.3.2. Test Kağıtlarına Ait ISO Parlaklık Ölçümü

Deneme kağıtlarının parlaklık değerleri ISO 2470-1977 (E) standardı esas alınarak Minolta CM-2600d Spektrofotometresinde belirlenmiştir. Parlaklık ölçümleri, deneme kağıtları ışığı geçirmeyecek şekilde dörde katlanarak aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde kağıdın iki yüzündeki farklı noktalardan yapılan ölçümler ile gerçekleştirilmiştir.

- MASK/GLOSG :M/I+E
- UV Ayarları :UV%0
- Aydınlatıcı 1 :D65
- Aydınlatıcı 2 :C
- Observer :10°C
- Ekran :Diff&ABS
- Renk Genişliği :B ISO 2470
- Auto Avg :1
- Gecikme Zamanı :0,05

2.3.3.3. Test Kağıtlarına Ait CIE Beyazlık İndeksi (WI) Ölçümü

Beyazlık ölçümü Minolta CM-2600d Spektrofotometresinde ISO/DIS 11476 standardına göre yapılmıştır. Beyazlık ölçümünde farklı yöntemler bulunmakla birlikte bu çalışma kapsamında CIE beyazlık değerleri ve Ganz tint değerleri ölçülmüştür. Dış (D65/10°) ve iç (C/2°) ışık ortamında gerçekleştirilen analizler için hesaplama işlemi, ISO 11475 ve 11476 standartlarında verilen 400-700nm dalga boylarına karşılık gelen X (kırmızı), Y (Yeşil) ve Z (mavi) ışıkların ağırlık faktörleri kullanılarak otomatik olarak yapılmıştır.

2.3.3.4. Test Kağıtlarına Ait Sarılık İndeksi (YI) Ölçümü

Sarılık indeksi ölçümü Minolta CM-2600d Spectrofotometresinde ASTM D1925 standardına göre yapılmıştır.

2.3.3.5. Test Kağıtlarına Ait CIE L*a*b* Renk Değerlerinin Ölçümü

Renk ölçümleri ISO/CD 5631 standardına göre difüz reflektans metodu ile yapılmıştır. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından 1971 yılında kağıt endüstrisi için önerilen bu sistem trisitumulus (X, Y, Z) değerlerinden program aracılığı ile L*a*b* CIELAB koordinatlarının hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.6. Test Pedi ve Kağıtlarından Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği IE₇₀₀ ve IE₉₅₀ Değerlerinin Ölçülmesi

Bu amaçla INGEDE test metod 2 ye göre test kağıdı ve hamur pedi üzerinden IE₉₅₀ ve IE₇₀₀ yani 950 ve 700nm dalga boyunda ölçülen reflektans değeri ile baskılı ve baskısız kağıtlardan hazırlanan kontrol örneklerinin reflektans değerleri baz alınarak hesaplanan, mürekkep giderme etkinliği (Ink Elimination) ölçülmüştür (Formül 10). Reflektans ölçümleri Specord 40 UV-VIS-NIR spektrofotometresi ve bu alete uygun kağıt ve benzeri yüzeyler üzerinden ölçüme olanak veren diffuse reflektans ekipmanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$IE_{950}(\%) = \frac{\left[\frac{(1 - R_{\infty,UP})^2}{R_{\infty,UP}} \right] - \left[\frac{(1 - R_{\infty,DP})^2}{R_{\infty,DP}} \right]}{\left[\frac{(1 - R_{\infty,UP})^2}{R_{\infty,UP}} \right] - \left[\frac{(1 - R_{\infty,unpr})^2}{R_{\infty,unpr}} \right]} * 100 \quad (10)$$

- **IE₇₀₀ veya IE₉₅₀ :** 700 veya 950nm Dalga Boyunda Ölçülen Mürekkep Giderme Etkinliği
- **R_{∞,UP} :** Mürekkebi Giderilmemiş Hamurun 700 veya 950nm Dalga Boyundaki Reflektansı

- $R_{\infty,DP}$: Mürekkebi Giderilmiş Hamurun 700 veya 950nm Dalga Boyundaki Reflektansı
- $R_{\infty,unpr}$: Baskı Yapılmamış Kâğıttan Elde Edilen Hamurun 700 veya 950nm Dalga Boyundaki Reflektansı

$$\frac{(1 - R_{\infty,unpr})^2}{R_{\infty,unpr}} \quad (11)$$

Değeri bazı durumlarda, özellikle baskı yapılmamış kağıt hamurunun temin edilemediği durumlarda sıfır olarak kabul edilmektedir.

2.3.3.7. Test Kağıtlarından Efektif Kalıntı Mürekkep Miktarının (ERIC) Ölçümü

Yapılan yüzdürme işlemi sonrası kağıt hamuru içerisindeki efektif kalıntı mürekkep miktarı (ERIC), test kağıtları üzerinden 950 nm dalga boyunda ölçülen absorpsiyon katsayısı ve mürekkebin absorpsiyon katsayısından faydalanılarak TAPPI Methods T 567 pm-97 ye göre belirlenmiştir. Ölçümler Specord 40 UV-VIS-NIR spektrofotometresi ve bu alete uygun kağıt yüzeyinden ölçüme olanak veren diffuse reflektans ekipmanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Reflektans değerleri standartlarda belirtildiği gibi 4 kat üzerinden, ışık dağıtma katsayısı ise siyah bir yüzey üzerinden tek kat kağıt üzerinden gerçekleştirilmiştir.

ERIC değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır,

$$(k_{\text{kağıt}} / k_{\text{mürekkep}}) \cdot 10^6 \quad (12)$$

$k_{\text{kağıt}}$: Test kağıdının 950nm dalga boyundaki ışık absorpsiyon katsayısı.

$k_{\text{mürekkep}}$: Mürekkebin 950nm dalga boyundaki ışık absorpsiyon katsayısı. Bu değer genellikle $10.000 \text{ m}^2/\text{kg}$ olarak sabit alınır.

Işık absorpsiyon katsayısı ise kubelka-munk teoremine göre aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$k = s \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}} \quad (13)$$

$$s = \left[\frac{R_{\infty}}{w(1 - R_{\infty}^2)} \right] \ln \left[\frac{1 - R_0 R_{\infty}}{1 - R_0 / R_{\infty}} \right] \quad (14)$$

k = Absorbsiyon katsayısı

s = Işık dağıtma katsayısı

R_{∞} = Kağıdın 950 nm dalga boyundaki reflektansı (üst üste konulmuş kağıtlar üzerinden ölçülür).

R_0 = Kağıdın 950 nm dalga boyunda altına siyah bir yüzey konularak ölçülen reflektansı.

w = Kağıdın gramajı

2.3.3.8. Test Kağıtlarının Kısa Dalga Boyunda Uygulanan Işık ile Yaşlandırılması

Yüzdürme işlemine uğratılmış ve ağartılmış hamurlar, Desaga (Heidelberg) UVIS ışık kaynağı ile 254 ve 366 nm dalga boyunda 30, 60, 120, 240 ve 480 dakikalık sürelerde uygulanan ışık ile yaşlandırılmış ve kontrol örneklerine göre ISO parlaklık değeri, sarılık indeksi (YI) ve CIE L*a*b* renk değerlerindeki değişim gözlenmiştir. Yaşlandırma işlemi oda sıcaklığı ve % 50 bağıl nem şartlarını sağlayacak şekilde karanlık bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Işığın yol açtığı foto bozunma üzerine bir çok çalışma gerçekleştirilmiş olup kısa dalgada uygulanan ışığın hamurun rengini önemli ölçüde sararttığı belirlenmiştir (Andrady vd, 1991).

2.3.4. Test Kağıtlarına Uygulanan Fiziksel Testler

2.3.4.1. Fiziksel Testler İçin Laboratuvar Kağıdı Formasyonu

Son ağartma kademesi sonucunda elde edilen ağartılmış hamurların test kağıtları Rapid Köthen test kağıdı cihazında ISO standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Makine giriş suyunun, elde edilecek kağıtların optik niteliklerine zarar vermemesi için makine ana giriş ve kağıt formasyonu ünitesine giriş noktalarına iki adet su filtresi takılmış ve aralıklarla değiştirilmiştir. Elde edilen laboratuvar kağıtlarının gramajları ise 70g/m² olarak

hedeflenmiş ve taslaklar kurutma ünitesinde $93\pm 4^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 7 dakika süre ile kurutulmuştur.

2.3.4.2. Test Kağıtlarının Şartlandırılması

Elde edilen laboratuvar kağıtları, Tappi 402-om-88 standardına göre $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 2$ bağıl nem içerecek şekilde ayarlanan şartlandırma odasında 1 hafta bekletildikten sonra fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

2.3.4.3. Rutubet, Gramaj, Kalınlık ve Yoğunluk Tayinleri

Kullanılan baz kağıtta ve standart laboratuvar kağıtlarında rutubet tayinleri Tappi 412 standart yöntemine göre, gramajları ise ISO/DIS 536 standardı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar 1m^2 deki tam kuru madde miktarı olarak verilmiştir. Ayrıca kağıtların kalınlıkları Tappi T411 om-89 metoduna uygun olarak belirlenirken hacimlilik ve yoğunlukları da hesaplama yoluyla bulunmuştur.

2.3.4.4. Patlama Testi

Kağıtların patlama testleri Tappi 403 om-91 metoduna göre HEM mullen tipi standart patlama test cihazında gerçekleştirilmiştir. Patlama direnci kadran üzerinden kgf/cm^2 olarak kaydedilmiş ve patlama indisi aşağıdaki formüle (15) göre hesaplanmıştır.

$$\text{Patlama} - \text{ind.} (\text{kPa.m}^2 / \text{g}) = \frac{\text{Patl. Dir.} (\text{kgf} / \text{cm}^2) \times 98,06}{\text{Gramaj} (\text{g} / \text{m}^2)} \quad (15)$$

2.3.4.5. Kopma Testi

Tappi 404 om-87 standardına uygun olarak Karl Frank-800 pendulum tipi kopma cihazı ile kağıt şeritlerin gram-kuvvet cinsinden kopma direnci ölçülmüştür. 15 mm genişliğinde kesilen kağıt şeritler, 100mm uzunluğunda aralığa sahip koparma çeneleri arasına yerleştirilerek ve çekme hızı 120mm/dak. olarak ayarlanarak kopmanın 20 ± 5

saniyede gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kaydedilen gram-kuvvet (gf) cinsinden kopma direnci aşağıdaki formüle (16) göre kopma indisine çevrilmiştir.

$$Kopma \text{ İnd. } (N.m / g) = \frac{Kopma \text{ Direnci}(gf) \times 0.0098}{\text{Şerit Gen.}(m) \times Gramaj(g / m^2)} \quad (16)$$

Ayrıca, kopma işlemi sırasında meydana gelen uzama % olarak kadrandan okunarak kaydedilmiştir.

2.3.4.6. Yırtılma Testi

Yırtılma testi, Tappi 414 om-88 standardına göre Elmendorf-1650 tipi yırtılma cihazında yapılmıştır. Kağıt örnekleri 62x100 mm boyutlarında kesildikten sonra 4 kat olacak şekilde yırtılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kadrandan okunan değer aşağıdaki formül (17) yardımı ile yırtılma indisine çevrilmiştir.

$$Yırtılma \text{ İnd. } (mN.m^2 / g) = \frac{Okunan \text{ Değ.} \times 3 \times 9,8}{Kagıt \text{ Ad.} \times Gramaj(g / m^2)} \quad (17)$$

2.4. İstatiksel Yöntemler

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı kullanılarak %95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Tezde kullanılan tüm kimyasal maddelerin çeşitli parametreler üzerindeki etkileri çoğul varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir. Çoğul varyans analizlerine ait tablolar Ek tablolar kısmında verilmiştir.

3. BULGULAR

Tez çalışması, “Yapılan Çalışmalar” başlığı altında da belirtildiği gibi üç ana bölümden oluşmaktadır. Çalışma sonucu elde edilen bulgular, bu üç ana başlık altında sunulmuştur. İlk bölümde ortama ilave edilen yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfatın, kalsiyum klorür oranına bağlı olarak etkilerinin incelendiği mürekkep uzaklaştırma derecesi ve verim değerlerine ait bulgular, ikinci bölümde hamurlaştırma sırasında kullanılan hidrojen peroksit, sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonat gibi ağartıcıların etkilerinin incelendiği analizlere ait bulgular, üçüncü bölümde ise son ağartma kademesine ait optik ve fiziksel testlere ait bulgular yer almaktadır.

3.1. Yüzdürme ile Mürekkep Uzaklaştırma Kademesinde Kalsiyum Klorür Miktarına Bağlı Olarak Yağ Asidi Sabunu (Olinor RS-4200) ve Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS) Etkilerinin Araştırıldığı Analizlere Ait Bulgular

3.1.1. Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH, İletkenlik ve TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 12, 13 ve 14’te belirtilen “pH 1” kimyasal madde ilavesi yapılmadan önce atık kağıt ve deiyonize suyun hamurlaştırıcı içerisindeki pH değerini, “pH 2” kimyasal maddeler ilave edildikten sonra hamurlaştırıcı içerisindeki pH değerini, “pH 3” hamurlaştırma işlemi sonrası ortamın pH değerini, “pH 4” ise yüzdürme işlemi ardından kesafet artırma işlemi sonrası ortaya çıkan süzüntü suyun pH değerini belirtmektedir. Ayrıca Tablo 12, 13, ve 14’te kesafet artırma işlemi sonrası oluşan süzüntü suyun iletkenlik değeri ve bu değere göre tespit edilen toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı da yer almaktadır. TDS ortamın iletkenliği baz alınarak ölçülen bir değer olup, sıvı içerisindeki toplam çözünmüş katı madde miktarının hesaplanmasında kullanılan diğer bir yöntem, suyun buharlaştırılması sonucu ortamda kalan katı çökeltinin ağırlığının ölçümüdür. Çözünmüş katı madde miktarı olarak adlandırılan bu değer, ileride ayrıca incelenmiştir.

Tablo 12. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri

Deney No	HAMURLAŞTIRICI				YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	Toplayıcı (Kolektör)	pH 1	pH 2	pH3	(CaCl ₂)	pH 4	TDS	İletkenlik
	-	-	-	-	mol/L	-	mg/L	µs/cm
B1	-	7,77	11,4	10,94	0,000	10,15	108	270,0
B2	-	7,66	11,28	10,56	0,001	9,71	172	430,0
B3	-	7,65	11,31	10,32	0,002	9,34	263	657,5
B4	-	7,47	11,24	10,38	0,003	9,3	332	830,0

Tablo 13. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun (olinor rs 4200) değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri

Deney No	HAMURLAŞTIRICI				YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	Toplayıcı (Kolektör)	pH 1	pH 2	pH3	(CaCl ₂)	pH 4	TDS	İletkenlik
	Olinor (%)	-	-		mol/L	-	mg/L	µs/cm
C1	0,25	7,45	11,30	10,61	0,000	10,14	109	272,5
C2	0,50	7,46	10,85	10,45	0,000	9,83	105	262,5
C3	0,75	7,57	11,26	10,53	0,000	10,04	108	270,0
C4	1,00	7,44	11,32	10,19	0,000	9,83	107	267,5
C5	0,25	7,66	11,29	10,52	0,001	9,72	172	430,0
C6	0,50	7,64	11,03	10,24	0,001	9,52	173	432,5
C7	0,75	7,47	11,29	10,39	0,001	9,48	179	447,5
C8	1,00	7,59	11,23	10,30	0,001	9,55	170	425,0
C9	0,25	7,59	11,26	10,45	0,002	9,41	246	615,0
C10	0,50	7,58	11,26	10,40	0,002	9,35	246	615,0
C11	0,75	7,61	11,23	10,34	0,002	9,42	255	637,5
C12	1,00	7,46	11,15	10,50	0,002	9,47	250	625,0
C13	0,25	7,48	11,35	10,42	0,003	9,49	333	832,5
C14	0,50	7,52	11,23	10,54	0,003	9,48	340	850,0
C15	0,75	7,53	11,27	10,44	0,003	9,34	333	832,5
C16	1,00	7,45	11,35	10,46	0,003	9,35	319	797,5

Tablo 14. Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, İletkenlik ve TDS değerleri

Deney No	HAMURLAŞTIRICI				YÜZDÜRME HÜCRESİ			
	Toplayıcı (Kolektör)	pH 1	pH 2	pH3	(CaCl ₂)	pH 4	TDS	İletkenlik
	SDS (g/L)	-	-		mol/L	-	mg/L	µs/cm
D1	0,003	7,29	11,02	10,16	0,000	9,69	101	252,5
D2	0,005	7,41	10,06	10,28	0,000	9,65	110	275,0
D3	0,007	7,37	11,02	10,22	0,000	9,64	112	280,0
D4	0,009	7,36	11,02	10,23	0,000	9,31	102	255,0
D5	0,003	7,58	11,05	10,23	0,001	9,19	173	432,5
D6	0,005	7,31	11,09	10,20	0,001	9,25	175	437,5
D7	0,007	7,53	11,13	10,24	0,001	9,38	170	425,0
D8	0,009	7,54	11,10	10,31	0,001	9,46	174	435,0
D9	0,003	7,35	11,07	10,10	0,002	9,18	250	625,0
D10	0,005	7,20	11,13	10,14	0,002	9,22	245	612,5
D11	0,007	7,24	11,08	10,21	0,002	9,24	244	610,0
D12	0,009	7,32	11,07	10,26	0,002	9,26	250	625,0
D13	0,003	7,58	11,15	10,25	0,003	9,17	345	862,5
D14	0,005	7,54	11,11	10,27	0,003	9,04	321	802,5
D15	0,007	7,45	11,19	10,36	0,003	9,17	331	827,5
D16	0,009	7,48	11,06	10,31	0,003	9,08	323	807,5

3.1.2. Hamurlaştırıcıya Giren ve Yüzdürme İşlemi Sonrası Çıkan Katı Madde Miktarlarına Ait Bulgular

Çalışma kapsamında hamurlaştırma kademesinde ilave edilen farklı oranlardaki yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfat oranının (SDS), değiştirilen kalsiyum klorür oranına bağlı olarak yüzdürme işlemi sonrası, hamur verimi, atık çamur miktarı, askıda katı madde miktarı (AKM) ve çözünmüş katı madde miktarları (ÇKM) üzerine gerçekleştirdiği etkiler araştırılmıştır. Tablo 15, 16 ve 17’de bu değerlere ait bulgular yer almaktadır.

Tablolarda yer alan

- “Madde girdisi” : sisteme giren tüm katı maddelerin yani atık gazete ve magazin kağıdı ile ortama ilave edilen sodyum hidroksit, sodyum silikat, kalsiyum klorür, sabun ve sodyum dodesil sülfat gibi kimyasal maddelerin miktarlarının toplamını,
- “Hamur Miktarı” :Yüzdürme işlemi sonrası mürekkebi uzaklaştırılmış hamur miktarını,
- “Atık Çamur” : yüzdürme işlemi sırasında ortamdan uzaklaştırılan mürekkep, lif, dolgu maddesi ve benzerlerini içeren çamur miktarını,

- “AKM” : yüzdürme işlemi sonrası kesafet artırma işlemi sırasında oluşan süzöntü sudaki askıda kalan katı madde miktarını,
- “ÇKM” : süzöntü suda bulunan çözünmüş katı madde miktarını,
- “Toplam Katı Madde Miktarı” : yüzdürme işlemi sonrası belirlenen hamur, atık çamur, askıda katı madde ve çözünmüş katı madde miktarlarının toplamını,
- “Madde Bilançosu” : ise toplam katı madde miktarının, giren madde miktarına oranını belirtmektedir.

Tablo 15. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	Toplayıcı Madde		Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM	Toplam Katı Madde Miktarı	Madde Bilançosu
	CaCl ₂								
		mol/L	g	g				%	
B1	-	0,000	102,20	90,81	1,9980	3,898	4,7221	101,428	99,24
B2	-	0,001	103,67	85,98	10,1550	1,852	5,0640	103,051	99,40
B3	-	0,002	105,14	82,95	13,5430	1,892	6,0520	104,437	99,33
B4	-	0,003	106,61	80,98	15,9689	1,920	6,7560	105,625	99,08

Tablo 16. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun (olinor rs 4200) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	Toplayıcı Madde (Sabun) (Olinor)		Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM	Toplam Katı Madde Miktarı	Madde Bilançosu
	CaCl ₂								
	%	mol/l	g	g				%	
C1	0,25	0,000	102,45	90,63	3,2981	3,1700	4,9754	101,774	99,34
C2	0,50	0,000	102,70	87,75	6,0868	3,0840	4,9886	101,809	99,13
C3	0,75	0,000	102,95	85,86	7,8269	3,0540	5,1410	102,122	99,20
C4	1,00	0,000	103,20	84,45	8,9617	3,0200	5,4230	102,455	99,28
C5	0,25	0,001	103,92	84,07	11,5765	1,8400	5,6500	103,137	99,25
C6	0,50	0,001	104,17	82,85	12,7729	1,8921	5,7320	103,247	99,11
C7	0,75	0,001	104,42	82,95	12,9272	1,9932	5,8690	103,739	99,35
C8	1,00	0,001	104,67	82,65	13,6200	1,8985	5,6542	103,823	99,19
C9	0,25	0,002	105,39	82,11	14,5797	1,9428	5,9400	104,573	99,22
C10	0,50	0,002	105,64	82,02	14,9647	1,8923	5,8970	104,774	99,18
C11	0,75	0,002	105,89	80,83	16,3626	1,9760	6,0190	105,188	99,34
C12	1,00	0,002	106,14	79,93	17,0947	1,8790	6,2890	105,193	99,11
C13	0,25	0,003	106,86	80,52	16,9489	1,7423	6,6880	105,899	99,10
C14	0,50	0,003	107,11	79,76	17,6895	1,6234	6,9890	106,062	99,02
C15	0,75	0,003	107,36	78,78	18,4623	1,6982	7,0890	106,030	98,76
C16	1,00	0,003	107,61	78,33	18,9948	1,5200	7,1950	106,040	98,54

Tablo 17. Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deneç No	Toplayıcı Madde (SDS)		Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	Toplam Katı Madde Miktarı		Madde Bilançosu	
	CaCl ₂	g/l				mol/l	AKM		ÇKM
D1	0,003	0,000	102,23	89,13	3,4798	4,2600	4,4160	101,286	99,08
D2	0,005	0,000	102,25	88,7	3,8671	4,4200	4,3320	101,319	99,09
D3	0,007	0,000	102,27	87,42	4,8322	4,3712	4,6840	101,507	99,25
D4	0,009	0,000	102,29	86,93	5,4996	4,1431	4,7140	101,287	99,02
D5	0,003	0,001	103,70	84,54	10,3852	3,1050	5,3410	103,371	99,68
D6	0,005	0,001	103,72	84,47	10,4756	3,1060	5,2190	103,271	99,57
D7	0,007	0,001	103,74	83,16	11,6561	2,9870	5,0932	102,896	99,19
D8	0,009	0,001	103,76	82,78	12,9828	2,7930	5,0200	103,576	99,82
D9	0,003	0,002	105,17	81,77	13,9685	2,4890	5,8010	104,029	98,91
D10	0,005	0,002	105,19	80,61	14,8712	2,4820	6,0520	104,015	98,88
D11	0,007	0,002	105,21	80,05	15,3210	2,6190	6,1720	104,162	99,00
D12	0,009	0,002	105,23	78,82	16,0963	2,5310	6,2910	103,738	98,58
D13	0,003	0,003	106,64	78,35	17,1747	2,0040	6,9980	104,527	98,02
D14	0,005	0,003	106,66	76,98	18,9600	1,9350	6,9510	104,826	98,28
D15	0,007	0,003	106,68	75,79	19,9167	1,9270	7,0670	104,701	98,14
D16	0,009	0,003	106,70	73,82	21,6360	1,9030	7,3600	104,719	98,14

3.1.3. Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği Organik ve İnorganik Madde Miktarlarına Ait Bulgular

Yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma işleminin amacı, atık kağıtlar içerisindeki mürekkep pigmentlerini uzaklaştırıp en yüksek verimle kağıt yapımına uygun lifleri tekrar geri kazanmaktır. Geri kazanmak istenen liflerin organik, uzaklaştırılmak istenen mürekkep pigmentlerinin inorganik madde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yüzdürme işlemi sonrası elde edilen hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarının belirlenmesi, işlem verimliliğinin anlaşılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Tablo 18, 19 ve 20'de yüzdürme işlemi sonrası hamur ve atık çamurun içerdiği organik ve inorganik madde miktarlarına ait bulgular yer almaktadır.

Tablo 18. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

			Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdiği			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdiği		
Deney No	Toplayıcı Madde	CaCl ₂	Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde	Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde
		mol/L	g	g	%	g	g	%
B1	-	0,000	87,6325	3,1775	3,50	1,3811	0,6169	30,88
B2	-	0,001	83,1418	2,8382	3,30	8,2333	1,9217	18,92
B3	-	0,002	80,2823	2,6677	3,22	10,6294	2,9136	21,51
B4	-	0,003	78,3958	2,5842	3,19	12,3311	3,6378	22,78

Tablo 19. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

			Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdiği			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdiği		
Deney No	Toplayıcı Madde	CaCl ₂	Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde	Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde
		%	mol/L	g	g	%	g	g
C1	0,25	0,000	87,5548	3,0752	3,39	1,6441	1,6540	50,15
C2	0,50	0,000	84,9798	2,8578	3,26	4,5396	1,7472	28,50
C3	0,75	0,000	83,1245	2,7355	3,19	5,7901	2,0368	26,02
C4	1,00	0,000	81,8260	2,6240	3,11	6,0736	2,7081	30,22
C5	0,25	0,001	80,5106	2,5594	3,08	10,1074	2,4691	19,63
C6	0,50	0,001	80,3711	2,4789	2,99	10,1474	2,6255	20,56
C7	0,75	0,001	80,5315	2,4185	2,92	10,2582	2,6690	20,65
C8	1,00	0,001	80,2833	2,3667	2,86	10,7956	2,8744	21,11
C9	0,25	0,002	79,5237	2,5463	3,10	11,3311	3,2486	22,28
C10	0,50	0,002	79,4849	2,4601	3,00	11,5770	3,3877	22,64
C11	0,75	0,002	78,3768	2,4032	2,97	12,8016	3,5610	21,76
C12	1,00	0,002	77,5556	2,3604	2,95	13,4281	3,6666	21,45
C13	0,25	0,003	78,2789	2,4811	3,07	13,0782	3,8707	22,84
C14	0,50	0,003	77,6132	2,4168	3,02	13,6390	4,0505	22,90
C15	0,75	0,003	76,7476	2,3324	2,95	14,3453	4,1170	22,30
C16	1,00	0,003	76,3782	2,1918	2,79	14,8069	4,1879	22,05

Tablo 20. Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	Toplayıcı Madde	CaCl ₂	Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdiği			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdiği		
			Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde	Organik Madde	İnorganik Madde	İnorganik Madde
	g/l	mol/L	g	g	%	g	g	%
D1	0,003	0,000	86,0424	3,0876	3,46	2,5020	0,9778	28,10
D2	0,005	0,000	85,7718	2,9282	3,30	2,6813	1,1858	30,66
D3	0,007	0,000	84,6136	2,8064	3,21	3,5131	1,3191	27,30
D4	0,009	0,000	84,1732	2,7568	3,17	4,0093	1,4903	27,10
D5	0,003	0,001	81,7744	2,7656	3,27	8,3837	2,0015	19,27
D6	0,005	0,001	81,8764	2,6036	3,08	8,3341	2,1415	20,44
D7	0,007	0,001	80,7464	2,5236	3,03	9,2710	2,3851	20,46
D8	0,009	0,001	80,4190	2,5010	3,02	10,3338	2,6490	20,40
D9	0,003	0,002	79,2277	2,5423	3,11	11,5508	2,4177	17,31
D10	0,005	0,002	78,2069	2,5131	3,11	12,1537	2,7175	18,27
D11	0,007	0,002	77,7390	2,4910	3,10	12,4573	2,8637	18,69
D12	0,009	0,002	76,6003	2,4470	3,10	13,0759	3,0204	18,76
D13	0,003	0,003	75,9783	2,4717	3,15	13,4404	3,7343	21,74
D14	0,005	0,003	74,7551	2,3549	3,05	15,1663	3,7937	20,01
D15	0,007	0,003	73,8422	2,2978	3,02	16,1805	3,7362	18,76
D16	0,009	0,003	71,9671	2,2429	3,02	17,8907	3,7453	17,31

3.1.4. Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfat gibi toplayıcı özellikteki kimyasalların yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma sistemlerindeki görevi ortamda bulunan kalsiyum iyonları vasıtasıyla, mürekkep parçacıklarının bir arada toplanmasını sağlamak ve bu parçacıkların hava kabarcıkları ile yüzeye taşınma olasılığını artırmaktır. Mürekkep uzaklaştırma açısından oldukça önemli olan bu yüzey aktif maddelerin etkinlikleri ancak yüzdürme işlemi sonrası elde edilen mürekkebi uzaklaştırılmış hamurun optik özelliklerinin tespit edilmesi sonucu belirlenebilir. Tablo 21, 22, ve 23’de işlem gören hamurların ISO parlaklık değerleri, mürekkep uzaklaştırma etkinliği olan IE₉₅₀ (ink elimination) değerleri, hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep miktarı olan ERIC değerleri ve hamurun bazı renk özelliklerine ait bulgular verilmiştir.

“ISO parlaklığı”, “IE₇₀₀” ve “IE₉₅₀” değerleri ingede test metoduna göre hazırlanan hamur pedleri ve tappi standartlarına göre hazırlanan test kağıtları üzerinden, “L*a*b*” ve “efektif kalıntı mürekkep miktarı” yani “ERIC” değerleri ise test kağıtları üzerinden ölçülmüştür.

Tablo 21. Kalsiyum klorürün değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Hamur Pedi			Test Kağıdı						
Deney No	Toplayıcı Madde	CaCl ₂	ISO Parlaklığı	IE700	IE950	ISO Parlaklığı	IE700	IE950	ERIC	L*	a*	b*
		mol/L	%	%	%	%	%	%	ppm			
A1			-	-		-	-		7,54	-	-	-
A2			39,67	-	-	45,24	-	-	431,7	-	-	--
B1	-	0,000	42,58	43,36	43,71	48,57	35,19	28,27	309,7	76,42	-0,74	5,70
B2	-	0,001	46,40	64,89	66,34	50,17	48,13	47,29	227,6	78,53	-0,71	6,35
B3	-	0,002	46,34	65,32	66,46	50,58	57,90	51,25	210,5	78,58	-0,58	6,87
B4	-	0,003	46,67	69,39	71,53	51,12	60,49	60,03	172,5	78,54	-0,56	7,02

A1 Baskı yapılmamış kağıtların karışımından hazırlanan hamur

A2 Kontrol hamuru, (hiçbir kimyasal kullanılmadan hamurlaştırılmıştır)

Tablo 22. Kalsiyum klorür ve yağ asidi sabununun değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Hamur Pedi			Test Kağıdı						
Deney No	Yağ Asidi Sabunu (Olinor)	CaCl ₂	ISO Parlaklığı	IE700	IE950	ISO Parlaklığı	IE700	IE950	ERIC	L*	a*	b*
	%	mol/L	%	%	%	%	%	%	ppm			
C1	0,25	0,000	44,49	51,83	51,99	51,14	48,43	42,83	246,8	77,26	-0,80	7,04
C2	0,50	0,000	47,28	66,94	67,13	52,36	61,53	56,86	186,2	78,54	-0,81	7,99
C3	0,75	0,000	49,70	75,40	75,43	52,34	62,89	61,71	165,3	81,17	-0,78	8,15
C4	1,00	0,000	50,08	75,68	76,09	52,38	64,82	62,23	163,1	81,37	-0,77	8,21
C5	0,25	0,001	49,26	73,72	74,89	52,03	58,69	57,56	183,2	80,47	-0,53	7,23
C6	0,50	0,001	49,99	76,46	75,36	52,93	66,71	64,72	152,3	81,26	-0,53	8,36
C7	0,75	0,001	51,50	80,31	80,53	53,00	68,71	67,27	141,3	82,72	-0,61	8,48
C8	1,00	0,001	52,25	85,13	85,10	53,18	73,37	71,18	124,4	83,21	-0,41	8,64
C9	0,25	0,002	47,97	67,35	68,71	52,49	59,33	57,70	182,6	80,06	-0,67	7,64
C10	0,50	0,002	48,54	77,25	78,23	53,67	66,85	65,68	148,2	80,81	-0,47	8,46
C11	0,75	0,002	50,31	80,97	81,83	53,61	70,57	68,86	134,4	82,19	-0,58	8,70
C12	1,00	0,002	50,84	84,03	84,23	53,65	72,28	70,53	127,2	83,01	-0,63	8,78
C13	0,25	0,003	47,29	71,29	73,47	52,75	62,51	61,94	164,3	79,82	-0,40	7,77
C14	0,50	0,003	48,09	80,40	81,19	54,12	68,89	66,76	143,5	80,66	-0,44	8,65
C15	0,75	0,003	49,90	80,43	81,41	54,00	70,22	68,66	135,3	81,56	-0,54	8,87
C16	1,00	0,003	50,96	86,58	86,49	54,13	72,81	71,76	121,9	82,93	-0,68	8,97

Tablo 23. Kalsiyum klorür ve sodyum dodesil sülfatın (SDS) değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Hamur Pedi			Test Kağıdı						
Deneç No	SDS (Sodyum dodesil sülfat)	CaCl ₂	ISO Parlaklığı			ISO Parlaklığı						
			IE700	IE950	ERIC	L*	a*	b*				
g/L	mol/L	%	%	%	%	%	%	ppm				
D1	0,003	0,000	42,59	52,86	54,29	49,53	37,40	30,84	298,6	76,41	-0,72	5,90
D2	0,005	0,000	43,42	59,12	60,10	51,12	38,12	33,92	285,3	77,09	-0,71	6,89
D3	0,007	0,000	46,56	64,22	65,26	51,57	43,68	41,10	254,3	78,50	-0,74	7,19
D4	0,009	0,000	46,13	62,29	64,83	52,21	48,26	48,14	223,9	78,62	-0,73	7,67
D5	0,003	0,001	47,64	70,10	71,71	50,23	55,57	51,08	210,9	78,66	-0,82	6,41
D6	0,005	0,001	48,43	70,67	72,64	51,38	57,39	53,02	202,8	78,96	-0,80	7,03
D7	0,007	0,001	48,94	70,82	72,81	51,78	60,28	54,52	196,4	79,87	-0,78	7,32
D8	0,009	0,001	48,65	74,21	75,70	52,44	60,55	55,30	193,0	80,04	-0,77	7,83
D9	0,003	0,002	47,87	74,00	75,00	50,61	58,36	53,67	200,3	78,79	-0,81	6,94
D10	0,005	0,002	48,22	74,21	75,15	51,41	57,18	57,06	187,1	78,91	-0,82	7,13
D11	0,007	0,002	48,54	74,77	75,71	51,83	61,59	58,38	182,3	80,50	-0,74	7,43
D12	0,009	0,002	48,29	75,07	76,49	52,58	61,63	59,47	176,4	80,64	-0,57	8,01
D13	0,003	0,003	48,02	77,80	78,92	51,13	64,24	61,32	167,0	81,21	-0,55	7,09
D14	0,005	0,003	48,85	79,35	80,31	51,52	64,59	62,60	161,5	81,32	-0,49	7,31
D15	0,007	0,003	49,27	80,50	81,72	51,85	65,60	63,96	155,6	81,53	-0,54	7,56
D16	0,009	0,003	49,60	79,93	80,62	52,67	65,45	64,24	154,4	81,79	-0,56	8,10

3.2. Hamurlaştırıcı İçerisine İlave Edilen Alkali ve Ağartıcıların Etkilerinin Araştırıldığı Analizlere Ait Bulgular

Tez çalışmasının ikinci kısmında, hamurlaştırıcıya ilave edilen sodyum hidroksit miktarı ve ağartıcı olarak ortama katılan hidrojen peroksit, sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonatın yüzdürme işlemi sonrası hamurun bazı özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular, aşağıdaki başlıklar altında ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.2.1. Proses Aşamaları Sırasında Ölçülen pH, İletkenlik ve TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 24, 25, 26 ve 27’de belirtilen “pH 1” kimyasal madde ilavesi yapılmadan önce atık kağıt ve deiyonize suyun hamurlaştırıcı içerisindeki pH değerini, “pH 2” kimyasal maddeler ilave edildikten sonra hamurlaştırıcı içerisindeki pH değerini, “pH 3” hamurlaştırma işlemi sonrası ortamın pH değerini, “pH 4” ise yüzdürme işlemi ardından

kesafet artırma işlemi sonrası ortaya çıkan süzöntü suyun pH değerini belirtmektedir. Ayrıca Tablo 24, 25, 26 ve 27’de kesafet artırma işlemi sonrası oluşan süzöntü suyun iletkenlik değeri ve bu değere göre tespit edilen toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı da yer almaktadır.

Tablo 24. Sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışların sırasında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular

Deney No	HAMURLAŞTIRICI					YÜZDÜRME HÜCRESİ		
	NaOH %	Ağartıcı	pH 1	pH 2	pH3	pH 4	TDS mg/L	İletkenlik μ s/cm
E1	0,00	-	7,38	8,87	7,60	7,54	281	702,5
E2	0,25	-	7,24	9,63	7,89	7,78	283	707,5
E3	0,50	-	7,15	10,71	9,89	8,61	295	737,5
E4	0,75	-	7,22	11,22	10,47	9,24	298	745,0
E5	1,00	-	7,26	11,47	10,63	9,40	315	787,5

Tablo 25. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışları sırasında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular

Deney No	HAMURLAŞTIRICI					YÜZDÜRME HÜCRESİ		
	NaOH %	Hidrojen peroksit % Aktif oksijen	pH 1	pH 2	pH3	pH 4	TDS mg/L	İletkenlik μ s/cm
F1	0,00	0,25	7,31	8,58	7,21	7,63	325	812,5
F2		0,50	7,15	8,27	7,30	7,70	330	825,0
F3		0,75	7,46	8,54	7,34	7,45	331	827,5
F4		1,00	7,17	8,40	7,53	7,70	298	745,0
F5	0,25	0,25	7,26	9,87	9,00	7,76	324	810,0
F6		0,50	7,19	9,73	8,87	8,04	335	837,5
F7		0,75	7,28	9,68	8,70	7,88	341	852,5
F8		1,00	7,20	9,75	8,89	7,76	337	842,5
F9	0,50	0,25	7,34	10,45	9,72	8,35	346	865,0
F10		0,50	7,28	10,27	9,38	8,17	351	877,5
F11		0,75	7,15	10,18	9,45	8,26	338	845,0
F12		1,00	7,30	10,17	9,27	8,17	342	855,0
F13	0,75	0,25	7,37	10,75	10,13	8,95	357	892,5
F14		0,50	7,14	10,55	9,77	8,62	335	837,5
F15		0,75	7,15	10,47	9,53	8,41	359	897,5
F16		1,00	7,37	10,44	9,44	8,32	358	895,0
F17	1,00	0,25	7,39	11,05	10,25	9,08	371	927,5
F18		0,50	7,27	10,76	10,00	8,71	364	910,0
F19		0,75	7,15	10,57	9,71	8,55	365	912,5
F20		1,00	7,27	10,43	9,54	7,93	367	917,5

Tablo 26. Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışlarında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular

Deney No	HAMURLAŞTIRICI					YÜZDÜRME HÜCREŞİ		
	NaOH %	Sodyum perborat tetrahidrat % Aktif oksijen	pH 1	pH 2	pH3	pH 4	TDS mg/L	İletkenlik µs/cm
G1	0,00	0,25	7,37	9,33	8,97	8,45	363	907,5
G2		0,50	7,12	9,52	9,26	8,91	400	1000,0
G3		0,75	7,13	9,60	9,41	9,09	422	1055,0
G4		1,00	7,27	9,80	9,62	9,12	448	1120,0
G5	0,25	0,25	7,23	9,82	9,40	8,90	370	925,0
G6		0,50	7,22	9,89	9,45	9,02	401	1002,5
G7		0,75	7,35	9,91	9,63	9,03	442	1105,0
G8		1,00	7,19	9,94	9,57	9,04	475	1187,5
G9	0,50	0,25	7,22	10,25	9,73	9,15	371	927,5
G10		0,50	7,41	10,33	9,81	9,31	408	1020,0
G11		0,75	7,35	10,23	9,71	9,22	453	1132,5
G12		1,00	7,23	10,32	9,77	9,43	483	1207,5
G13	0,75	0,25	7,31	10,61	9,97	9,39	381	952,5
G14		0,50	7,40	10,47	9,98	9,43	423	1057,5
G15		0,75	7,39	10,48	9,84	9,40	465	1162,5
G16		1,00	7,26	10,48	9,83	9,46	491	1227,5
G17	1,00	0,25	7,24	11,07	10,25	9,51	402	1005,0
G18		0,50	7,32	10,87	10,21	9,60	433	1082,5
G19		0,75	7,45	10,74	10,17	9,58	453	1132,5
G20		1,00	7,35	10,79	10,15	9,65	494	1235,0

Tablo 27. Sodyum perkarboat ve sodyum hidroksit miktarının değişken parametre olduğu iş akışlarında ölçülen pH, TDS ve İletkenlik değerlerine ait bulgular

Deney No	HAMURLAŞTIRICI					YÜZDÜRME HÜCREŞİ		
	NaOH %	Sodyum perkarbonat % Aktif oksijen	pH 1	pH 2	pH3	pH 4	TDS mg/L	İletkenlik µs/cm
H1	0,00	0,25	7,10	9,60	9,03	8,04	363	907,5
H2		0,50	7,15	9,90	9,45	8,30	399	997,5
H3		0,75	7,24	10,04	9,76	8,46	427	1067,5
H4		1,00	7,34	10,11	9,83	8,60	479	1197,5
H5	0,25	0,25	7,31	10,06	9,60	8,76	369	922,5
H6		0,50	7,41	10,18	9,82	8,46	401	1002,5
H7		0,75	7,51	10,24	9,92	8,58	444	1110,0
H8		1,00	7,45	10,27	10,00	8,96	495	1237,5
H9	0,50	0,25	7,31	10,30	9,91	8,67	374	935,0
H10		0,50	7,43	10,39	10,01	8,56	409	1022,5
H11		0,75	7,37	10,40	10,10	8,81	451	1127,5
H12		1,00	7,53	10,42	10,13	9,32	501	1252,5
H13	0,75	0,25	7,51	10,54	10,06	8,65	384	960,0
H14		0,50	7,45	10,57	10,12	8,76	413	1032,5
H15		0,75	7,23	10,48	10,13	8,99	461	1152,5
H16		1,00	7,51	10,59	10,20	9,40	528	1320,0
H17	1,00	0,25	7,47	10,87	10,36	8,94	394	985,0
H18		0,50	7,53	10,74	10,24	8,95	421	1052,5
H19		0,75	7,45	10,68	10,33	9,37	476	1190,0
H20		1,00	7,36	10,68	10,37	9,74	572	1430,0

3.2.2. Hamurlaştırıcıya Giren ve Yüzdürme İşlemi Sonrası Çıkan Katı Madde Miktarlarına Ait Bulgular

Tablo 28. Sodyum hidroksitin etkisinin incelendiği iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	NaOH Ağırtıcı		Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM	Toplam Katı Madde Miktarı	Madde Bilançosu
	%	% Aktif oksijen							
E1	0,00	-	106,61	75,84	22,74	3,524	4,108	106,212	99,63
E2	0,25	-	106,86	77,14	19,71	2,688	5,984	105,522	98,75
E3	0,50	-	107,11	77,84	18,24	2,167	6,280	104,527	97,59
E4	0,75	-	107,36	77,96	18,17	2,091	6,810	105,031	97,83
E5	1,00	-	107,61	79,87	17,13	1,960	6,950	105,910	98,42

Tablo 29. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	NaOH Hidrojen peroksit		Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM	Toplam Katı Madde Miktarı	Madde Bilançosu
	%	% Aktif oksijen							
F1	0,00	0,25	106,61	75,89	21,84	3,381	3,912	105,023	98,51
F2		0,50	106,61	76,17	21,83	3,387	3,940	105,427	98,89
F3		0,75	106,61	76,19	21,92	3,313	3,904	105,327	98,80
F4		1,00	106,61	76,15	21,82	3,326	3,981	105,277	98,75
F5	0,25	0,25	106,86	77,75	19,01	3,014	5,524	105,298	98,54
F6		0,50	106,86	77,92	18,81	3,151	5,382	105,263	98,51
F7		0,75	106,86	78,02	18,53	3,031	5,681	105,262	98,50
F8		1,00	106,86	78,06	18,57	3,017	5,438	105,085	98,34
F9	0,50	0,25	107,11	78,68	17,71	2,941	6,190	105,521	98,52
F10		0,50	107,11	78,48	17,74	2,818	6,071	105,109	98,13
F11		0,75	107,11	79,26	17,38	2,848	6,203	105,691	98,68
F12		1,00	107,11	79,10	17,45	3,021	5,979	105,550	98,54
F13	0,75	0,25	107,36	78,55	17,81	2,201	6,319	104,880	97,69
F14		0,50	107,36	79,31	17,40	2,281	6,457	105,448	98,22
F15		0,75	107,36	79,54	17,20	2,084	6,671	105,495	98,26
F16		1,00	107,36	80,32	17,06	2,301	6,608	106,289	99,00
F17	1,00	0,25	107,61	80,88	17,72	1,891	6,613	107,104	99,53
F18		0,50	107,61	80,53	17,02	1,881	6,703	106,134	98,63
F19		0,75	107,61	80,87	16,51	1,891	6,904	106,175	98,67
F20		1,00	107,61	80,91	16,45	1,998	6,851	106,209	98,70

Çalışma kapsamında hamurlaştırma kademesinde ilave edilen farklı oranlardaki hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak yüzdürme işlemi sonrası, hamur verimi, atık

çamur miktarı, askıda katı madde miktarı (AKM) ve çözünmüş katı madde miktarları (ÇKM) üzerine gerçekleştirdiği etkiler araştırılmıştır. Tablo 28, 29, 30 ve 31’de bu değerlere ait bulgular yer almaktadır.

Tablo 30. Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksit'in değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deneş No	NaOH	Sodyum perborat tetrahidrat	Madde Girdisi	Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM	Toplam Katı Madde Miktarı	Madde Bilançosu
								g	%
	%	% Aktif oksijen	g	g				%	
G1	0,00	0,25	107,63	77,57	20,06	3,502	5,852	106,984	99,40
G2		0,50	108,65	78,69	19,04	3,496	5,672	106,898	98,39
G3		0,75	109,67	79,12	18,64	3,556	6,173	107,489	98,01
G4		1,00	110,69	79,87	17,90	3,520	6,491	107,781	97,37
G5	0,25	0,25	107,88	79,83	17,87	3,804	5,715	107,219	99,39
G6		0,50	108,90	80,52	17,41	3,417	6,194	107,541	98,75
G7		0,75	109,92	80,41	17,32	3,901	6,537	108,168	98,41
G8		1,00	110,94	80,65	17,28	3,850	6,642	108,422	97,73
G9	0,50	0,25	108,13	80,49	17,24	3,560	6,291	107,581	99,49
G10		0,50	109,15	80,67	17,16	3,378	6,710	107,918	98,87
G11		0,75	110,17	80,80	16,91	3,604	6,781	108,095	98,12
G12		1,00	111,19	80,84	16,79	3,761	6,842	108,233	97,34
G13	0,75	0,25	108,38	81,95	15,78	2,970	6,397	107,097	98,82
G14		0,50	109,40	82,37	15,46	2,772	6,657	107,259	98,04
G15		0,75	110,42	82,48	15,35	2,991	6,981	107,802	97,63
G16		1,00	111,44	82,75	15,01	2,781	7,107	107,648	96,60
G17	1,00	0,25	108,63	82,87	14,89	2,871	6,908	107,539	99,00
G18		0,50	109,65	83,16	14,67	3,012	7,018	107,860	98,37
G19		0,75	110,67	83,27	14,46	2,909	7,240	107,879	97,48
G20		1,00	111,69	83,36	14,39	2,817	7,657	108,224	96,90

Tablo 31. Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamurlaştırıcıya giren ve yüzdürme işlemi sonrası çıkan katı madde miktarlarına ait bulgular

Deney No	NaOH	Sodyum perkarbonat	Madde Girdisi	Toplam Katı Madde Miktarı				Madde Bilançosu	
				Hamur Miktarı	Atık Çamur	AKM	ÇKM		
	%	% Aktif oksijen	g	g				%	
H1	0,00	0,25	107,90	78,75	18,99	2,944	6,419	106,293	98,51
H2		0,50	109,19	80,94	16,79	2,864	7,061	107,255	98,23
H3		0,75	110,48	81,52	16,21	2,772	7,912	107,414	97,22
H4		1,00	111,77	83,84	13,89	2,724	7,761	108,215	96,82
H5	0,25	0,25	108,15	79,49	18,24	3,672	6,209	107,611	99,50
H6		0,50	109,44	81,33	16,40	3,399	6,701	107,830	98,53
H7		0,75	110,73	82,32	15,41	3,497	6,768	107,995	97,53
H8		1,00	112,02	86,66	11,07	3,647	7,773	109,150	97,44
H9	0,50	0,25	108,40	80,41	17,32	4,260	6,134	108,124	99,75
H10		0,50	109,69	81,42	16,31	4,390	6,934	109,054	99,42
H11		0,75	110,98	84,49	13,24	4,760	7,008	109,498	98,66
H12		1,00	112,27	89,50	8,23	4,930	7,719	110,379	98,32
H13	0,75	0,25	108,65	80,81	16,22	5,076	6,061	108,167	99,56
H14		0,50	109,94	81,92	15,51	5,247	6,761	109,438	99,54
H15		0,75	111,23	88,25	9,48	5,856	7,208	110,794	99,61
H16		1,00	112,52	91,35	6,38	5,128	7,976	110,834	98,50
H17	1,00	0,25	108,90	81,74	15,09	5,816	6,004	108,650	99,77
H18		0,50	110,19	83,12	14,41	6,057	6,213	109,800	99,65
H19		0,75	111,48	88,72	8,01	6,636	7,592	110,958	99,53
H20		1,00	112,77	94,71	3,02	6,456	8,104	112,290	99,57

3.2.3. Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçeriği Organik ve İnorganik Madde Miktarları

Tablo 32, 33, 34 ve 35’de yüzdürme işlemi sonrası hamur ve atık çamurun içerdiği organik ve inorganik madde miktarlarına ait bulgular yer almaktadır.

Tablo 32. Sodyum hidroksidin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

Den. No	Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdiği		Yüzdürme işlemi sırasında ortaya çıkan Atık Çamurun İçerdiği		
	Organik Madde	İnorg. Madde	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde
	g	g	g	g	%
E1	73,4500	2,3877	19,5147	3,2253	14,18
E2	74,8600	2,2767	16,4408	3,2692	16,59
E3	75,6600	2,1761	14,9518	3,2882	18,03
E4	75,9000	2,0581	14,7776	3,3924	18,67
E5	77,8100	2,0642	13,5832	3,5468	20,71

Tablo 33. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

			Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdii			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdii		
Den. No	NaOH	Hidrojen peroksit	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde
	%	% Aktif oksijen	g	g	%	g	g	%
F1	0,00	0,25	73,4900	2,3960	3,16	18,6521	3,1879	14,60
F2		0,50	73,8100	2,3628	3,10	18,6364	3,1936	14,63
F3		0,75	73,8200	2,3737	3,12	18,7281	3,1919	14,56
F4		1,00	73,7900	2,3609	3,10	18,6083	3,2117	14,72
F5	0,25	0,25	75,4700	2,2792	2,93	16,0866	3,2234	16,96
F6		0,50	75,6600	2,2558	2,90	15,7959	3,2141	17,09
F7		0,75	75,7400	2,2766	2,92	15,5053	3,2247	17,40
F8		1,00	75,7900	2,2694	2,91	15,4363	3,2337	17,41
F9	0,50	0,25	76,4700	2,2076	2,81	14,5411	3,2689	18,46
F10		0,50	76,2900	2,1894	2,79	14,5445	3,2955	18,58
F11		0,75	77,0600	2,2006	2,78	14,1925	3,2875	18,92
F12		1,00	76,8800	2,2173	2,80	14,2407	3,2693	18,74
F13	0,75	0,25	76,3800	2,1718	2,76	14,4214	3,3886	19,03
F14		0,50	77,1700	2,1436	2,70	14,0704	3,3796	19,42
F15		0,75	77,4156	2,1251	2,67	13,9083	3,3917	19,72
F16		1,00	78,2100	2,1067	2,62	13,7792	3,3808	19,82
F17	1,00	0,25	79,8000	2,0783	2,54	13,3548	3,5652	21,32
F18		0,50	78,4800	2,0507	2,55	13,6187	3,5413	20,81
F19		0,75	78,7983	2,0687	2,56	13,1515	3,5785	21,67
F20		1,00	78,8300	2,0795	2,57	12,9934	3,5866	21,80

Tablo 34. Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdęi inorganik ve organik madde miktarlarına ait bulgular

			Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdęi			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdęi		
Den. No	Sodyum perborat tetrahidrat		Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde
	NaOH	%Aktif oksijen						
G1	0,00	0,25	74,8700	2,7043	3,49	16,8246	3,2354	16,13
G2		0,50	76,0100	2,6844	3,41	15,7868	3,2532	17,09
G3		0,75	76,4800	2,6384	3,33	15,3533	3,2867	17,63
G4		1,00	77,2500	2,6162	3,28	14,5860	3,3140	18,51
G5	0,25	0,25	77,2700	2,5600	3,21	14,6128	3,2572	18,23
G6		0,50	77,9900	2,5349	3,15	14,1304	3,2796	18,84
G7		0,75	77,8900	2,5164	3,13	14,0261	3,2939	19,02
G8		1,00	78,1500	2,4964	3,10	13,9650	3,3150	19,18
G9	0,50	0,25	77,9800	2,5130	3,12	13,9657	3,2743	18,99
G10		0,50	78,1700	2,5044	3,10	13,8438	3,3162	19,33
G11		0,75	78,2950	2,5003	3,09	13,5684	3,3416	19,76
G12		1,00	78,3678	2,4742	3,06	13,4394	3,3506	19,96
G13	0,75	0,25	79,5300	2,4229	2,96	12,4019	3,3781	21,41
G14		0,50	79,9100	2,4560	2,98	12,0791	3,3809	21,87
G15		0,75	80,0500	2,4266	2,94	11,9418	3,4082	22,20
G16		1,00	80,3400	2,4083	2,91	11,5982	3,4118	22,73
G17	1,00	0,25	80,6000	2,2719	2,74	11,3450	3,5450	23,81
G18		0,50	80,8500	2,3130	2,78	11,1110	3,5590	24,26
G19		0,75	80,9700	2,3028	2,77	10,9153	3,5447	24,51
G20		1,00	81,1000	2,2593	2,71	10,8214	3,5686	24,80

Tablo 35. Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında, hamur ve atık çamurun içerdii inorganik ve organik madde miktarları

Den. No	Sodyum perkarbonat		Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurun İçerdii			Yüzdürme işlemi sırasında ortaya Çıkan Atık Çamurun İçerdii		
	NaOH	%Aktif oksijen	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde	Organik Madde	İnorg. Madde	İnorg. Madde
	%		g	g	%	g	g	%
H1	0,00	0,25	76,3873	2,3619	3,00	15,7544	3,2306	17,02
H2		0,50	78,7370	2,2012	2,72	13,4449	3,3491	19,94
H3		0,75	79,4100	2,1058	2,58	12,7508	3,4592	21,34
H4		1,00	81,8100	2,0296	2,42	10,3156	3,5744	25,73
H5	0,25	0,25	77,2500	2,2394	2,82	14,9752	3,2648	17,90
H6		0,50	79,1682	2,1598	2,66	13,1006	3,2994	20,12
H7		0,75	80,1900	2,1308	2,59	11,9976	3,4124	22,14
H8		1,00	84,4600	2,2008	2,54	7,7478	3,3222	30,01
H9	0,50	0,25	78,2800	2,1334	2,65	14,0062	3,3138	19,13
H10		0,50	79,2700	2,1534	2,64	13,0459	3,2641	20,01
H11		0,75	80,3000	2,1937	2,66	12,0926	3,1474	20,65
H12		1,00	87,2600	2,2451	2,51	6,1135	2,1163	25,72
H13	0,75	0,25	78,7068	2,1000	2,60	12,9220	3,2998	20,34
H14		0,50	79,7300	2,1904	2,67	12,3119	3,2014	20,64
H15		0,75	86,0400	2,2087	2,50	7,3443	2,1347	22,52
H16		1,00	89,0803	2,2667	2,48	4,8450	1,5350	24,06
H17	1,00	0,25	79,6500	2,0850	2,55	11,8577	3,2323	21,42
H18		0,50	80,8500	2,2691	2,73	11,2607	3,1479	21,85
H19		0,75	86,4300	2,2966	2,59	6,0076	1,9992	24,97
H20		1,00	92,3900	2,3233	2,45	2,0703	0,9457	31,36

3.2.4. Yüzdürme İşlemi Sonrası Elde Edilen Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Tablo 36, 37, 38 ve 39'da işlem gören hamurların ISO parlaklık değerleri, mürekkep uzaklaştırma etkinliği olan IE₉₅₀ (ink elimination) değerleri, hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep miktarı olan ERIC değerleri ve hamurun CIE L*a*b* renk değerlerine ait bulgular verilmiştir.

Tablo 36. Sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Test Kağıdı					
Deney No	NaOH	Ağartıcı	ISO Parlaklığı	IE950	ERIC	L*	a*	b*
	%	% Aktif oksijen	%	%	ppm			
A1	-	-	-	-	7,54	-	-	-
A2	-	-	45,24	-	431,7	-	-	--
E1	0,00	-	48,98	54,69	195,6	78,71	-0,35	6,86
E2	0,25	-	49,04	59,12	176,5	79,09	-0,22	7,04
E3	0,50	-	48,42	61,11	167,9	78,65	-0,18	7,64
E4	0,75	-	48,81	65,20	150,3	78,71	-0,10	7,81
E5	1,00	-	48,34	65,65	148,3	78,70	-0,08	8,22

A1 Baskı yapılmamış kağıtların karışımından hazırlanan hamur

A2 Kontrol hamuru, (hiçbir kimyasal kullanılmadan hamurlaştırılmıştır)

Tablo 37. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Test Kağıdı					
Deney No	NaOH	Hidrojen peroksit	ISO Parlaklığı	IE950	ERIC	L*	a*	b*
	%	% Aktif oksijen	%	%	ppm			
F1	0,00	0,25	49,00	52,22	206,3	78,78	-0,36	6,50
F2		0,50	49,44	49,95	216,1	78,81	-0,37	6,30
F3		0,75	49,65	51,02	211,5	78,85	-0,45	6,18
F4		1,00	50,19	52,29	206,0	79,04	-0,41	6,14
F5	0,25	0,25	50,42	55,94	190,2	79,48	-0,38	6,89
F6		0,50	51,00	57,30	184,3	79,81	-0,40	6,56
F7		0,75	51,54	59,18	176,2	80,41	-0,54	7,18
F8		1,00	52,12	59,72	173,9	80,98	-0,58	6,87
F9	0,50	0,25	50,95	61,19	167,6	80,19	-0,46	7,63
F10		0,50	52,38	62,68	158,1	81,34	-0,61	7,71
F11		0,75	52,87	62,78	160,7	81,67	-0,63	7,63
F12		1,00	53,04	63,31	158,4	82,19	-0,65	7,65
F13	0,75	0,25	51,01	64,87	151,7	80,21	-0,54	8,20
F14		0,50	52,77	64,58	152,9	82,01	-0,64	8,11
F15		0,75	53,15	64,92	151,5	82,40	-0,65	8,28
F16		1,00	53,75	65,22	150,1	82,71	-0,69	8,11
F17	1,00	0,25	51,88	65,62	148,4	81,56	-0,62	8,35
F18		0,50	53,46	66,42	145,0	82,75	-0,73	8,65
F19		0,75	54,06	67,37	140,9	82,92	-0,79	8,77
F20		1,00	54,10	69,12	133,3	83,02	-0,81	8,60

Tablo 38. Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Test Kağıdı					
Deney No	NaOH	Sodyum perborat tetrahidrat	ISO Parlaklığı	IE950	ERIC	L*	a*	b*
	%	% Aktif oksijen	%	%	ppm			
G1	0,00	0,25	50,31	55,70	191,2	80,07	-0,45	6,90
G2		0,50	51,06	56,55	189,3	80,34	-0,64	7,16
G3		0,75	52,28	59,22	176,1	81,34	-0,71	7,63
G4		1,00	52,53	59,38	175,6	81,63	-0,73	8,00
G5	0,25	0,25	50,50	58,43	181,6	79,87	-0,47	7,22
G6		0,50	51,04	59,39	178,6	80,57	-0,64	7,70
G7		0,75	52,24	60,17	168,7	81,35	-0,74	7,84
G8		1,00	52,34	60,87	170,0	81,32	-0,79	8,11
G9	0,50	0,25	50,80	62,37	161,4	80,51	-0,55	7,95
G10		0,50	51,85	62,41	162,3	80,94	-0,63	7,95
G11		0,75	52,35	62,70	161,0	81,87	-0,73	8,50
G12		1,00	52,70	62,93	160,0	81,90	-0,75	8,51
G13	0,75	0,25	50,67	64,81	151,9	80,48	-0,57	8,21
G14		0,50	52,12	64,72	152,3	81,66	-0,64	8,46
G15		0,75	52,16	64,66	152,6	81,68	-0,66	8,79
G16		1,00	52,81	65,00	151,1	82,03	-0,70	8,88
G17	1,00	0,25	49,99	65,66	149,2	80,53	-0,50	8,69
G18		0,50	51,90	66,08	149,0	81,49	-0,60	8,95
G19		0,75	52,11	65,42	149,3	81,58	-0,65	9,08
G20		1,00	53,12	66,66	143,9	82,50	-0,71	9,15

Tablo 39. Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksitin değişken parametre olduğu iş akışlarında elde edilen hamurların optik özelliklerine ait bulgular

Değişkenler			Test Kağıdı					
Deney No	NaOH	Sodyum perkarbonat	ISO Parlaklığı	IE950	ERIC	L*	a*	b*
	%	% Aktif oksijen	%	%	ppm			
H1	0,00	0,25	50,98	62,99	159,8	80,04	-0,19	7,04
H2		0,50	53,40	70,06	129,3	82,09	-0,51	7,39
H3		0,75	54,30	73,99	112,3	82,81	-0,55	7,96
H4		1,00	55,40	74,31	110,9	83,78	-0,57	8,09
H5	0,25	0,25	52,30	68,91	137,9	81,48	-0,49	7,70
H6		0,50	54,30	71,71	122,2	82,57	-0,60	7,72
H7		0,75	55,20	74,25	111,2	83,35	-0,62	8,33
H8		1,00	55,70	73,00	116,6	83,71	-0,66	8,26
H9	0,50	0,25	52,80	69,03	137,7	81,61	-0,60	7,75
H10		0,50	54,40	72,07	120,6	82,84	-0,62	8,23
H11		0,75	55,30	73,76	113,3	83,50	-0,67	8,47
H12		1,00	55,80	71,37	123,6	83,89	-0,69	8,55
H13	0,75	0,25	52,60	69,87	130,1	81,92	-0,58	8,07
H14		0,50	54,80	71,80	121,8	83,27	-0,60	8,47
H15		0,75	55,20	70,19	128,7	83,36	-0,75	8,62
H16		1,00	55,40	69,71	130,8	83,93	-0,71	9,04
H17	1,00	0,25	53,20	70,91	125,6	82,27	-0,63	8,47
H18		0,50	54,60	70,25	128,4	83,30	-0,65	8,83
H19		0,75	54,90	63,10	159,3	83,27	-0,82	8,91
H20		1,00	55,00	62,30	162,8	83,41	-0,87	9,12

3.2.5. Fiziksel Testlere Ait Bulgular

Tablo 40'da yüzdürme işlemi sonrası, mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve verim değerleri açısından en uygun sonuçların elde edildiği hamurların test kâğıtlarına ait fiziksel sağlamlık özellikleri verilmiştir.

Tablo 40. Yüzdürme işlemi sonrası bazı hamurların test kâğıtlarından ölçülen fiziksel sağlamlık özelliklerine ait bulgular

No	İşlem Şartları	SR°	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)		Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)		Kopma İndisi (N.m/g)		Kopma uzunluğu (m)	
			\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
A2	Sadece Hamurlaştırma (Kontrol)	83	0,96	0,03	10,68	0,54	24,21	0,37	2455,83	48,17
E1	Yüzdürme işlemi (Alkali ve Ağartıcısız)	77	0,98	0,02	9,78	0,73	25,87	0,87	2643,84	81,58
F20	Yüzdürme İşlemi (%1 NaOH, %1AO H ₂ O ₂)	76	0,93	0,03	10,08	1,13	22,78	0,26	2337,75	36,58
G20	Yüzdürme İşlemi (%1 NaOH, %1AO SPBTH)	74	0,87	0,03	10,07	1,15	22,90	0,68	2344,90	72,33
G4	Yüzdürme İşlemi (%1AO SPBTH)	80	0,89	0,03	10,25	0,29	23,46	0,68	2373,35	77,57
H4	Yüzdürme İşlemi (%1AO Sodyum perkarbonat)	81	1,24	0,08	10,58	0,80	31,22	0,56	3187,38	56,86

3.3. Son Ağartma Kademesine Ait Bulgular

Tez çalışmasının bu bölümünde, diğer çalışmalar sonucunda belirlenen en uygun işlem koşulları sabit alınarak hazırlanan kâğıt hamurlarına, çeşitli reaktifler ile ağartma işlemleri uygulanmış ve kullanılan ağartıcıların kâğıt hamurlarından elde edilen test kâğıtlarının optik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

3.3.1. Ağartma İşlemi Sonrası Hamurların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Hamurlaştırma sırasında %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile ilk ağartma işlemine uğratılan ve ardından yüzdürme işlemi ile mürekkebi uzaklaştırılan kağıt hamurları, tablo 11’de belirtilen oranlarda çeşitli ağartıcılar ile son ağartma işlemine uğratılmıştır. Son ağartma işlemine uğratılan hamurların optik özelliklerine ait bulgular tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 41. Farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların optik özelliklerine ait bulgular

No	Ağartıcı	ISO Parlaklığı					YI (ASTM 1925)	CIE WI	
		I	II	(%)	L*	a*			b*
H4	Yüzdürme İşlemi Sonrası (Kontrol)	-	-	54,63	82,99	-0,63	8,30	16,00	20,45
I 1		%0,5	-	55,54	83,46	-1,19	8,62	16,07	20,68
I 2	Sodyum ditiyonit	%1,0	-	57,23	84,18	-1,41	8,49	15,54	22,35
I 3	(Y)	%1,5	-	57,92	84,73	-1,32	8,71	15,91	22,90
I 4		%2,0	-	58,26	84,82	-1,32	8,67	15,54	23,38
I 5	Formamidin	%0,5	-	58,90	85,20	-1,30	8,92	16,20	22,39
I 6	sülfünik asit	%1,0	-	59,71	85,37	-1,30	8,28	15,18	25,04
I 7	(FAS)	%1,5	-	60,11	85,47	-1,30	8,19	14,79	26,65
I 8		%2,0	-	60,93	85,54	-1,25	7,28	13,39	30,97
I 9		%0,5	-	58,73	84,60	-0,83	7,87	15,16	26,19
I 10	Sodyum borhidrür	%1,0	-	59,50	84,99	-0,80	7,53	14,14	29,04
I 11	(B)	%1,5	-	59,70	84,93	-0,65	7,09	13,65	30,56
I 12		%2,0	-	59,74	84,75	-0,54	6,92	13,40	31,26
I 13	Hidrojen peroksit	%0,5	-	57,64	85,30	-1,37	9,41	17,01	22,09
I 14	(H) (Aktif	%1,0	-	57,91	85,32	-1,50	9,17	16,88	27,21
I 15	Oksijen)	%1,5	-	59,18	85,36	-1,33	8,18	15,03	27,87
I 16		%2,0	-	60,81	85,94	-1,38	7,14	13,03	30,74
I 17	Sodyum	%0,5	-	58,58	85,46	-1,34	9,08	16,21	20,32
I 18	perkarbonat	%1,0	-	60,25	86,03	-1,49	8,30	14,67	21,11
I 19	(SPK) (Aktif	%1,5	-	60,68	86,26	-1,61	8,22	14,58	25,87
I 20	Oksijen)	%2,0	-	61,57	86,33	-1,64	7,59	13,51	31,91
I 21	Sodyum	%2,0	%1FAS	61,78	86,68	-1,89	7,57	13,11	32,19
I 22	perkarbonat	%2,0	%2FAS	62,34	86,67	-1,75	6,84	11,89	36,25
I 23	(SPK) (Aktif	%2,0	%1B	60,85	85,90	-1,18	7,07	12,78	32,84
I 24	Oksijen)	%2,0	%2B	61,33	86,09	-1,26	6,69	12,01	35,53

CIE WI : Beyazlık İndeksi , YI (ASTM 1925) : Sarılık İndeksi

3.3.2. Kısa Dalga Boyundaki Işına Maruz Bırakılan Test Kağıtlarının Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Bilindiği gibi odunun birçok bileşenini bulunduran mekanik esaslı kağıtlar, ışığın etkisiyle zamanla sararmaktadır. Yapılan bu çalışma kapsamında, ağartıcıların etkilerinin karşılaştırılması amacıyla test kağıtları, 30, 60, 120, 240 ve 480 dakikalık işlem süreleri

içinde kapalı bir ortamda 254 ve 366nm dalga boyundaki ışına maruz bırakılmış ve kağıtların hızlı yaşlanması sağlanmıştır. Hızlı yaşlanma işlemi sonrası elde edilen optik testlere ait bulgular tablo 42, 43, 44, 45 ve 46'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 42. Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların ISO parlaklık değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular

No	Ağartıcı	I	II	Işına Maruz Kalma Süresi (dakika)					
				0	30	60	120	240	480
H4	Kontrol	-	-	54,63	51,65	50,48	48,88	46,89	43,99
I 1	Sodyum ditiyonit (Y)	%0,5	-	55,54	52,36	51,32	49,93	47,62	45,31
I 2		%1,0	-	57,23	53,80	52,31	50,39	48,38	46,27
I 3		%1,5	-	57,92	54,04	52,67	51,31	48,72	47,20
I 4		%2,0	-	58,26	54,70	52,76	51,44	48,86	47,20
I 5	Formamidin sülfünik asit (FAS)	%0,5	-	58,90	54,89	53,33	50,77	48,72	47,19
I 6		%1,0	-	59,71	55,68	53,66	51,21	49,28	47,38
I 7		%1,5	-	60,11	55,72	54,07	51,49	49,74	46,22
I 8		%2,0	-	60,93	56,43	54,58	52,94	50,00	46,96
I 9	Sodyum borhidrür (B)	%0,5	-	58,73	54,31	53,71	52,10	49,06	47,43
I 10		%1,0	-	59,50	54,75	53,49	51,76	48,91	46,59
I 11		%1,5	-	59,70	54,94	52,96	51,85	50,41	46,93
I 12		%2,0	-	59,74	55,02	53,42	52,28	49,60	47,31
I 13	Hidrojen peroksit (H) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	57,64	54,97	53,27	52,31	50,08	46,89
I 14		%1,0	-	57,91	55,03	53,79	51,32	49,86	46,97
I 15		%1,5	-	59,18	55,66	54,12	52,32	49,81	47,27
I 16		%2,0	-	60,81	57,48	55,32	53,82	50,47	48,27
I 17	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	58,58	55,00	53,36	52,21	49,75	46,63
I 18		%1,0	-	60,25	56,36	55,25	53,40	50,01	47,01
I 19		%1,5	-	60,68	57,03	54,87	52,43	50,46	47,30
I 20		%2,0	-	61,57	57,14	55,03	52,83	50,52	47,96
I 21	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%2,0	%1FAS	61,78	57,73	55,77	53,75	51,04	48,69
I 22		%2,0	%2FAS	62,34	58,94	56,47	54,35	51,61	48,87
I 23		%2,0	%1B	60,85	56,01	54,70	53,16	51,26	48,68
I 24		%2,0	%2B	61,33	56,62	55,02	53,30	51,29	49,26

Tablo 43. Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE L* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular

No	Ağartıcı	I	II	Işığa Maruz Kalma Süresi (dakika)					
				0	30	60	120	240	480
H4	Kontrol	-	-	82,99	82,56	82,30	81,54	81,21	79,94
I 1	Sodyum ditiyonit (Y)	%0,5	-	83,46	82,78	82,55	82,06	81,36	80,69
I 2		%1,0	-	84,18	83,94	82,96	82,06	82,02	79,86
I 3		%1,5	-	84,73	83,78	83,50	82,96	82,31	81,75
I 4		%2,0	-	84,82	84,07	83,06	83,20	82,25	81,73
I 5	Formamidin sülfünik asit (FAS)	%0,5	-	85,20	84,04	83,60	82,91	82,47	81,85
I 6		%1,0	-	85,37	84,39	83,77	83,09	82,62	81,78
I 7		%1,5	-	85,47	84,40	83,88	83,31	82,91	82,09
I 8		%2,0	-	85,54	84,57	83,95	83,53	82,84	81,80
I 9	Sodyum borhidrür (B)	%0,5	-	84,60	83,60	83,54	82,74	82,30	81,07
I 10		%1,0	-	84,99	83,81	83,17	82,86	82,10	81,39
I 11		%1,5	-	84,93	84,37	82,26	83,37	82,47	81,57
I 12		%2,0	-	84,75	83,70	83,24	82,84	82,36	81,43
I 13	Hidrojen peroksit (H) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	85,30	84,47	84,03	83,32	83,10	82,50
I 14		%1,0	-	85,32	84,57	84,22	83,50	83,03	82,05
I 15		%1,5	-	85,36	84,58	84,14	83,43	82,83	81,81
I 16		%2,0	-	85,94	84,99	84,22	83,69	83,21	81,86
I 17	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	85,46	84,87	84,25	83,45	83,14	82,23
I 18		%1,0	-	86,03	85,11	84,52	84,07	82,78	82,15
I 19		%1,5	-	86,26	85,05	84,45	83,81	83,10	82,43
I 20		%2,0	-	86,33	85,20	84,19	84,32	83,33	82,85
I 21	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%2,0	%1FAS	86,68	85,41	84,87	84,14	83,76	82,65
I 22		%2,0	%2FAS	86,67	85,42	84,75	84,19	83,49	82,23
I 23		%2,0	%1B	85,90	84,39	84,04	83,54	83,39	82,58
I 24		%2,0	%2B	86,09	84,30	83,89	83,66	83,18	82,22

Tablo 44. Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE a* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular

No	Ağartıcı			Işığa Maruz Kalma Süresi (dakika)					
		I	II	0	30	60	120	240	480
H4	Kontrol	-	-	-0,63	-0,54	-0,53	-0,43	-0,28	0,08
I 1	Sodyum ditiyonit (Y)	%0,5	-	-1,19	-1,03	-0,83	-0,69	-0,54	-0,33
I 2		%1,0	-	-1,41	-1,16	-0,93	-0,92	-0,75	-0,16
I 3		%1,5	-	-1,32	-1,01	-0,96	-0,77	-0,57	-0,30
I 4		%2,0	-	-1,32	-1,09	-0,89	-0,88	-0,61	-0,39
I 5	Formamidin sülfünik asit (FAS)	%0,5	-	-1,30	-1,03	-1,04	-0,88	-0,62	-0,35
I 6		%1,0	-	-1,30	-0,97	-0,85	-0,78	-0,62	-0,30
I 7		%1,5	-	-1,30	-1,04	-0,99	-0,82	-0,67	-0,41
I 8		%2,0	-	-1,25	-0,96	-0,91	-0,85	-0,57	-0,44
I 9	Sodyum borhidrür (B)	%0,5	-	-0,83	-0,28	-0,54	-0,49	-0,22	-0,09
I 10		%1,0	-	-0,80	-0,56	-0,40	-0,35	-0,25	-0,18
I 11		%1,5	-	-0,65	-0,45	-0,33	-0,66	-0,24	-0,12
I 12		%2,0	-	-0,54	-0,42	-0,38	-0,28	-0,29	-0,04
I 13	Hidrojen peroksit (H) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	-1,37	-1,10	-1,08	-0,94	-0,88	-0,61
I 14		%1,0	-	-1,50	-1,30	-1,16	-1,03	-0,86	-0,64
I 15		%1,5	-	-1,33	-1,08	-1,02	-0,93	-0,61	-0,58
I 16		%2,0	-	-1,45	-1,35	-1,30	-1,10	-1,12	-0,79
I 17	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	-1,34	-1,18	-1,09	-0,90	-0,66	-0,42
I 18		%1,0	-	-1,49	-1,22	-1,18	-1,07	-0,87	-0,67
I 19		%1,5	-	-1,61	-1,42	-1,35	-1,26	-1,07	-0,78
I 20		%2,0	-	-1,64	-1,46	-1,38	-1,28	-1,20	-1,02
I 21	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%2,0	%1FAS	-1,89	-1,40	-1,28	-1,20	-0,99	-0,79
I 22		%2,0	%2FAS	-1,45	-1,35	-1,22	-1,20	-1,04	-0,78
I 23		%2,0	%1B	-1,18	-0,92	-0,81	-0,64	-0,58	-0,59
I 24		%2,0	%2B	-1,15	-0,89	-0,85	-0,75	-0,68	-0,47

Tablo 45. Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların CIE b* renk değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular

No	Ağartıcı	I	II	Işına Maruz Kalma Süresi (dakika)					
				0	30	60	120	240	480
H4	Kontrol	-	-	8,30	9,88	10,37	11,70	12,54	14,48
I 1	Sodyum ditiyonit (Y)	%0,5	-	8,62	9,70	10,35	11,47	12,72	14,16
I 2		%1,0	-	8,49	9,66	10,19	11,59	12,80	14,24
I 3		%1,5	-	8,71	9,78	10,79	11,57	12,65	14,31
I 4		%2,0	-	8,67	9,85	10,44	11,57	12,64	14,17
I 5	Formamidin sülfünik asit (FAS)	%0,5	-	8,92	10,09	10,98	11,88	13,31	14,33
I 6		%1,0	-	8,28	9,25	10,10	11,26	12,65	13,73
I 7		%1,5	-	8,19	9,31	10,25	10,90	12,28	14,80
I 8		%2,0	-	7,28	8,65	9,65	10,61	11,96	14,04
I 9	Sodyum borhidrür (B)	%0,5	-	7,87	8,84	9,93	10,93	12,16	14,26
I 10		%1,0	-	7,53	9,17	9,86	10,90	12,40	13,83
I 11		%1,5	-	7,09	8,61	9,53	11,05	11,86	13,77
I 12		%2,0	-	6,92	8,55	9,45	10,16	11,76	13,44
I 13	Hidrojen peroksit (H) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	9,41	10,14	11,06	12,27	13,07	14,97
I 14		%1,0	-	9,17	10,36	10,79	12,11	13,05	14,44
I 15		%1,5	-	8,18	9,54	10,49	11,64	12,83	14,22
I 16		%2,0	-	7,14	8,43	9,65	10,53	12,07	14,19
I 17	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	9,08	10,14	11,10	12,33	13,42	15,32
I 18		%1,0	-	8,30	9,39	10,62	11,15	13,25	15,03
I 19		%1,5	-	8,22	9,59	10,57	11,54	13,14	15,18
I 20		%2,0	-	7,59	9,32	10,35	11,16	12,51	14,06
I 21	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%2,0	%1FAS	7,57	9,04	9,86	11,19	12,40	14,26
I 22		%2,0	%2FAS	6,84	8,06	9,09	10,25	11,68	13,36
I 23		%2,0	%1B	7,07	8,57	9,41	10,51	11,84	13,16
I 24		%2,0	%2B	6,69	7,90	8,89	10,09	11,15	12,82

Tablo 46. Işık yaşlandırmasının, farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların sarılık indeksi (YI) değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı deneylere ait bulgular

No	Ağartıcı	I	II	Işığa Maruz Kalma Süresi (dakika)					
				0	30	60	120	240	480
H4	Kontrol	-	-	16,00	19,55	21,24	23,53	25,16	29,28
I 1	Sodyum ditiyonit (Y)	%0,5	-	16,07	18,71	20,36	22,72	24,84	27,60
I 2		%1,0	-	15,54	17,82	19,75	21,98	24,62	28,63
I 3		%1,5	-	15,91	19,07	20,45	22,52	24,91	28,58
I 4		%2,0	-	15,54	18,19	20,10	22,13	24,93	28,54
I 5	Formamidin sülfünik asit (FAS)	%0,5	-	16,20	19,21	20,70	22,55	25,65	28,17
I 6		%1,0	-	15,18	17,43	19,72	21,35	24,67	27,63
I 7		%1,5	-	14,79	17,37	19,34	21,47	24,04	29,00
I 8		%2,0	-	13,39	16,19	18,36	20,81	23,31	27,18
I 9	Sodyum borhidrür (B)	%0,5	-	15,16	18,05	19,45	21,07	24,17	27,73
I 10		%1,0	-	14,14	18,37	19,25	21,16	24,68	27,95
I 11		%1,5	-	13,65	17,70	18,75	20,93	24,11	27,30
I 12		%2,0	-	13,40	17,19	18,60	20,78	23,50	26,78
I 13	Hidrojen peroksit (H) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	17,01	19,43	21,01	22,30	24,81	28,84
I 14		%1,0	-	16,88	19,23	20,32	23,06	24,74	28,62
I 15		%1,5	-	15,03	18,05	19,64	21,45	24,76	27,90
I 16		%2,0	-	13,03	15,75	17,49	20,23	22,88	27,20
I 17	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%0,5	-	16,21	18,90	20,97	23,08	25,65	29,49
I 18		%1,0	-	14,67	17,51	19,07	21,97	25,44	28,13
I 19		%1,5	-	14,58	17,41	19,49	21,64	24,27	28,62
I 20		%2,0	-	13,51	17,08	19,15	20,85	23,98	27,30
I 21	Sodyum perkarbonat (SPK) (Aktif Oksijen)	%2,0	%1FAS	13,11	16,45	18,28	20,72	23,77	27,11
I 22		%2,0	%2FAS	11,89	14,65	16,48	19,08	22,20	26,48
I 23		%2,0	%1B	12,78	16,70	18,40	20,31	22,29	26,15
I 24		%2,0	%2B	12,01	15,50	17,23	19,56	21,51	25,31

3.3.3. Fiziksel Testlere Ait Bulgular

Tablo 47’da son ağartma kademesi sonucu elde edilen kağıt hamurlarının, serbestlik derecesi, patlama indisi, yırtılma indisi, kopma indisi ve uzunluğu gibi fiziksel testlerine ait bulgular yer almaktadır.

Tablo 47. Farklı reaktifler ile ağartılmış hamurların, fiziksel sağlamlık özelliklerine ait bulgular

No	Ağartma İşlemi	SR°	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)		Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)		Kopma İndisi (N.m/g)		Kopma uzunluğu (m)	
		\bar{x}	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
H4	Yüzdürme İşlemi	81	1,24	0,08	10,58	0,80	31,22	0,56	3187,38	56,86
I 4	Sodyum ditiyonit (%2)	82	1,06	0,02	9,00	1,27	28,43	0,46	2899,21	47,34
I 8	Formamidin sülfirik asit (%2)	79	0,97	0,08	9,21	1,26	25,81	1,28	2631,43	130,40
I 12	Sodyum borhidrür (%2)	82	1,18	0,05	9,04	2,63	29,07	1,69	2964,61	172,34
I 16	Hidrojen Peroksit (%2AO)	78	1,06	0,04	10,32	0,48	26,02	1,81	2653,19	184,49
I 20	Sodyum Perkarbonat (%2AO)	77	1,16	0,04	10,27	0,37	28,86	0,65	2942,99	66,09
I 21	Sodyum Perkarbonat (%2AO) + Formamidin sülfirik asit (%1)	80	1,12	0,07	8,83	1,09	29,18	1,96	2975,06	200,20
I 22	Sodyum Perkarbonat (%2AO) + Formamidin sülfirik asit (%2)	81	1,04	0,02	7,84	0,77	28,04	0,49	2859,65	49,51
I 23	Sodyum Perkarbonat (%2AO) + Sodyum borhidrür (%1)	80	1,16	0,02	7,24	0,41	30,56	1,54	3115,81	157,11
I 24	Sodyum Perkarbonat (%2AO) + Sodyum borhidrür (%2)	80	1,08	0,07	7,01	0,52	27,84	0,34	2838,62	34,68

4. İRDELEME

Tez çalışması “Yapılan Çalışmalar” ve “Bulgular” başlıkları altında belirtildiği gibi üç bölümden oluşmaktadır. Elde edilen bulguların irdelenmesi de bu bölümler altında gerçekleştirilmiştir. İlk bölümde yüzdürme işlemi için gerekli yüzey aktif maddelerinin etkileri, ikinci bölümde hamurlaştırma işlemi sırasında ortama ilave edilen ağartıcı kimyasalların etkileri, son bölümde ise optimum sonuçların elde edildiği hamurların ağartılması amacıyla kullanılan farklı kimyasalların etkileri araştırılmıştır.

4.1. Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi

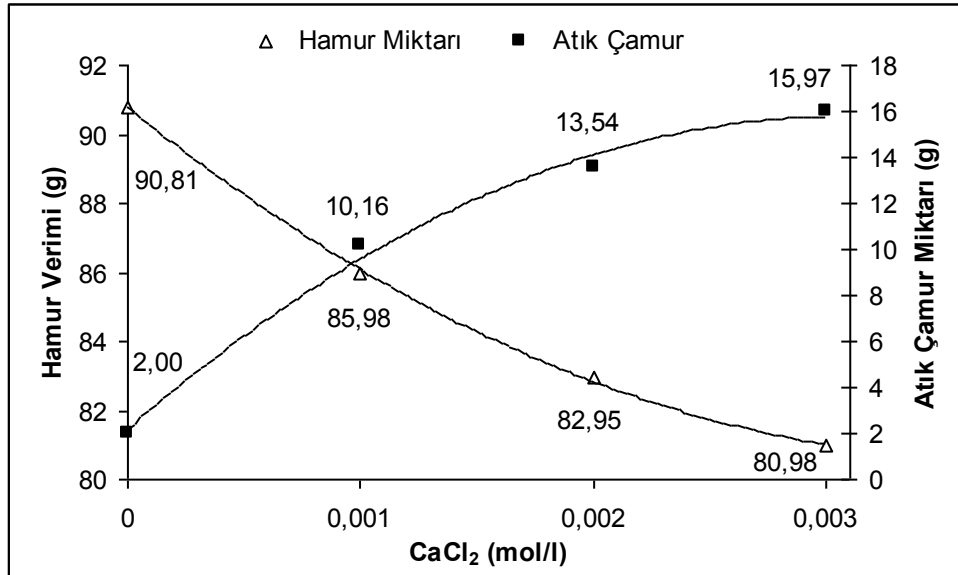
Yüzdürme işlemi (Flotasyon) iki ayrı fazın yani hava ve suyun özelliklerinden yararlanılarak farklı yüzey özelliklerine sahip iki materyalin birbirinden ayrıldığı olasılığa dayalı bir prosestir. Yüzdürme işlemi ile amaçlanan hidrofilik özellikler göstermesi istenen lifler ile hidrofobik özellikler gösteren veya hidrofobikleştirilen materyalin hava kabarcıkları ile yüzeye taşınarak ortamdan uzaklaştırmaktır. Bunun için yüzdürme hücrelerinde, uzaklaştırmak istenen mürekkep pigmentlerine hidrofobik özellikler kazandırmak ve yüzey özelliklerini değiştirmek amacıyla toplayıcı özellikteki kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında yüzdürme işlemi için toplayıcı kimyasal madde olarak ticari ismi “Olinor RS-4200” olan yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfat kullanılmış ve hamur verimi ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerine etkileri araştırılmıştır.

4.1.1. Değiştirilen Kalsiyum Klorür Oranına Bağlı Olarak Yağ Asidi Sabununun Yüzdürme İşlemine Etkisi

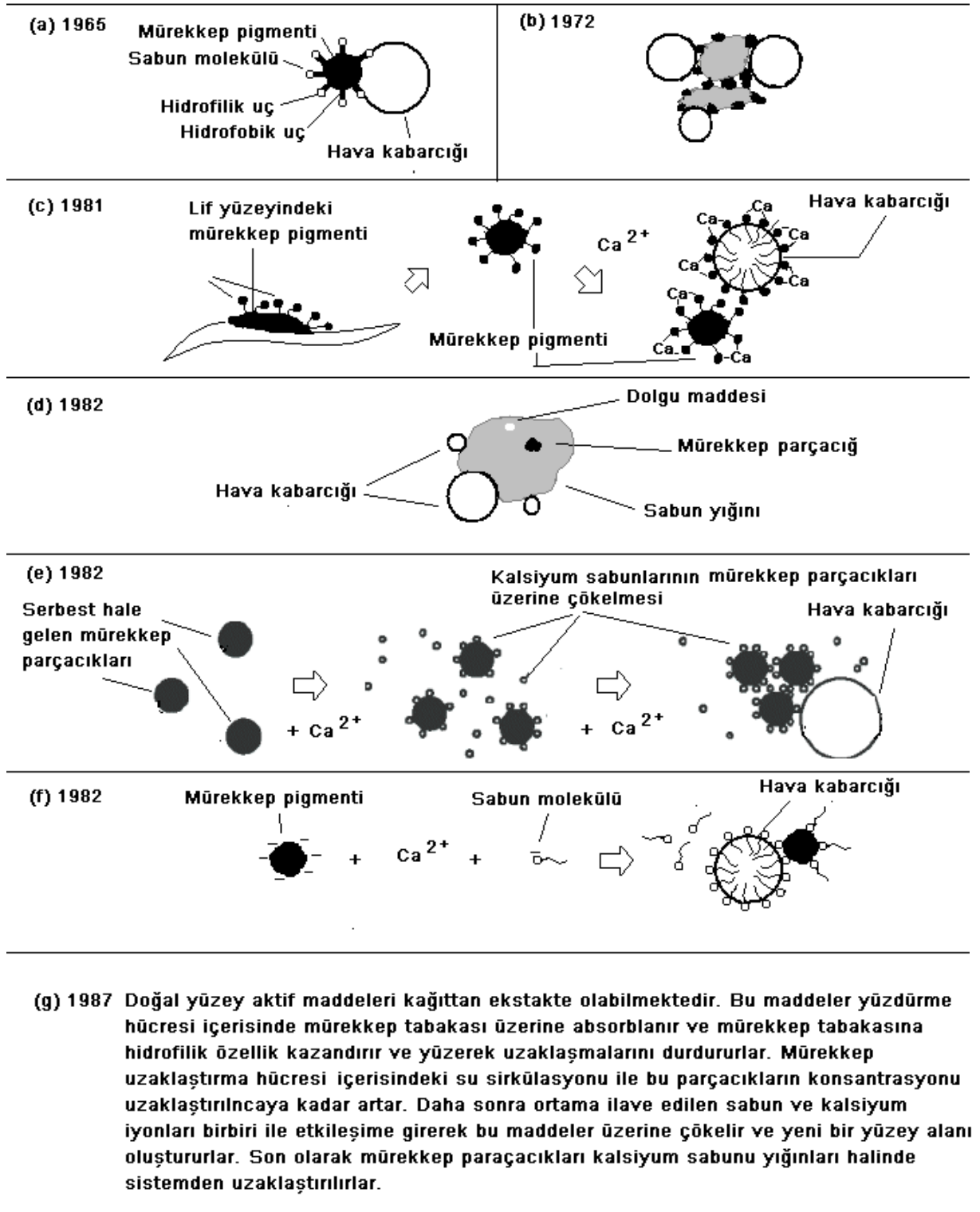
Yağ asidi sabunları yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma sistemlerinde en fazla kullanılan toplayıcı maddelerin başında yer almaktadır. Tez kapsamında ticari adı Olinor RS-4200 olan yağ asidi sabunun yüzdürme işlemi sonrası hamur verimi ve mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

4.1.1.1. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında 0, 0,001, 0,002 ve 0,003 mol/l lik her bir kalsiyum klorür oranı için hamur ağırlığına oranla %0, %0,25, %0,50, %0,75 ve %1 oranlarında ortama ilave edilen yağ asidi sabununun hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. Şekil 18’de kalsiyum klorür oranının tek başına hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan kalsiyum konsantrasyonu ile hamur veriminin azaldığı, dolayısı ile atık çamur miktarının artış gösterdiği görülmektedir. Bilindiği gibi suyun sertliği mürekkep uzaklaştırma işlemi açısından oldukça önemlidir. Ortamdaki kalsiyum konsantrasyonunun artması ile optimum düzeye kadar mürekkep uzaklaştırma işlemi artmakla birlikte, yüksek konsantrasyonlarda lif kayıpları da önemli ölçüde artmaktadır (Theander ve Pugh, 2004 ; Ferguson, 1992_b ; Turvey, 1995 ; Schwinger ve Dobias, 1991). Bununla birlikte yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfat gibi anyonik yüzey aktif maddeleri, etkin olabilmeleri için kalsiyum iyonuna ihtiyaç duymaktadır (Riviello Jr. vd., 2001 ; Costa ve Rubio, 2004 ; Turvey, 1995 ; Theander ve Pugh, 2004).



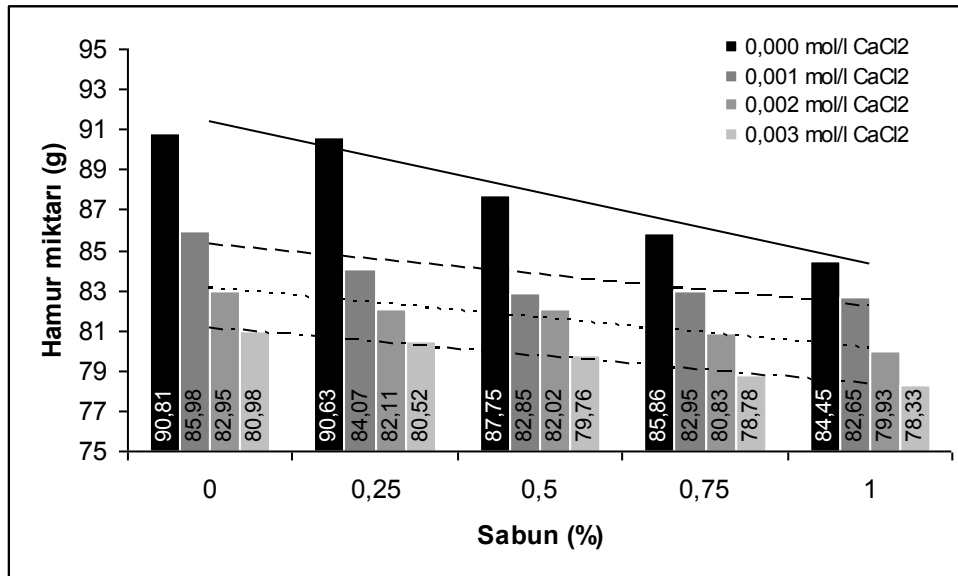
Şekil 18. Kalsiyum klorür oranının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi



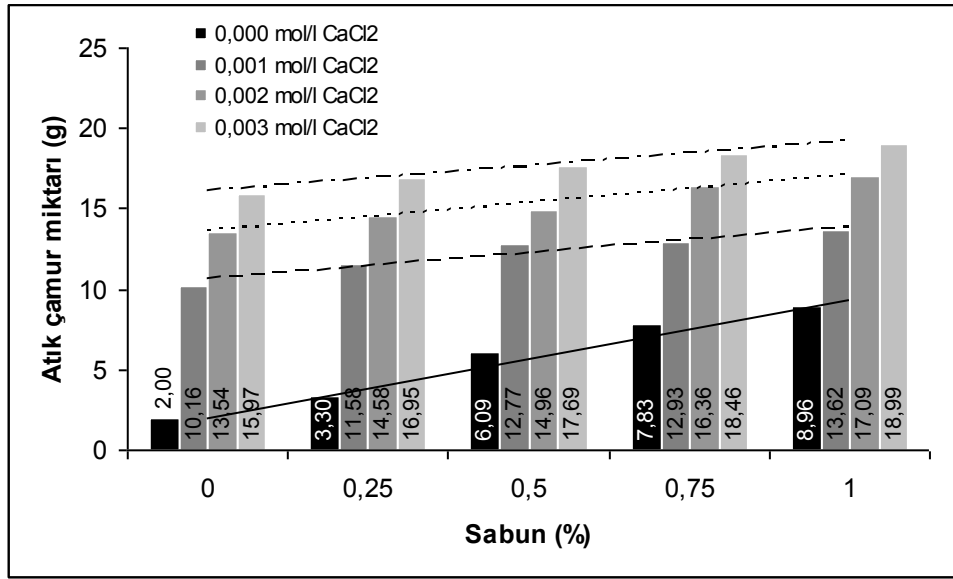
Şekil 19. Kalsiyum sabun etkileşiminin, yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma işlemi üzerindeki olumlu etkisinin nedenini açıklamak için önerilen mekanizmalar. (a) (Ortner vd. 1975) (b) (Bechstein ve Unger,1972) (c) (Ortner, 1981) (d) Fischer, 1982) (e) (Larsson vd., 1984_a) (f) (Hornfeck, 1982) (g) (Turvey, 1990)

Yağ asidi sabunlarının etkileşimi ortamda bulunan kalsiyum konsantrasyonuyla artmaktadır (Turvey, 1995 ; Theander ve Pugh, 2004). Kalsiyum - sabun ilişkisi için birçok mekanizma önerilmiş olup Şekil 19'da bu mekanizmaların bir kısmı belirtilmiştir (Turvey, 1995). Sonuçta yağ asidi sabunları, optimum miktardaki kalsiyum iyonuna ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte kalsiyum klorür oranının fazla artışı işlem verimini düşürdüğü gibi kağıt yapımı ve benzer diğer birçok proseste olumsuz etkilere neden olmaktadır (Theander ve Pugh, 2004). Bu yüzden kullanılacak kalsiyum miktarının çok hassas bir şekilde belirlenmesi gereklidir.

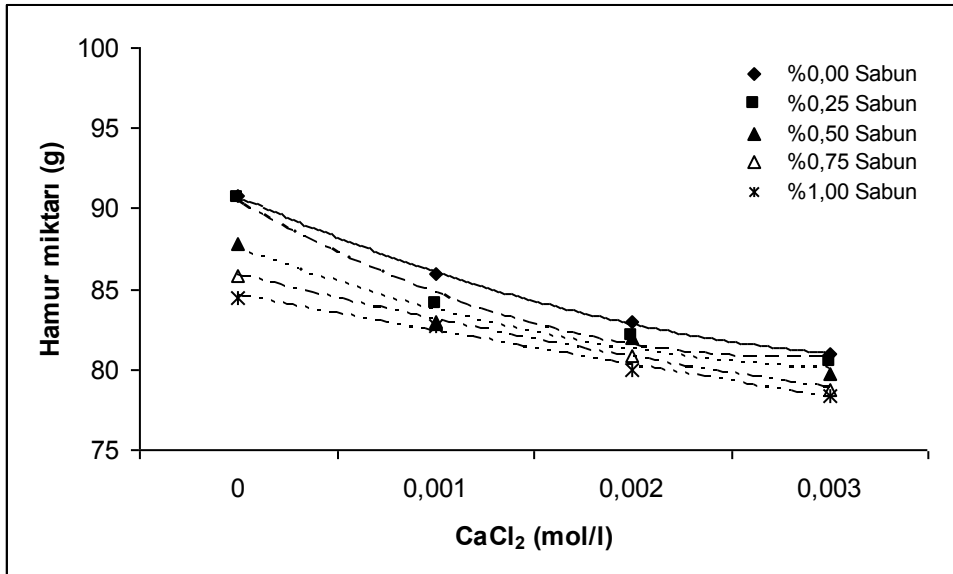
Şekil 20'de ortama ilave edilen yağ asidi sabununun, hamur verimi üzerine gerçekleştirdiği etki görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan sabun miktarının, hamur verimini ılımlı ölçüde azalttığı görülmektedir. İstatistiksel açıdan uygulanan çoğul varyans analiz sonuçlarına göre de sabun miktarının verim üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 1). Şekil 21 ise sabun miktarının, yüzdürme işlemi sonrası ortamdaki uzaklaştırılan atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Artırılan sabun miktarı ile birlikte ortamdaki uzaklaştırılan çamur miktarı da ılımlı bir şekilde artış göstermektedir. İstatistiksel açıdan artırılan sabun miktarının, atık çamur miktarı üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 2).



Şekil 20. Sabun ve CaCl₂ miktarının, hamur verimi üzerine etkisi



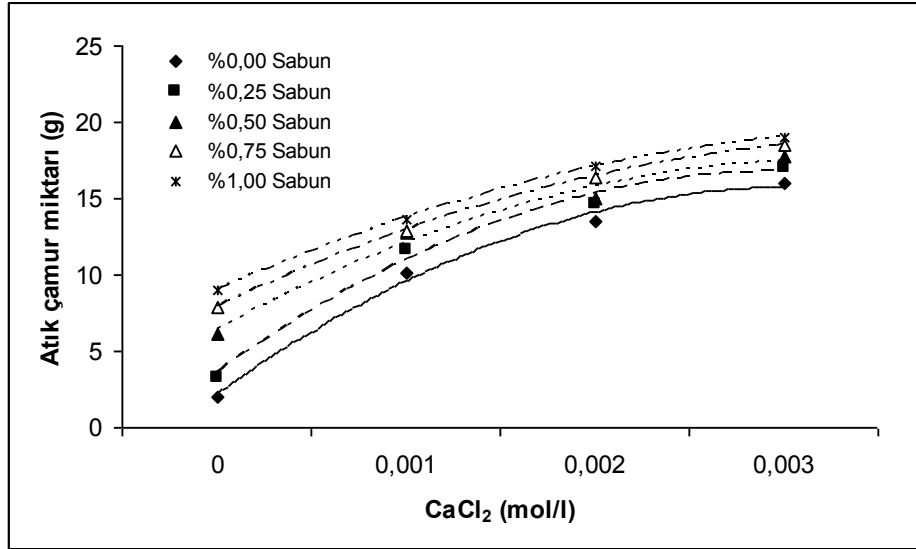
Şekil 21. Sabun ve CaCl₂ miktarının, uzaklaştırılan çamur miktarına etkisi



Şekil 22. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, hamur verimi üzerine etkisi

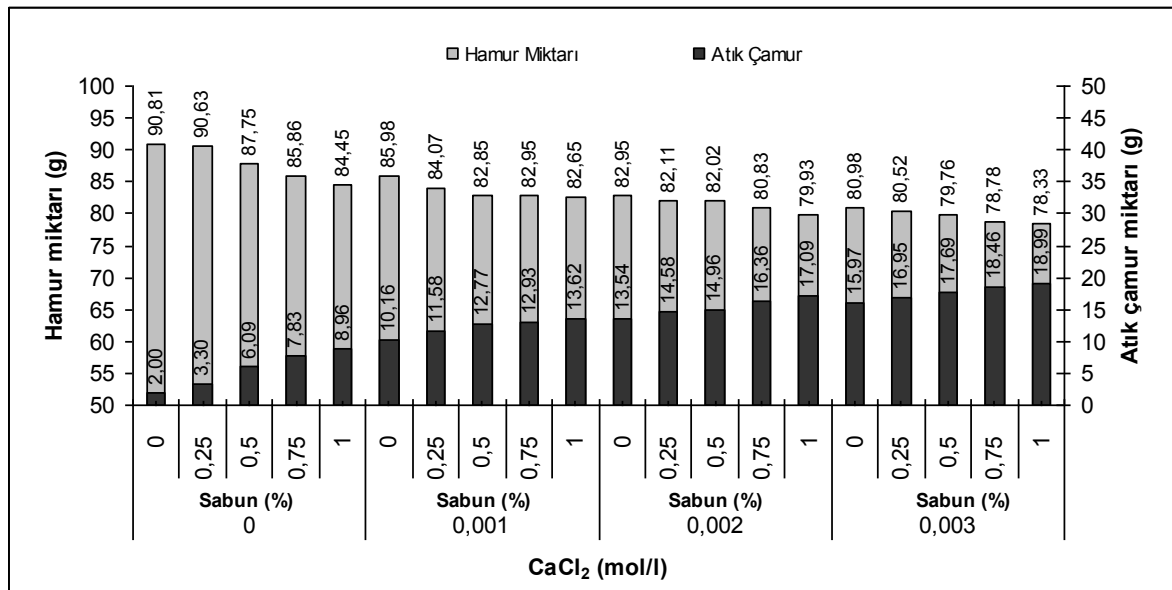
Şekil 22’de kalsiyum klorür miktarının hamur verimi üzerine etkisi, şekil 23’de ise kalsiyum klorür miktarının atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde artırılan kalsiyum klorür oranının, hamur verimini önemli derecede azalttığı, dolayısı ile atık çamur miktarını da arttırdığı görülmektedir. İstatistiksel açıdan da kalsiyum klorür miktarının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 1 ve 2). Sabun ve kalsiyum klorür

miktarının etkileri karşılaştırıldığında kalsiyum klorür miktarının hamur verimi üzerinde çok daha etkili olduğu açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 23. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, atık çamur miktarı üzerine etkisi

Şekil 24'te kalsiyum klorür ve sabun oranının birlikte, hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda, kalsiyum klorür ve sabun miktarının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerindeki etkisi, %5 hata payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 1 ve 2).

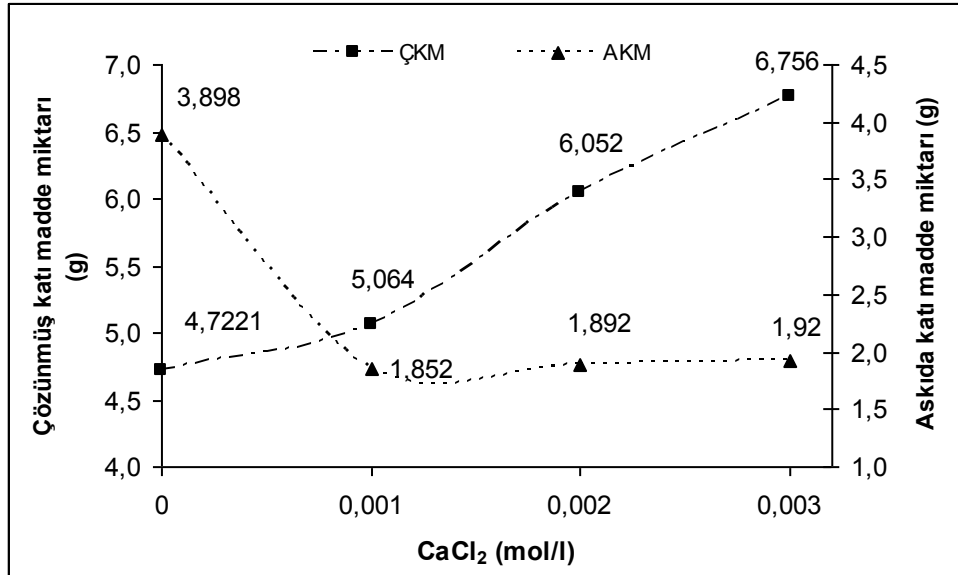


Şekil 24. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

4.1.1.2. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarı Üzerine Etkisi

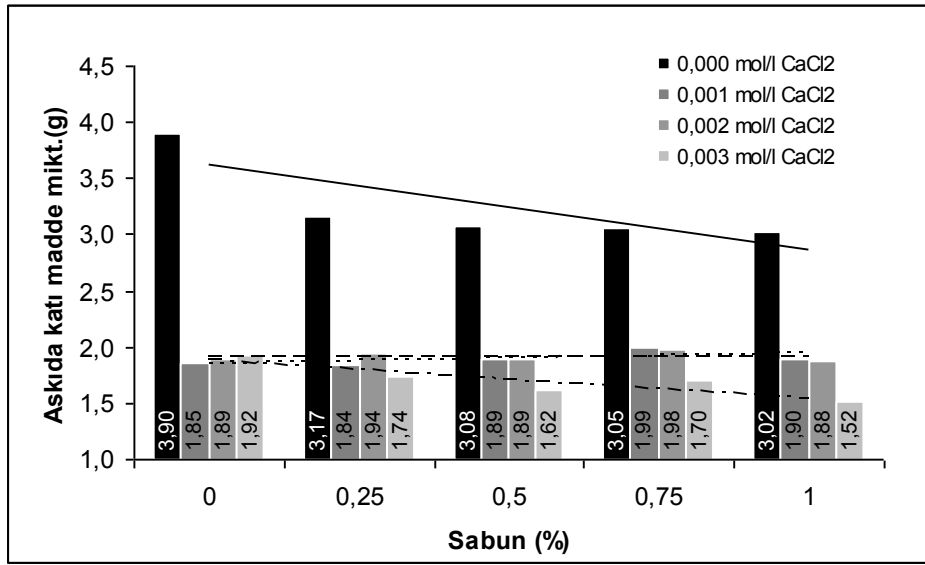
Yüzdürme işlemi sonrası kesafet arttırma işlemi sırasında süzüntü suya geçen askıda katı madde miktarı, genellikle suda çözünmeyen ve eleklerden geçebilecek boyuttaki kırıntı lifleri, dolgu maddelerini ve mürekkep pigmentleri gibi materyalleri kapsamaktadır. Askıda katı madde miktarının, etkili bir yüzdürme işlemi ile azalması beklenmektedir. Çözünmüş katı madde miktarı ise daha farklı bir parametre olup ortama ilave edilen kimyasal maddeler ve atık kağıdın yapısına göre farklılık göstermektedir. Tez kapsamında çözünmüş katı madde miktarı, süzüntü suyun buharlaştırılması ve süzüntü suyun iletkenliğinin ölçülmesi şeklinde iki ayrı metot kullanılarak ölçülmüştür.

Şekil 25'de kalsiyum klorür miktarının toplayıcı madde kullanılmaksızın askıda katı madde (AKM) ve çözünmüş katı madde (ÇKM) miktarına etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde askıda katı madde miktarının 0,001 mol/l lik kalsiyum klorür oranına kadar düştüğü, sonrasında sabit bir seviyede kaldığı görülmektedir. Çözünmüş katı madde miktarı ise ortama ilave edilen kalsiyum klorür oranı ile birlikte beklenildiği gibi artmaktadır.

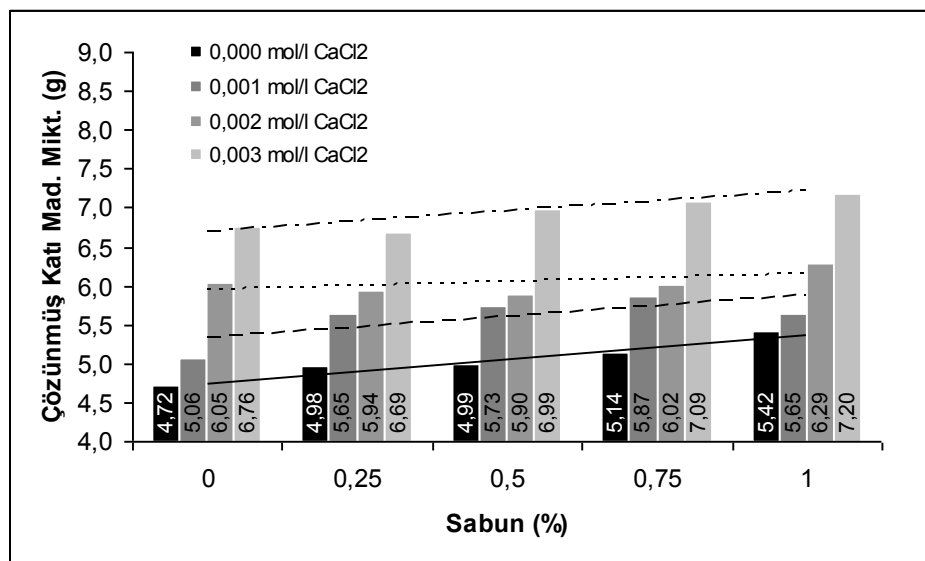


Şekil 25. Kalsiyum klorür miktarının, süzüntü suda bulunan askıda katı madde ve çözünmüş katı madde miktarına etkisi

Şekil 26'da sabun miktarının askıda katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde sabun miktarının, askıda katı madde miktarı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Şekil 27'de ise sabun miktarının çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Sabun oranının yine çözünmüş katı madde miktarını önemli derecede etkilemediği grafikten görülmektedir. Bununla birlikte istatistiksel açıdan sabun miktarı ile askıda katı madde ve çözünmüş katı madde miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Ek Tablo 3 ve 4).

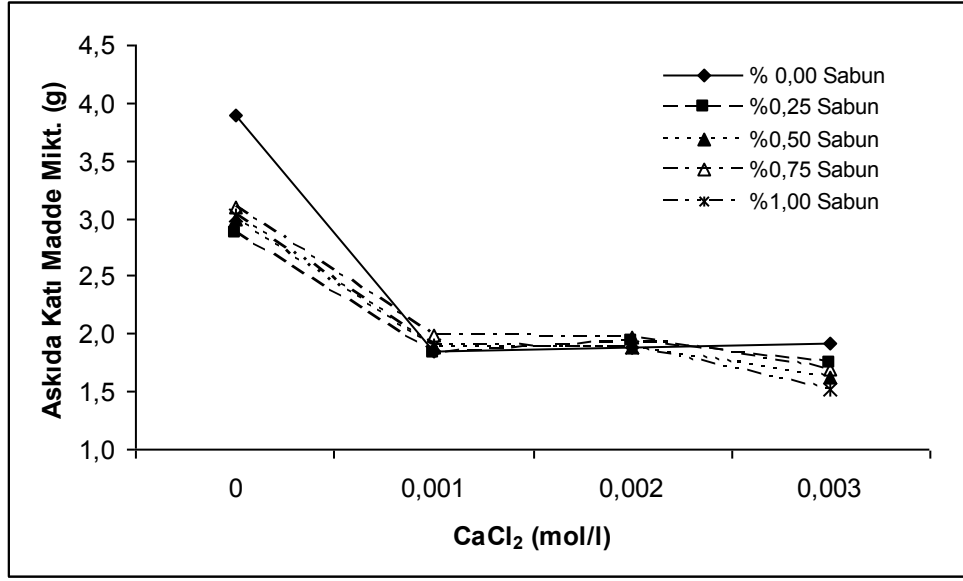


Şekil 26. Sabun ve CaCl₂ miktarının askıda katı madde miktarı üzerine etkisi



Şekil 27. Sabun ve CaCl₂ miktarının çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi

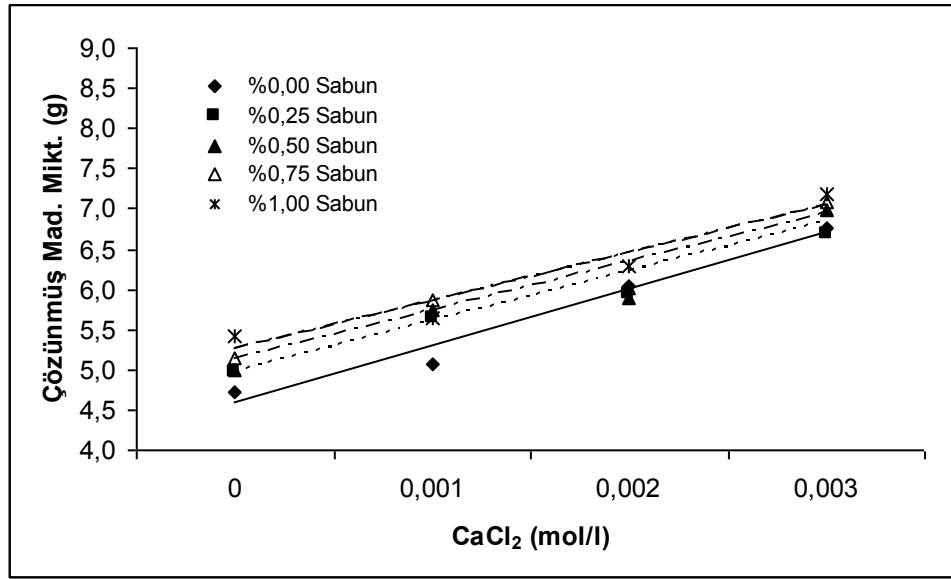
Şekil 28’de kalsiyum klorür miktarının, askıda katı madde miktarına etkisi, şekil 29’da ise kalsiyum klorür miktarının çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde şekil 25’de ki grafiğe benzer şekilde 0,001 mol/l kalsiyum klorür oranına kadar askıda katı madde miktarında etkili bir düşüş olduğu daha sonra 0.002 mol/l oranına kadar sabit kaldığı ve 0,003 mol/l oranında tekrar ılımlı bir azalış gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.



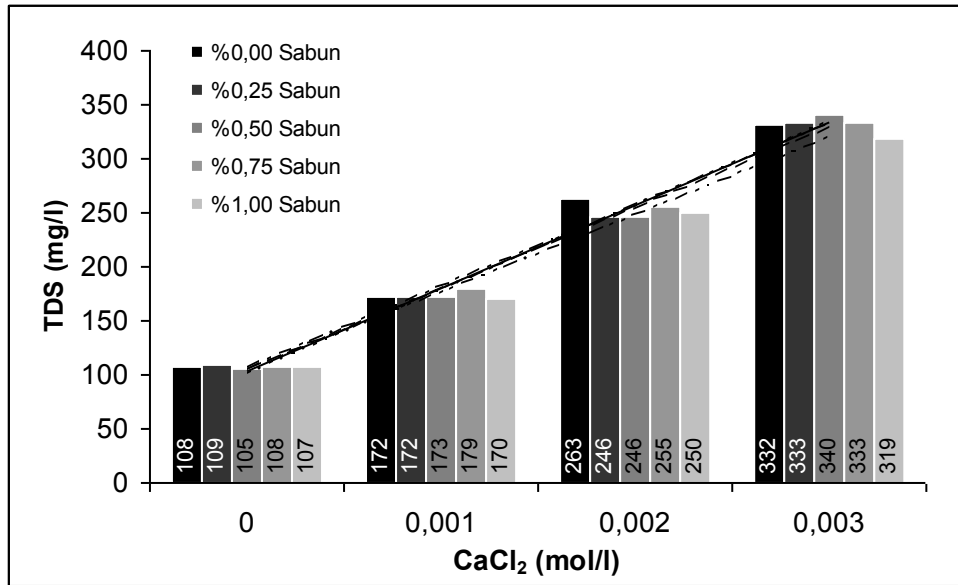
Şekil 28. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının askıda katı madde miktarına etkisi

Şekil 29’da verilen çözünmüş katı madde miktarı ise ortama ilave edilen kimyasal madde miktarıyla birlikte artmaktadır. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, çözünmüş katı madde miktarının sabun miktarı, kalsiyum klorür miktarı ve kalsiyum klorür ile birlikte sabun miktarıyla %5 hata payı ile anlamlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Ek Tablo 3 ve 4).

Şekil 30’de kalsiyum klorür miktarının, süzüntü suyun iletkenliğine göre hesaplanan toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) üzerine etkisi görülmektedir. Çözünmüş katı madde miktarında olduğu gibi TDS değeri de artırılan kalsiyum klorür miktarı ile birlikte benzer şekilde artış göstermektedir. Bununla birlikte grafikten sabun miktarının artırılmasının TDS değerine önemli derecede etki etmediği görülmektedir. İstatistiksel açıdan ise sabun, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte, TDS üzerine %5 yanılma oranıyla anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Ek Tablo 5).



Şekil 29. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi

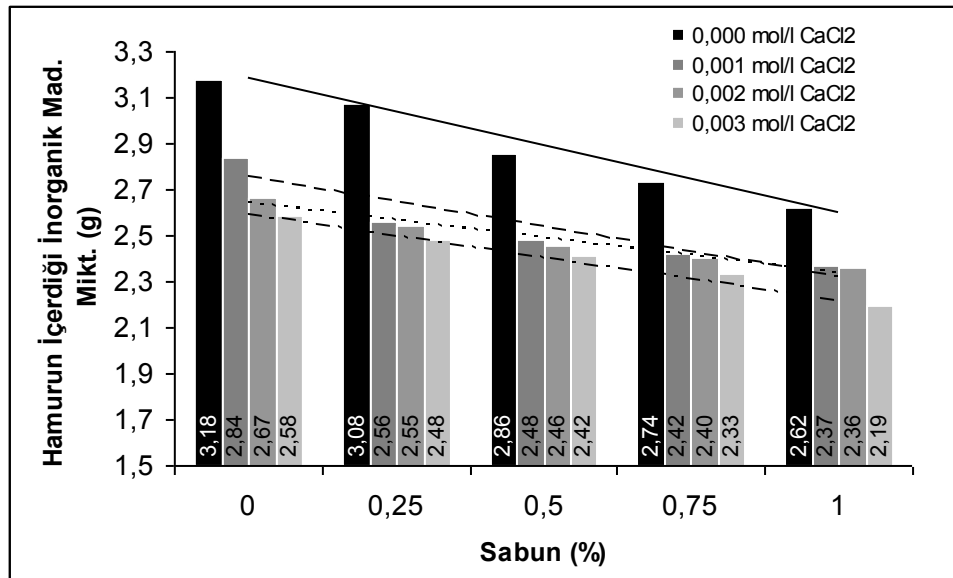


Şekil 30. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının süzüntü sudan ölçülen TDS değerine etkisi

4.1.1.3. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarlarına Etkisi

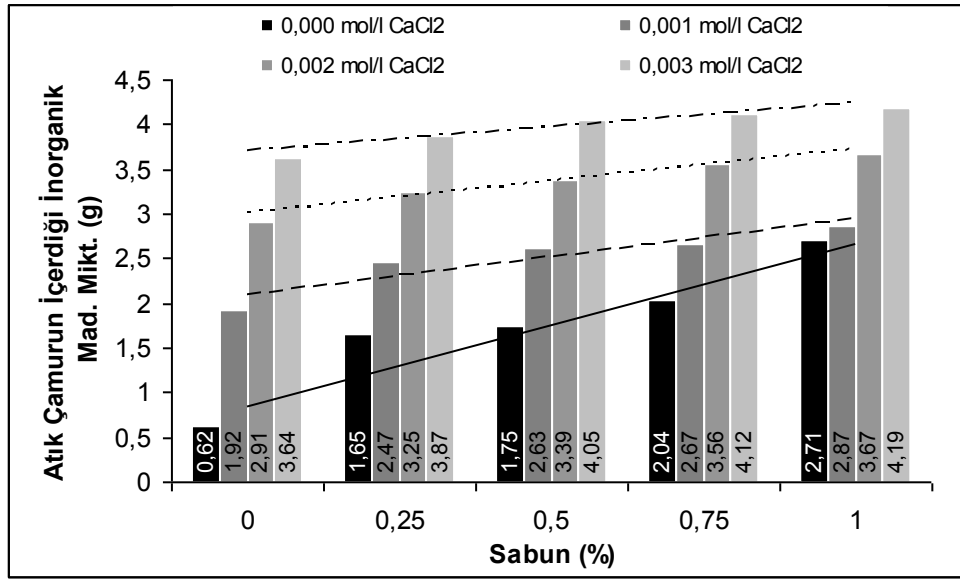
Bilindiği gibi mürekkep, taşıyıcı tabaka, pigment ve yardımcı kimyasallar olarak üç ana bileşenden oluşmaktadır. Mürekkep uzaklaştırma sistemlerinde uzaklaştırılmak istenen

mürekkep bileşeni, pigment olup genellikle karbon siyahı gibi inorganik maddelerden oluşmaktadır. Bu yüzden mürekkep giderme etkinliğini belirlemede temizlenen hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarının tespiti oldukça önem taşımaktadır. Hamur ve çamurun içerdiği inorganik maddeler, mürekkep pigmentleri olabileceği gibi ortamda bulunan dolgu maddelerinden de kaynaklanabilir. Şekil 31’de sabun miktarının hamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan sabun miktarı ile birlikte hamur içerisindeki inorganik madde miktarının azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni yüzdürme işlemi ile dolgu maddesi ve mürekkep pigmentlerinin hamur içerisinden uzaklaştırılmasıdır. İstatistiksel açıdan da sabun miktarı ile hamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasında %5 yanılma oranı ile anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek Tablo 7).



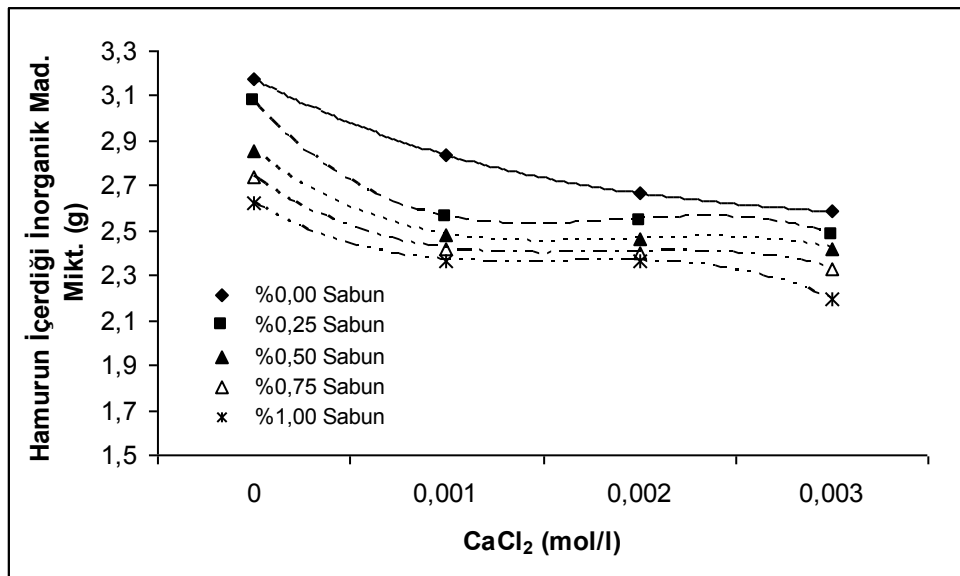
Şekil 31. Sabun ve CaCl₂ miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 32’de ise sabun oranının, atık çamur içerisinde bulunan inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Beklenildiği gibi ortamdan uzaklaştırılan dolgu maddesi ve mürekkep pigmentleri ile birlikte çamur içerisindeki inorganik madde miktarı artmaktadır. İstatistiksel açıdan da sabun miktarı ile atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasındaki ilişki %5 hata payı ile anlamlıdır (Ek Tablo 9).



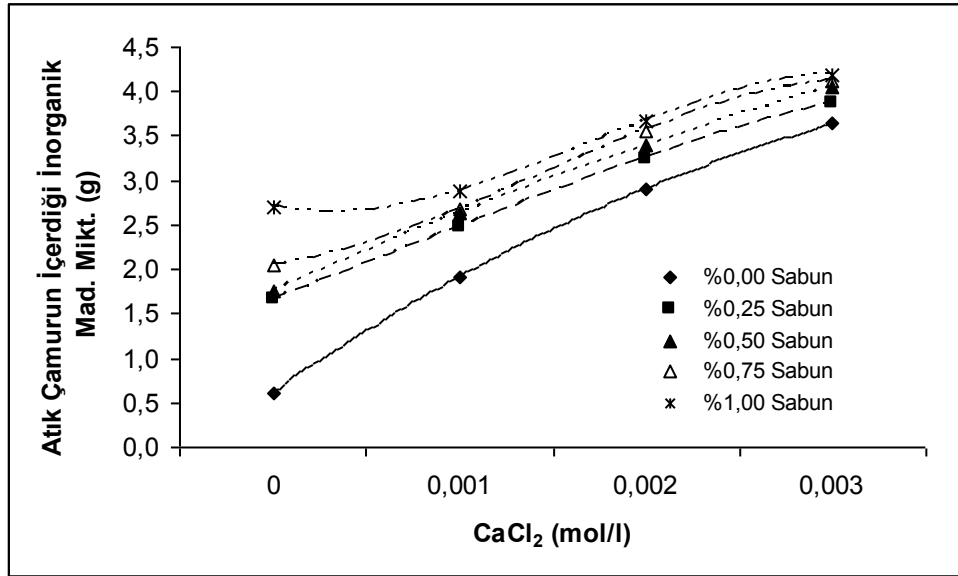
Şekil 32. Sabun ve CaCl₂ miktarının, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 33'te kalsiyum klorür miktarının, hamur içerisindeki inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde artan kalsiyum klorür oranıyla birlikte hamurun içerdiği inorganik madde miktarı da azalış göstermektedir. Bununla birlikte etkili sonuçların sadece 0,001 mol/l ve 0,003 mol/l oranında elde edildiği görülmektedir.



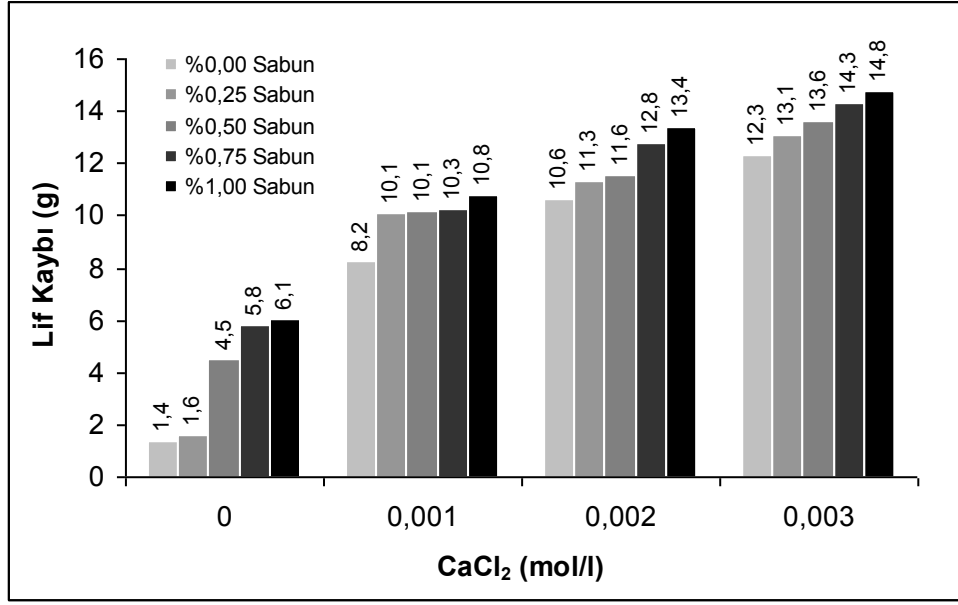
Şekil 33. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 34’de ise kalsiyum klorürün atık çamur içerisindeki inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi artırılan kalsiyum klorür oranıyla birlikte çamurun içerdiği kül miktarı artmaktadır. İstatistiksel açıdan kalsiyum klorürün hamur ve çamur içerisindeki inorganik madde miktarı üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 7 ve 9).



Şekil 34. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Çamur miktarı ve içerdiği inorganik madde miktarından, çamurun içerdiği organik madde miktarı, dolayısı ile yüzdürme işleminin verimliliği hakkında önemli veriler sağlayan lif kayıpları hesaplanabilir. Şekil 35’te sabun miktarının, yüzdürme işlemi sırasında uzaklaştırılan lif miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde sabun miktarı ve kalsiyum klorür miktarının lif kaybında etkili olduğu görülmektedir. Çoğu literatüründe belirttiği gibi kalsiyum klorür oranının artırılması lif kaybını önemli derecede artırmaktadır (Riviello Jr. Vd., 2001 ; Costa ve Rubio, 2004 ; Turvey, 1995 ; Theander ve Pugh, 2004).

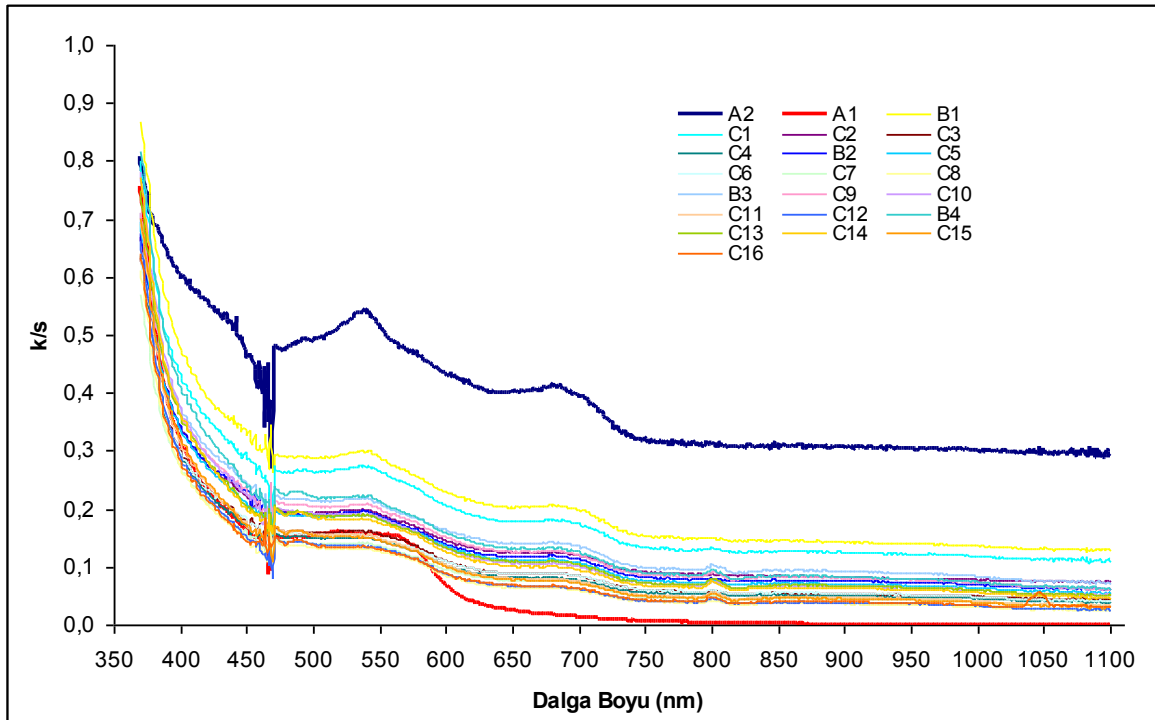


Şekil 35. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının yüzdürme işlemi sırasında meydana gelen lif kayıplarına etkisi

4.1.1.4. Mürekkep Giderme Etkinliğini Belirlemek Amacı ile Kullanılan Optik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Mürekkep uzaklaştırma işlemi sonrası, hamur içerisinde ne kadar mürekkebin kaldığı veya ne kadarının uzaklaştırıldığını belirlemek amacıyla dolaylı bir çok yöntem bulunmaktadır. Hamur parlaklığı ve renk değerleri de bu yöntemlerin en fazla kullanılanlarıdır. Bunun nedeni, kağıt hamuru içerisinde koyu renkli olan mürekkep pigmentlerinin uzaklaştırıldıkça kağıt hamurunun parlaklığının artmasıdır. Bununla birlikte ağartıcıların kullanıldığı bazı durumlarda hamur parlaklığının ölçülmesi her zaman mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin belirlenmesinde yeterli olamayabilmektedir. Bu amaçla karbon siyahı gibi pigmentlerin ışık absorblama özelliklerinden yararlanılarak geliştirilen diğer optik ölçüm teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi INGEDE test metoduna göre 700 veya 950nm dalga boyunda hamur pedi veya test kağıdı üzerinden ölçülen reflektans değerleri ile hesaplanan mürekkep uzaklaştırma etkinliğidir (IE₇₀₀, IE₉₅₀). Diğer bir ölçüm tekniği ise Tappi T-567 standardına göre hamur içerisinde kalan efektif mürekkep konsantrasyonunun ölçülmesidir. Bu yöntem, IE₉₅₀'de olduğu gibi mürekkebin ışık absorblama kabiliyetinin en yüksek olduğu 950nm dalga boyunda ölçülen reflektans ve ışık dağıtma katsayılarının yardımı ile tespit edilen ışık absorblama katsayısı

ile hesaplanan “ERIC” değeridir. ERIC değeri yalnızca test kağıtları üzerinden ölçülmektedir. Şekil 36’da bazı hamurların 380 ile 1100 nm dalga boyundaki k/s değerleri yer almaktadır. “k” değeri ışık absorblama katsayısını, “s” değeri ışık dağıtma katsayısını temsil etmektedir(Vahey vd. 2007). Grafik incelendiğinde mürekkep içermeyen baskı yapılmamış hamurun (A1) k/s değerinin 950nm dalga boyunda sıfır olduğu görülmektedir. Bununla birlikte mürekkebi giderilmemiş hamurun k/s değerinin, yaklaşık 0,3 olduğu görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi mürekkep uzaklaştırma işleminin etkinliğinin artması ile k/s değerinin dolayısı ile ışık absorblama katsayısı “k”nın azaldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 36. 350-1100 nm dalga boyunda gönderilen ışık ile kağıt yüzeyinden ölçülen k/s (Işık absorblama/Işık dağıtma katsayısı) değerinin mürekkepli ve mürekkepsiz hamurlara göre değişimi

Tez çalışması kapsamında IE_{950} , IE_{700} ve ISO parlaklık değerleri hem TAPPI standardına göre hazırlanan test kağıtları, hem de INGEDE test metoduna göre hazırlanan hamur pedleri üzerinden ölçülmüş ve sonuçlar “Bulgular” başlığı altında verilmiştir.

Elde edilen bulgulara uygulanan regresyon analiz sonuçlarına göre hamur pedleri üzerinden ölçülen IE_{700} değerleri ped üzerinden ölçülen IE_{950} değerlerini %5 hata payı ile %99,5 oranında açıklayabilmektedir (Ek Tablo 77 ve 78). Bunun anlamı 950nm de ölçülen

mürekkep uzaklaştırma etkinliği ile 700nm de ölçülen değerlerin birbirinden farkının olmadığıdır. Benzer durum kağıt üzerinden yapılan ölçümler sonucunda da elde edilmiştir(%97,8 Ek Tablo 79 ve 80). Elde edilen bu sonuçlardan, mürekkep giderme etkinliğinin belirlenmesinde IE_{950} değerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

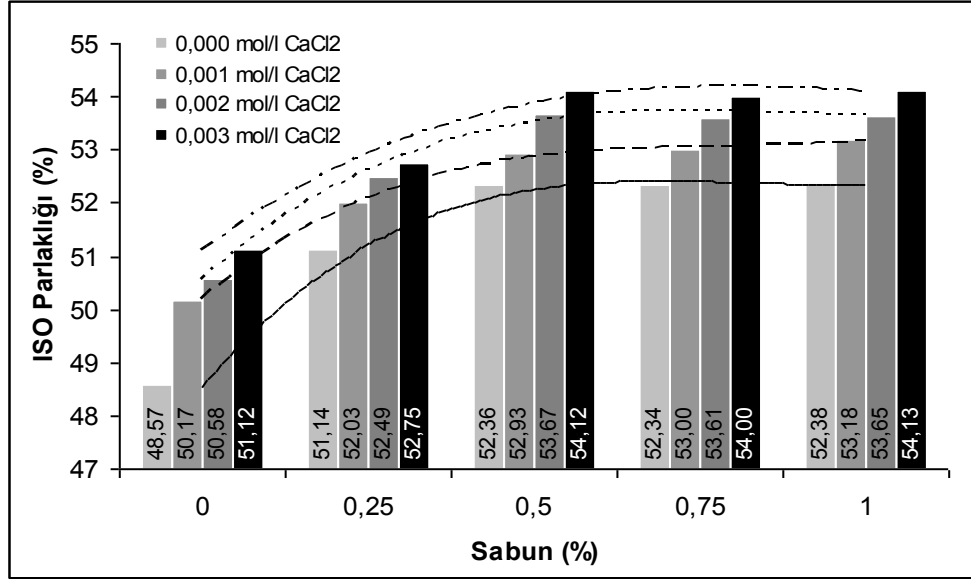
Bununla birlikte test kağıdı üzerinden yapılan ölçümler ile hamur pedi üzerinden yapılan ölçümler arasında “Bulgular” başlığı altındaki tablo 21, 22 ve 23’den de görüldüğü gibi önemli farklar bulunmaktadır. Bunun nedeni hamur pedinin süzgeç kağıdı üzerinde hazırlanması dolayısı ile daha fazla oranda mürekkep ve dolgu maddesini bünyesinde hapsedmesidir. Test kağıtlarının hazırlanması sırasında ise, kağıt safıhası elek üzerinde oluşturulmaktadır. Süzgeç kağıdına göre daha geçirgen olan elekten, mürekkep pigmenti ve dolgu maddeleri kağıt içerisinden yıkanabilmektedir. Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre kağıt üzerinden ölçülen ISO parlaklık değeri, hamur pedi üzerinden ölçülen ISO parlaklık değerini %63,7 oranında açıklayabilmektedir. Bununla birlikte iki ölçüm tekniği arasında istatistiksel açıdan %5 hata payı ile anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Ek Tablo 81 ve 82). Kağıt üzerinden ölçülen mürekkep giderme etkinliği değerleri de (IE_{950}), hamur pedi üzerinden ölçülen mürekkep giderme etkinliği değerini %5 yanılma oranıyla %95,2 oranında açıklayabilmektedir (Ek Tablo 83 ve 84).

Elde edilen veriler sonucunda mürekkep giderme etkinliğinin belirlenmesi amacıyla kağıt üzerinden ölçülen ISO parlaklığı, $L^*a^*b^*$ renk değerleri, IE_{950} ve ERIC değerlerinin yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.1.1.5. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Parlaklığına Etkisi

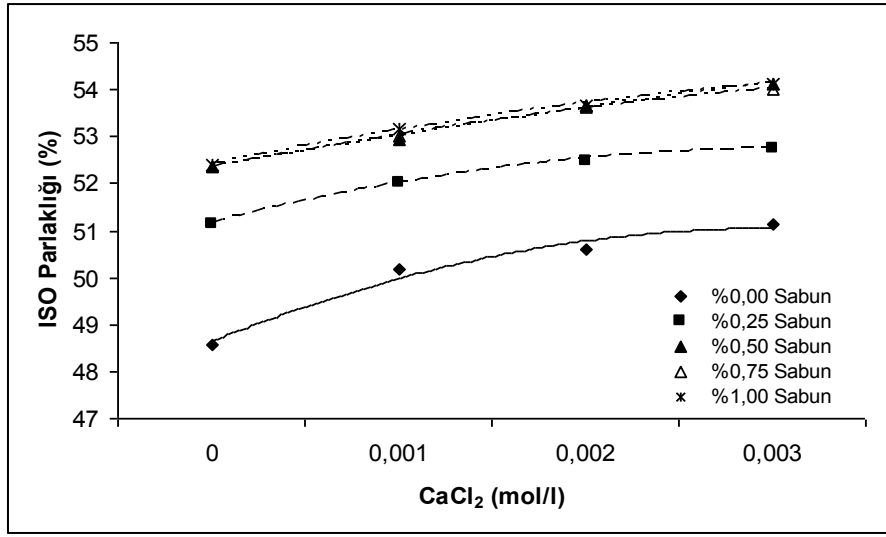
Tez çalışması kapsamında, parlaklık değişiminde birincil derecede etkili olan hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarları sabit alınmıştır. Bu durumda parlaklıktaki değişimin, büyük oranda ortamdan uzaklaştırılan mürekkep miktarına bağlı olarak değişim göstermesi beklenmektedir. Şekil 37’de ortama ilave edilen sabun miktarının hamur parlaklığı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde sabun miktarının %0,5 oranına kadar artırılmasının, hamur parlaklığını artırdığı daha sonra fazlaca değişime neden olmadığı görülmektedir. Bu sonuçtan %0,5 oranında kullanılan sabun miktarının, mürekkep uzaklaştırma açısından yeterli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte daha önceden de bahsedildiği gibi ISO parlaklık ölçümü mürekkep uzaklaştırma

derecesinin tespitinde her zaman yeterli sonuçları veremeyebilmektedir (Pesman, 2010 ; McCool, 1993). Yani aynı parlaklık değerine sahip olan hamurlar, farklı oranlarda mürekkep içerebilmektedirler. Bu yüzden mürekkep uzaklaştırma açısından IE₉₅₀ ve ERIC değerleri gibi daha güvenilir ölçüm tekniklerinin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 37. Sabun ve CaCl₂ miktarının hamurun ISO parlaklık değeri üzerine etkisi

Şekil 38'de ise ortama ilave edilen kalsiyum klorür miktarının hamurun ISO parlaklığı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten ISO parlaklık değerinin ortama ilave edilen kalsiyum klorür miktarıyla birlikte arttığı görülmektedir. İstatistiksel açıdan da sabun, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte etkisinin hamur parlaklığı üzerine etkisi %5 yanılma payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 10).

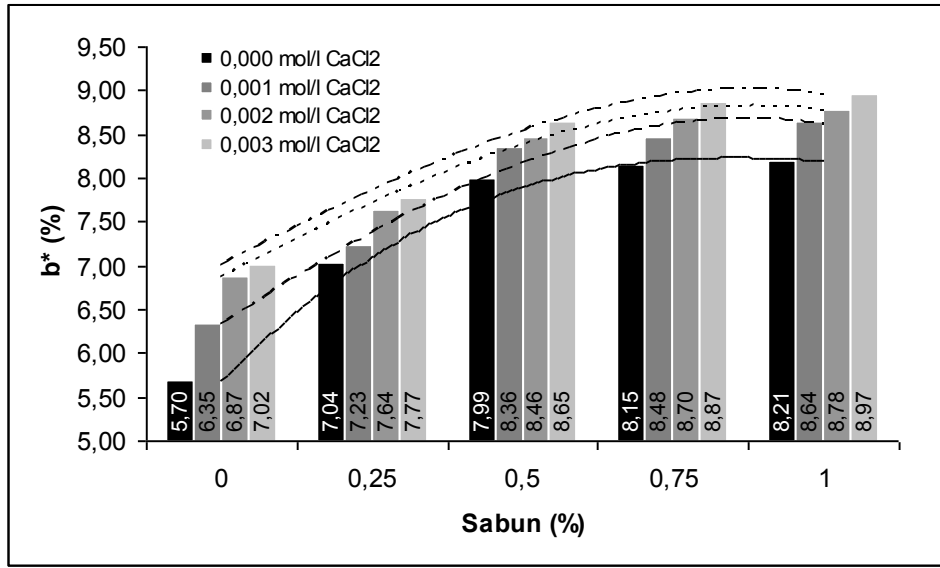


Şekil 38. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının hamurun ISO parlaklık değerine etkisi

4.1.1.6. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının b* (Sarılık) Değerine Etkisi

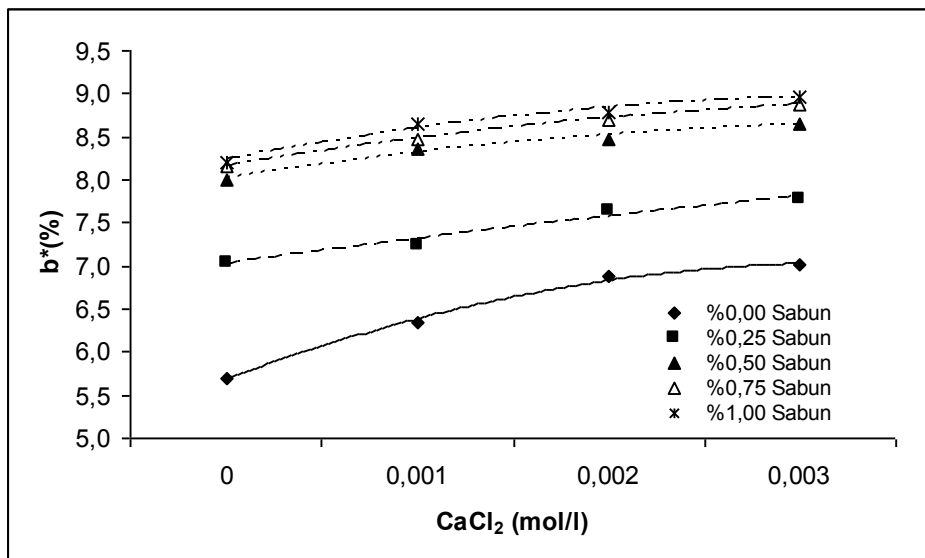
Şekil 39’da sabun miktarının hamurun CIE L*a*b* renk değerlerinden sarı(+) ve mavi(-) rengi belirten b* değeri üzerindeki etkisi görülmektedir. Grafikteki tüm değerler, pozitif olduğu için b* değerinin hamurun içerdiği sarı rengi belirttiğini söyleyebiliriz. Ortama ilave edilen sabun miktarının, şekil 37’deki ISO parlaklığında ki değişime benzer şekilde hamurun sarılık değerini artırdığı görülmektedir. Bunun nedeni ortama ilave edilen sabun ve kalsiyum klorür ile birlikte daha fazla oranda mürekkebin uzaklaşması ve hamur renginin değişmesidir. Ortama hamuru sarartıcı özellikteki bir kimyasalın katılmadığı ve sodyum hidroksit miktarının sabit alındığı düşünülürse sarılık değerindeki artışın, ortamdaki uzaklaştırılan mürekkep miktarından kaynaklandığı söylenebilir. Bilindiği gibi fazlaca mürekkep içeriğine sahip atık kağıtlar gri tonlarda renklere sahiptirler ve bu rengin oluşmasını büyük ölçüde içerdikleri karbon siyahı gibi mürekkep pigmentleri etkilemektedir. Bu durumda, ortamdaki uzaklaştırılan mürekkep pigmentleri ile birlikte hamurun griliğinin azalması dolayısıyla orijinal rengine geri dönmesi beklenebilir.

Şekil 40’te kalsiyum klorür miktarının “b*” değeri üzerindeki etkisi görülmektedir. Grafikten, artırılan kalsiyum iyonları ile birlikte hamur sarılığının da arttığı görülmektedir. İstatistiksel açıdan da sabun, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte etkisinin “b*” değeri üzerine etkisi %5 yanılma payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 15).



Şekil 39. Sabun ve CaCl₂ miktarının hamurun sarı rengi belirten CIE b* değeri üzerine etkisi

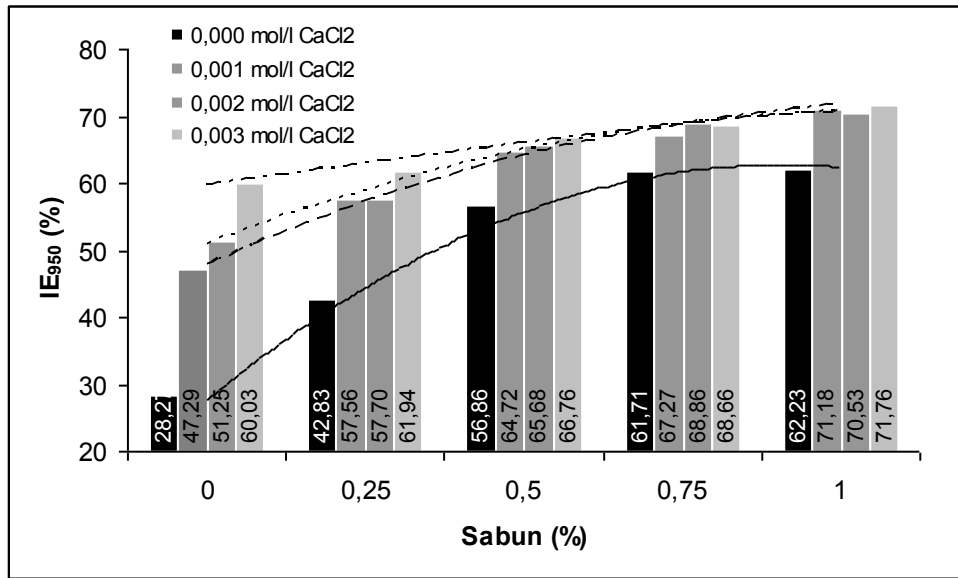
Bununla birlikte “b*” değeri de ISO parlaklık değeri gibi mürekkep uzaklaştırma etkinliğini açıklamakta tam olarak yeterli olamamaktadır. Bazı durumlarda, özellikle kimyasal hamur bazlı ofis atık kağıtlarında, ortamdaki sarı renkli pigmentler uzaklaştırılmamış ise “b*” değerindeki değişim mürekkep uzaklaştırma işlemi hakkında hiçbir şey ifade etmeyebilir. Bu durumda daha güvenilir ölçüm teknikleri olan ERIC ve leke analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 40. Kalsiyum klorür ve sabun miktarının, sarılık değerini belirten “b*” değeri üzerine etkisi

4.1.1.7. Yağ Asidi Sabunu ve Kalsiyum Klorür Miktarının Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀) ve Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonuna (ERIC) Etkisi

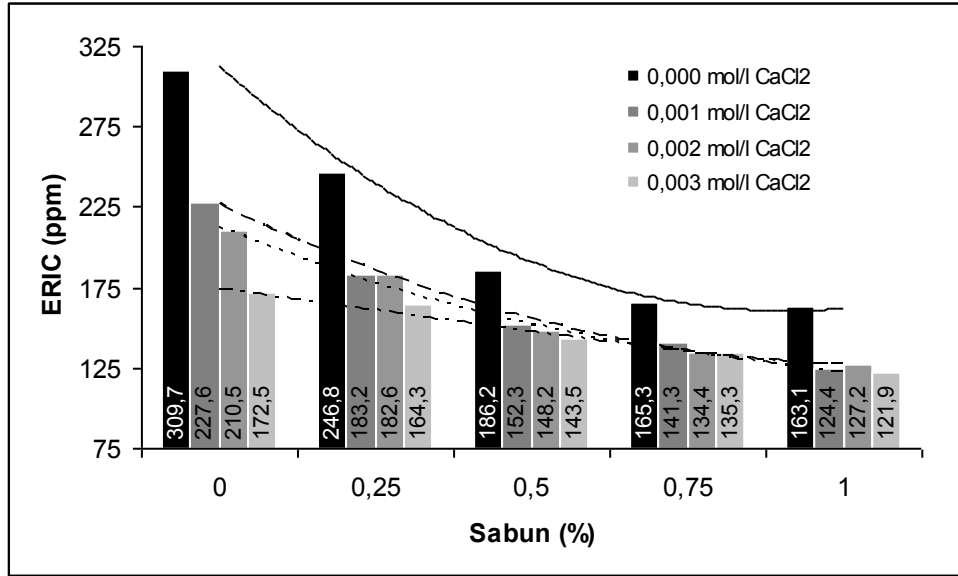
Şekil 41’de 950nm dalga boyunda ölçülen baskı yapılmamış hamur, mürekkepli hamur ve mürekkep giderme işlemine uğratılmış hamurun reflektans değerleri ile hesaplanan mürekkep uzaklaştırma etkinliği (Ink Elimination) “IE₉₅₀” değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan sabun miktarının, mürekkep uzaklaştırma işlemini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. %1 sabun oranıyla birlikte kalsiyum iyonları varlığında mürekkep uzaklaştırma etkinliği, %70’li değerlere kadar artmaktadır.



Şekil 41. Sabun ve CaCl₂ miktarının, mürekkep giderme etkinliği (IE₉₅₀) değeri üzerine etkisi

Şekil 42’de ise sabun miktarının hamur içerisinde kalan efektif kalıntı mürekkep miktarı (ERIC) üzerine etkisi görülmektedir. ERIC değeri IE₉₅₀ değerinin tersine kağıt üzerinden ölçülen ışık absorblama katsayısı yardımıyla hamur içerisinde kalan efektif mürekkep konsantrasyonunu ölçen bir değerdir. Şekil 42’den de görüldüğü gibi elde edilen değerlerin oluşturduğu eğriler IE₉₅₀ ile elde edilen değerlerin oluşturduğu eğrilerin (şekil 41) aynadaki yansıması gibi tersidir. Grafik incelendiğinde artırılan sabun miktarının hamur içerisinde kalan mürekkep konsantrasyonunu azalttığı görülmektedir. Hiçbir işleme uğratılmamış hamurun ERIC değeri 431,7 ppm olarak hesaplanırken, %1 sabun ve 0,003

mol/l CaCl_2 miktarı ile yapılan yüzdürme işlemi sonrası ERIC değerinin 121,9 ppm'e kadar düştüğü görülmektedir.

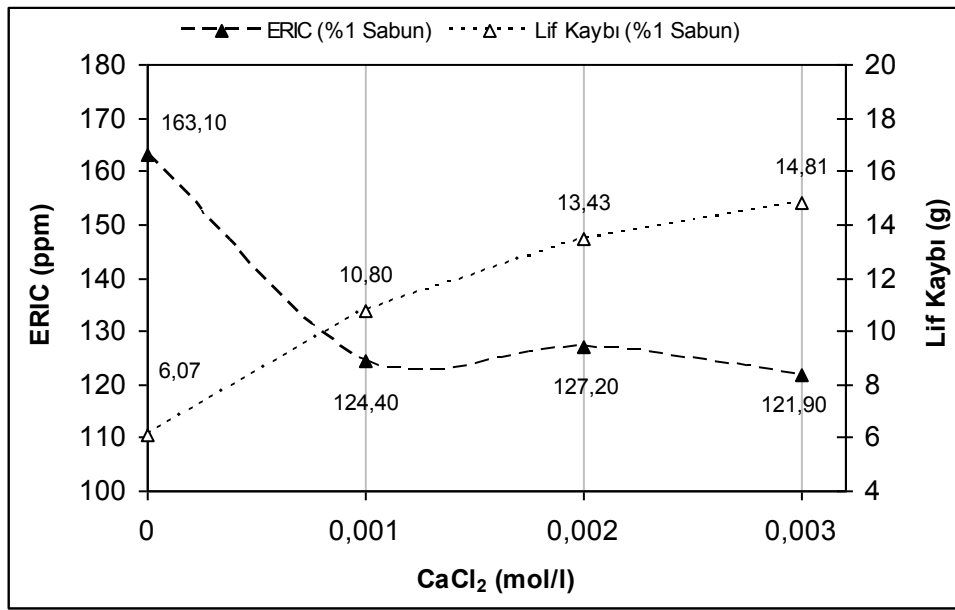


Şekil 42. Sabun ve CaCl_2 miktarının, hamur içerisinde kalan efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi

Şekil 41 ve 42'den görüldüğü gibi 0,001 mol/l kalsiyum klorür miktarının etkili bir mürekkep uzaklaştırma için yeterli olduğ görülmektedir. %1 oranındaki sabun ve 0,001 mol/l CaCl_2 miktarında, IE_{950} değerinin %71,18, ERIC değerinin ise 124,4 ppm olduğ belirlenmiştir. Bu oran 0,003 mol/l CaCl_2 ile birlikte IE_{950} değerinde yalnızca %71,76'ya kadar çıkmış ve ERIC değerini 121,9 ppm kadar azaltabilmitir. İstatistiksel açıdan da sabun, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte etkisinin IE_{950} ve ERIC değeri üzerine etkisi %5 yanılma payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 11 ve 12).

Bu konu üzerine yapılan çalışmalarda, (Theander ve Pugh., 2004 ; Schwinger, ve Dobias, 1991) kalsiyum klorür oranının artırılmasının hamur verimini azalttığı ve lif kayıplarının artmasına neden olduğ belirtilmektedir. Ayrıca kalsiyum klorür oranının sistemde gerektiğinden fazla oranda bulunmasının kağit üretimi sırasında çeşitli olumsuz etkilere de sebep olduğ belirtilmektedir. Bu durumda optimum kalsiyum klorür oranın tespit edilmesi işlem verimliliği açısından önemlidir. Bilindiği gibi fabrikalarda kullanılan sular içerisinde suya sertlik veren kalsiyum ve diğer iyonlar fazlaca bulunmaktadır. Bu yüzden kullanılan suyun sertlik değeri ve kalsiyum miktarının hassas olarak tespit edilmesi gerekmektedir.

Seçici bir mürekkep giderme işlemi için, en az lif kaybı ile en yüksek mürekkep uzaklaştırma derecesinin elde edildiği optimum koşulların belirlenmesi, ana amaçtır. Bu açıdan mürekkep uzaklaştırma etkinliği ile lif kayıpları birlikte değerlendirilmelidir. Şekil 43'te %1 sabun oranında kalsiyum klorür miktarının, hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu ve lif kaybı değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten en uygun kalsiyum klorür oranının %1 sabun miktarı için 0,001 mol/l olduğu görülmektedir. Çünkü 0,001 mol/l CaCl_2 ile en az lif kaybıyla en etkili mürekkep uzaklaştırma işlemi gerçekleştirilebilmiştir.



Şekil 43. Kalsiyum klorür miktarının, efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu ve lif kaybına etkisi

Bu çalışmada toplayıcı madde olarak %1 oranında yağ asidi sabunu kullanılacaksa 0,001 mol/l kalsiyum klorür oranının yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

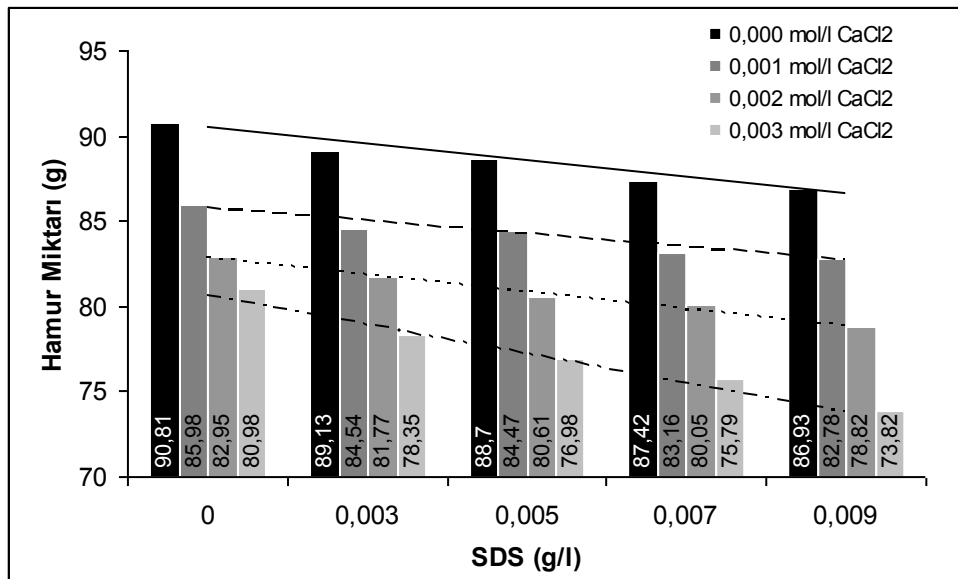
Kalsiyum klorür oranının düşük olması ve ortama kalsiyum klorür eklenmeden de sabunun tek başına mürekkep uzaklaştırma işleminde etkili olabilmesinin sebebi ortamda bulunan dolgu maddelerinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü, kullanılan atık kağıdın %20'si CaCO_3 ile kuşelenmiş LWC kağıtlarından oluşmaktadır. Dolgu maddesinin ortam için gerekli kalsiyum ihtiyacının bir kısmını karşıladığı düşünülmektedir (Thander ve Pugh 2004 ; Körkö, vd. 2008).

4.1.2. Kalsiyum Klorür Oranına Bağlı Olarak Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS) Yüzdürme İşlemine Etkisi

Tez çalışması kapsamında özellikleri incelen diğer toplayıcı kimyasal madde, anyonik yüzey aktif maddelerinden, sodyum dodesil sülfattır (SDS).

4.1.2.1. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi

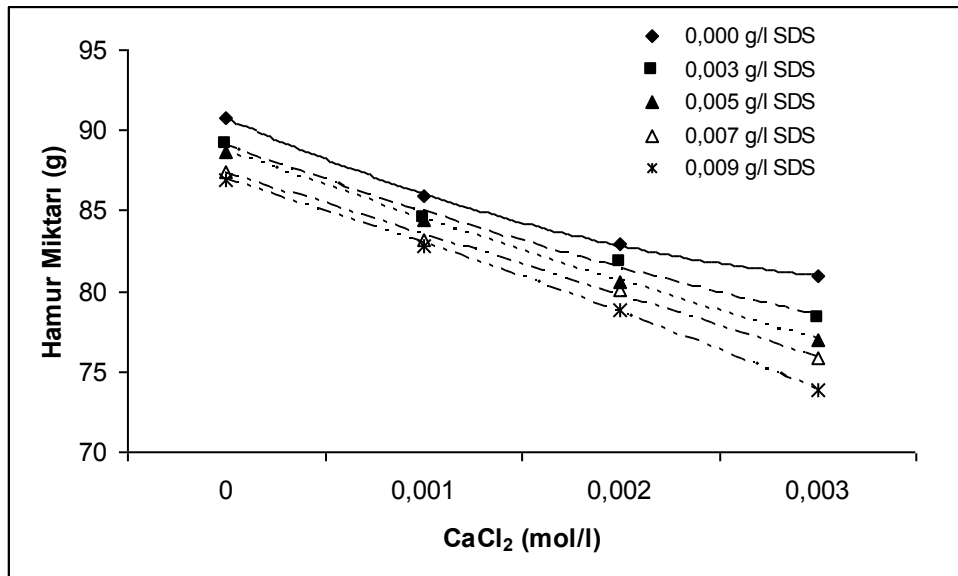
Şekil 44'te SDS miktarının, hamur verimi üzerine gerçekleştirdiği etki görülmektedir. Grafik incelendiğinde SDS miktarının hamur verimi üzerinde ılımlı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Şekil 45'den de görüldüğü gibi kalsiyum klorür oranının artırılması ile verim değerinin dikkate değer ölçüde azaldığı görülmektedir. Costa ve Rubio (2004) yaptıkları çalışma sonucunda SDS kullanımının verim kayıplarını artırdığını belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ortama kalsiyum iyonu ilave etmeden bile verim değeri %65'e kadar düşmüştür. Bunun nedeni büyük olasılıkla çeşme suyu ile yaptıkları çalışmadan kaynaklanmış olabilir çünkü çeşme sularında büyük oranda suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller doğal olarak zaten ortamda bulunmaktadır. Gerçekleştirilen tez çalışmasında bu hususa özellikle dikkat edilmiş olup, ortamda hiçbir iyonunun bulunmaması için tüm çalışmalar deiyonize su kullanılarak yapılmıştır.



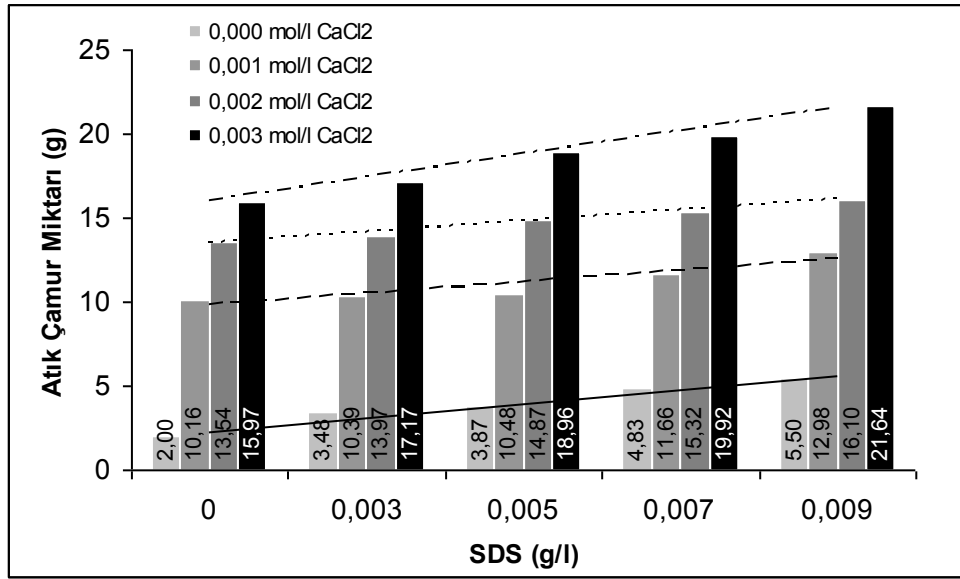
Şekil 44. SDS ve CaCl₂ miktarının hamur verimine etkisi

SDS ve yağ asitleri gibi anyonik yüzey aktif maddeleri aktifleştirebilmeleri için Ca^{++} iyonuna ihtiyaç duymaktadırlar (Theander ve Pugh, R.J., 2004). Şekil 45'te kalsiyum klorür oranının hamur verimi üzerindeki etkisi görülmektedir. Sabunun ve kalsiyum klorürün verim üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında, kuşkusuz kalsiyum klorürün çok baskın olduğu ve artırılan kalsiyum klorür miktarının verimi azalttığı görülmektedir. Yapılan bir çok çalışmaya göre de yüzdürme işlemi için SDS'nin yüksek oranda Ca^{++} iyonuna ihtiyaç duyduğu ve bu durumda da verimin düştüğü belirtilmiştir (Oliveira ve Torem, 1996).

Costa ve Rubio (2004) yaptıkları çalışma sonucunda, artırılan kalsiyum iyon konsantrasyonunun verimi daha fazla oranda azalttığını tespit etmişlerdir. Çeşme suyu ile yaptıkları çalışmada ortama sadece 0,003 g/l SDS ilave ettiklerinde verim değeri yaklaşık %65'e düşerken, ortama 1,5 mM oranında CaCl_2 ve 0,003 g/l SDS'yi birlikte ilave ettiklerinde verimin %50'nin de altına düştüğünü belirlemişlerdir. Elde ettikleri bulgular, tez çalışması sonucunda elde ettiğimiz bulguları desteklemekle birlikte, 0,009 g/l SDS ve 0,003 mol/l kalsiyum klorür kullanıldığında bile verim değeri %70'in altına hiç düşmemiştir. Buna, büyük olasılıkla kullanılan yüzdürme hücresinin farklılığı ve kalsiyum iyon konsantrasyonunun belirlenmesinde Costa ve Rubio'nun çeşme suyundaki mineralleri hesaba katmamış olması neden olmuş olabilir.

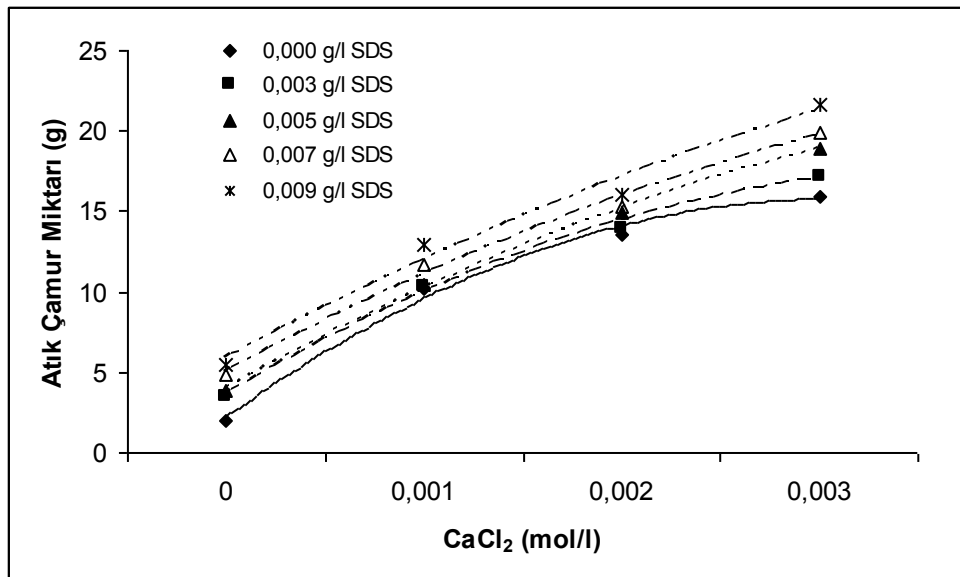


Şekil 45. Kalsiyum klorür ve SDS miktarının hamur verimine etkisi



Şekil 46. SDS ve CaCl₂ oranının atık çamur miktarına etkisi

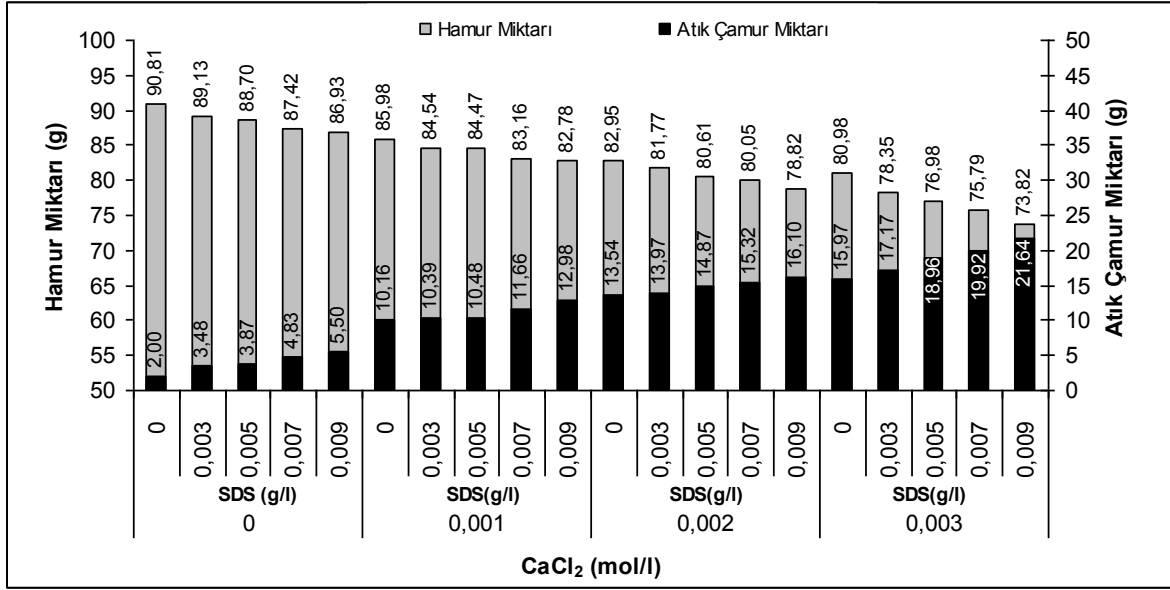
Şekil 46'da SDS miktarının atık çamur miktarı üzerine etkisi, Şekil 47'de ise kalsiyum klorür oranının atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde artırılan kalsiyum klorür oranı ve SDS miktarı ile birlikte verim kaybına bağlı olarak çamur miktarında artış gözlenmektedir. Ortama ilave edilen kalsiyum klorür miktarı, hamur veriminde olduğu gibi atık çamur miktarı üzerinde sodyum dodesil sülfata göre çok daha fazla oranda etkilidir.



Şekil 47. Kalsiyum klorür ve SDS oranının atık çamur miktarına etkisi

İstatistiksel açıdan da SDS ve kalsiyum klorür miktarının ayrı ayrı ve birlikte, hamur verimi ile atık çamur miktarı üzerindeki etkileri, %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 16 ve 17).

Şekil 48’de kalsiyum klorür ve SDS miktarının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir.



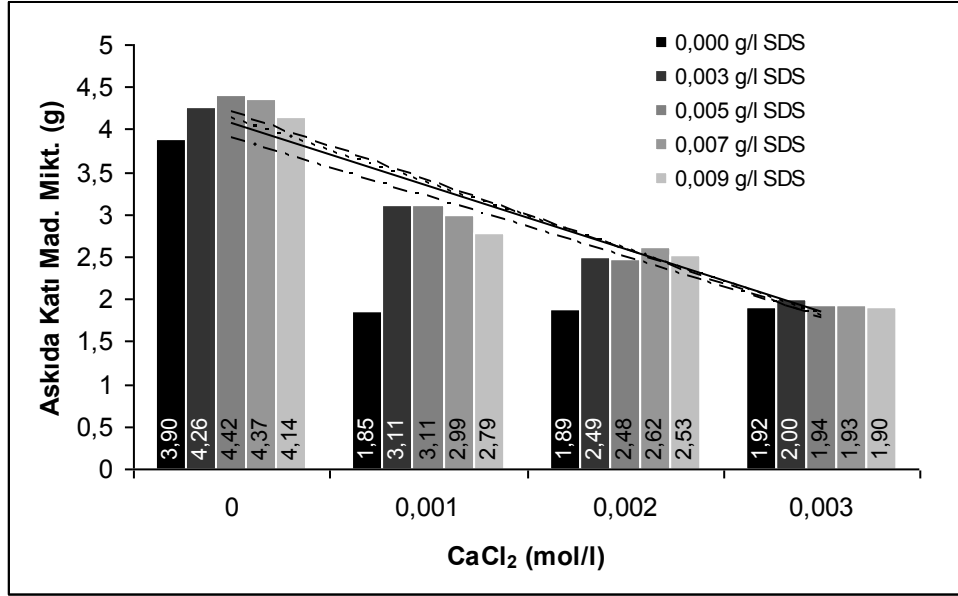
Şekil 48. SDS miktarına bağlı olarak kalsiyum klorür oranının, hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi

4.1.2.2. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarı Üzerine Etkisi

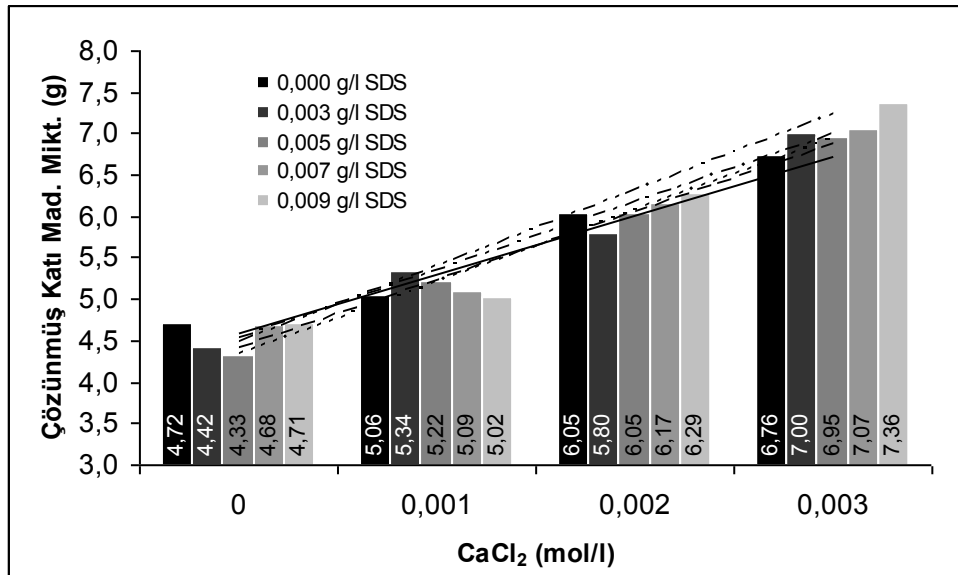
Şekil 49’da kalsiyum klorür ve SDS oranının yüzdürme işlemi sonrası süzüntü suya geçen askıda katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi kalsiyum klorür miktarının artırılması ile askıda katı madde miktarında azalış gözlenmektedir. Bununla birlikte SDS miktarının, askıda katı madde miktarı üzerine etkisi çok zayıftır. İstatistiksel açıdan, kalsiyum klorür ve SDS’nin AKM üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 18).

Şekil 50’de kalsiyum klorür ve SDS’nin, çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Ortama ilave edilen kalsiyum klorür oranı ile çözünmüş katı madde miktarı ve şekil 51’de görülen iletkenliğe göre hesaplanan TDS yani toplam çözünmüş katı madde miktarının arttığı görülmektedir. Bununla birlikte SDS miktarının ÇKM ve TDS üzerine

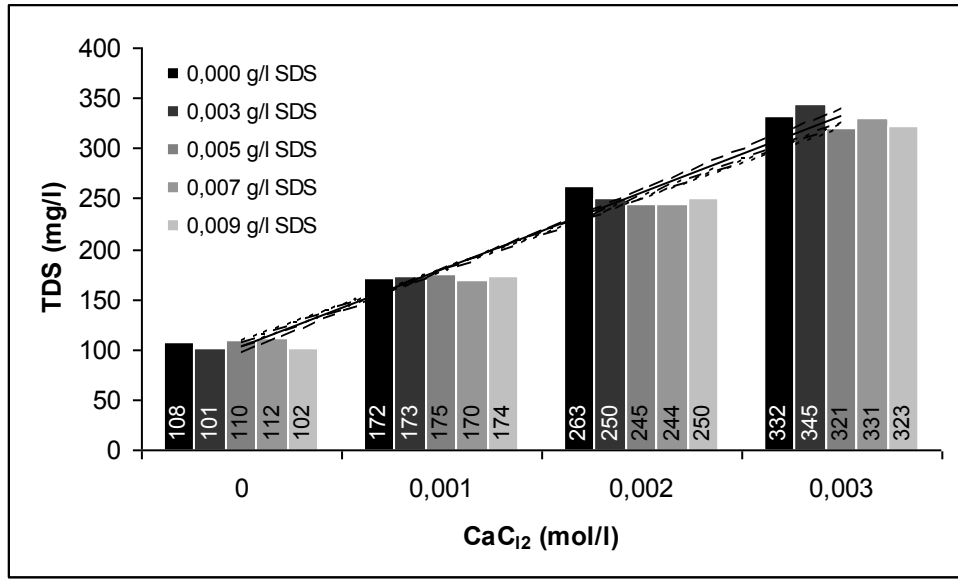
etkisi daha ılımlıdır. İstatistiksel olarak ta SDS miktarının ÇKM ve TDS üzerine etkisi önemsiz olup kalsiyum klorür miktarının ÇKM ve TDS üzerine etkisi %5 yanılma payı ile anlamlı bulunmuştur. Ayrıca SDS ve kalsiyum klorürün birlikte TDS üzerine etkisi istatistiksel olarak %95 güven düzeyiyle anlamsız bulunmuştur (Ek Tablo 19 ve 20).



Şekil 49. Kalsiyum klorür ve SDS oranının askıda katı madde miktarına etkisi



Şekil 50. Kalsiyum klorür ve SDS oranının çözünmüş katı madde miktarına etkisi



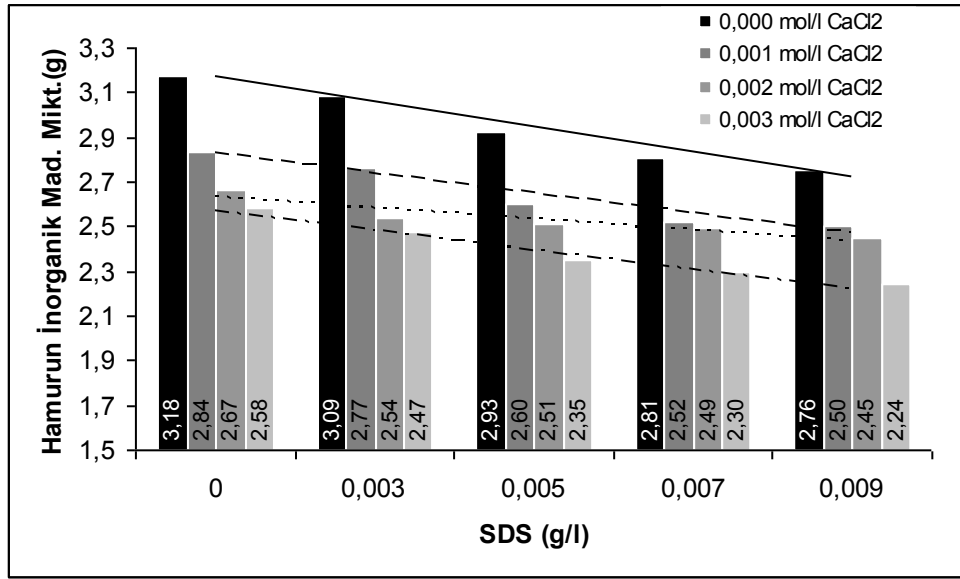
Şekil 51. Kalsiyum klorür ve SDS oranının süzüntü sudan ölçülen TDS değerine etkisi

4.1.2.3. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarlarına Etkisi

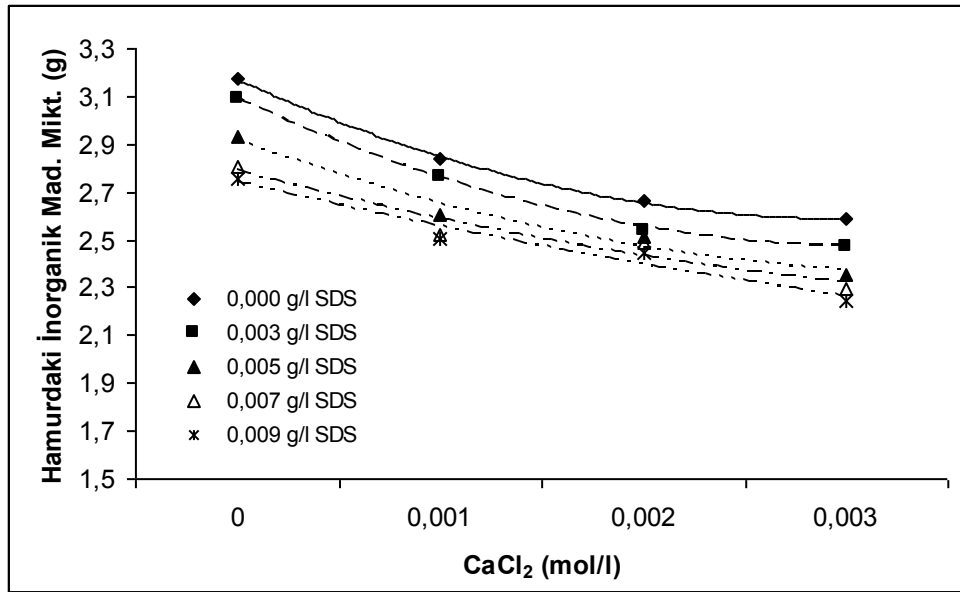
Şekil 52’de SDS, Şekil 53’de CaCl₂ miktarının mürekkep uzaklaştırma işlemine uğratılmış hamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi artırılan SDS miktarının inorganik madde miktarını azaltmaktadır. Kalsiyum klorür kullanılmaksızın hamurdaki inorganik madde miktarı 0,009 g/l SDS ile birlikte 3,18g’dan 2,76g’a gerilemiştir. Bununla birlikte kalsiyum klorür oranının çok daha etkili olduğu Şekil 53’deki grafikten açıkça görülmektedir. Ortama 0,003 mol/l CaCl₂ ilave edildiğinde ise inorganik madde miktarı 2,24g’a kadar düşmüştür.

İnorganik madde miktarının ortamdaki uzaklaştırılan mürekkep miktarı ile birlikte azalış göstermesi beklenen bir durumdur. Bununla birlikte inorganik madde miktarındaki değişim sadece uzaklaştırılan mürekkep miktarı ile açıklanamaz, yüzdürme işlemi ve yıkama işlemleri ile birlikte ortamdaki uzaklaşan dolgu maddesinin de oldukça önemli etkisi bulunmaktadır.

İstatistiksel olarak SDS ve CaCl₂’nin hamur içerisindeki inorganik madde miktarı üzerindeki etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 22).

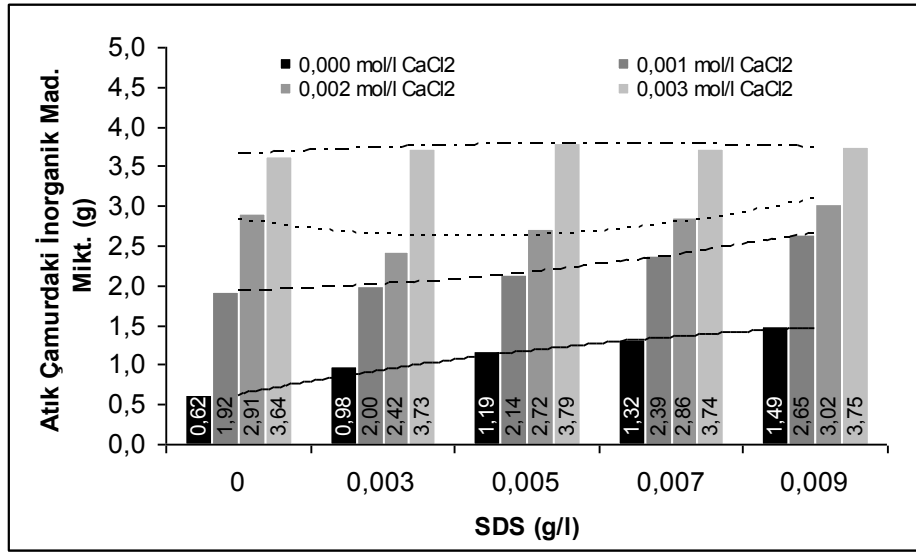


Şekil 52. SDS ve CaCl₂ miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

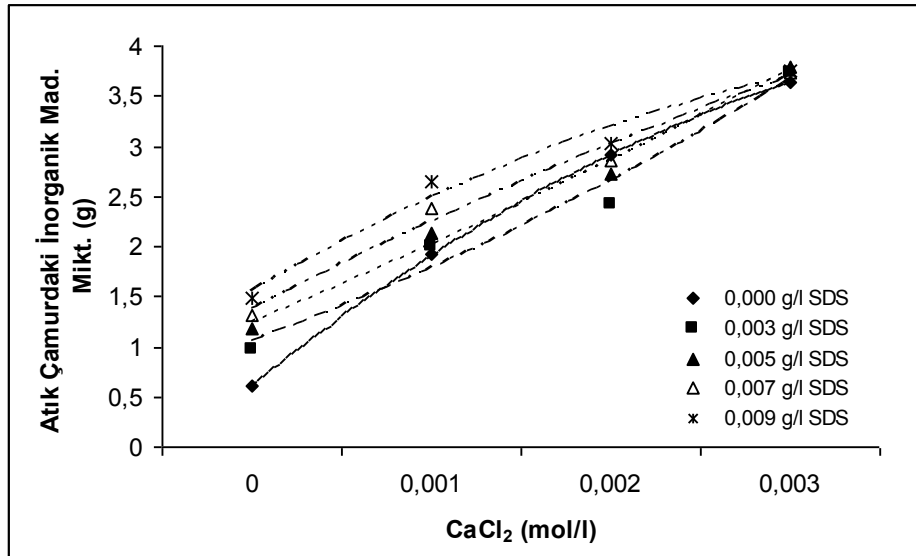


Şekil 53. Kalsiyum klorür ve SDS miktarının, hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 54'de ortama ilave edilen SDS Şekil 55'de kalsiyum klorür miktarının atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi SDS'nin etkisi oldukça ılımlı iken kalsiyum klorür miktarının artırılmasıyla atık çamur içerisindeki inorganik madde miktarı önemli ölçüde yükselmektedir.



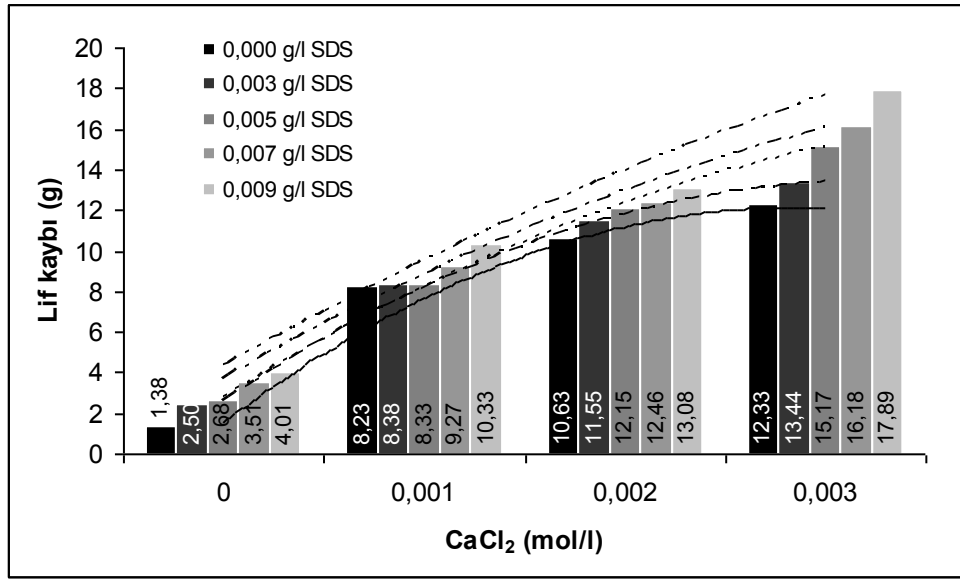
Şekil 54. SDS ve CaCl₂ miktarının atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi



Şekil 55. Kalsiyum klorür ve SDS miktarının atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

İstatistiksel olarak da SDS ve CaCl₂'nin Atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 24).

Şekil 56'da kalsiyum klorür ve SDS miktarının, yüzdürme işlemi sırasında meydana gelen lif kayıpları üzerindeki etkisi görülmektedir. Kalsiyum klorürün işlem verimini azalttığı yapılan bir çok çalışma (Oliveira ve Torem, 1996) ve Şekil 45'deki verim değerindeki düşüşten görülmektedir.

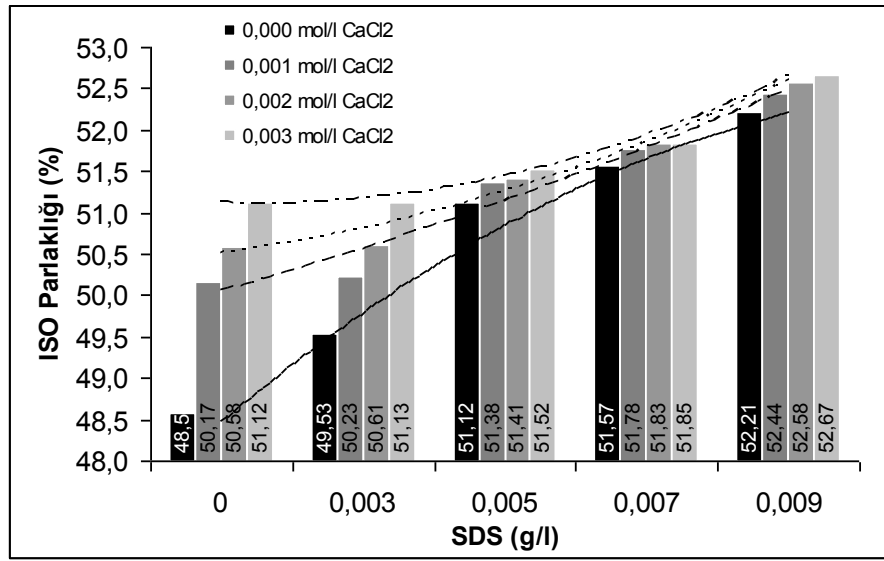


Şekil 56. Kalsiyum klorür ve SDS miktarının lif kaybına etkisi

4.1.2.4. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Hamur Parlaklığına Etkisi

Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının sabit alındığı koşullarda hamur parlaklığının, hamur içersinden uzaklaştırılan mürekkep miktarı ile artması beklenmektedir. Şekil 57’de görüldüğü gibi artırılan SDS ve kalsiyum klorür miktarı ile hamur parlaklığı artmaktadır. İstatistiksel olarak ta SDS, kalsiyum klorür ve ikisinin birlikte hamur parlaklığı üzerine etkisi %5 hata payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 25).

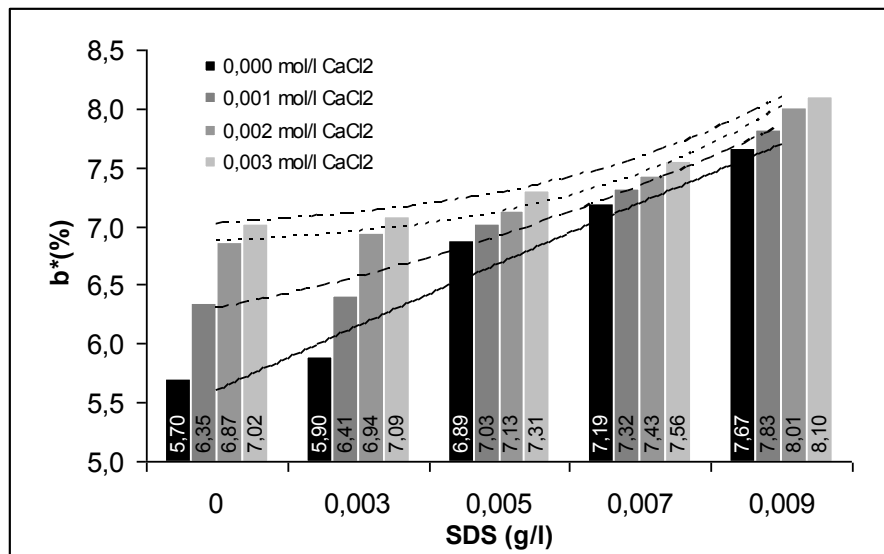
Parlaklık artışı önceden de belirtildiği gibi uzaklaştırılan mürekkep miktarını tam olarak açıklayamamaktadır. Bu yüzden diğer ölçüm teknikleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü deneme kağıtlarının hazırlanması sırasında mürekkep parçacıkları safihanın altına doğru göç etmekte iken; kalın pedlerin yapılması sırasında ise pedin üst kısmında kalmaktadır. Diğer taraftan parlaklık bir makro ölçüdür ve mürekkep parçacıklarının miktarı yanında boyutlarından da oldukça etkilenir. Bu sebeple parlaklık değeri ve hamur içersindeki mürekkep miktarının ilişkiye getirilmesinde yanılgıya neden olmaktadır. Dolayısı ile parlaklık değerinin diğer ölçüm teknikleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekir (McCool, 1993)



Şekil 57. SDS ve CaCl₂ miktarının hamurun ISO parlaklık değerine etkisi

4.1.2.5. Sodyum Dodesil (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının b* (Sarılık) Değerine Etkisi

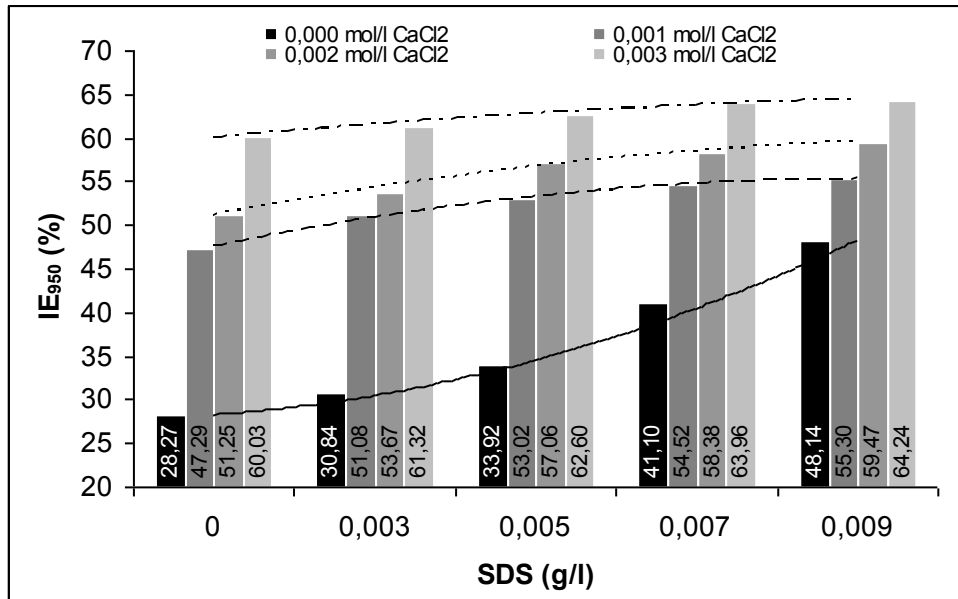
Şekil 58'deki grafik incelendiğinde SDS ve kalsiyum klorür miktarının artırılması ile ortamdan uzaklaştırılan mürekkep miktarı ile birlikte hamur parlaklığında olduğu gibi hamurun sarı rengini belirten b* değeri de artmaktadır. İstatistiksel olarak ta SDS, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte b* değeri üzerine etkisi %5 hata payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 31).



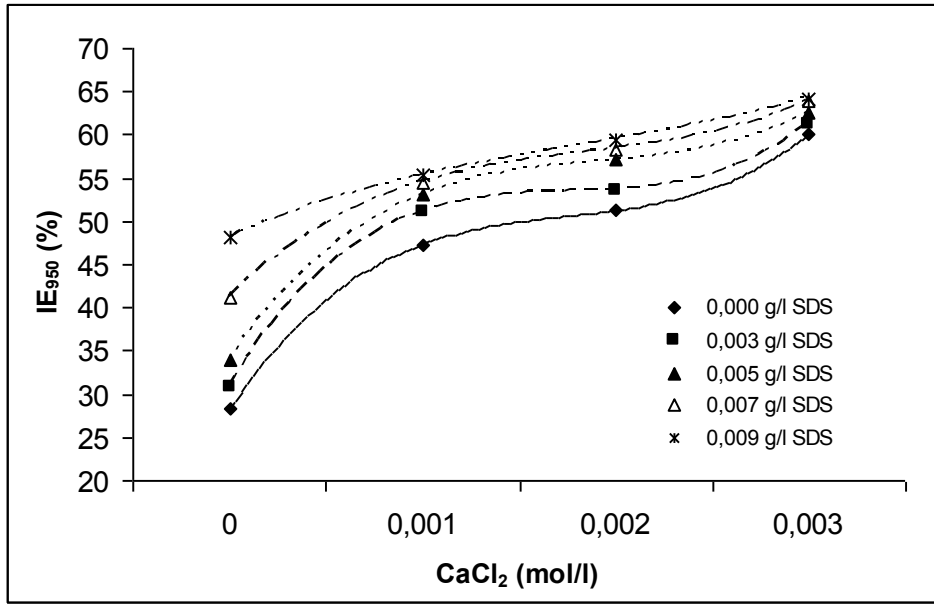
Şekil 58. SDS ve CaCl₂ miktarının sarılık değerini belirten "b*" değerine etkisi

4.1.2.6. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorür Miktarının Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE_{950}) ve Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonuna (ERIC) Etkisi

Şekil 59'da SDS'nin mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerine etkisi görülmektedir. grafikten görüldüğü gibi SDS'nin tek başına kalsiyum klorür ilave edilmediği durumda mürekkep giderme işlemi üzerine çok sınırlı bir etkisi bulunmaktadır. Mürekkep uzaklaştırma etkinliği 0,009 g/l SDS ilavesi ile %28,27'den ancak %48,14'e kadar artmıştır. Bununla birlikte ortama 0,003 mol/l kalsiyum klorür ilave edildiğinde bu oran %64,24' kadar çıkmıştır. Şekil 60'daki kalsiyum klorürün mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerine etkisini gösteren grafikten bu durum daha açık bir şekilde görülmektedir. Costa ve Rubio'nun (2004) yaptıkları çalışmada da belirttikleri gibi SDS ortamda yüksek oranda kalsiyum iyonu mevcut ise daha etkin olabilmektedir.

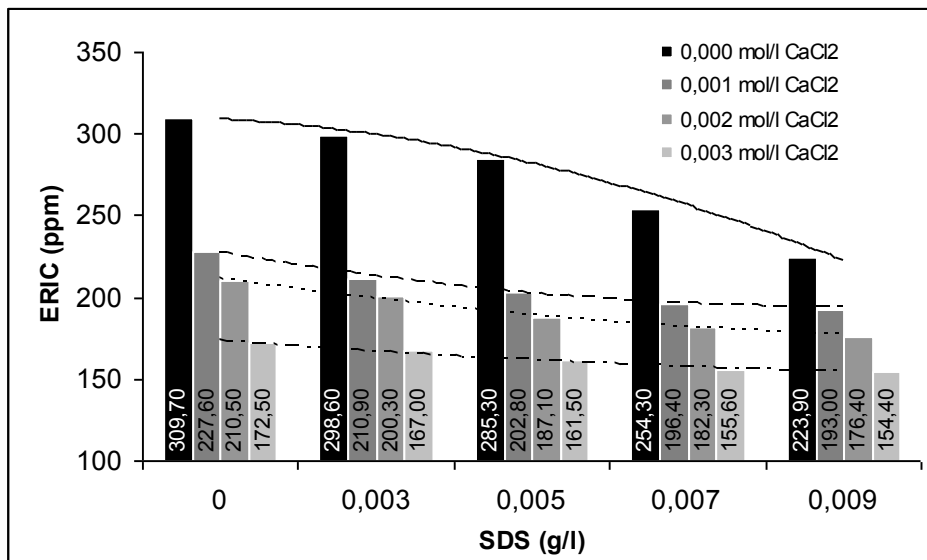


Şekil 59. SDS ve CaCl₂ miktarının mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi



Şekil 60. Kalsiyum klorür ve SDS miktarının mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi

Şekil 61’de ise SDS ve kalsiyum klorürün, hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu olan ERIC değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan SDS (0,009 g/l) ve kalsiyum(0,003 mol/l) klorür miktarı ile birlikte hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu ERIC, kontrole göre 431,7 ppm’den 154,40 ppm’e kadar düşmüştür.



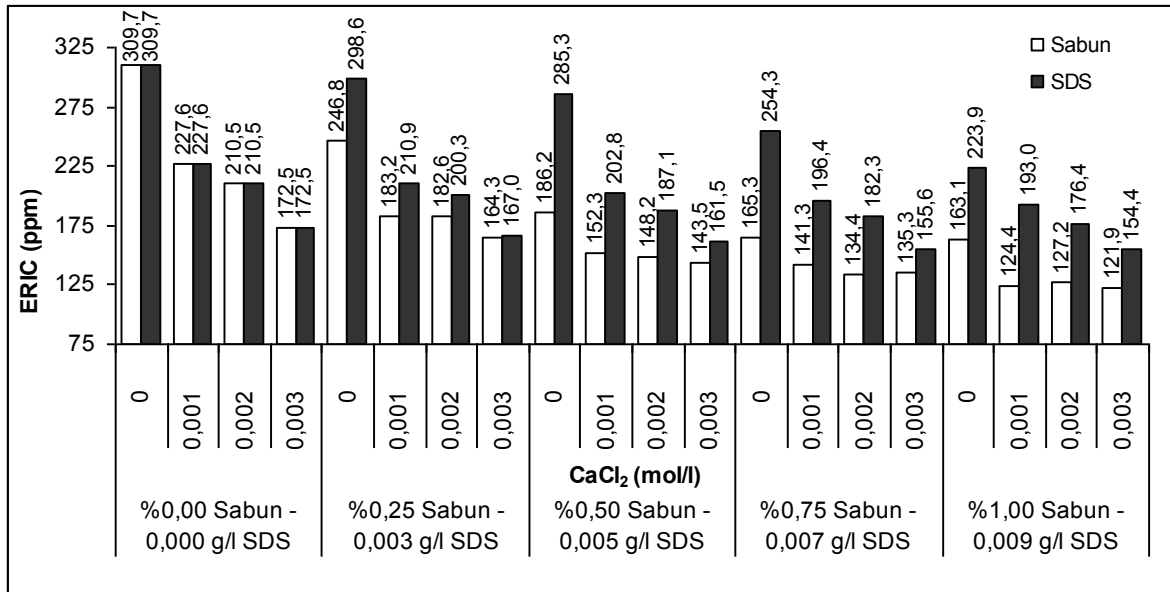
Şekil 61. SDS ve CaCl₂ miktarının hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi

İstatistiksel olarak SDS, kalsiyum klorür ve iki değişkenin birlikte mürekkep uzaklaştırma etkinliği (IE_{950}) ve efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu (ERIC) üzerine etkisi %5 yanılma payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 27 ve 28).

4.1.3. Yağ Asidi Sabunu ve Sodyum Dodesil Sülfatın (SDS), Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

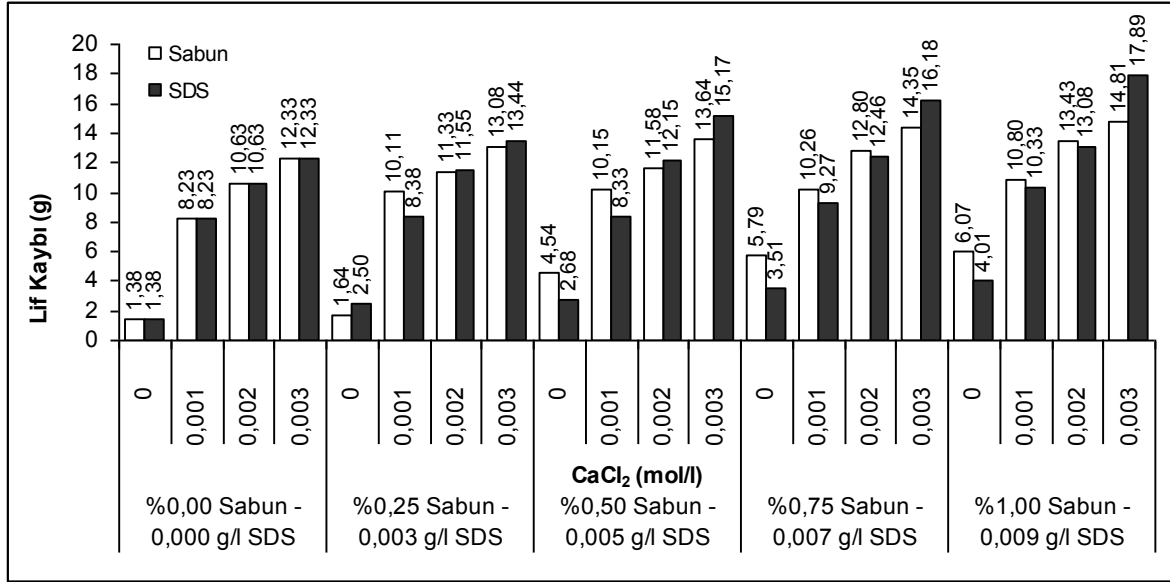
Tez çalışması kapsamında iki anyonik yüzey aktif maddesi olan yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfatın yüzdürme işlemi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu bölümde ise bu iki yüzey aktif maddesinin yüzdürme işlemi sonrası lif kayıpları ve uzaklaştırılan mürekkep miktarı açısından, işlem verimliliği ve seçicilik üzerine gerçekleştirdiği etkiler karşılaştırılmıştır.

Şekil 62’de sabun ve SDS miktarının, yüzdürme işlemi sonrası hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep miktarı ERIC değerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde yağ asidi sabunun aynı kalsiyum klorür oranında SDS’ye göre çok daha etkili olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ortama ilave edilen sabun miktarı tam kuru hamura oranla % olarak kullanılırken, SDS ise literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak g/l olarak ortama ilave edilmiştir. Karşılaştırma yapmak açısından değişkenler birbirinden farklı olsalar bile mürekkep uzaklaştırma kabiliyetleri açısından fikir verebilmektedir.



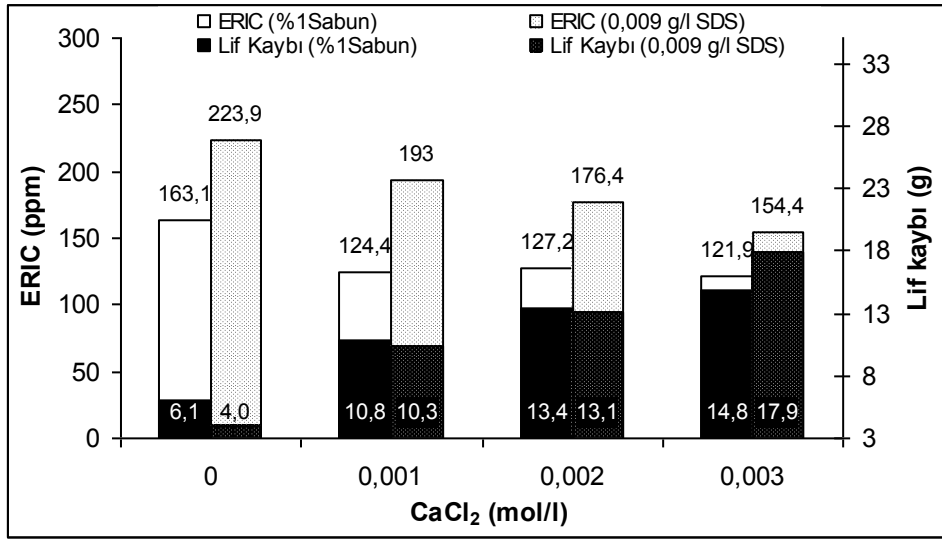
Şekil 62. Kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS miktarının hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi

Şekil 63'te sabun ve SDS'nin lif kaybı üzerine etkisi görülmektedir. Lif kayıpları açısından SDS'nin sabuna göre daha fazla oranda lif kaybına neden olduğu ve dolayısı ile hamur verimini düşürdüğü görülmektedir.



Şekil 63. Kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS miktarının Yüzdürme işlemi sırasındaki lif kayıplarına etkisi

Şekil 64'te kalsiyum klorür miktarının, kalıntı mürekkep ve lif kaybı miktarına etkisi görülmektedir. Sabun miktarının %1 kalsiyum klorür oranının 0,001 mol/l olarak sabit alındığı durumda yalnız, 10,80g lif kaybı ile hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonunun 124,4ppm'e kadar düşürülebildiği görülmektedir. Bununla birlikte aynı kalsiyum klorür oranı için 0,009g/l sodyum dodesil sülfat ile 10,33g lif kaybı ile birlikte efektif kalıntı mürekkep miktarı ancak 193ppm'e kadar düşürülebilmştir. Sodyum dodesil sülfat ile en az efektif kalıntı mürekkep miktarı 0,009 g/l miktarda 0,003 mol/l kalsiyum klorür ile birlikte kullanıldığında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre 154,4ppm'e 17,89g lif kaybıyla ulaşılmıştır. Yağ asidi sabunu bu açıdan sodyum dodesil sülfata göre çok daha seçici bir yüzey aktif maddesidir. Çünkü aynı miktardaki kalsiyum klorür miktarı için %1 oranında kullanılan sabun ile çok daha düşük olan 121,9 ppm'lik efektif kalıntı mürekkep miktarına yalnızca 14,81g lif kaybı ile ulaşabilmek mümkündür.



Şekil 64. Değiştirilen kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak sabun ve SDS'nin hamurun içerdiği kalıntı mürekkep konsantrasyonu ve lif kaybına etkisi

Costa ve Robio (2004) ise yaptıkları çalışmada SDS ve kullandıkları kalsiyum oleat sabununun etkilerini karşılaştırmışlar ve sabit kalsiyum klorür miktarında benzer parlaklık değerlerini elde etmişlerdir. Bununla birlikte SDS'nin verimi %50'nin altına kadar, sabunun ise verimi yalnızca %75'e kadar düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak tez çalışması kapsamına, atık gazete ve magazin kağıtlarının yüzdürme işlemi ile mürekkep uzaklaştırma işleminde, deiyonize su için 0,001 mol/l kalsiyum klorür ve %1 oranında ilave edilen yağ asidi sabunu ile en az lif kaybı ile en yüksek mürekkep uzaklaştırmanın yapılabileceği tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci kısmı olan aktif oksijen kaynağı olan ağartıcıların etkilerinin karşılaştırıldığı bölümde, sabun miktarı %1, kalsiyum klorür oranı 0,003 mol/l olacak şekilde sabit alınmıştır. Kalsiyum klorür miktarının 0,001 mol/l yerine 0,003 mol/l olarak sabit alınmasının nedeni ağartıcıların etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için en yüksek mürekkep uzaklaştırma derecesinin seçilmiş olmasıdır.

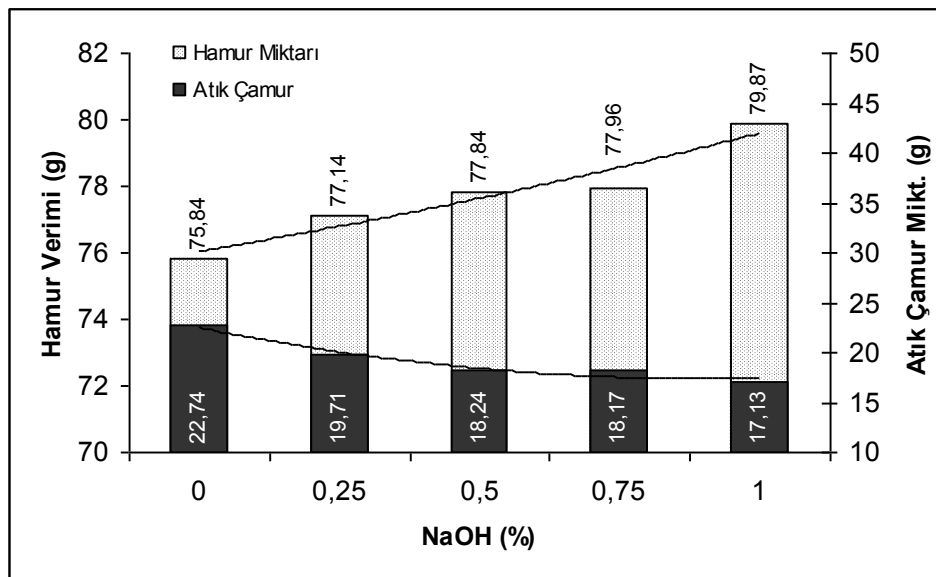
4.2. Hamurlaştırma İşleminde Kullanılan Oksidatif Ağartıcılar ve Sodyum Hidroksit'in Etkileri

Bu bölümde ortamın alkaliliğini artırmak, mürekkebin liflerden sökülmesini ve liflerin şişmesini sağlamak için hamurlaştırıcıya ilave edilen sodyum hidroksit ve alkalinin

sebepl olduğu hamurdaki kararma etkisini dengelemek amacıyla ortama ilave edilen oksijen bazı ağartıcıların etkileri araştırılmıştır.

4.2.1. Ortama İlave Edilen Sodyum Hidroksit Miktarının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur Verimi, Hamur Parlaklığı, Hamurun Renk Değerleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi

Bilindiği gibi atık kağıt işleme proseslerinde önemli miktarda alkali kullanılmaktadır. Alkali kaynağı olarak kağıtcılıkta en fazla sodyum hidroksit kullanılmakla birlikte, son zamanlarda diğer alkali kaynaklarının kullanılabilirliği üzerine de çalışmalar yapılmaktadır (Pan vd., 2000; Mahagaonkar vd., 1995; Hietanen vd., 2007). Hamurlaştırıcı içerisine ilave edilen alkalinin görevi, hamurlaştırma işleml sırasında ve takip eden iş akışları için gerekli pH'ı sağlamak, liflerin şişmesini sağlayarak liflerin bireysel hale geçmesine yardımcı olmak, mürekkebin yağ tabakasını hidroliz ederek pigmentlerin serbest hale geçmesini sağlamak ve ortamın yük yoğunluğunu ayarlamaktır (Gurnagul, 1995; Ferguson, 1992_a).

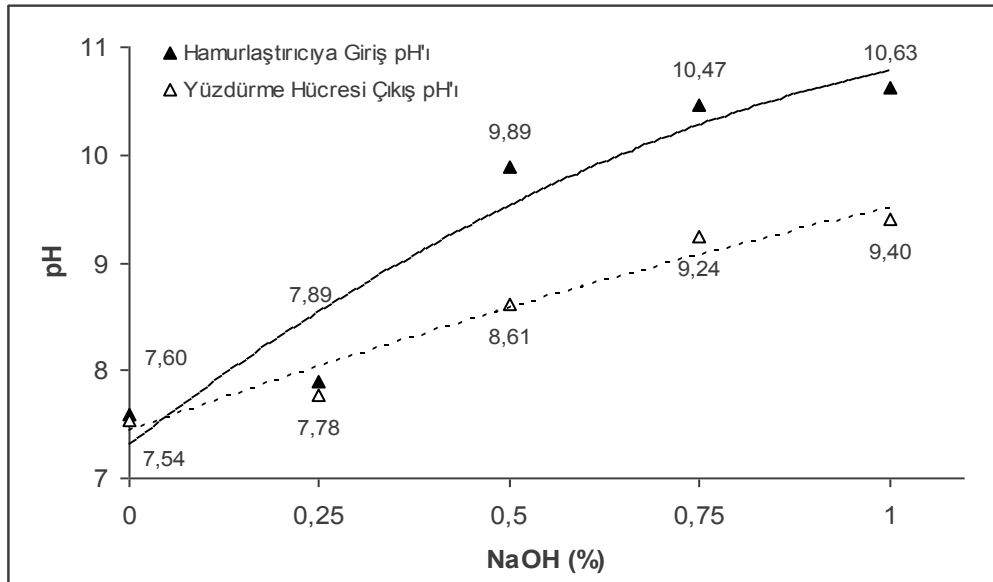


Şekil 65. Sodyum hidroksit miktarının, hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Şekil 65'te diğer tüm parametreler sabit alındığında artırılan sodyum hidroksit miktarının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine gösterdiği etki görölmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan alkali miktarı ile hamur veriminin arttığı görölmektedir. Aynı şekilde artan verimle birlikte ortamdaki uzaklaşan çamurunda azaldığı görölmektedir.

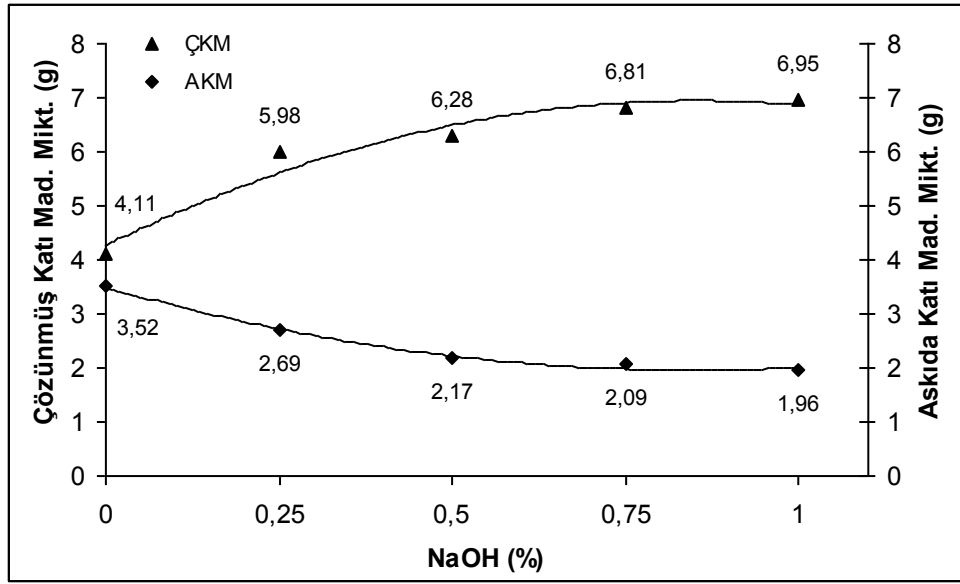
Ortama ilave edilen sodyum hidroksit ile ortamın yük yoğunluğunun negatif yönde artması, daha az oranda lifin atık çamur ile birlikte uzaklaşmasına ve verimin artmasına yol açmaktadır.

Bununla birlikte optimum oranların üstündeki alkali oranlarında mürekkep uzaklaştırma etkinliği, mürekkep parçacığının artan yüzey yüklerinden dolayı azalabilmektedir. En optimum pH koşullarının yüzdürme sırasında 8-10 arasında ki şartlar olduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir (Larsson vd., 1984_b; Ferguson, 1992_a). Şekil 66'da artırılan sodyum hidroksit miktarının hamurlaştırma işlemi ve yüzdürme işlemi sırasında pH üzerine gerçekleştirdiği etki görülmektedir.

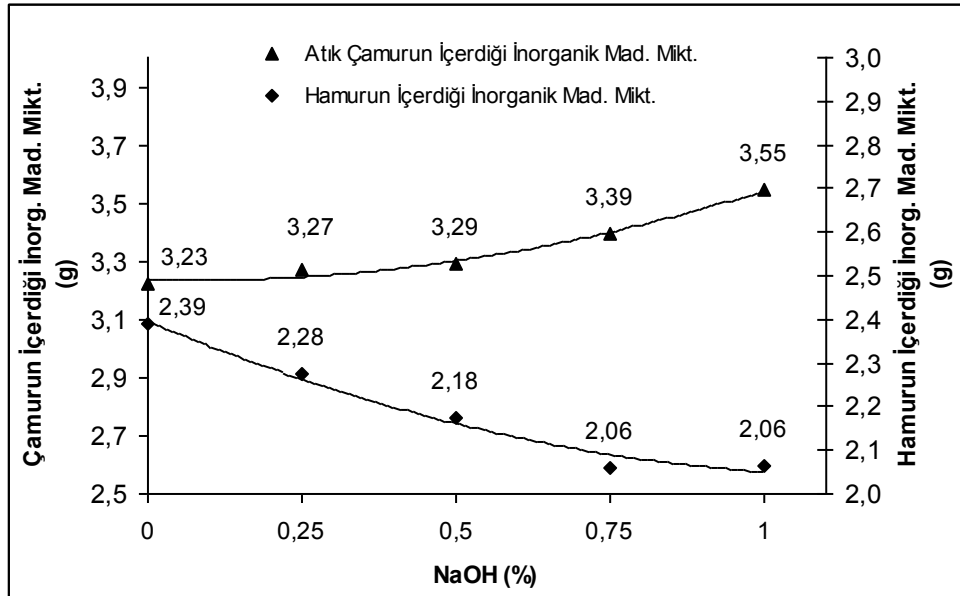


Şekil 66. Sodyum hidroksit miktarının hamurlaştırma sırasında ve yüzdürme işlemi sonrası ölçülen pH değerine etkisi

Şekil 67'de sodyum hidroksit miktarının yüzdürme işlemi sonrası kesafet artırma işlemi sırasında elde edilen süzüntü içerisindeki askıda katı madde ve çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan alkali miktarı ile birlikte askıda katı madde miktarının azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni mürekkep ve ince materyalin bir kısmının atık çamur ile uzaklaştırılması ve verimin artışından dolayı atık süzüntüye daha az miktarda katı materyal geçmesidir. Bununla birlikte ortama ilave edilen kimyasal madde oranının artmasından dolayı çözülmüş katı madde miktarının da arttığı görülmektedir.



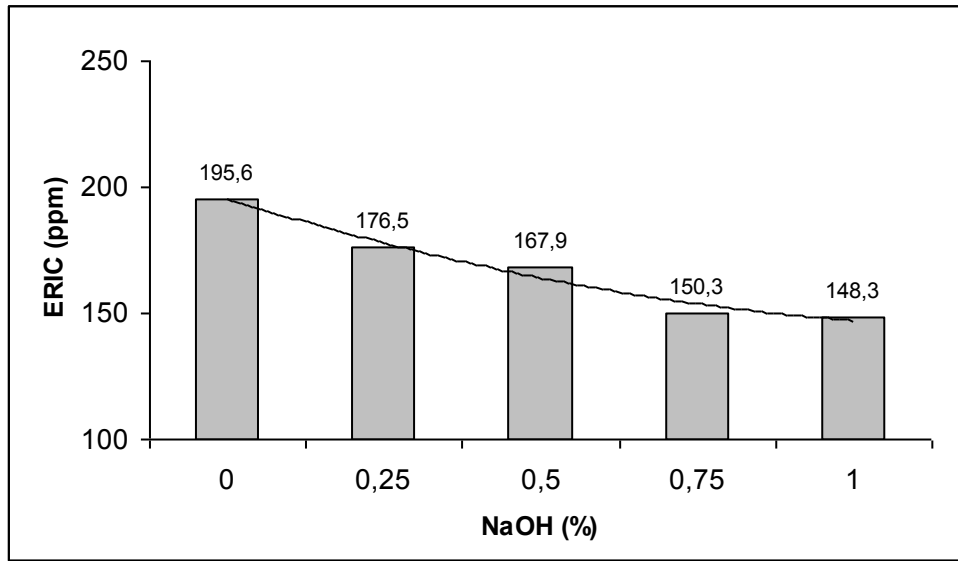
Şekil 67. Sodyum hidroksit oranının çözünmüş katı madde ve askıda katı madde miktarına etkisi



Şekil 68. Sodyum hidroksit miktarının hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 68’de sodyum hidroksit miktarının, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum hidroksit ile birlikte hamurun içerdiği inorganik madde miktarı azalmakta ve buna bağlı olarak çamur içerisindeki inorganik madde miktarı artmaktadır. Bunun nedeni büyük olasılıkla sodyum hidroksitin mürekkebin taşıyıcı tabakasını sabunlaştırması sonucu

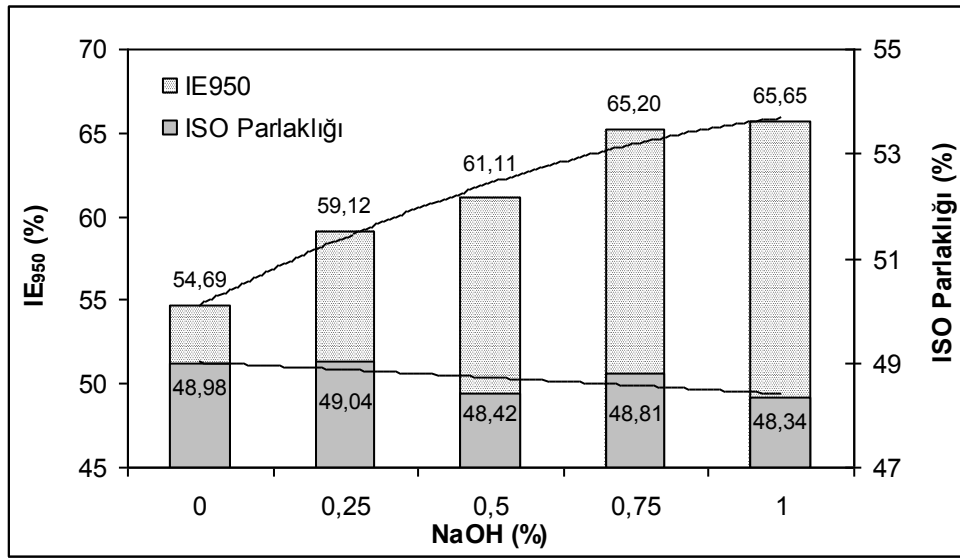
pigmentleri serbest hale geçirmesi ve ortamdan daha fazla oranda mürekkep pigmentinin atık çamur içerisine geçmesidir (Ferguson, 1992_a; Forester, 1987). Bu durum Şekil 69'da sodyum hidroksit'in efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi ve Şekil 70'deki mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerine etkisini gösteren grafiklerden de ayrıntılı olarak görülmektedir. Şekil 69'daki grafik incelendiğinde artırılan sodyum hidroksit miktarı ile birlikte hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonunun alkali olmaksızın yapılan yüzdürme işlemi ile 195,6 ppm olduğu, ortama %1 alkali ilavesiyle 148,3 ppm'e düştüğü görülmektedir. Yüzdürme işlemine uğratılmadan sadece hamurlaştırılan hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep miktarının 431,7 ppm olduğu göz önünde bulundurulduğunda yüzdürme işlemi ile mürekkep uzaklaştırma işleminin etkisi çok daha iyi anlaşılabilir. Bunun anlamı yüzdürme işleminin alkali ve benzeri kimyasallar ilave edilmeden bile, belli bir başarı yüzdesi ile mürekkebi uzaklaştırabildiğidir. Bununla birlikte yüzdürme işleminin seçiciliği, verimliliği ve etkinliğini artırabilmek için ortama çeşitli kimyasal maddelerin ilave edilmesi gerekmektedir.



Şekil 69. Sodyum hidroksit miktarının hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi

Şekil 70'te sodyum hidroksit miktarının mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve hamurun ISO parlaklık değeri üzerine etkisi birlikte görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan sodyum hidroksit miktarı ile mürekkep giderme etkinliğinin %65,65'e kadar arttığı bununla birlikte ISO parlaklığının sodyum hidroksit'in yol açtığı sararma ile birlikte azalış

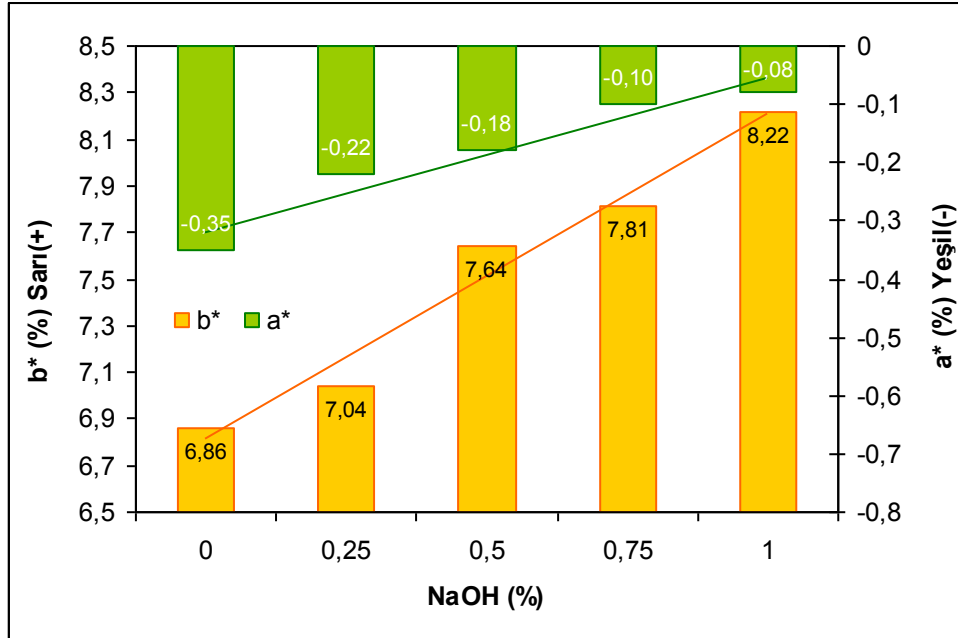
gösterdiği görülmektedir. Yapılan birçok çalışmada ISO parlaklık değerinin, mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin ölçümünde önemli bir parametre olarak kullanıldığı düşünülürse, ISO parlaklık değerinin mürekkep uzaklaştırma etkinliğini belirlemede çok güvenilir bir yöntem olmadığı, mürekkep uzaklaştırma işleminin tespiti için 457nm dalga boyundan daha yüksek olan 950 nm de yapılan IE₉₅₀ (Mürekkep uzaklaştırma etkinliği)ve ERIC (Efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu) ölçümlerinin gerekliliği daha iyi anlaşılmaktadır



Şekil 70. Sodyum hidroksit oranının mürekkep uzaklaştırma ve ISO parlaklık değeri üzerine etkisi

Şekil 71’de sodyum hidroksit miktarının CIE L*a*b değerlerinden pozitif değerlerde sarı rengi belirten b* değeri ve negatif değerlerde yeşil rengi belirten a* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde artırılan sodyum hidroksit miktarı ile birlikte beklenildiği gibi hamur sarılığının arttığı görülmektedir. Sarılık değeri(b*) 6,86’dan %1 oranındaki sodyum hidroksit ilavesi ile birlikte 8,22’ye kadar artmaktadır. Bununla birlikte etkili bir mürekkep giderme işlemi için alkali oranının belli bir seviyede olması istenmektedir. Bu amaçla ortama hamurun sarılığını tam olarak gidermese bile parlaklık değerini yükselten ve alkalinin yol açtığı kararına etkisini dengeleyen ağartıcı kimyasallar ilave edilmektedir (Ferguson 1992_a; McKinney, 1995). Tez çalışması kapsamında geleneksel olarak bu amaç için kullanılan hidrojen peroksit ve alternatifleri olan sodyum perborat ve sodyum perkarbonatın etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Şekil 71’de ayrıca sodyum hidroksit miktarının a^* değeri üzerine etkisi de görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum hidroksit miktarı ile a^* değeri negatif ekseninde azalış göstermekte yani hamurun içerdiği yeşil renk azalmaktadır.



Şekil 71. Sodyum hidroksit oranının hamurun sarılık ve yeşilimsi rengini belirten CIE b^* ve a^* değerleri üzerine etkisi

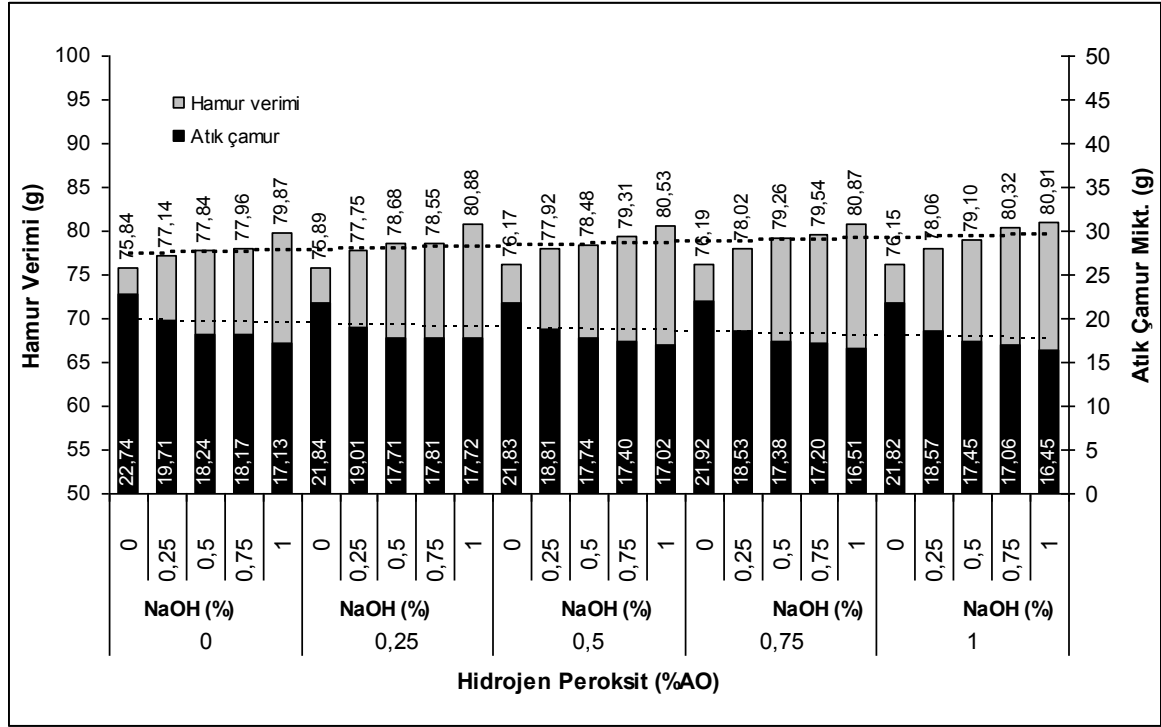
4.2.2. Hamurlaştırıcıya İlave Edilen Ağartıcıların Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur Verimi, Hamur Parlaklığı, Hamurun Renk Değerleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında, alkalinin yol açtığı renk koyulaşmasını dengelemek için yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksit ile alternatif peroksit kaynağı olan ve alkali ihtiva eden sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonatın etkileri araştırılmıştır.

4.2.2.1. Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonatın Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarı Üzerine Etkisi

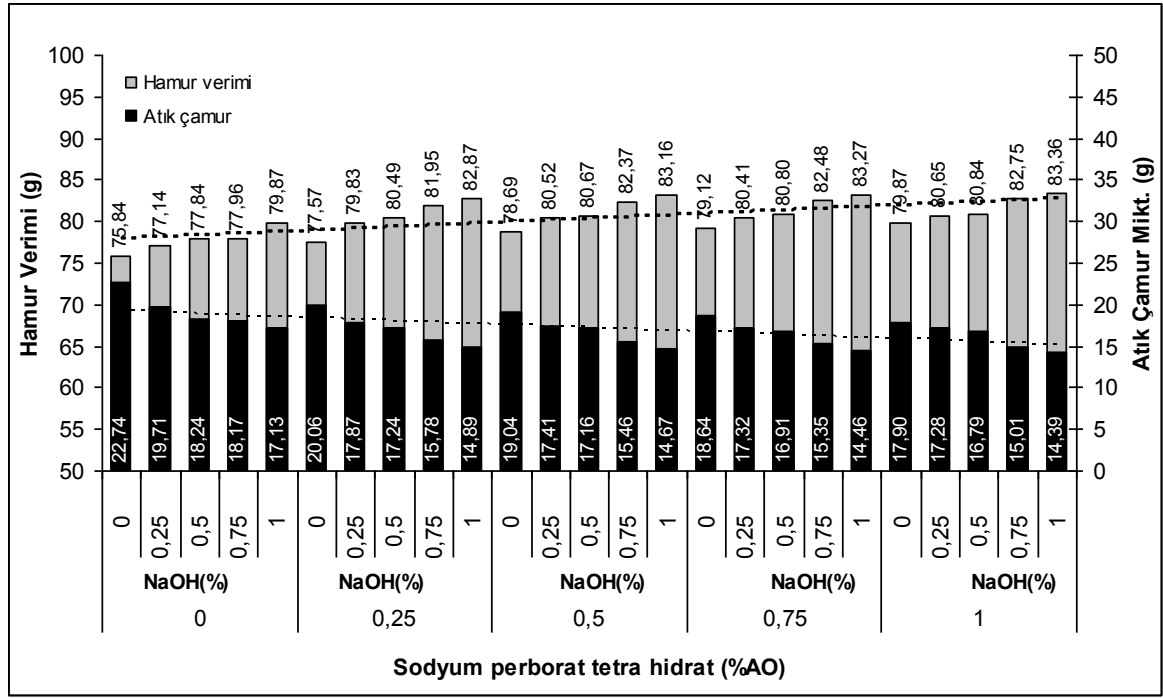
Şekil 72’de hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının hamur verimi ve ortamdan uzaklaştırılan atık çamur miktarına etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde hidrojen peroksit miktarının verim üzerinde fazlaca etki göstermediği, bununla birlikte artırılan alkali miktarının verimi artırdığı ve uzaklaştırılan atık çamur miktarını azalttığı

görülmektedir. Bilindiği gibi hidrojen peroksit alkali karakter göstermeyen ve etkin olabilmesi için alkaliye ihtiyaç duyan oksidatif bir ağartıcıdır. Verim değerinin ortama ilave edilen hidrojen peroksit miktarından fazlaca etkilenmemesinin sebebi de hidrojen peroksidin pH değerinin yüksek olmamasıdır.



Şekil 72. Hidrojen peroksit oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Tez çalışması kapsamında hidrojen peroksit alternatif olarak kullanılan diğer oksijen bazlı ağartıcı sodyum perborat tetra hidrattır. Sodyum perboratlar, hidrojen peroksitten farklı olarak çok kuvvetli olmasalar bile alkali karakter gösteren bileşiklerdir. Yapılan bir çok çalışmada uygun şartlar sağlandığında, perboratların ortama alkali ilave edilmeden de etkili bir ağartma işlemi gerçekleştirebildikleri bilinmektedir (Varrannes vd., 1996; Peşman vd., 2006). Şekil 73'te sodyum perborat tetra hidratın yüzdürme işlemi sonrası elde edilen hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 73. Sodyum perborat tetrahidrat oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Grafik incelendiğinde, artırılan sodyum perborat tetra hidrat ile birlikte hamur veriminin çok ılımlı olsa da artış gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni önceden de belirtildiği gibi sodyum perboratın alkali karakterde olmasıdır. Grafikten ayrıca artırılan sodyum hidroksit miktarının verim ve uzaklaştırılan atık çamur miktarı üzerinde oldukça etkili olduğu görülmektedir.

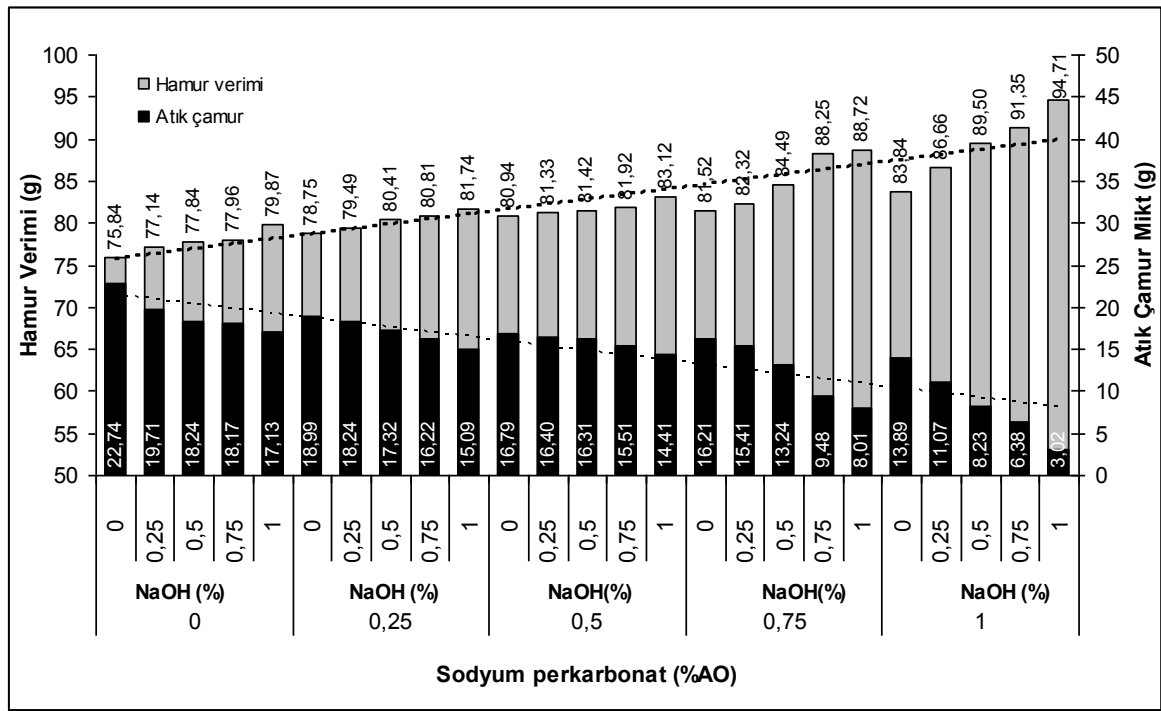
Tez çalışması kapsamında etkileri araştırılan diğer ağartıcı reaktif, yine aktif oksijen kaynağı olan ve önemli ölçüde alkali karakter gösteren sodyum perkarbonattır. Sodyum perkarbonat aşağıda belirtildiği gibi(18) sodyum karbonat ve hidrojen peroksidin birleşmesinden meydana gelen oldukça etkili bir ağartıcıdır.



Sodyum perkarbonat tek başına kullanıldığında alkaliye ihtiyaç duymadan ağartma işlemlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilir (Leduc vd. 2002). Şekil 74'te sodyum perkarbonatın hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. grafik incelendiğinde perkarbonatın hidrojen peroksit ve sodyum perborat ile karşılaştırıldığında

verimi önemli derecede artırdığı görülmektedir. Bununla birlikte yüksek oranda sodyum hidroksit ile birlikte kullanıldığında uzaklaştırılan atık çamur miktarının önemli derecede azalttığı ve verimi artırdığı görülmektedir. Öyle ki %1 oranında sodyum hidroksit ve %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonatın birlikte kullanılması durumunda atık çamur miktarı yaklaşık 3 grama kadar düşmektedir. Bu durum ortamdan uzaklaştırmak istenen mürekkep miktarını da azaltacağı için istenmemektedir.

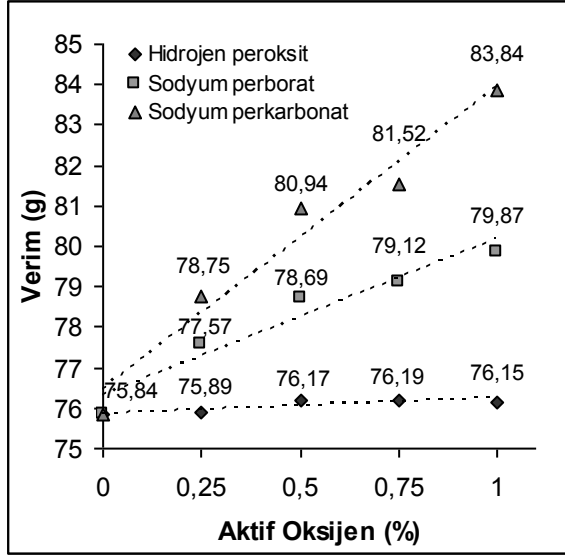
İstatistiksel açıdan uygulanan çoğul varyans analiz sonuçlarına göre sodyum hidroksit miktarının verim ve atık çamur miktarı üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur. Ayrıca sodyum perkarbonat ve diğer ağartıcıların da verim ve atık çamur miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır (Ek Tablo 32,33,47,48,62 ve 63).



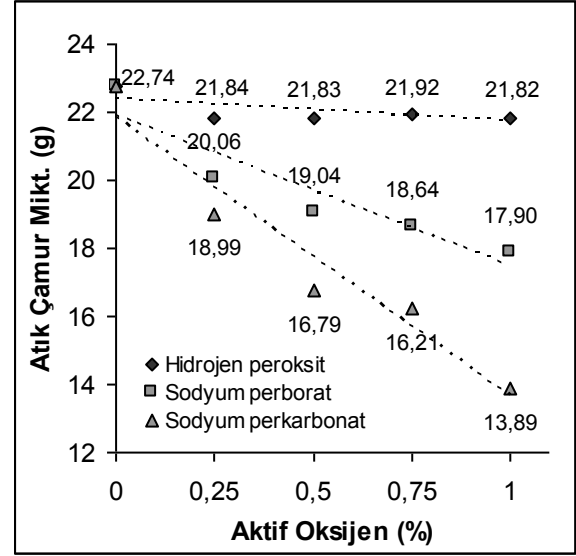
Şekil 74. Sodyum perkarbonat oranının sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Şekil 75'te alkali olmaksızın hidrojen peroksit, sodyum perborat ve sodyum perkarbonatın hamur verimi, şekil 76'da ise atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafiklerden de görüldüğü gibi alkali karakter göstermeyen hidrojen peroksidin verim üzerinde etkili olmadığı, bununla birlikte sodyum perboratın, hidrojen

peroksida kıyasla daha etkili, sodyum perkarbonatın ise oldukça etkili olduğu görülmektedir.

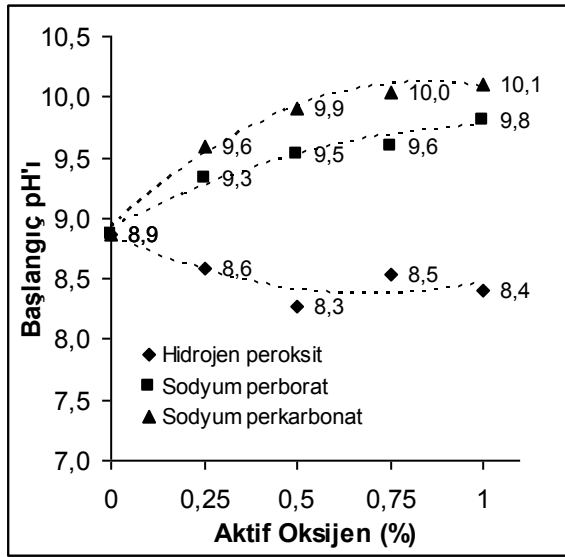


Şekil 75. Ağartıcıların sodyum hidroksit ilavesi olmaksızın hamur verimine etkisi

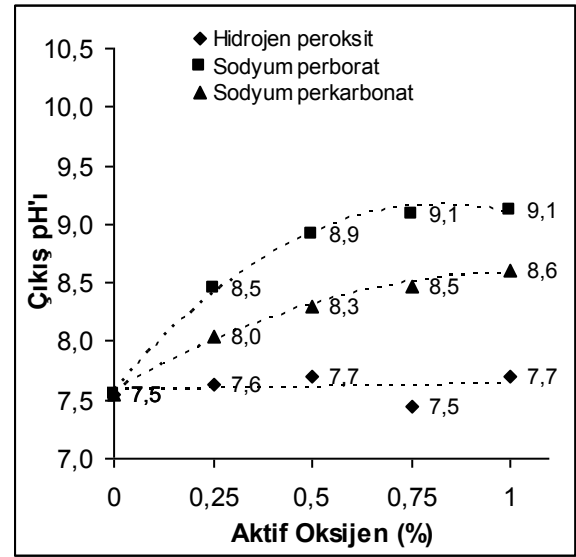


Şekil 76. Ağartıcıların sodyum hidroksit ilavesi olmaksızın atık çamur miktarına etkisi

Bunun nedeni şekil 77 ve 78'de görülen sırasıyla hamurlaştırıcıdan ve yüzdürme işlemi sonrası süzöntü sudan ölçülen pH değerlerinden açıkça anlaşılmaktadır.

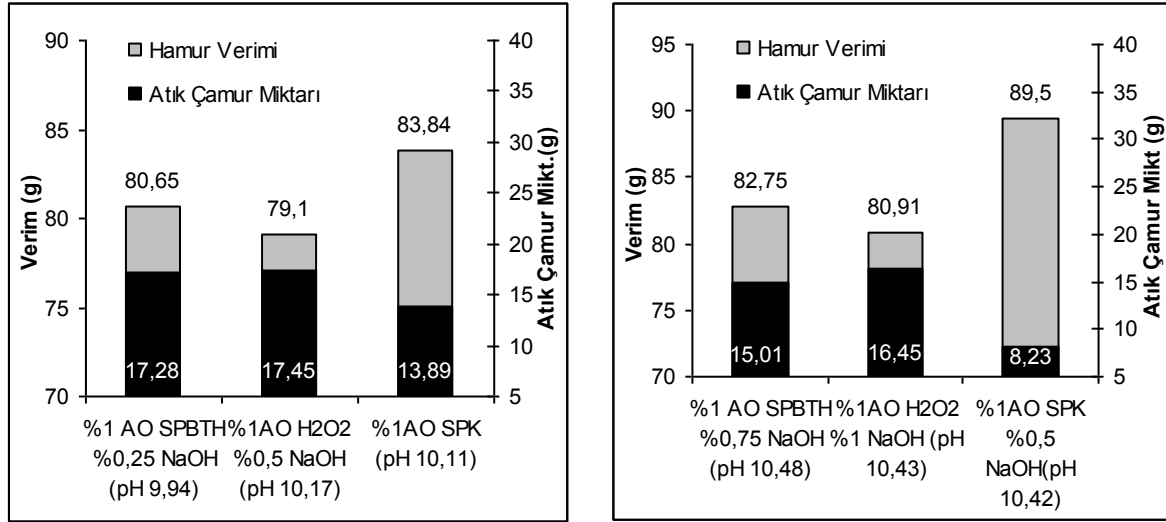


Şekil 77. Ağartıcıların hamurlaştırma işlemi sırasında ölçülen pH değerine etkisi



Şekil 78. Ağartıcıların yüzdürme işlemi sonrası süzöntü sudan ölçülen pH değerlerine etkisi

Bu durumda üç ağartıcının verim üzerine etkilerinin karşılaştırılabilir olması için başlangıç pH'larının birbirine yakın değerlerde alınması gerekmektedir. Şekil 79'da benzer pH değerlerinde üç ağartıcının hamur verimi ve atık çamur miktarı üzerine etkisi görülmektedir.



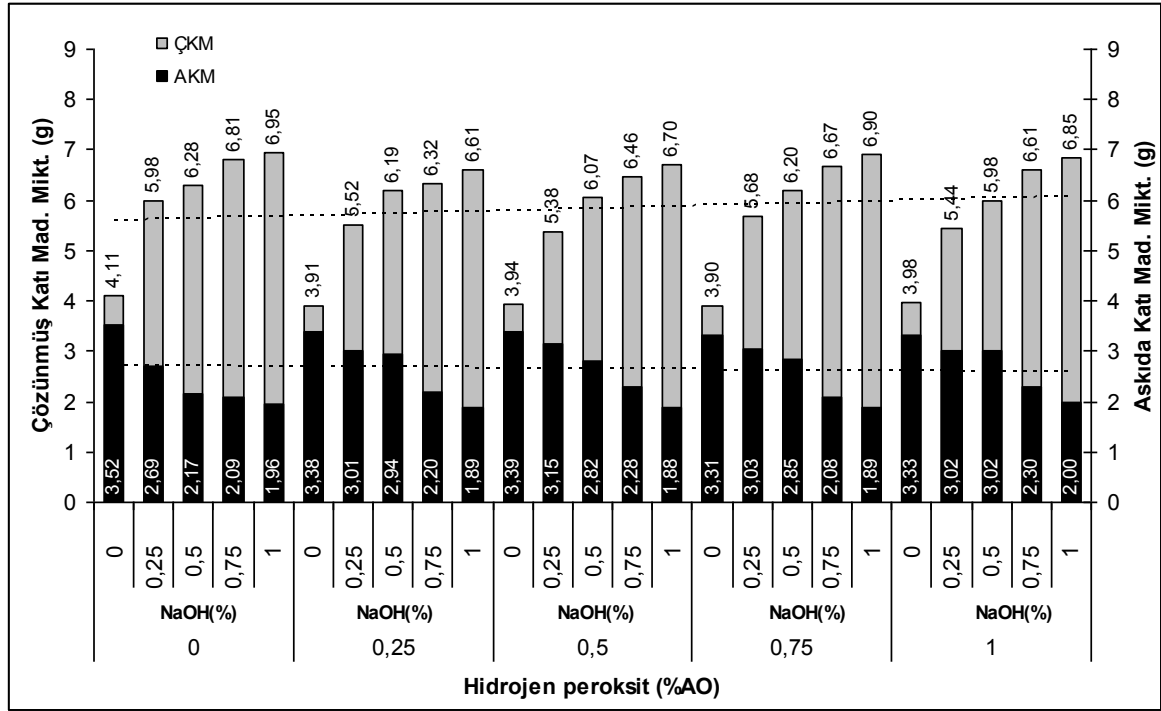
Şekil 79. Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Grafikler incelendiğinde, sodyum perkarbonatın verim ve atık çamur miktarı üzerindeki etkisinin diğer ağartıcılara göre çok daha fazla olduğu görülmektedir.

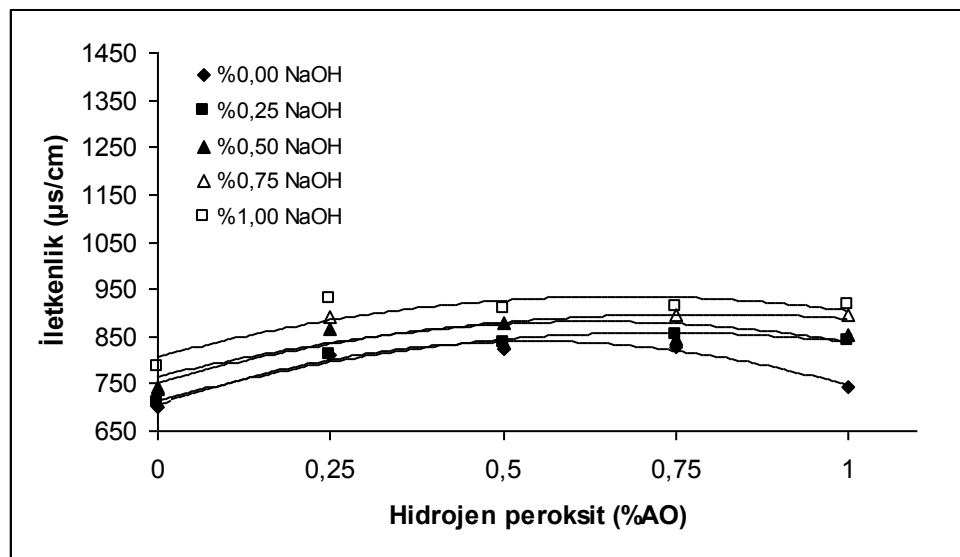
4.2.2.2. Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetrahidrat ve Sodyum Perkarbonatın Askıda Katı Madde ve Çözünmüş Katı Madde Miktarına Etkisi

Şekil 80'de hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının çözünmüş katı madde miktarı ve askıda katı madde miktarı üzerine etkileri görülmektedir. Önceden de bahsedildiği gibi artırılan alkali miktarı ile birlikte ortamdaki negatif yükler artmakta dolayısı ile optimum seviyeye kadar lif kaybı azalmakta ve uzaklaştırılan mürekkep miktarı artmaktadır. Etkili bir mürekkep uzaklaştırma işleminde uzaklaştırılmak istenen mürekkep pigmentlerinin, dolgu maddelerinin ve kırıntı liflerin atık çamur içerisinde olması istenmektedir. Bunun anlamı yüzdürme işlemi sonrası süzöntü suda daha az oranda askıda katı madde miktarı olmasıdır. Şekil 80'deki grafik incelendiğinde artırılan sodyum

hidroksit miktarı ile birlikte yüzdürme işlemi sonrası oluşan sznt sudaki askıda katı madde miktarının azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte hidrojen peroksit miktarının fazla etki göstermediği de görülmektedir.



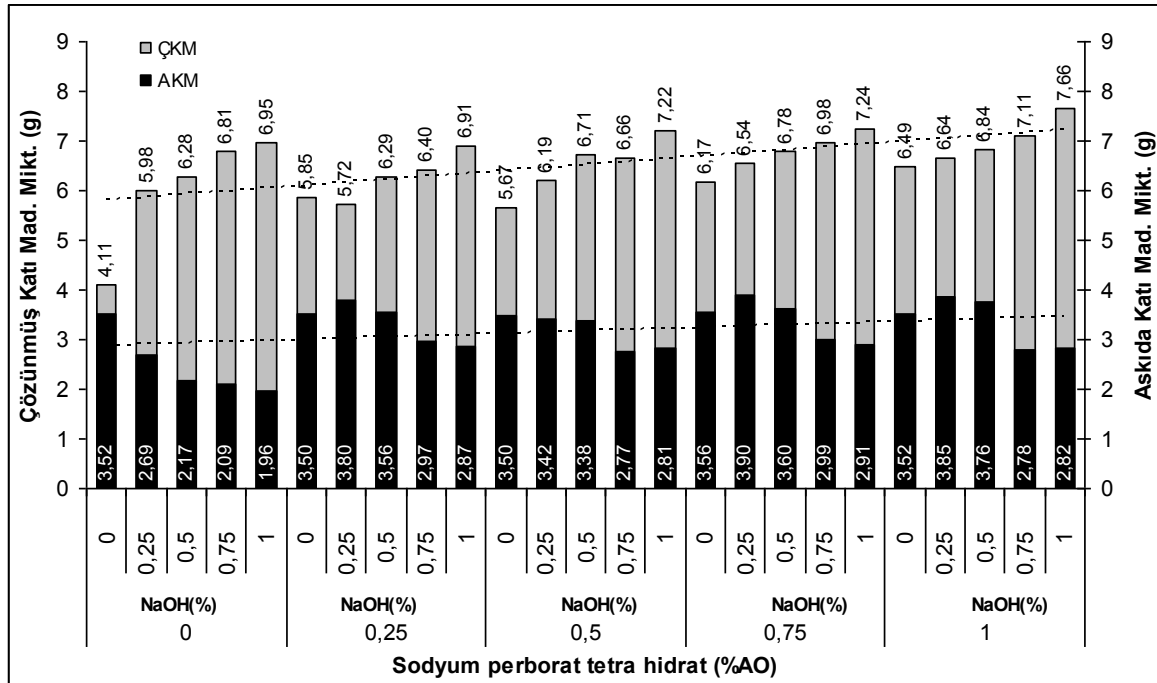
Şekil 80. Hidrojen peroksit miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi



Şekil 81. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının sznt suyun iletkenlik değerine etkisi

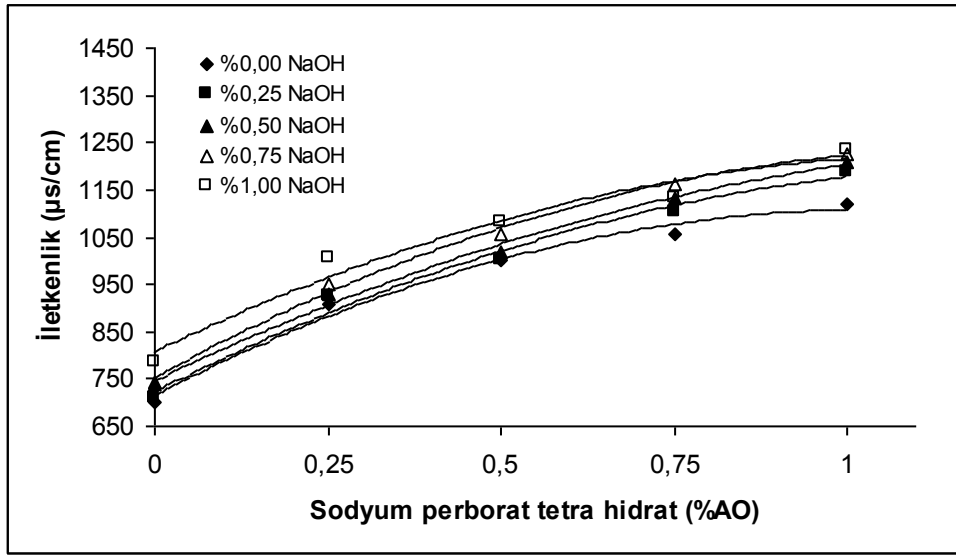
Çözünmüş katı madde miktarı ise ortama ilave edilen suda çözünebilen kimyasal madde miktarının artışı ile artış göstermektedir. Şekil 81’de hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit miktarının, yüzdürme işlemi sonrası süzöntü sudan ölçülen iletkenlik değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum hidroksit miktarı ile birlikte süzöntünün iletkenlik değeri artmaktadır.

Şekil 82’de sodyum perborat tetra hidratın yüzdürme işlemi sonrası süzöntü sudaki çözünmüş katı madde miktarı ve askıda katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde sodyum hidroksit miktarının artırılmasının askıda katı madde miktarını azalttığı ve çözünmüş katı madde miktarını artırdığı görülmektedir.



Şekil 82. Sodyum perborat tetrahidrat miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi

Bununla birlikte perborat miktarı ile birlikte çözünmüş katı madde miktarı ve askıda katı madde miktarının az da olsa artış gösterdiği görülmektedir. Şekil 83’te sodyum hidroksit ve sodyum perborat tetra hidratın yüzdürme işlemi sonrası süzöntü sudan ölçülen iletkenlik değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi iletkenlik değeri üzerinde hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında sodyum perboratın çok daha etkili olduğu görülmektedir. Bunun nedeni kuşkusuz perboratın peroksit haricinde sodyum ve bor gibi farklı bileşenleri bünyesinde barındırmasıdır.



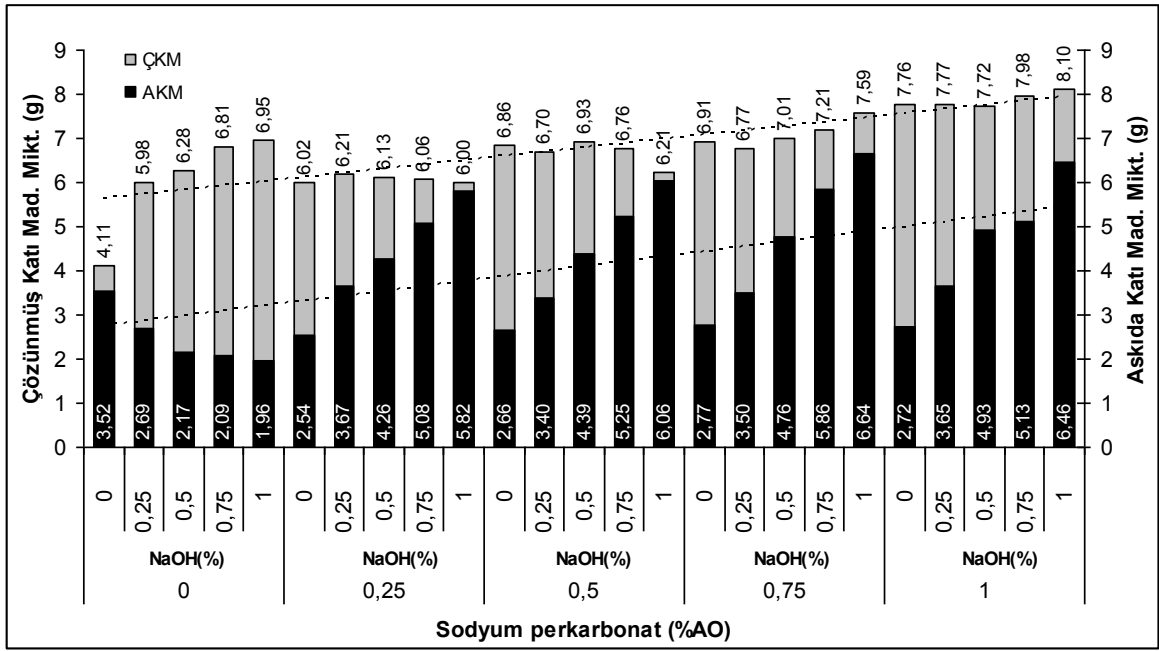
Şekil 83. Sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değerine etkisi

Şekil 84’te diğer ağartıcı olan sodyum perkarbonatın çözünmüş katı madde ve askıda katı madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum perkarbonat miktarı, ortamda sodyum hidroksit bulunması durumunda askıda katı madde miktarını önemli derecede artırmaktadır.

Daha önce belirtilen atık çamur miktarı ve verim değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde ortamda yüksek alkali bulunması durumunda hamur içerisinde serbest hale gelen mürekkep pigmentleri, dolgu maddeleri ve kırıntı liflerin başarılı bir şekilde yüzdürülemediği bununla birlikte, serbest hale geçtikleri için yüzdürme işlemi sonrası uygulanan kesafet artırma işlemi ile süzüntü suya daha fazla oranda geçiş yaptıkları söylenebilir. Bu durumda sodyum perkarbonatın yıkama işlemi ile mürekkep uzaklaştırma işleminde sodyum hidroksit ile birlikte etkili bir şekilde kullanılabileceği düşünülebilir.

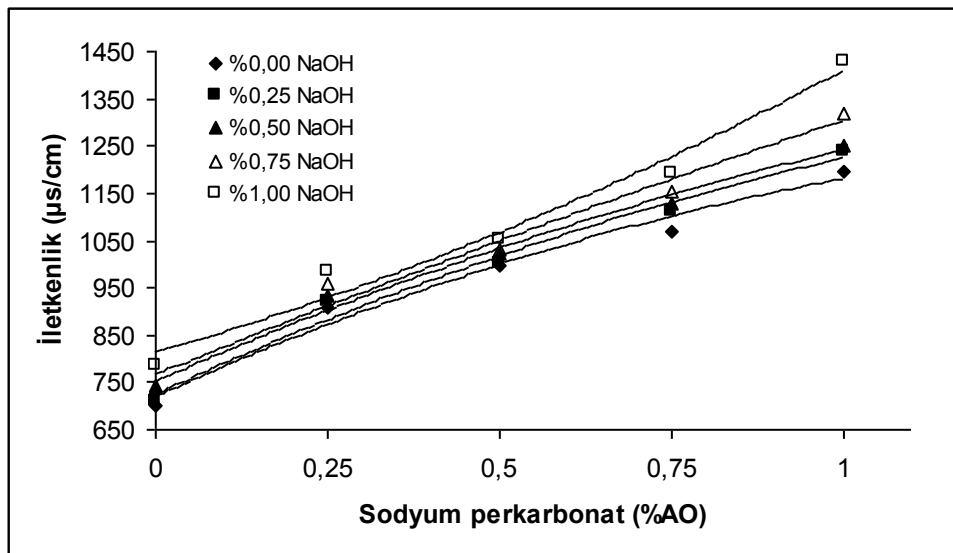
Ortamda sodyum hidroksit bulunmaması durumunda ise grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum perkarbonat miktarının askıda katı madde miktarını azalttığı görülmektedir.

Çözünmüş katı madde miktarı ise artırılan sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksit ile birlikte arttığı görülmektedir.



Şekil 84. Sodyum perkarbonat miktarının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak askıda katı ve çözülmüş katı madde miktarı üzerine etkisi

Şekil 85’te ise sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü sodyum perborat gibi sodyum perkarbonatında iletkenlik değerini önemli derecede artırdığı görülmektedir.



Şekil 85. Sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksit miktarının süzüntü suyun iletkenlik değerine etkisi

İstatistiksel olarak sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat ve sodyum perkarbonatın askıda katı madde miktarı ve çözünmüş katı madde miktarı üzerine etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuş ve çoğul varyans analizi sonuçları Ek Tablo 34,35,49,50,63 ve 64'te belirtilmiştir.

4.2.2.3. Hamurlaştırma Sırasında Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamurun ISO parlaklık Değeri Üzerine Etkisi

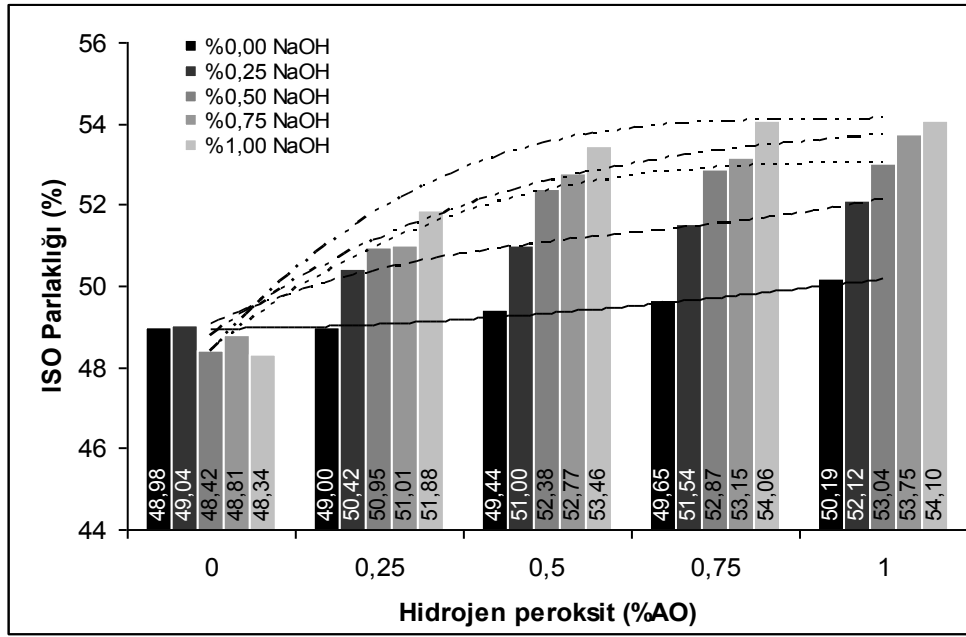
Bilindiği gibi mürekkep uzaklaştırma işleminde etkili olan kimyasal maddeler, ortama ilave edilen alkali, sodyum silikat, dispersant ve toplayıcı kimyasal maddelerdir. Hamurlaştırma işlemi sırasında ilave edilen ağartıcıların görevi, ortama ilave edilen alkalinin yol açtığı renk koyulaşmasını dengelemektir.

Bununla birlikte yapılan tez çalışmasında, bu amaç için yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksit alternatif ağartıcılar üzerinde çalışılmış ve bu kimyasalların hamur parlaklığı ve mürekkep uzaklaştırma etkinliği üzerine etkileri araştırılmıştır.

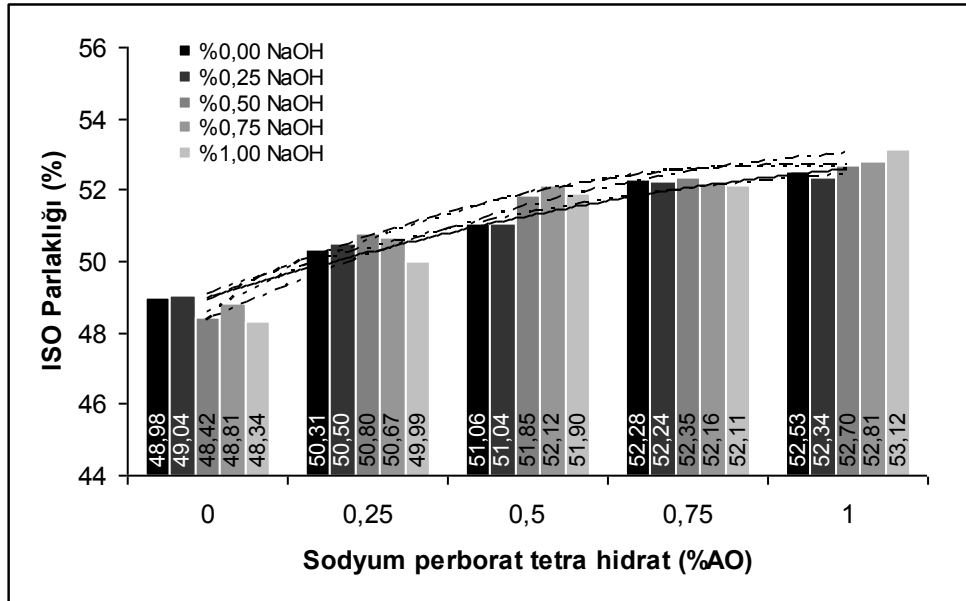
Şekil 86'da hidrojen peroksitin hamur parlaklığı üzerine etkisi görülmektedir. grafik incelendiğinde artırılan sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hidrojen peroksit miktarının artırılması ile ISO parlaklık değerinin arttığı görülmektedir. Bilindiği gibi hidrojen peroksitin aktif olabilmesi için ortama yeterli ölçüde alkali ilave edilmesi gerekmektedir.

Grafikten görüldüğü gibi %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit oranında ortama alkali ilave edilmediği durumda parlaklık değeri, %50,19 iken, %1 oranında sodyum hidroksit ilavesi ile parlaklık değeri %54,10'a kadar yaklaşık 4 birim artış göstermiştir.

Kullanılan diğer ağartıcı kimyasallar sodyum perborat ve sodyum perkarbonat olup bu kimyasalların hidrojen peroksitten farkı içerdikleri alkali kısımlarıdır. Yapılan bir çok çalışmada da belirtildiği gibi bu oksijen bazlı ağartıcılar alkali ilave edilmeksizin bile tek başlarına etkili bir ağartma işlemi sağlayabilmektedirler (Varenes vd., 1996; Leduc vd., 2002). Şekil 87'de sodyum perborat tetra hidrat oranının hamurun parlaklık değeri üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 86. Hidrojen peroksit miktarının değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi

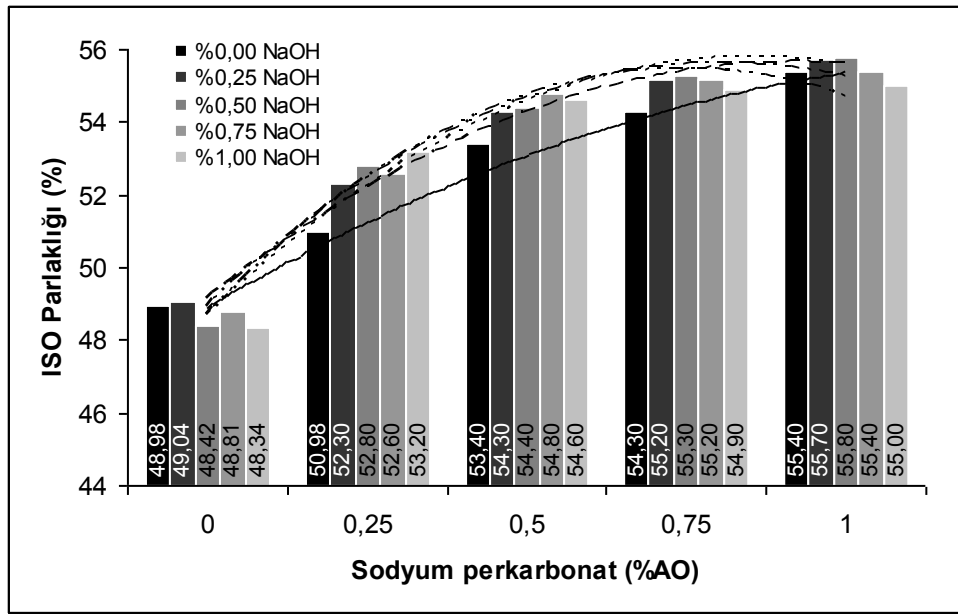


Şekil 87. Sodyum perborat tetrahidratın değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi

Grafikten görüldüğü gibi sodyum perborat oranının artırılması ile hamurun ISO parlaklığı artmaktadır. Grafikten ayrıca sodyum perboratın hidrojen peroksit gibi sodyum hidroksit miktarına çok da bağımlı olmadığı tek başına kullanılması durumunda da etkili

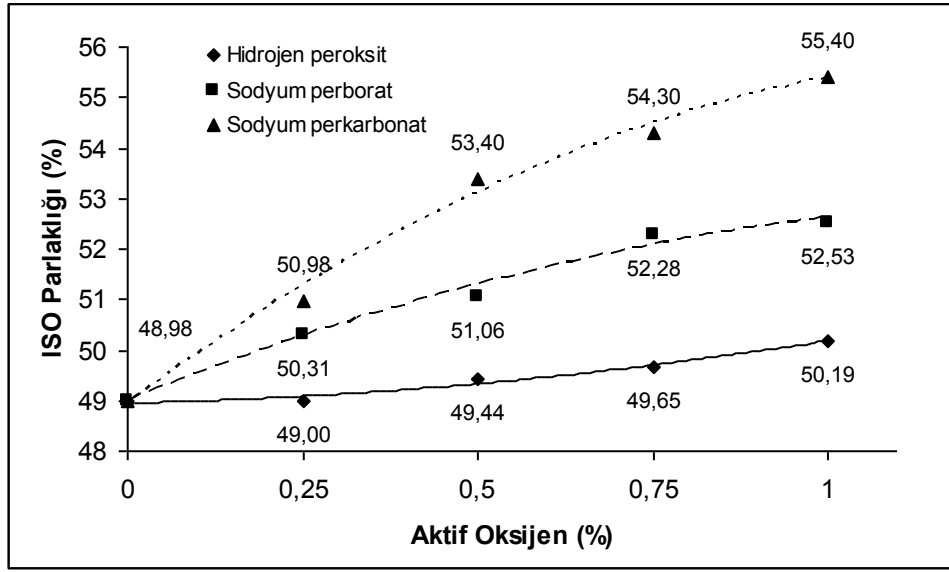
olabildiği görülmektedir. %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetra hidrat ile alkali kullanılmadığı durumda parlaklık değerinin %48,98'den %52,53' e kadar arttığı görülmektedir. Ortama %1 oranında sodyum hidroksit ilave edildiğinde ise parlaklık değerinin %48,34'den %53,12'ye kadar arttığı görülmektedir.

Şekil 88'de ise sodyum perkarbonat oranının hamur parlaklığı üzerine etkisi görülmektedir. Sodyum perkarbonat molekülünde teorik olarak iki birim sodyum karbonat ve üç birim hidrojen peroksit içeren bir ağartıcıdır. Dolayısı ile aktif oksijen içeriği %14,7'dir. Bu yüzden aktif olabilmesi için ilave alkaliye ihtiyaç duymamaktadır. Grafikten görüldüğü gibi perkarbonat oranının artırılması ile hamur parlaklığı önemli derecede artmaktadır. Hamurlaştırıcıya alkali ilave edilmeksizin %1 aktif oksijen oranında sodyum perkarbonat ilavesi ile birlikte parlaklık değeri, %48,98'den %55,40'e kadar artmıştır.



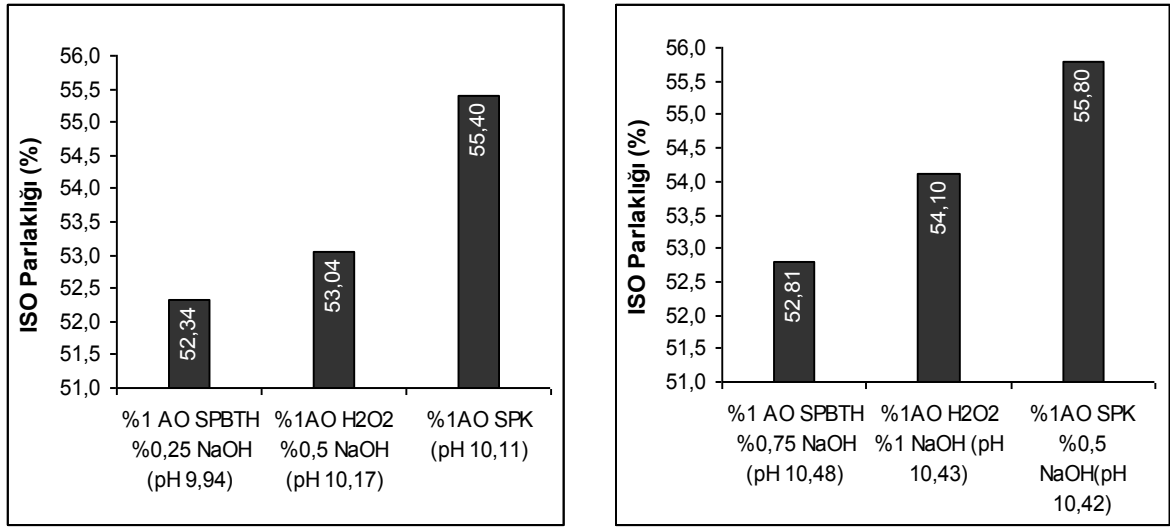
Şekil 88. Sodyum perkarbonatın değiştirilen alkali miktarına bağlı olarak hamurun ISO parlaklığı değerine etkisi

Şekil 89'da aktif oksijen içeren bu üç ağartıcının tek başlarına kullanıldıklarında hamurun ISO parlaklığına etkileri görülmektedir. Grafik incelendiğinde en etkili sonuçların sodyum perkarbonat ile alındığı onu sodyum perkarbonatın izlediği görülmektedir, hidrojen peroksidin ise oldukça sınırlı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Bunun nedeni önceden de belirtildiği gibi hidrojen peroksidin aktif olabilmesi için alkaliye ihtiyaç duymasındır.



Şekil 89. Aktif oksijen cinsinden üç ağartıcının alkali kullanılmaksızın hamurun ISO parlaklığına etkisi

Şekil 90'da ise benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat ve sodyum perkarbonatın hamurun parlaklık değeri üzerine etkisi görülmektedir. Şekil 90 incelendiğinde en etkili ağartıcının sodyum perkarbonat olduğu bununla birlikte sodyum perboratın etkisinin hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında daha zayıf olduğu görülmektedir. Bunun nedeni hamurlaştırma işleminde uygulanan proses şartları olabilir. Hamurlaştırma işleminde ortam sıcaklığı 45-50°C arasında sabit tutulmuştur. Bununla birlikte sodyum perboratlar aktif olabilmek için daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır. Sodyum perkarbonat ise her türlü sıcaklıkta etkili olabilen bir ağartıcıdır. Bu yüzden deterjan sanayisi içinde oldukça tercih edilen bir kimyasaldır. Takeda ve çalışma arkadaşlarının (1984) yaptıkları çalışma sonucunda da belirttiği gibi sodyum perkarbonat ile çok düşük sıcaklıklarda bile sodyum perborat ve hidrojen peroksit göre daha seçici bir ağartma işlemi gerçekleştirebilmektedir .



Şekil 90. Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamur verimi ve atık çamur miktarına etkisi

Elde edilen bulgular sonucunda sodyum perkarbonatın ağartma açısından diğer reaktiflere göre oldukça üstün olduğu görülmektedir. Bunun nedeni düşük sıcaklıklarda bile etkili olan bir ağartıcı olmasının yanı sıra içerdiği sodanın etkisi de olabilir. Bir diğer etkende diğer ağartıcılardan farklı olarak ağartma görevinin yanı sıra mürekkep sökme veya uzaklaştırma işleminde de etkili olması olabilir. Bu amaçla hamur içerisinde kalan efektif mürekkep miktarı ve mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin belirlenmesi gereklidir.

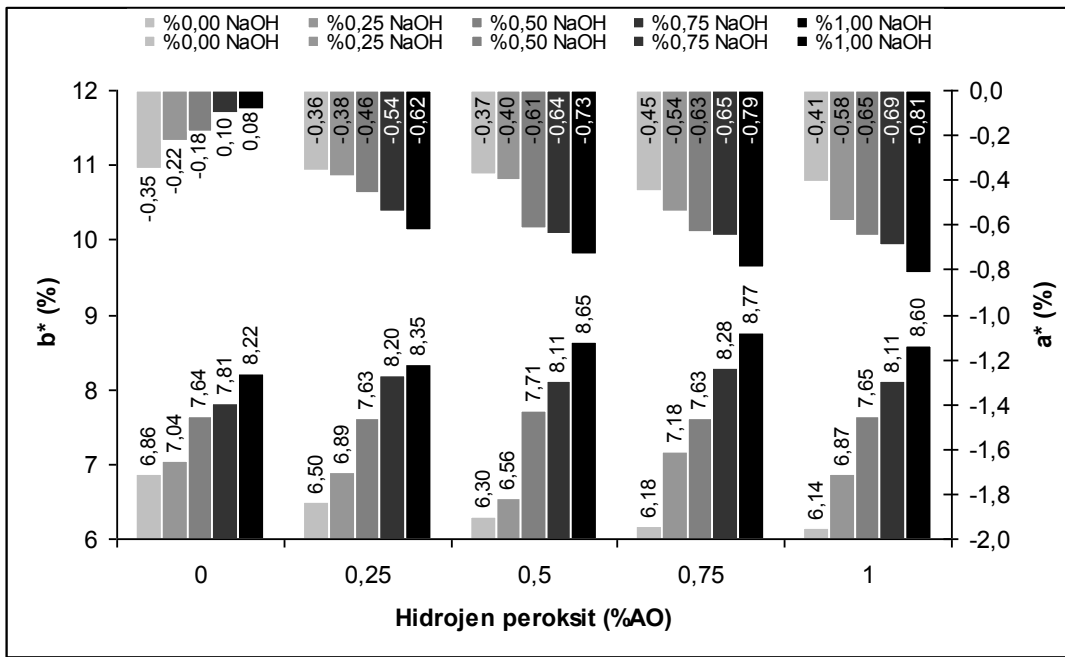
İstatistiksel olarak sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat ve sodyum perkarbonatın, hamurun ISO parlaklık değeri üzerine etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuş ve çoğul varyans analizi sonuçları Ek Tablo 41, 56 ve 71’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

4.2.2.4. Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Hamurun Renk Değerlerinden a* ve b* Değerleri Üzerindeki Etkisi

Şekil 91’de hidrojen peroksit oranının yüzdürme işlemi sonrası hamurun CIE L*a*b* renk değerlerinden sarı (+) rengi belirten b* ve yeşil rengi belirten (-) a* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde hidrojen peroksit oranının, sarı rengin artışında çok fazla etkisinin olmadığı, bununla birlikte beklenildiği gibi artırılan sodyum hidroksit miktarının sarılık değerini artırdığı görülmektedir. Hamurlaştırma ortamına alkali ilave

edilmediği takdirde, hidrojen peroksidin çok azda olsa sarılık değerini azalttığı da görülmektedir.

Negatif değerlerde yeşil rengi belirten a^* değeri daha önceden de belirtildiği gibi ağartıcı kullanılmadığı durumda artırılan sodyum hidroksit miktarı ile birlikte azalmaktadır. Bununla birlikte ortama hidrojen peroksit ilave edildiğinde, sodyum hidroksit miktarına ve hidrojen peroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği yeşil renk artmaktadır.

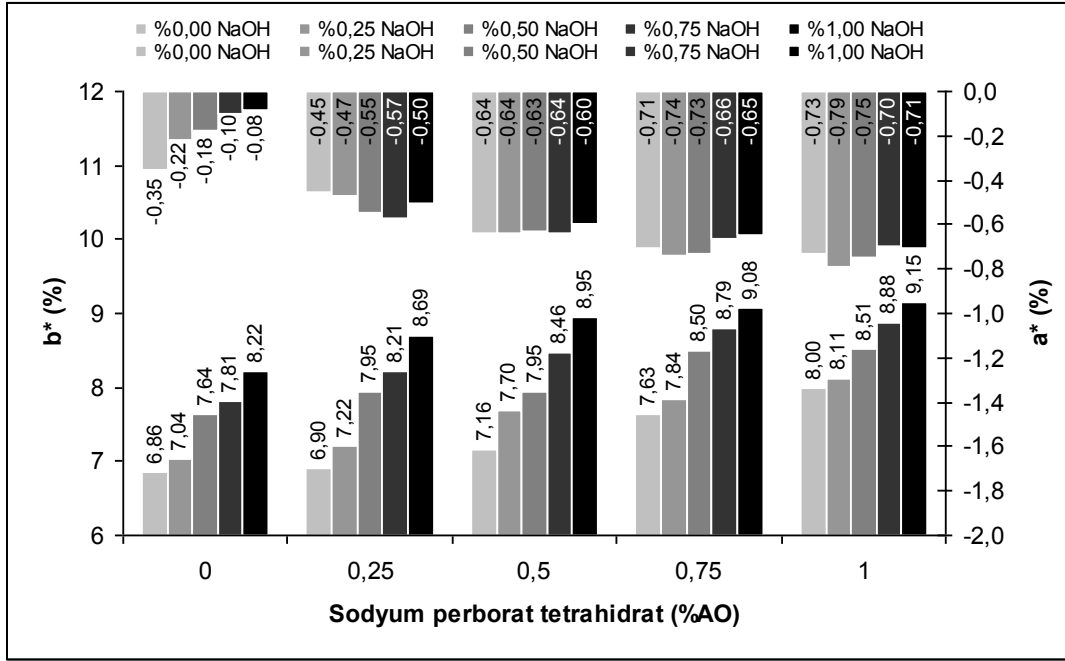


Şekil 91. Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b^* ve a^* değerine etkisi

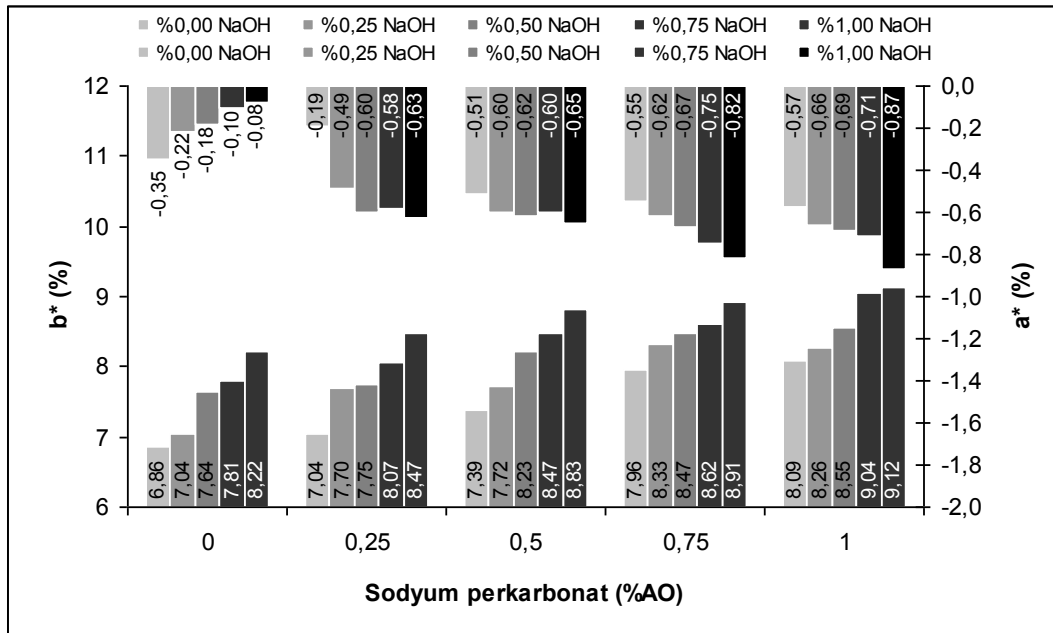
Şekil 92’de sodyum perborat oranının b^* ve a^* değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum hidroksit miktarının sarılık değeri olan b^* değerini artırdığı görülmektedir. Hidrojen peroksitten farklı olarak sodyum perborat oranının artışı da sarılık değerini artırmaktadır. Bunun nedeni sodyum perboratın içerdiği ekstra alkali miktarıdır. Yeşil rengi belirten a^* değeri ise hidrojen peroksitte olduğu gibi artırılan sodyum perborat ve sodyum hidroksit miktarı ile birlikte artmaktadır.

Şekil 93’te ise sodyum perkarbonatın b^* ve a^* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan sodyum hidroksit ve sodyum perborat oranının sarılık değeri olan b^* değerini artırdığı görülmektedir. Sodyum perkarbonatın, sarılık üzerindeki olumsuz etkisi yine aynı aktif oksijen miktarı için içerdiği ekstra alkali miktarının neden

olduğu söylenebilir. Ayrıca sodyum perborat oranının artırılması, diğer peroksit içeren ağartıcılar gibi hamurun içerdiği yeşil rengi arttırdığı grafikten görülmektedir.

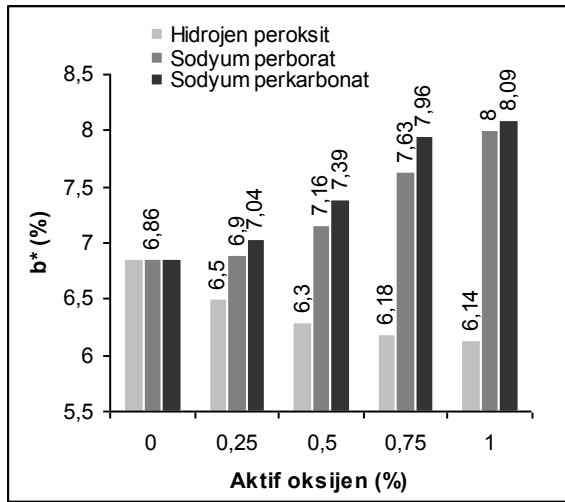


Şekil 92. Sodyum perborat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b* ve a* değerine etkisi

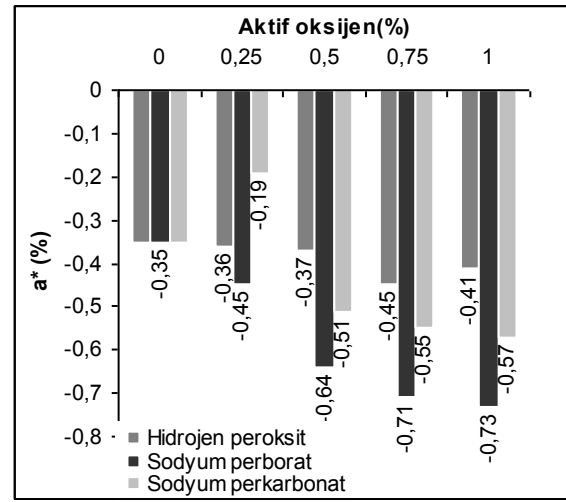


Şekil 93. Sodyum perkarbonat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun CIE b* ve a* değerine etkisi

Şekil 94'te ortama sodyum hidroksit ilave edilmediği durumda aktif oksijen cinsinden hidrojen peroksit, sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun sarılık değerini belirten b^* değeri üzerine etkisi, şekil 95'te ise bu üç ağartıcının hamurun içerdiği yeşil rengi belirten a^* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde ortamda alkali olmadığı için hidrojen peroksit ilavesinin sarılık değerini çok azda olsa düşürdüğü görülmektedir. Sarılık değeri, %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ile %6,86'dan %6,14'e kadar düşmüştür. Sodyum perborat ve sodyum perkarbonatta ise durum daha farklıdır. Çünkü iki reaktifte içerdikleri aktif oksijenin yanında ayrıca alkali karakter gösteren bileşikler içermekte ve dolayısı ile sarılık değerini artırmaktadır. %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat ile sarılık değeri %8,00'e, aynı oranda aktif oksijen içeren sodyum perkarbonatla ise %8,09'a çıkmıştır. " a^* " değerinde ise hidrojen peroksit oranının yeşil rengin artışında çok az etkisinin olduğu görülürken, sodyum perborat oranının yeşil rengi, -0,35'den -0,73'e kadar artırmıştır. Sodyum perkarbonat ise ancak -0,57'ye kadar artırmıştır.



Şekil 94. Ağartıcıların alkali ilavesi olmaksızın hamurun b^* (sarılık) değerine etkisi



Şekil 95. Ağartıcıların alkali ilavesi olmaksızın hamurun a^* (yeşil) değerine etkisi

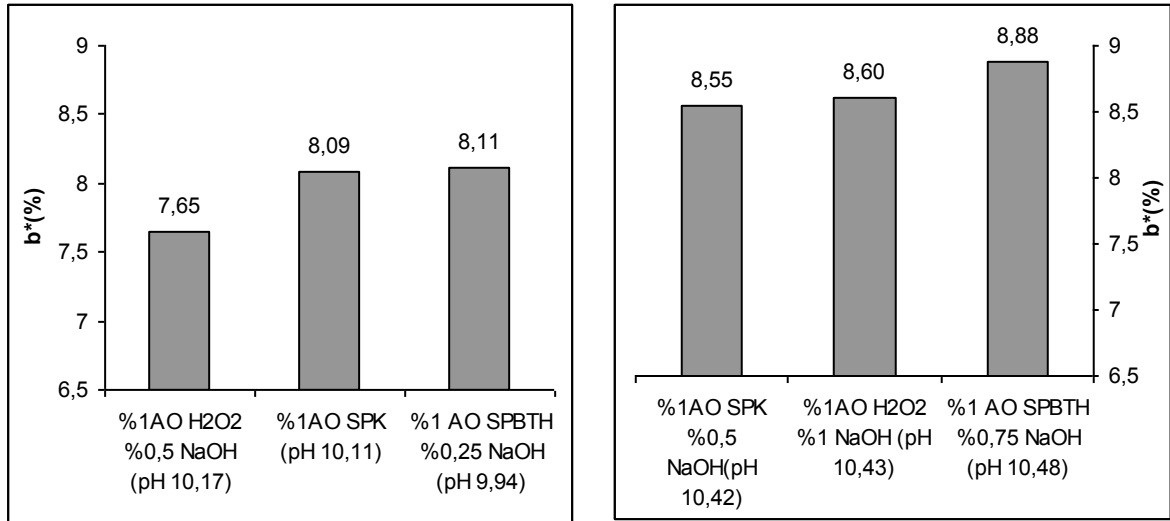
Aynı aktif oksijen miktarına sahip bu üç ağartıcının daha karşılaştırılabilir olması için hamurlaştırma işlemi sırasında pH değerlerinin de yaklaşık aynı olması gerekmektedir. Şekil 96'da benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun sarılık değeri olan b^* değeri üzerine etkisi görülmektedir.

Şekil 97’de ise bu üç ağartıcının benzer pH değerlerinde yeşil rengi belirten a* değeri üzerine etkisi görülmektedir.

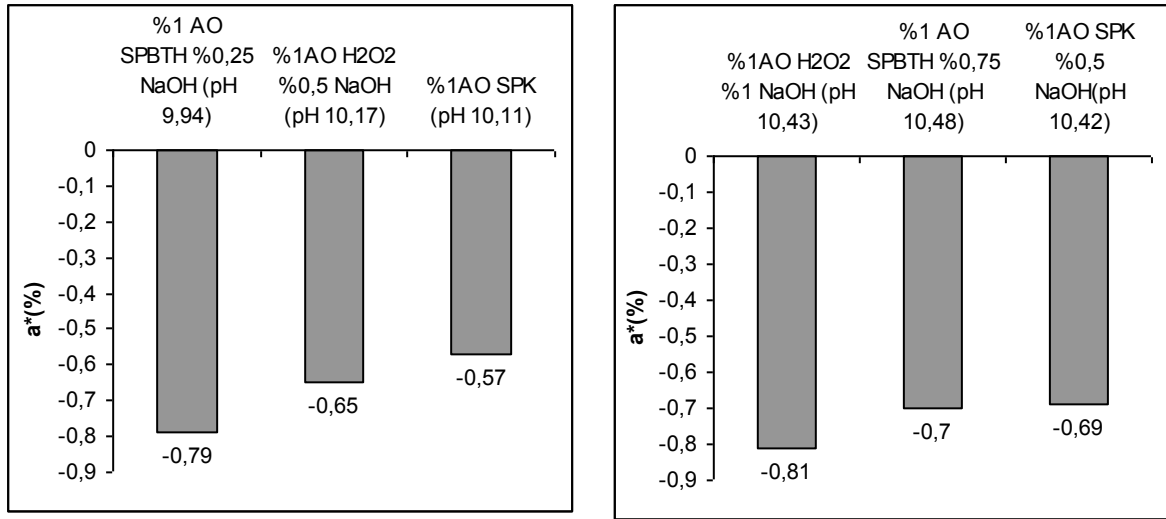
Grafiklerden görüldüğü gibi pH’ın yaklaşık 10 olduğu durumda sarılık değeri, en fazla %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,25 sodyum hidroksit ile gerçekleştirilen hamurlaştırma kademesi sonucu elde edilmiştir. Onu sadece %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile gerçekleştirilen hamurlaştırma kademesi izlerken, en az sararma %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %0,5 sodyum hidroksit ile gerçekleştirilen hamurlaştırma kademesi sonucu elde edilmiştir. pH’ın yaklaşık 10,43 olduğu durumda ise en az sararma %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %0,5 sodyum hidroksit ile elde edilirken en fazla sararma etkisi %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %0,75 sodyum hidroksit ile elde edilmiştir.

Yeşil rengi belirten grafikte (Şekil 97) ise en az yeşil renk oluşumu, her iki pH şartında da sodyum perkarbonat ile elde edilmiştir, en yüksek yeşil renk oluşumu ise sodyum perborat kullanımı sonucu elde edilmiştir.

İstatistiksel olarak üç ağartıcının, hamurun renk değerlerinden b*(sarı) ve a*(yeşil) parametreleri üzerine etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 45, 46, 60, 61, 75 ve 76).



Şekil 96. Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun sarılık değeri (b*) üzerine etkisi

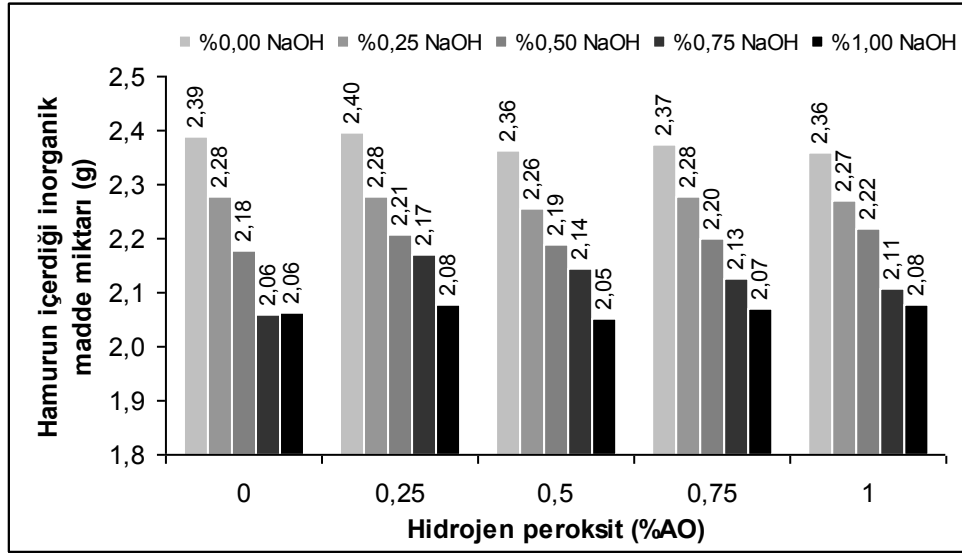


Şekil 97. Benzer pH değerlerinde hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın hamurun renk değerlerinden a* değerine etkisi

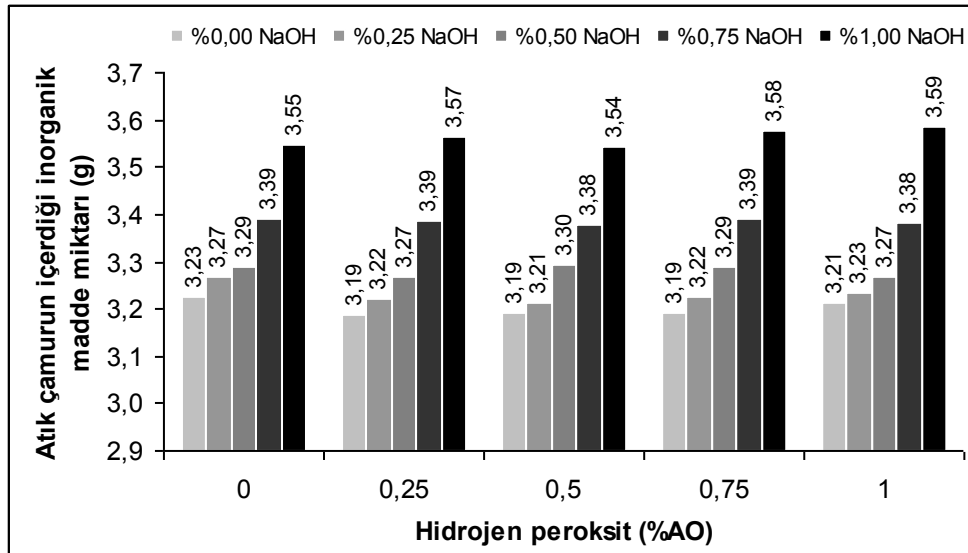
4.2.2.5. Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamur ve Atık Çamurun İçerdiği İnorganik Madde Miktarına Etkisi

Şekil 98'de hidrojen peroksit oranının sodyum hidroksit oranına bağlı olarak yüzdürme işlemi sonrası elde edilen hamur içerisinde bulunan inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi hidrojen peroksit oranının değiştirilmesinin inorganik madde miktarı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, bununla birlikte artırılan sodyum hidroksit miktarının inorganik madde miktarını artırdığı görülmektedir. Artırılan alkali ortamın, mürekkebin liflerden sökülmesini kolaylaştırdığı ve optimum bir orana kadar yüzdürme işleminin etkinliğini artırdığı dolayısı ile hamur içersinden daha fazla oranda dolgu maddesi, mürekkep vb. safsızlıkların uzaklaşmasını sağlamaktadır. Mürekkep giderme işleminde uygulanan yüzdürme işlemi ile magazin kağıtları da kullanılmış ise hamur içersinden önemli miktarda dolgu maddesi, mürekkep ve kırıntı lif uzaklaşmaktadır. Buda hamur içersindeki kül içeriğinin azalmasına neden olmaktadır. Mahagonkar ve çalışma arkadaşlarının (1998) yaptıkları çalışmada ortamda sadece gazete kağıdı olması durumunda hamurlaştırma işlemi sonrası ölçülen kül oranının, yüzdürme işlemi ile birlikte % 0,290'dan %0,180'e düştüğü, sadece magazin kağıtları kullanıldığında ise bu oranın %20'den %3,98'e düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca şekil 99'den görüldüğü gibi sodyum hidroksit oranının artırılması ile yüzdürme işlemi sonrası

ortamdan uzaklaştırılan mürekkepli çamurun içerdiği inorganik madde miktarı da beklenildiği gibi artmıştır.



Şekil 98. Hidrojen peroksit miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

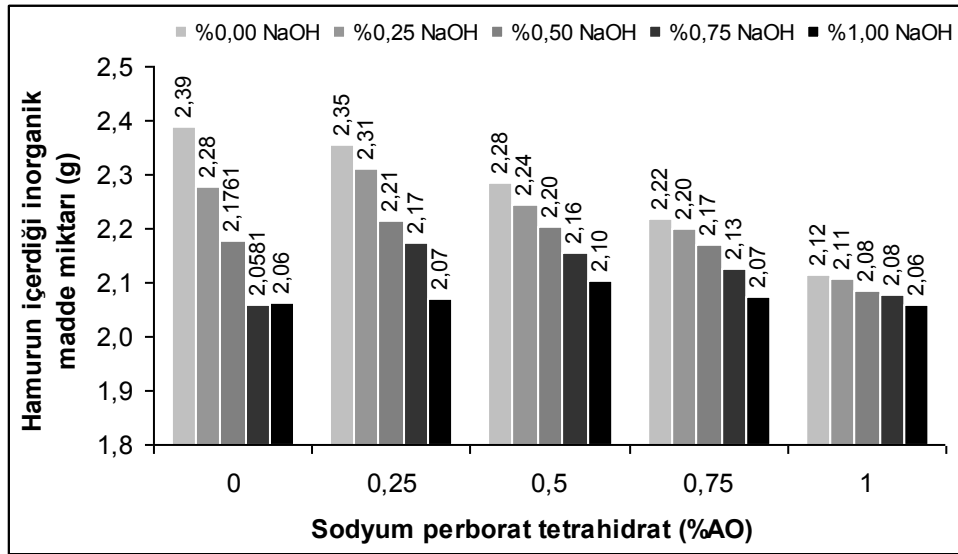


Şekil 99. Hidrojen peroksit miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

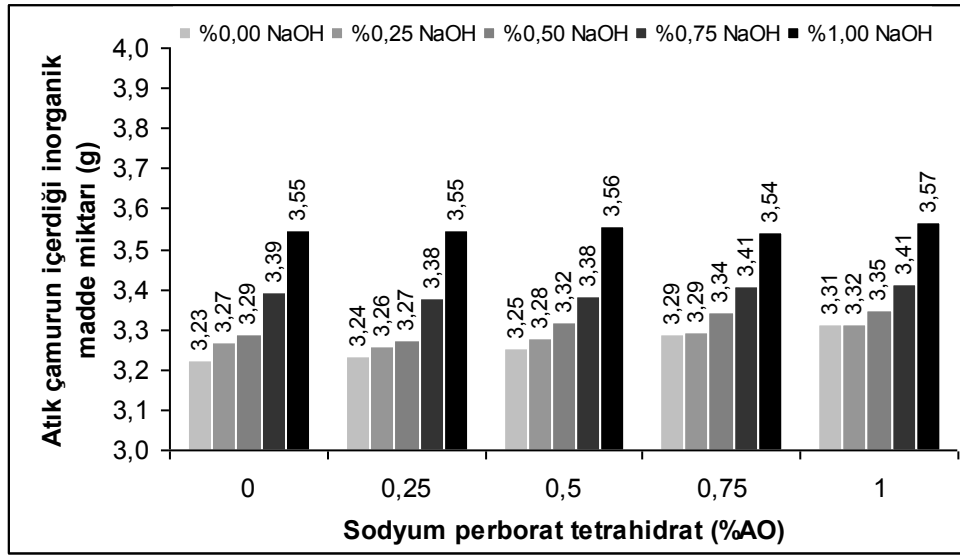
İstatistiksel olarak hidrojen peroksidin, hamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisinin %5 yanılma oranıyla düşük olduğu ve önem düzeyinin 0,01-0,05 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte sodyum hidroksit miktarı ile hamurun içerdiği

inorganik madde miktarı arasında daha kuvvetli bir ilişki tespit edilmiştir. Hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit'in birlikte etkisinde ise önem düzeyi 0,01-0,05 arasında tespit edilmiştir (Ek Tablo 38). Hidrojen peroksit ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasındaki ilişki ise %5 hata oranıyla anlamsız bulunmuştur. Bununla birlikte sodyum hidroksit ve çamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek Tablo 40).

Şekil 100'de sodyum perboratın, yüzdürme işlemi sonrası mürekkep giderme işlemine uğratılmış hamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi ve şekil 101'de atık çamur içerisindeki inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi sodyum perborat tetrahidrat oranının artırılması, sodyum hidroksit kullanılmadığı durumda hamurdaki inorganik madde konsantrasyonunu azaltmaktadır. Sodyum perboratın çok ılımlı olsa da hidrojen peroksitten farklı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarı üzerine etkisi bulunmaktadır. Şekil 101'den ise hamur içerisindeki uzaklaştırılan kül miktarına bağlı olarak atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarının arttığı görülmektedir.



Şekil 100. Sodyum perborat tetrahidrat miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

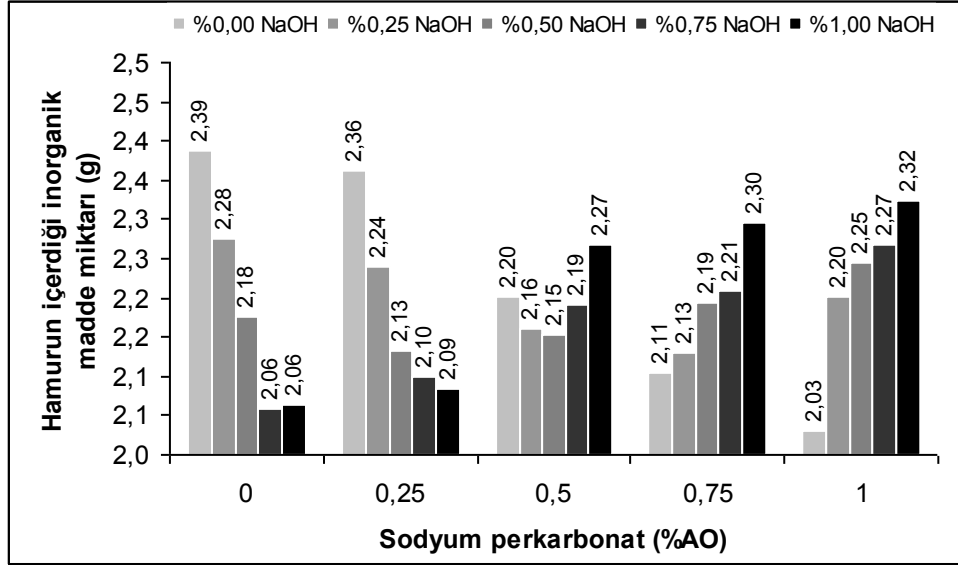


Şekil 101. Sodyum perborat tetrahidrat, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Sodyum perborat ve sodyum hidroksitin, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi istatistiksel olarak %5 hata oranı ile anlamlı bulunmuştur. Sodyum perborat ve sodyum hidroksitin birlikte, hamur ve atık çamurdaki inorganik madde miktarına etkisinde ise daha zayıf bir ilişki olduğu ve önem düzeyinin 0,01 ve 0,05 arasında olduğu tespit edilmiştir (Ek Tablo 53 ve 55).

Şekil 102’de sodyum perkarbonatın hamurun içerdiği inorganik madde içeriği üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde yüzdürme işlemi sonrası hamurun içerdiği inorganik madde miktarı sodyum hidroksit ilavesi olmadan sadece %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile 2,39g dan 2,03g’a kadar azalmıştır. Bununla birlikte ortama sodyum hidroksit ilavesi ile hamurun içerdiği inorganik madde miktarının artmakta olduğu görülmektedir. Bunun nedeni yüzdürme işlemi için gerekli olan kritik pH değerinin aşılması ve ortamdaki negatif iyon yükünün artarak mürekkep liflerinin gereğinden fazla disperse olması ve ortamdaki yüzdürülerek uzaklaşmasını engellemiş olması olabilir. Aynı şekilde dolgu maddeleri de ortamdaki uzaklaşmadığı için hamurun içerdiği inorganik madde miktarı ekstrem alkali koşullarda artmaktadır. İstatistiksel olarak verilere uygulanan çoğul varyans analizi sonucunda %5 hata oranında sodyum perkarbonat ve hamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasında ilişkinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Sodyum hidroksit ve hamurun içerdiği inorganik madde miktarı arasında ise istatistiksel olarak zayıf bir ilişki tespit edilmiştir. Bununla birlikte sodyum perkarbonat ve sodyum

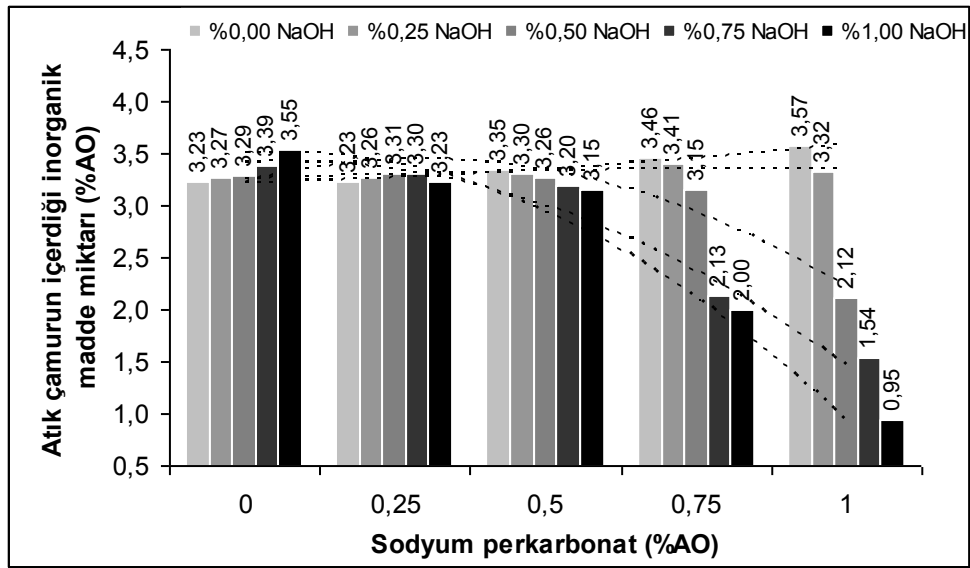
hidroksitin birlikte hamurun içerdği inorganik madde miktarı üzerine etkisi %5 yanılma oranıyla anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 68).



Şekil 102. Sodyum perkarbonat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdği inorganik madde miktarına etkisi

Şekil 103’de sodyum perkarbonat oranının değiştirilen sodyum hidroksit oranına bağlı olarak atık çamurun içerdği inorganik madde miktarı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten en yüksek inorganik madde miktarının sodyum hidroksit kullanılmadan %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile hamurlaştırılan ve yüzdürme işlemine ile uğratılan hamurlarla ulaşılmıştır. Bu sonuçtan %1 oranında sodyum perkarbonat ile en iyi yüzdürme işlemi koşullarının sağlandığı söylenebilir. Oysa ortama %1 oranında ilave edilen sodyum hidroksit ile atık çamurun içerdği inorganik madde miktarı 0,95 grama kadar gerilemiştir. Bunun anlamı ekstrem alkali şartlarda yüzdürme işleminin etkisinin tamamen azalmış olmasıdır.

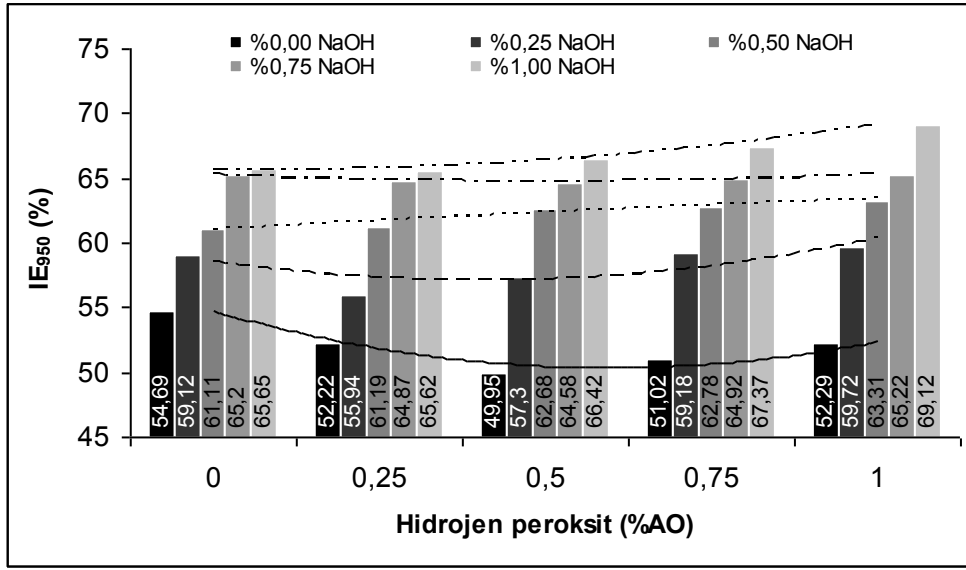
Sodyum perkarbonat, sodyum hidroksit ve iki reaktifin birlikte, atık çamurun içerdği inorganik madde miktarı üzerine etkisi, istatistiksel olarak %5 hata payı ile anlamlı bulunmuştur (Ek Tablo 70).



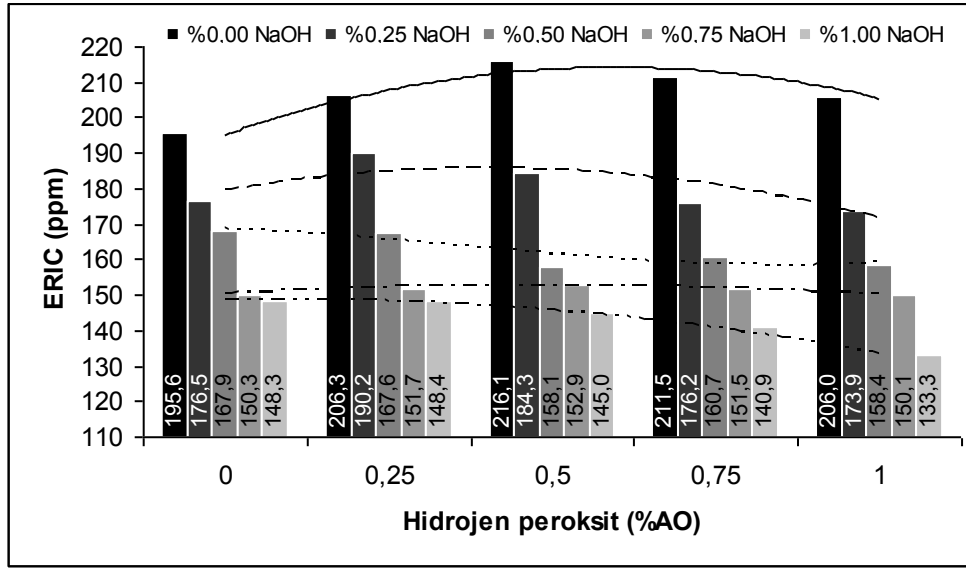
Şekil 103. Sodyum perkarbonat miktarının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

4.2.2.6. Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat Tetra Hidrat ve Sodyum Perkarbonat Kullanımının Yüzdürme İşlemi Sonrası Hamurdaki Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC) ve Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀) Üzerine Etkisi

Atık kağıtların yeniden değerlendirilmesi ve mürekkep giderme işlemi amacıyla hamurlaştırma sırasında kullanılan ağartıcıların görevi, ortamda bulunan diğer kimyasalların yol açtığı renk koyulaşmasını dengelemektir. Şekil 104 ve 105'te hidrojen peroksit miktarının sırasıyla mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve hamur içerisindeki efektif mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde ortama ilave edilen peroksit miktarının mürekkep uzaklaştırma işlemi üzerine etkisinin oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte mürekkep uzaklaştırma işleminde sodyum hidroksit miktarının çok daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Sadece %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ilavesiyle mürekkep uzaklaştırma etkinliği (IE₉₅₀) %52,29, hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu (ERIC) 206 ppm iken, ortama %1 oranında ilave edilen sodyum hidroksit miktarı ile birlikte mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin %69,12'ye çıktığı hamurdaki kalıntı mürekkep konsantrasyonunun ise 133,3 ppm'e gerilediği görülmektedir. Bunun nedeni alkalinin mürekkebin taşıyıcı tabakasını hidroliz etmesinden dolayı serbest hale geçen mürekkep pigmentlerinin ortamdan daha kolay uzaklaştırılabilmesidir (Ferguson, 1992_a).



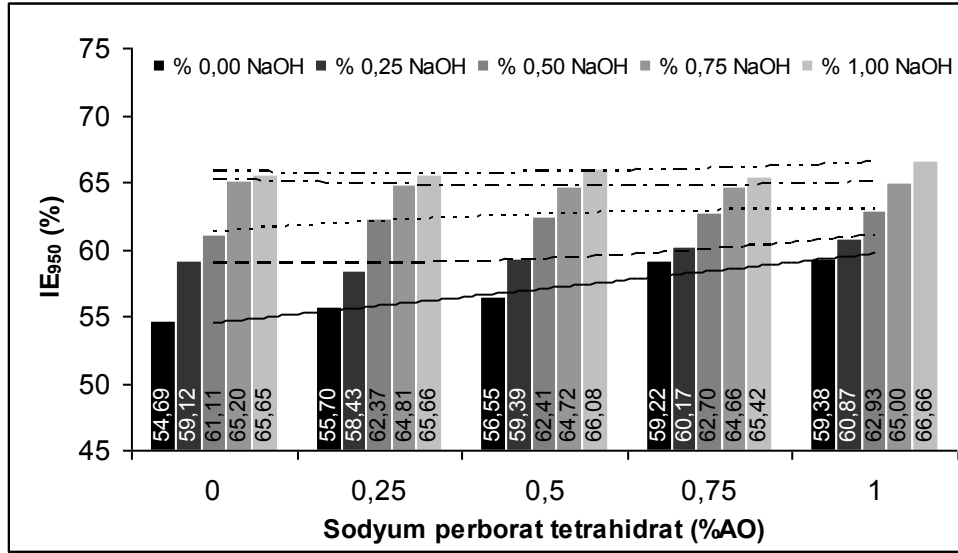
Şekil 104. Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi



Şekil 105. Hidrojen peroksit oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi

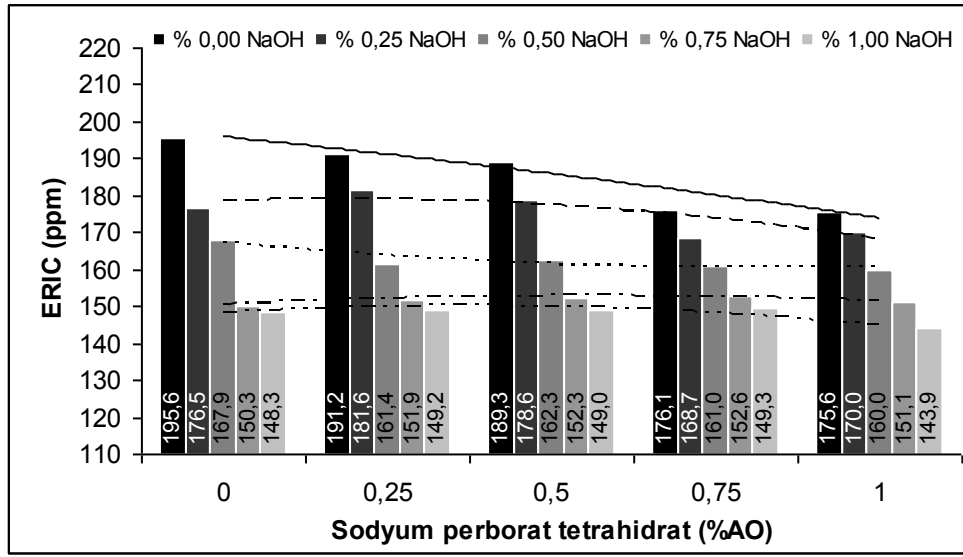
Hidrojen peroksit yerine sodyum perborat tetra hidrat kullanıldığında şekil 106'da mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve şekil 107'de hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu değerlerinden görüldüğü gibi sodyum hidroksit ilave edilmemesi durumunda alkali karakterinden dolayı sodyum perborat oranının artırılması ile mürekkep

uzaklaştırma etkinliğinin arttığı ve hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte ortamdaki sodyum hidroksit oranının artırılması ile perboratın etkisi zayıflamakta hatta hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında mürekkep uzaklaştırma işlemini de olumsuz yönde etkilediği söylenebilir.



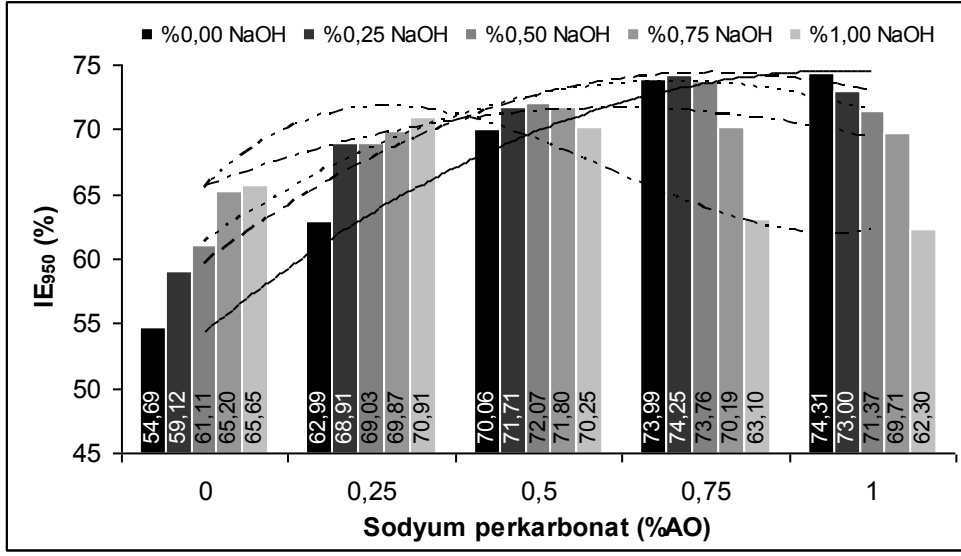
Şekil 106. Sodyum perborat tetrahidrat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi

Grafiği incelediğimize sodyum hidroksit ve ağartıcı ilave edilmeden gerçekleştirilen proses sonucunda mürekkep uzaklaştırma etkinliği %54,69, hamur içerisindeki mürekkep konsantrasyonu 195,6 ppm olarak tespit edilirken, ortama yalnızca %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetra hidrat ilave edilmesi ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği %59,38'e çıkmış ve hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu 175,6 ppm gerilemiştir. %1 sodyum hidroksit ve %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği %66,66'ya kadar ancak artırılabilirken, aynı sodyum hidroksit ve aktif oksijen miktarında hidrojen peroksit ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği %69,12'ye kadar artırılabilmiştir.



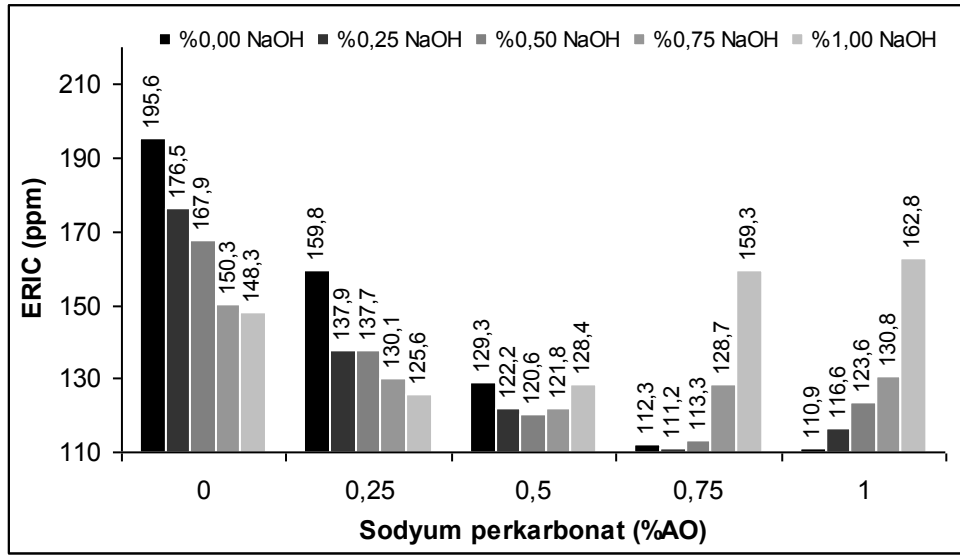
Şekil 107. Sodyum perborat tetrahidrat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi

Şekil 108 ve 109’da sodyum perkarbonatın değiştirilen sodyum hidroksit miktarına göre sırasıyla mürekkep uzaklaştırma etkinliği (IE_{950}) ve hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu (ERIC) üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde sodyum perkarbonatın alkali ilavesi olmaksızın tek başına kullanılması durumunda mürekkep uzaklaştırma etkinliğini önemli derecede artırdığı görülmektedir. Sadece %1 oranında aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin %74,31’e kadar arttığı hamur içerisinde kalan efektif mürekkep konsantrasyonunun ise 110,9 ppm’e düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte ortama gereğinden fazla alkali yani sodyum hidroksit ilave edildiğinde hamur içerisinden uzaklaştırılan mürekkep miktarı da azalmaya başlamaktadır. Bunun nedeni ortamda gereğinden fazla alkalinin bulunması ve yüzdürme hücresindeki yük dengesinin negatif eksende artması ve daha az miktarda materyalin yüzdürülmesidir.



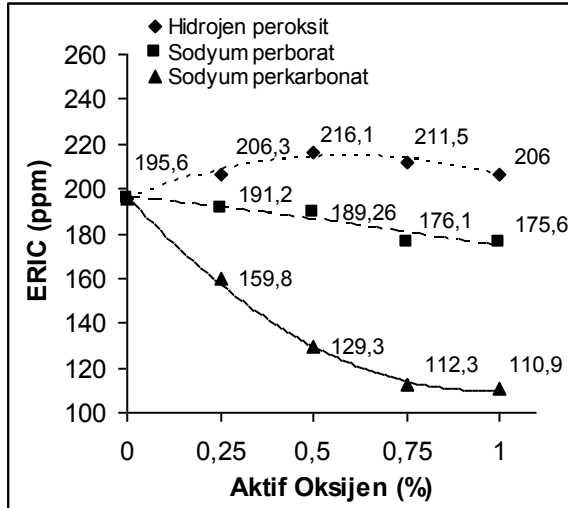
Şekil 108. Sodyum perkarbonat oranının, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi

Ağartıcıların verim değerleri üzerine etkisini gösteren Şekil 74'ten görüldüğü gibi hamurlaştırıcı içerisine %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ilavesi ile verim değeri %83,84, atık çamur miktarı 13,89 gram iken, iken ortama % 1 oranında sodyum hidroksit ilave edildiğinde verim değeri %94,71'e çıkarken atık çamur miktarı 3,12 grama kadar düşmüştür. Bununla birlikte uzaklaştırılan mürekkep miktarı sadece %62,30'a kadar düşmüştür. Yani yüzdürme işleminin neredeyse hiç etkili olmadığı bu şartlar altında yıkama işlemi ile hamur içersinden önemli miktarda mürekkep pigmenti uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni sodyum perkarbonat ve sodyum hidroksidin birlikte kullanılmasının yüzdürme işleminden çok yıkama işlemini artırmasıdır. Ortamda %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %1 sodyum hidroksit bulunması durumunda yüzdürme ile yalnızca 3 gram atık çamur uzaklaştırılabilirken, yüzdürme işlemi sonrası uygulanan kesafet artırma işlemi sonucu süzöntü sudan ölçülen askıda katı madde miktarı 6,5 grama kadar çıkmıştır. Bu sonuçlardan sodyum perkarbonatın etkili bir dispersant olduğu ve mürekkep pigmentlerini hamurdan sökülmesi ve serbest hale geçirilmesinde etkili olduğu söylenebilir.

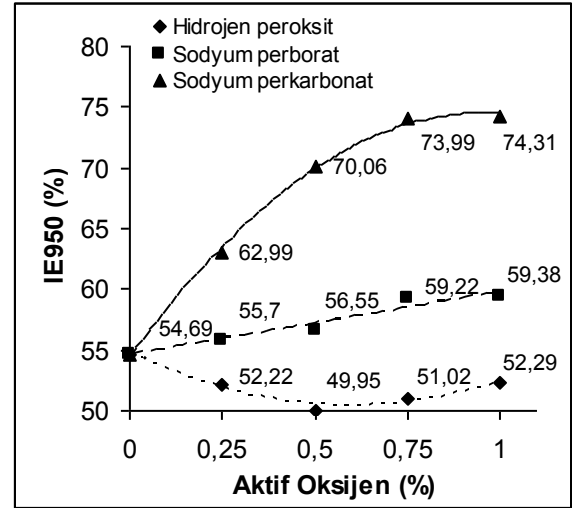


Şekil 109. Sodyum perkarbonat oranının değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi

Şekil 110 ve 111’de sodyum hidroksit kullanılmaması durumunda hidrojen peroksit, sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonatın, mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu üzerine etkisi görülmektedir.

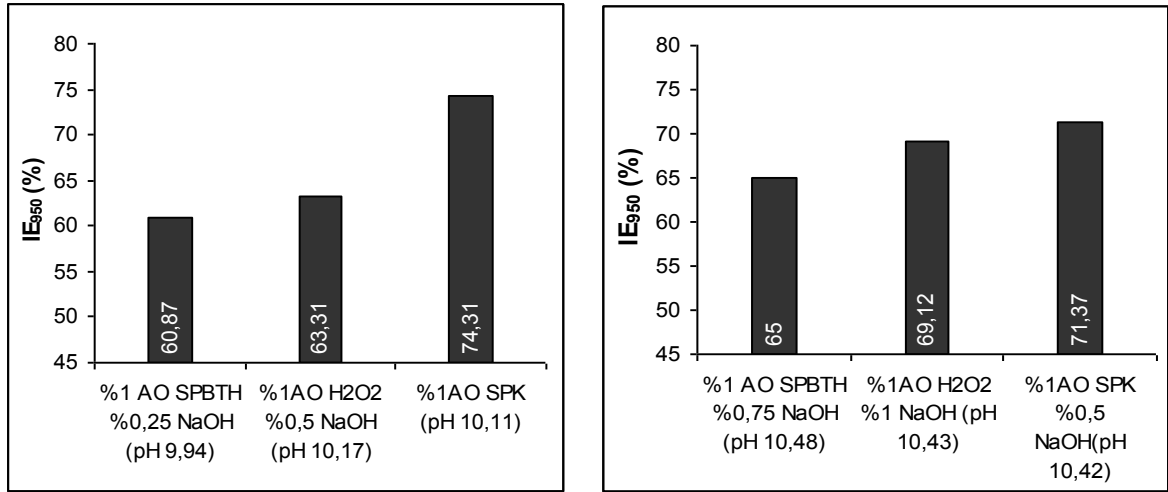


Şekil 110. Ağartıcıların, alkali ilavesi olmaksızın hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonuna etkisi

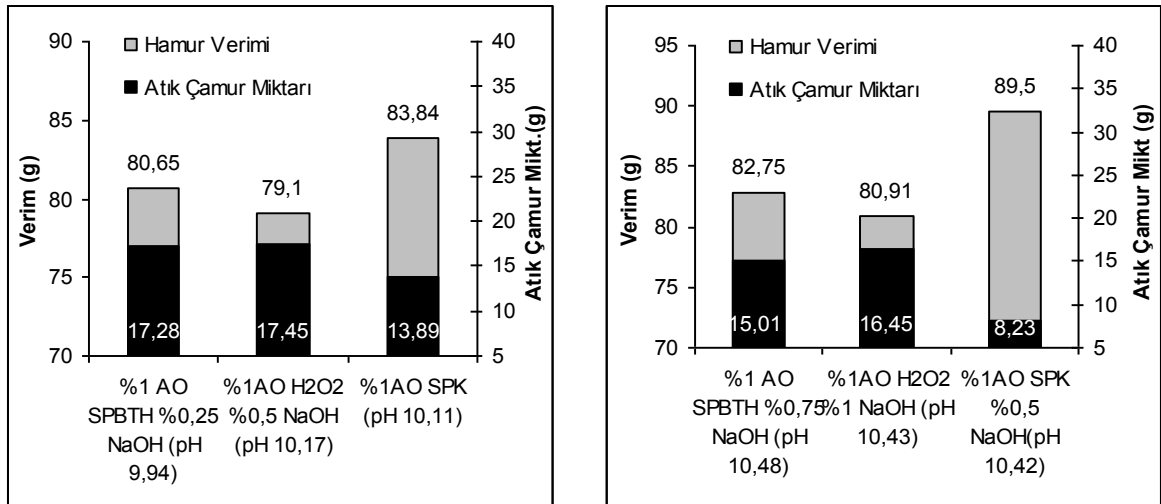


Şekil 111. Ağartıcıların, alkali ilavesi olmaksızın mürekkep uzaklaştırma etkinliğine etkisi

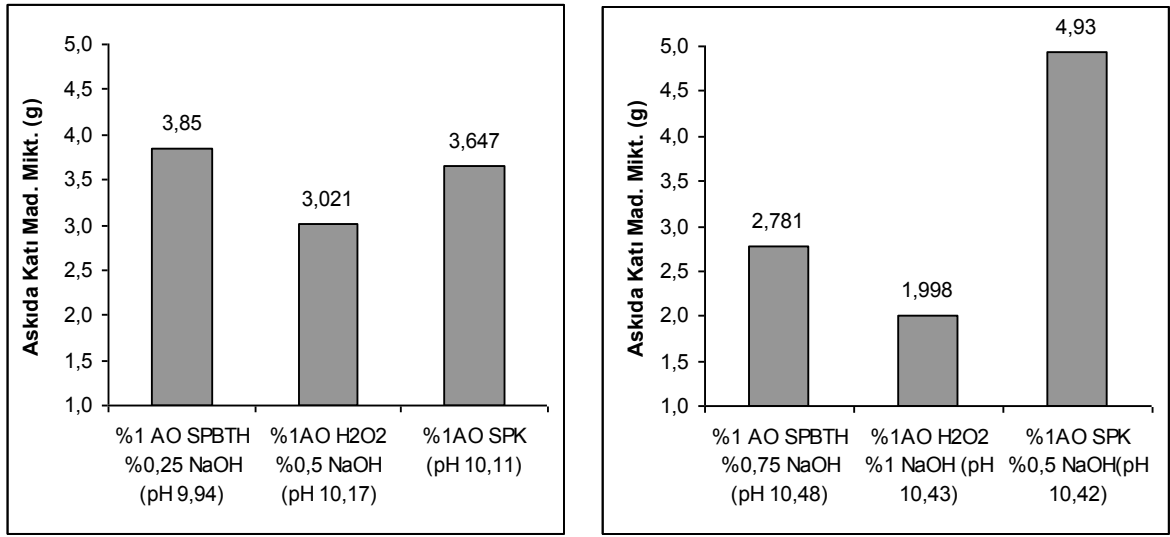
Grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi alkali karakterde olan ağartıcıların sırasıyla sodyum perkarbonat ve sodyum perborat tetrahidratın tek başlarına kullanılması durumunda, hidrojen perokside göre mürekkep uzaklaştırma işleminde çok daha etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında en etkili mürekkep uzaklaştırma yüzdesi de %1 oranında aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat kullanılması durumunda elde edilmiştir.



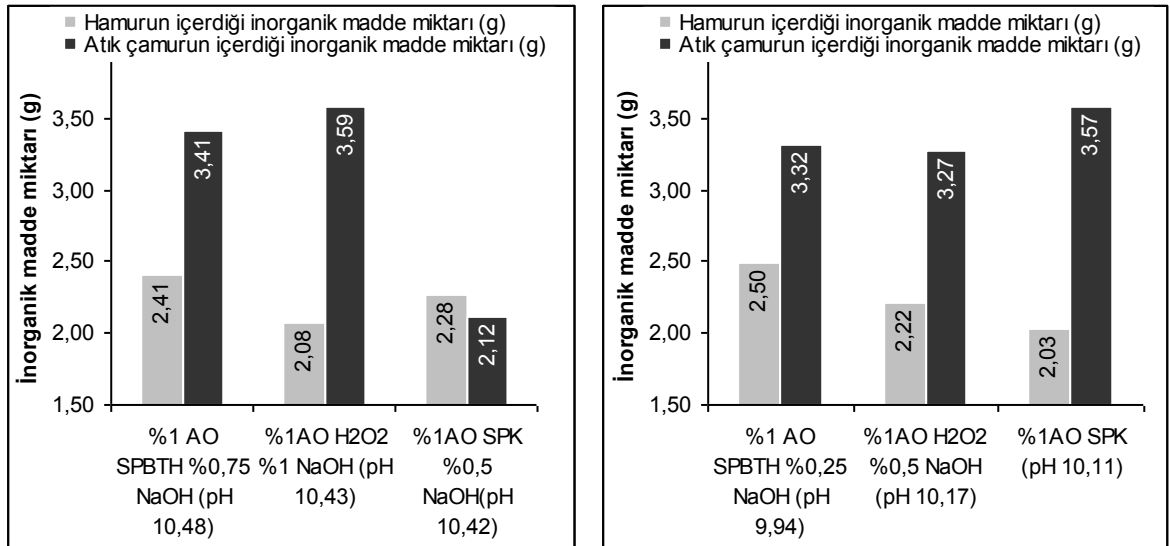
Şekil 112. Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, mürekkep uzaklaştırma etkinliğine "IE₉₅₀" etkisi



Şekil 113. Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, verim ve atık çamur miktarı üzerine etkisi



Şekil 114. Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, askıda katı madde miktarı üzerine etkisi



Şekil 115. Benzer pH değerlerinde ağartıcıların, hamur ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarına etkisi

Farklı kimyasal bileşime sahip bu üç ağartıcının etkilerinin karşılaştırılabilmesi için içerdikleri aktif oksijen miktarı ve kullandıkları pH değerlerinin birbirine yakın olması gerekmektedir. Şekil 112, 113, 114 ve 115'te benzer pH değerlerinde karşılaştırılan bu üç ağartıcının sırasıyla mürekkep uzaklaştırma etkinliği IE_{950} değeri, verim, atık çamur miktarı ve askıda katı madde miktarı ve inorganik madde miktarları üzerine etkisi görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi pH'ın 10 civarında olması durumunda en fazla mürekkep sodyum perkarbonat ile uzaklaştırılmıştır. Ayrıca yine en yüksek verim değeri

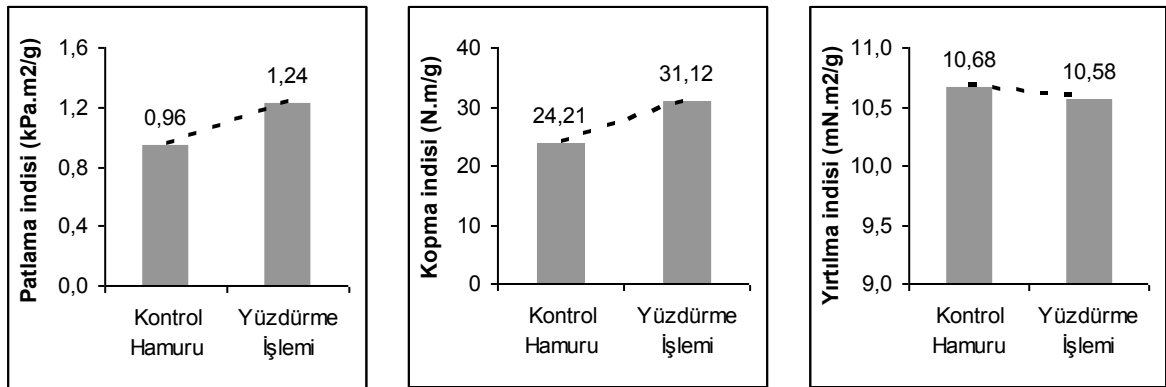
de sodyum perkarbonat kullanıldığı durumda elde edilmiştir. pH değeri 10,40'a çıkarıldığında yine en yüksek mürekkep uzaklaştırma değeri sodyum perkarbonatla elde edilmiş olsa da pH'ın 10 olduğu duruma göre mürekkep uzaklaştırma oranı %3 oranında azalmıştır. Bunun nedeni aslında ortamda negatif iyon yükünün fazlaca artması ve bununda yüzdürme işlemini olumsuz yönde etkilemesidir. Bu durum şekil 115 deki hamurun içerdiği inorganik madde miktarı değişiminden de görülmektedir. %1 aktif oksijen oranında kullanılan sodyum perkarbonat ile atık çamur miktarı 13,89 gram iken ortama %0,5 oranında sodyum hidroksit ilavesi ile hamurdan uzaklaştırılan atık çamur miktarı 8,23 grama kadar düşmüştür. Bununla birlikte ilginç olan daha az oranda materyalin ortamdaki yüzdürülerek uzaklaştırılmasına rağmen en etkili sonuçların yine sodyum perkarbonat kullanılması durumunda elde edilmiş olmasıdır. Hidrojen peroksit ile pH'ın 10,43 olduğu koşullarda ortamdaki uzaklaştırılan çamur miktarı 16,45 gram iken mürekkep uzaklaştırma etkinliği %69,12 olarak tespit edilmiştir.

Aynı pH değerinde ağartıcı olarak sodyum perkarbonat kullanılması durumunda ise ortamdaki uzaklaştırılan çamur miktarı 8,23 gram olmasına rağmen mürekkep uzaklaştırma etkinliği %71,37 olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni büyük olasılıkla sodyum perkarbonat kullanılması halinde hamurlaştırma sırasında daha fazla oranda mürekkep pigmentinin serbest hale geçmesi ve yüzdürme işlemi sonrası gerçekleştirilen kesafet artırma işlemi ile ortamdaki kolayca yıkanmasıdır. Bu durum mürekkep uzaklaştırma etkinliği, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı ve yüzdürme işlemi sonrası süzöntü suyun içerdiği askıda katı madde miktarının birlikte değerlendirilmesi ile daha iyi anlaşılmaktadır. Uzaklaştırılan mürekkep miktarının yüzdürme işleminden kaynaklanmadığı mürekkep uzaklaştırma işleminin artmasına rağmen atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarının azalışı ve yüzdürme işlemi sonrası süzöntü suyun askıda katı madde miktarı değerlerindeki artıştan anlaşılmaktadır. Yaklaşık olarak pH'ın 10,40 olduğu durumda hidrojen peroksit kullanılması halinde askıda katı madde miktarı 1,998 gram olarak ölçülürken, aynı pH değerinde sodyum perkarbonat ile askıda katı madde miktarı 4,93 gram olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel olarak sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, sodyum perborat ve sodyum perkarbonatın mürekkep uzaklaştırma etkinliği ve efektif kalıntı mürekkep miktarı üzerine etkisi %5 hata oranıyla anlamlı bulunmuş ve çoğul varyans analizi sonuçları Ek Tablo 42, 43, 57, 58, 72 ve 73'te belirtilmiştir.

4.2.2.7. Yüzdürme İşleminin (Flotasyon) Hamurun Fiziksel Sağlamlık Özellikleri Üzerine Etkisi

Şekil 116'da hiçbir kimyasal ilavesi olmaksızın hamurlaştırılan atık kağıt hamuru (kontrol) ve optimum koşullar altında hamurlaştırılıp yüzdürme işlemine uğratılmış hamurun fiziksel sağlamlık özelliklerine ait veriler görülmektedir. Grafikler incelendiğinde yüzdürme işlemi ile birlikte yırtılma direnci dışında tüm sağlamlık özelliklerinin arttığı görülmektedir. Mürekkep giderme işleminde uygulanan yüzdürme işlemi ile magazin kağıtları da kullanılmış ise hamur içersinden önemli miktarda dolgu maddesi, mürekkep ve kırıntı lif uzaklaşmaktadır. Mahagonkar ve arkadaşlarının (1998) yaptıkları çalışmada ortamda sadece gazete kağıdı olması durumunda hamurlaştırma işlemi sonrası ölçülen kül oranının, yüzdürme işlemi ile birlikte % 0,290'dan %0,180'e düştüğü, sadece magazin kağıtları kullanıldığında ise bu oranın %20'den %3,98'e düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca Mahagonkar ve çalışma arkadaşları yüzdürme işlemi ile uzaklaşan safsızlıklar nedeniyle hamurun sağlamlık özelliklerinin arttığını belirlemişlerdir (Mahagonkar vd., 1998).



Şekil 116. Yüzdürme işleminin hamurun fiziksel sağlamlık özellikleri üzerine etkisi

4.3. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Optik ve Fiziksel Sağlamlık Özellikleri Üzerine Etkisi

Bilindiği gibi mürekkep uzaklaştırma ve atık kağıt işleme teknolojileri birçok prosesi bir arada içermektedir. Mürekkep uzaklaştırma prosesinin ilk ve en önemli kademesi, liflerin açıldığı, ilk ağartma işleminin gerçekleştirildiği ve mürekkep uzaklaştırma işlemi için gerekli koşulların oluşturulduğu hamurlaştırma kademesidir. Diğer proses basamağı

ise hamurlaştırma kademesinde serbest hale gelen mürekkebin ortamdaki uzaklaştırılması için uygulanan yıkama ve/veya yüzdürme işlemidir. Bu iki proses basamağı ile mürekkep uzaklaştırılmış ve atık kağıtlar tekrar kullanılabilir hale gelmiş olsalar bile tüketicinin taleplerini karşılayabilmek amacıyla genellikle son kademe olarak ağartma işlemine uğratılmaktadır. Böylece parlaklık ve renk değerleri artırılarak göze daha hoş görünmesi sağlanmaktadır.

Tez çalışması kapsamında üçüncü ve son kısımda, yüzdürme işlemi ve ilk ağartma kademesinde elde edilen en optimum sonuçlar baz alınarak üretilen hamurlar, hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat, sodyum hidrosülfid, sodyum borhidrür ve formamidin sülfonik asit ile ağartılmış ve bu ağartıcıların etkileri parlaklık, renk ve sağlamlık özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlardan sodyum perkarbonat ile formamidin sülfonik asit ve sodyum borhidrürün art arda kullanılabilirliği de araştırılmıştır.

Ağartma işlemine uğratılacak hamurlar aşağıdaki koşullar baz alınarak deiyonize su kullanılarak hazırlanmıştır;

Hamurlaştırma İşlemi:

- Konsantrasyon : %7
- Sıcaklık : 45-50°C
- Süre :10 dakika
- Atık gazete/magazin oranı : 80/20 g
- Sodyum perkarbonat oranı : %1 aktif oksijen
- Sodyum silikat oranı : %1
- EDTA : 0,2g
- Sabun (olinor RS-4200) :%1

Yüzdürme İşlemi:

- Konsantrasyon : %1
- Sıcaklık : 45-50°C
- Süre :10 dakika
- Karıştırma devri : 1400rpm
- Kalsiyum klorür : 0,003 mol/l

Ağartma işlemine uğrıtılacak hamurların yüzdürme işlemi sonrası elde edilen bazı optik ve fiziksel özellikleri:

- ISO parlaklığı : %54,63
- L*a*b* değerleri : 82,99*-0,63*8,3*
- YI (ASTM1250)(Sarılık indeksi):16,00
- WI (CIE) (Beyazlık indeksi) :20,45
- WI(Stensbay) :56,20
- ERIC(Efektif kalıntı mürekkep. konst.) :110,9 ppm
- SR°(Serbestlik derecesi) :81°
- Patlama indisi :1,24 kPa.m²/g
- Yırtılma indisi :10,58 mN.m²/g
- Kopma indisi :31,22 N.m/g

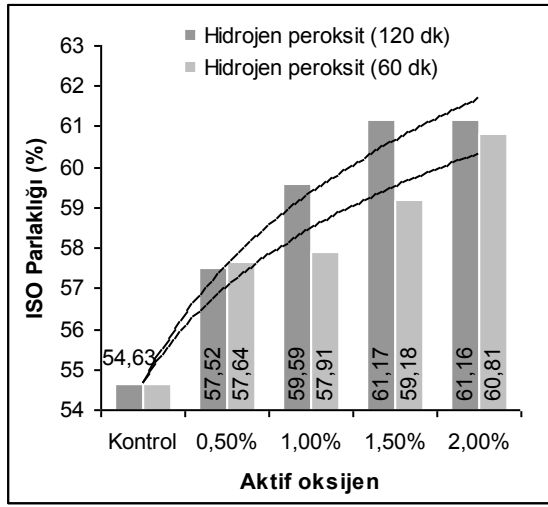
4.3.1. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun ISO Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi

Mekanik hamur bazlı kağıt hamurlarının ağartılmasında lignin uzaklaştırma işleminden ziyade renk veren lignin ve benzeri bileşimlerin yapılarının değıştirilerek renk açılması amaçlanmaktadır. Bu amaç için günümüzde en yaygın olarak kullanılan ağartıcı, oksijen bazlı özellik gösteren hidrojen peroksittir. Ayrıca indirgeyici özellikteki ağartıcıların kullanımı da oldukça yaygındır.

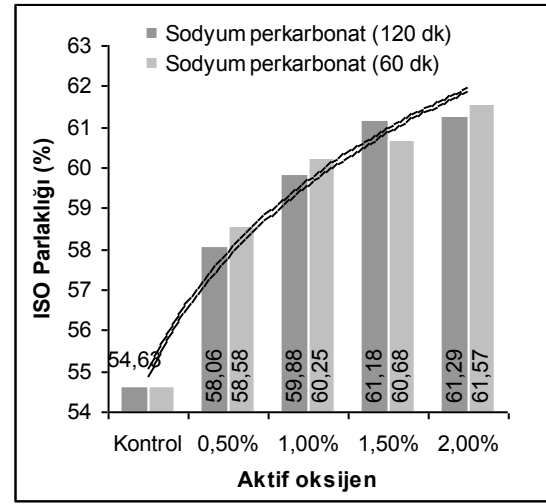
Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında hidrojen peroksit alternatif olarak sodyum perkarbonat kullanılabilirliği araştırılmış ve bu iki ağartıcının etkileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu ağartıcıların etkileri indirgeyici özellik gösteren sodyum hidrosülfid, formamidin sülfirik asit ve sodyum borhidrür ile de karşılaştırılmıştır.

Şekil 117’de hidrojen peroksit, şekil 118’de ise sodyum perkarbonatın farklı işlem süreleri için ağartma işlemi üzerindeki etkileri görülmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi sodyum perkarbonat, 60 dakikalık kısa bir süre içerisinde oldukça etkili olabilmektedir. Bunun yanında hidrojen peroksit için 60 dakikalık işlem süresinin yeterli olmadığı, 120 dakikalık işlem süresinde daha etkili olduğu görülmektedir. Yapılan bir çok çalışmada da işlem süresi ile peroksit tüketiminin arttığı belirtilmiştir (Xu, 2002; Varanes vd., 1996).

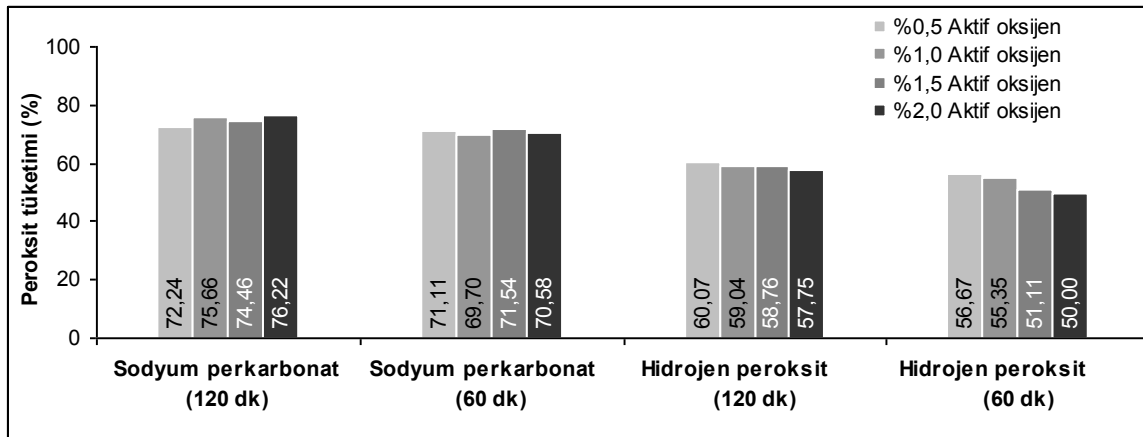
Ayrıca Xu (2002) yaptığı çalışma ile pH değerinin 11 olduğu zaman pH'ın 10 olduğu duruma göre peroksit tüketiminin daha yüksek oranda olduğunu tespit etmiştir. Şekil 119'da Ağartma işlemi sonrası süzöntü suya uygulanan iyodimetrik titrasyon sonucu elde edilen peroksit tüketim değerleri görülmektedir. Grafikler incelendiğinde sodyum perkarbonatın 60 ve 120 dakikalık işlem süreleri boyunca yaklaşık %70 oranında tüketildiği bununla birlikte hidrojen peroksitin 120 dakikalık süre içinde ancak %60 oranında tüketildiği görülmektedir. Bu sonuçlar sodyum perkarbonatın hidrojen peroksitten daha etkili ve verimli bir ağartma işlemine olanak sağladığını göstermektedir.



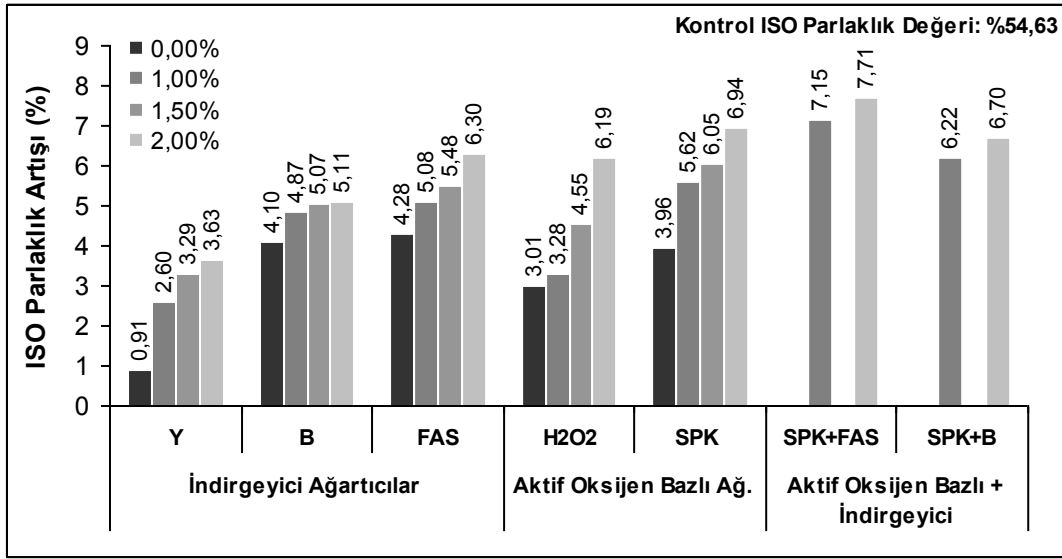
Şekil 117. Hidrojen peroksitin işlem süresine bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi



Şekil 118. Sodyum perkarbonatın işlem süresine bağlı olarak hamurun ISO parlaklık değerine etkisi



Şekil 119. Sodyum perkarbonat ve hidrojen peroksitin 60 ve 120 dakikalık işlem sürelerindeki peroksit tüketim oranları



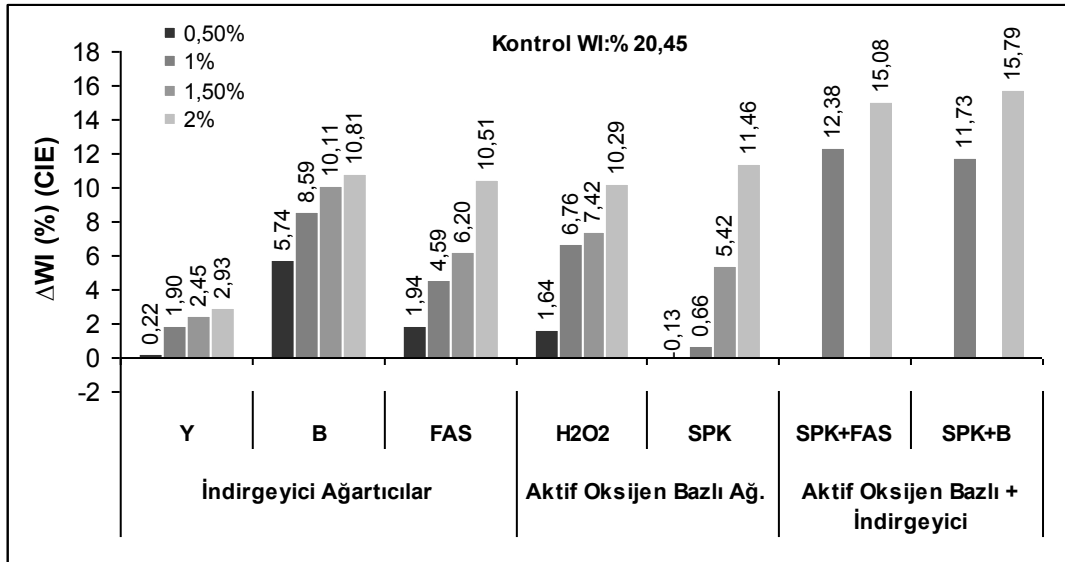
Şekil 120. Farklı özellikteki ağartıcıların ISO parlaklık değerine etkisi

Şekil 120’de indirgeyici özellik gösteren ağartıcılar ile oksidatif özellikteki ağartıcıların parlaklık değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi indirgeyici özellik gösteren ağartıcılar içerisinde en yüksek parlaklık artışı %2 oranında kullanılan formamidin sülfünik asit ile elde edilmiştir. Yapılan bir çok çalışma ile de formamidin sülfünik asitin aynı oranlarda kullanılan sodyum ditiyonite göre parlaklık değeri üzerine çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Putz vd., 1995; Sharpe ve Rangamannar, 1997; Vincent vd., 1997). Sodyum dithionit ağartmasının diğer indirgeyici ağartıcılara göre oldukça düşük sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni polietilen poşet içerisinde gerçekleştirilen ağartma sırasında ortama giren hava olabilir. Bilindiği gibi sodyum dithionit hava ile oldukça kolay oksitlenebilmektedir (Lindholm, 1999).

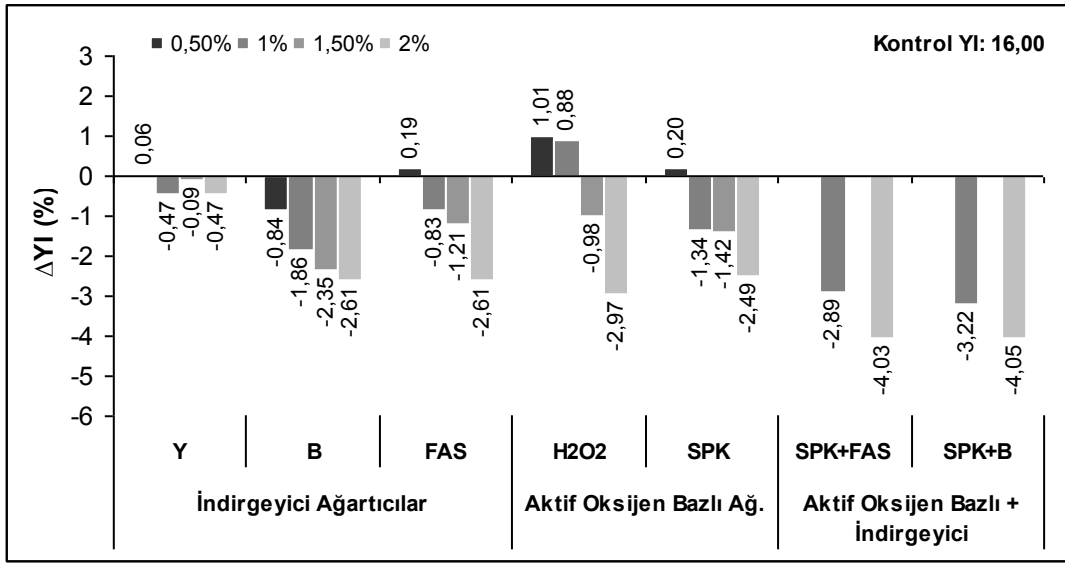
Oksidatif özellikteki ağartıcılar içerisinde en yüksek parlaklık artışı ise sodyum perkarbonatın %2 aktif oksijen içeren oranlarda kullanıldığı zaman elde edilmiştir. Tez çalışmasında ayrıca 60 dakikalık sürede %2 oranında sodyum perkarbonat ile ağartılan hamurlar, %1 ve %2 oranlarında kullanılan formamidin sülfünik asit ve sodyum borhidrür ile tekrar ağartılmış ve grafikten görüldüğü gibi parlaklık açısından en yüksek sonuçlara 7,71 birimlik artış ile sodyum perkarbonat (%2 aktif oksijen)-formamidin sülfünik asit (%2) ağartma diziniyle ulaşılmıştır.

4.3.2. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Uygulanan ağartma işleminin etkinliğinin karşılaştırılması için, bazı durumlarda özellikle etki mekanizmaları farklı olan indirgeyici ve oksitleyici ağartıcıların karşılaştırıldığı durumlarda hamurun parlaklık değerinin yanında beyazlık indeksi, sarılık indeksi ve L*a*b* renk değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Şekil 121’de farklı özellikteki ağartıcıların hamurun beyazlık indeksine (CIE WI) etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde parlaklık artışından farklı olarak indirgeyici özellikteki ağartıcılar arasında sodyum borhidrürün, hamur beyazlığında formamidin sülfünik aside göre daha etkili olduğu görülmektedir. Oysa parlaklık artışı açısından karşılaştırıldığında formamidin sülfünik asit, sodyum borhidrüre göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Yine aynı şekilde %2 oranında kullanılan sodyum perkarbonatın hidrojen perokside göre hamuru daha fazla beyazlattığı görülmektedir. Oksitleyici özellikteki ağartıcılar ile indirgeyici özellikteki ağartıcıların art arda kullanılması durumunda ise beyazlık değeri orijinal hamura göre yaklaşık %15 oranında artırılabilir.

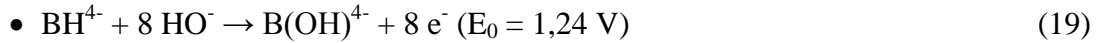
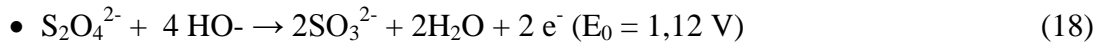


Şekil 121. Farklı özellikteki ağartıcıların beyazlık indeksine etkisi



Şekil 122. Farklı özellikteki ağartıcıların sarılık indeksine etkisi

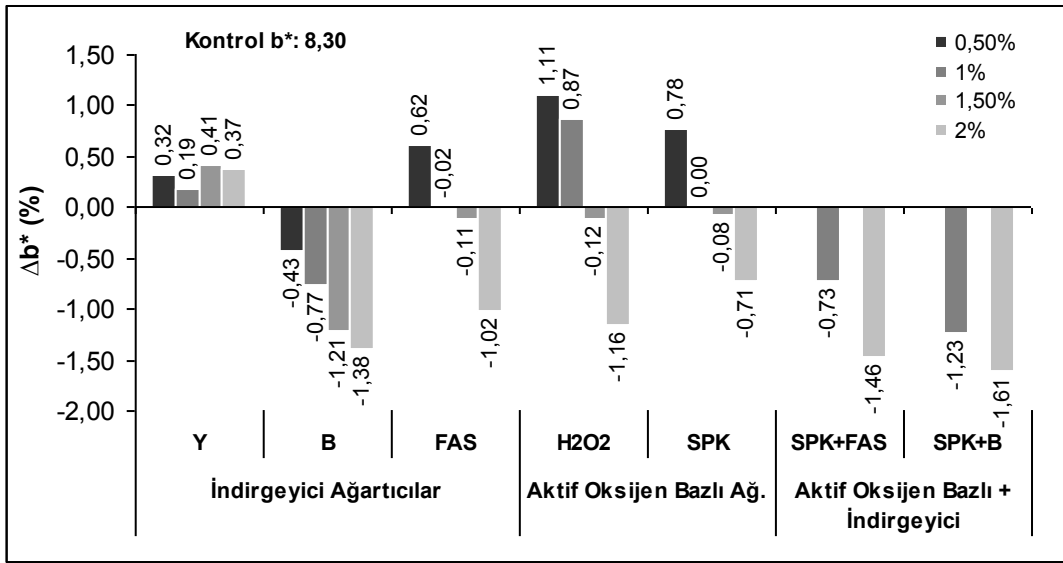
Şekil 122’de ağartıcıların hamurun sarılık indeksi üzerine etkisi, şekil 123’de ise $L^*a^*b^*$ renk değerlerinden pozitif değerlerde sarı rengi belirten b^* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Sarılık indeksi “YI” ve “ b^* ” değerlerinin ortama ilave edilen ağartıcıların oranlarının artırılması ile kontrol hamuruna göre azaldığı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde sarı rengin kırılmasında en etkili ağartıcının, sodyum borhidrür olduğu görülmektedir. Bunun nedeni renk kırma açısından sodyum borhidrürün oldukça kuvvetli bir indirgen olmasıdır (Lee vd., 1993). Sodyum ditiyonit ve sodyum borhidrürün indirgenme reaksiyonları aşağıda görülmektedir (Sjöström, 1981).



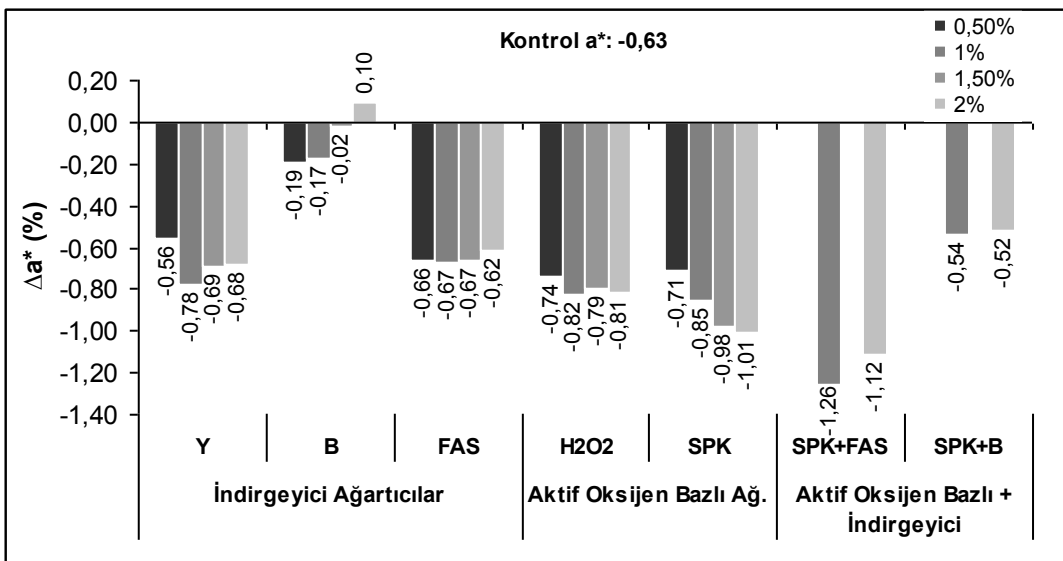
Bununla birlikte, bazı çalışmalarda sodyum borhidrürün çok daha kuvvetli bir indirgen olmasına rağmen diğer ağartıcılar ile karşılaştırıldığında sarılık değerini artırdığı tespit edilmiştir (Daneault ve Leduc, 1995) (Pednault vd., 1999). Bunun nedeni aslında ağartma koşullarını oluştururken seçmiş oldukları pH değerlerinin oldukça yüksek olması olabilir. Sodyum borhidrür tuzu alkali karakterde olmuş olsa da ağartma işlemi sırasında kendiliğinde bozunmasını engelleyecek kadar alkali karakter göstermediği için genellikle yüksek alkali şartları altında kullanılmaktadır (Loras, 1980). Bununla birlikte tez çalışmasında gerçekleştirilen sodyum borhidrür ağartma kademeleri, yapılan çalışmalar

başlığı altında da ayrıntılı olarak açıklandığı gibi pH değerinin 8,5 olduğu koşullarda ortama herhangi bir alkali ilavesi olmadan gerçekleştirilmiştir. Buda sarı rengin diğer çalışmalardan farklı olarak etkili bir şekilde düşüşünü açıklayabilir.

Bununla birlikte parlaklık ve beyazlık indeksindeki durumun tersine hidrojen peroksidin, sodyum perkarbonata göre daha etkili olduğu görülmektedir. Oksijen bazlı ve indirgeyici özellikteki ağartıcıların art arda kullanılmaları durumunda en etkili sonucun sodyum perkarbonat-sodyum borhidrür ağartma diziniyle sağlandığı görülmektedir.



Şekil 123. Farklı özellikteki ağartıcıların b* (sarı) değerine etkisi



Şekil 124. Farklı özellikteki ağartıcıların a* (yeşil) değerine etkisi

Şekil 124'te ağartıcıların, L*a*b renk değerlerinden negatif ekseninde yeşil rengi belirten a* değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde renk kırma açısından en etkili sonuçların yine sodyum borhidrür kullanıldığı durumda elde edildiği görülmektedir. Tüm ağartıcılar, kontrol hamuruna göre yeşil rengin artışına neden olurken sodyum borhidrür mevcut rengin korunmasına ayrıca % 2 oranında kullanıldığı zaman, yeşil rengi 0,1 birim kadar azalttığı görülmektedir. İki kademeli olarak sodyum perkarbonat ve indirgeyici özellikteki formamidin sülfünik asit ve sodyum borhidrür ile yapılan ağartma kademeleri sonucunda da en etkili sonuçlar yine sodyum borhidrürün kullanıldığı kademeler sonucu elde edilmiştir.

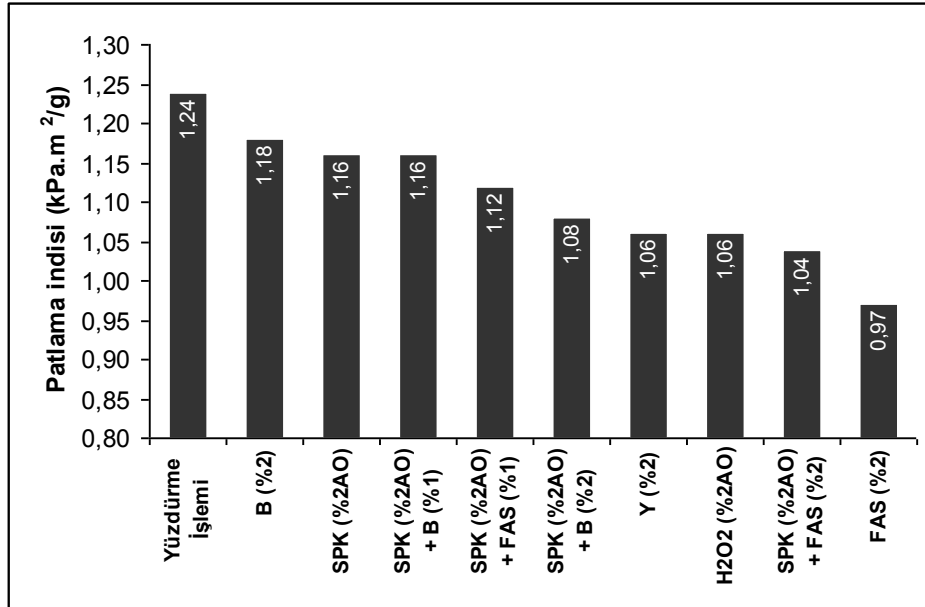
4.3.3. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Fiziksel Sağlık Özellikleri Üzerine Etkisi

Şekil 125'de uygulanan ağartma işlemlerinin, hamurun sağlık özelliklerinden patlama indisi üzerine gerçekleştirdiği etki görülmektedir. Patlama indisinin grafikten görüldüğü gibi en az oranda sodyum borhidrür ağartması ile azaldığı onu da sodyum perkarbonatın izlediği görülmektedir. Bunun nedeni her iki ağartma işleminin de daha ılımlı pH şartlarında gerçekleştirilmiş olması olabilir. Öte yandan asidik koşullarda gerçekleştirilen (pH 5,5) sodyum ditiyonit ağartması ve alkali şartlarda gerçekleştirilen formamidin sülfünik asit ağartma kademesiyle patlama indisinin azaldığı görülmektedir.

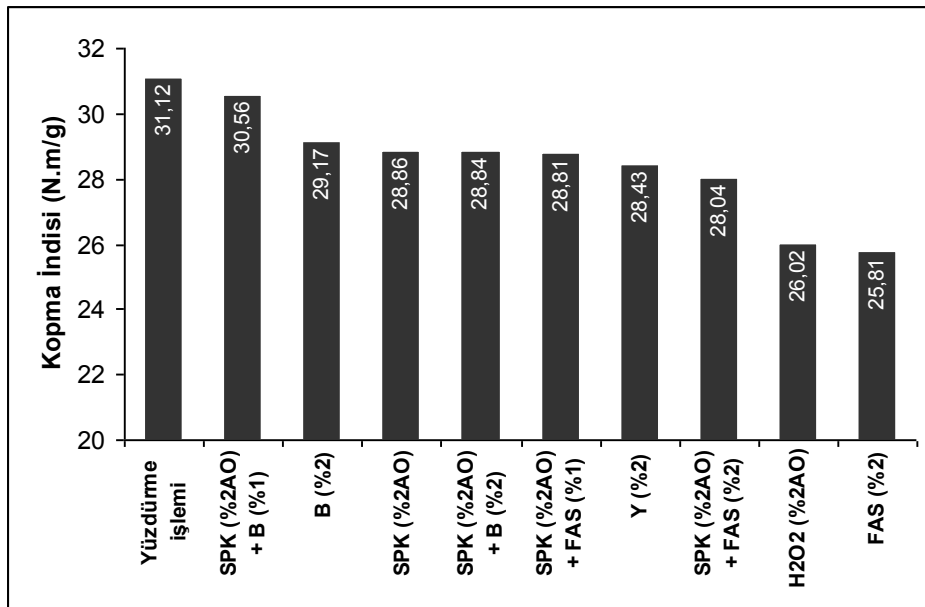
Şekil 126'da ağartma işlemlerinin, kopma indisi üzerine etkisi görülmektedir. Kopma indisi açısından da en iyi sonuçlar sodyum perkarbonat, sodyum borhidrür ve ikisinin ard arda kullanılması durumunda elde edilmiştir.

Sodyum borhidrür kullanımının kimyasal ağartma işlemlerinde ve pişirme işlemlerinde selülozun uç gruplarını indirgeyerek selüloz ve hemiselülozları koruduğu ve dolayısı ile sağlık özelliklerini arttırdığı bilinmektedir (İstek vd., 2005)(Ersoy Kalyoncu, 2009). Tabi bu durumun mekanik hamurun sağlık özelliklerinin gelişimi ile ilişkilendirmek oldukça zordur. Bununla birlikte Ersoy ve çalışma arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada sodyum bor hidrür ve formamidin sülfünik asidin kimyasal hamurun ağartılmasında kullanılabilirliği araştırılmış ve formamidin sülfünik asidin hiçbir koruyucu özelliği belirlenemezken, sodyum borhidrürün selülozu koruduğu ve hamurun viskozitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Ersoy Kalyoncu vd., 2009). Patt ve çalışma arkadaşları (1996) gerçekleştirdikleri çalışmada eski gazete ve magazin kağıdı karışımının, asit kademesi,

oksijen, ozon, hidrojen peroksit ve formamidin sülfünik asit kademelerinden oluşturulan farklı ağartma dizinleri ile ağartılması üzerine çalışmışlar ve uyguladıkları asit muameleli ağartma dizinleri ile yırtılma indisi dışında sağlamlık özelliklerinin arttığını tespit etmişlerdir. Bunun sebebi olarak yüksek mekanik hamur içeriğini öne sürmüşlerdir.

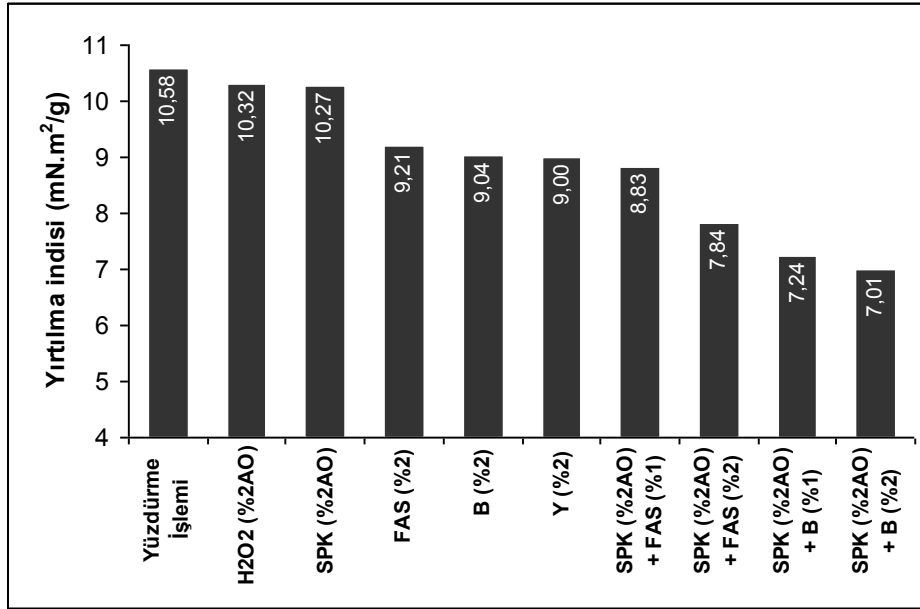


Şekil 125. Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden patlama indisi üzerine etkisi



Şekil 126. Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden kopma indisi üzerine etkisi

Şekil 127'deki yırtılma indisi açısından durum farklı olup en iyi sonuçlar alkali şartlarda gerçekleştirilen hidrojen peroksit, sodyum perkarbonat ve formamidin sülfünik asit ağartması ile elde edilmiş olup en düşük sonuçlar iki kademeli ağartma işlemleri ardından elde edilmiştir.



Şekil 127. Farklı ağartma kademelerinin, kağıdın sağlamlık özelliklerinden yırtılma indisi üzerine etkisi

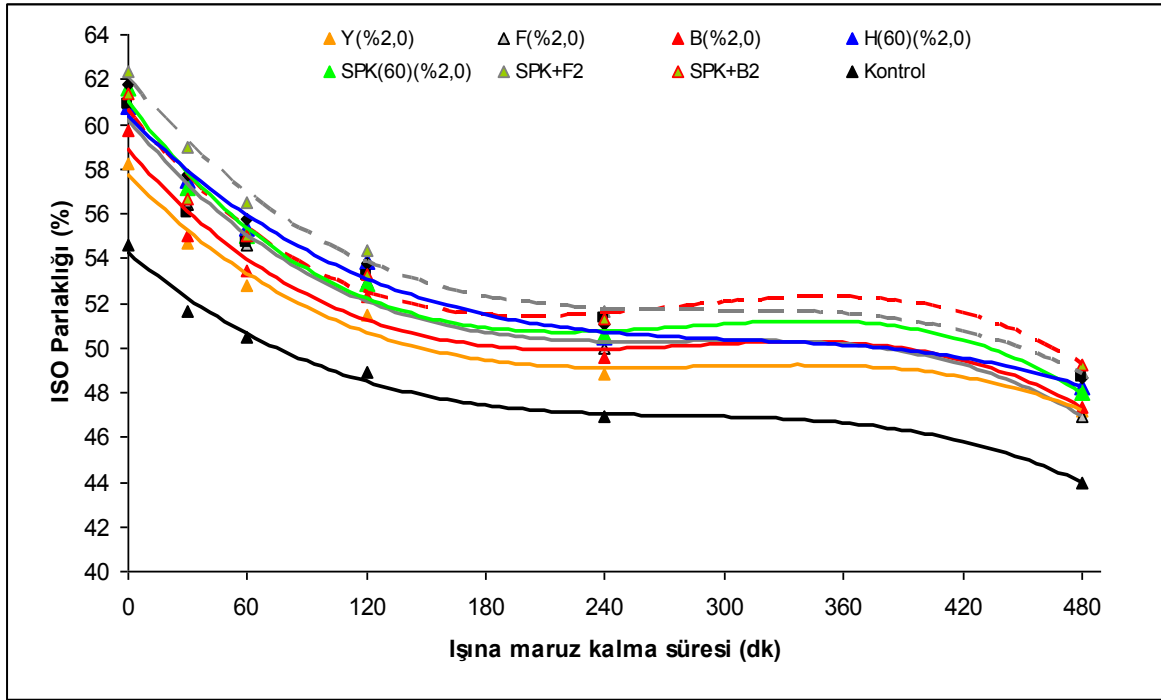
4.3.4. Son Ağartma Kademesinde Kullanılan Ağartıcıların Renk Kararlılığına Etkisi

Mekanik hamur içeriği yüksek olan kağıtların, ağartılmış kimyasal hamur içeren kağıtlara göre renk kararlılığı oldukça zayıftır. Bu fark bu hamurların kağıtlarının güneş ışığında veya kısa dalga ışık yayan bir kaynak karşısında süreye bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun asıl nedeni ligninin uzaklaştırılmaması ve indirgenen kromoforik yapıların oksitlenerek tekrar eski renklerine dönmesi ve yeni kromoforik yapıların oluşmasıdır. Bununla birlikte karanlık ortamda saklanan kağıtların renk kararlılıkları daha yüksektir. Mekanik hamur içeren kaliteli kitap kağıtlarının oda koşullarında 3 yıl bekletilmesi ile sadece 1,5 – 2 birimlik parlaklık kaybı olduğu belirtilmiştir (Abadie-Muamert ve Loras, 1977). Yapılan çalışmalar da ağartma işleminin, kağıdın sararma eğilimini engellemediği hatta artırdığı görülmüştür (Loras, 1980; Lindholm, 1999). Bunun

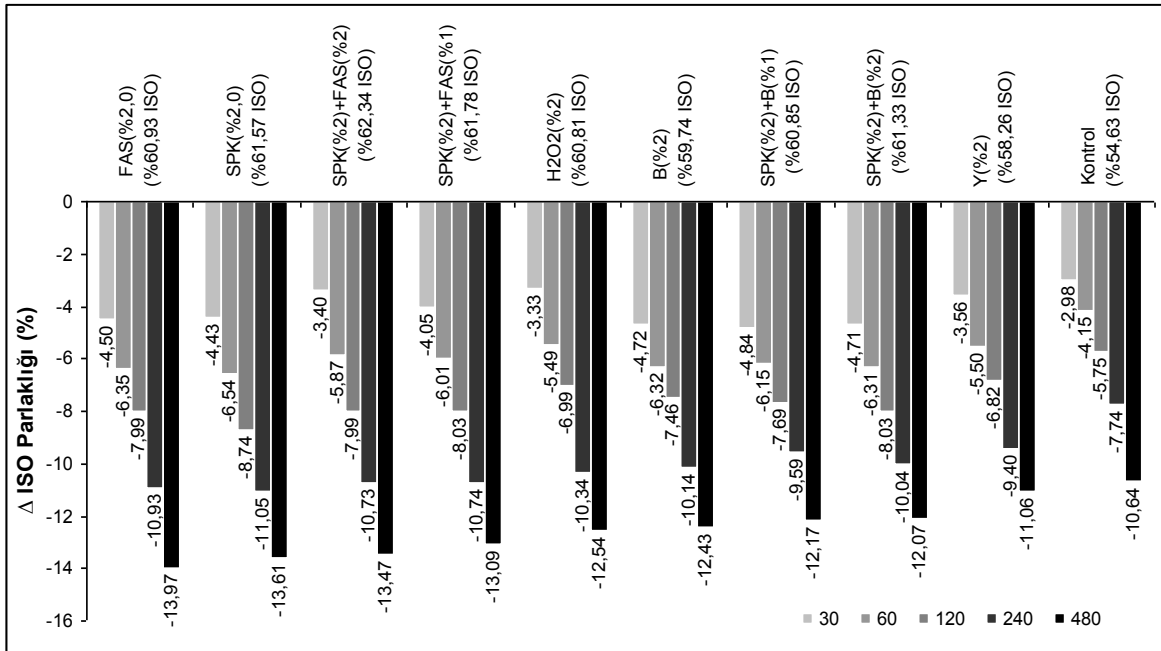
anlamı ağartılmamış bir hamurun parlaklık kaybının ağartılan bir hamura göre daha düşük olmasıdır.

Şekil 128'de süreye bağlı olarak 254 ve 366nm dalga boyunda kapalı bir ortamda uygulanan ışının, farklı kimyasallar ile ağartma işlemine uğratılmış hamurların test kağıtları üzerine etkisi görülmektedir.

Grafikten görüldüğü gibi artırılan süreye bağlı olarak tüm kağıtların parlaklık değerleri kısa dalgada uygulanan ışın ile azalış göstermektedir. Şekil 129'da ise uygulanan ağartma işlemlerinin parlaklık kaybı üzerindeki etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü ve yapılan bazı çalışmalarında belirttiği gibi en az renk kaybı ağartılmamış hamurlar ile edilmiştir. Parlaklık değeri 480 dakika uygulanan ışın ile %54,63'ten %43,94'e kadar gerilemiştir. En yüksek parlaklık kaybı ise %2 oranında uygulanan formamidin sülfünik asit ağartması sonucu elde edilen kağıtlarda meydana gelmiştir. ISO parlaklık değeri, 480 dakikalık işlem süresi sonucu % 60,93'ten % 46,96'ya kadar yaklaşık 13,97 birim düşmüştür. Bununla birlikte daha düşük parlaklık değerinin elde edildiği sodyum borhidrürün daha koruyucu bir ağartıcı olduğu görülmektedir. %2 oranında uygulana sodyum borhidrür ağartması ile parlaklı değeri %59,74'ten %47,31'e kadar 12,43 birim düşmüştür. 480 dakika boyunca uygulanan ışına sonrasında en yüksek parlaklık değerleri, sodyum perkarbonat ve sodyum borhidrürün ard arda kullanıldığı iki kademeli ağartma işlemleri sonrası elde edilmiştir. %2 sodyum perkarbonat ve %2 sodyum borhidrür ile ağartılan hamurların kağıtlarının parlaklık değeri, ışına maruz bırakıldıktan 480 dakika sonra %61,33'ten %49,26'ya sadece 12,07 birim düşmüştür.

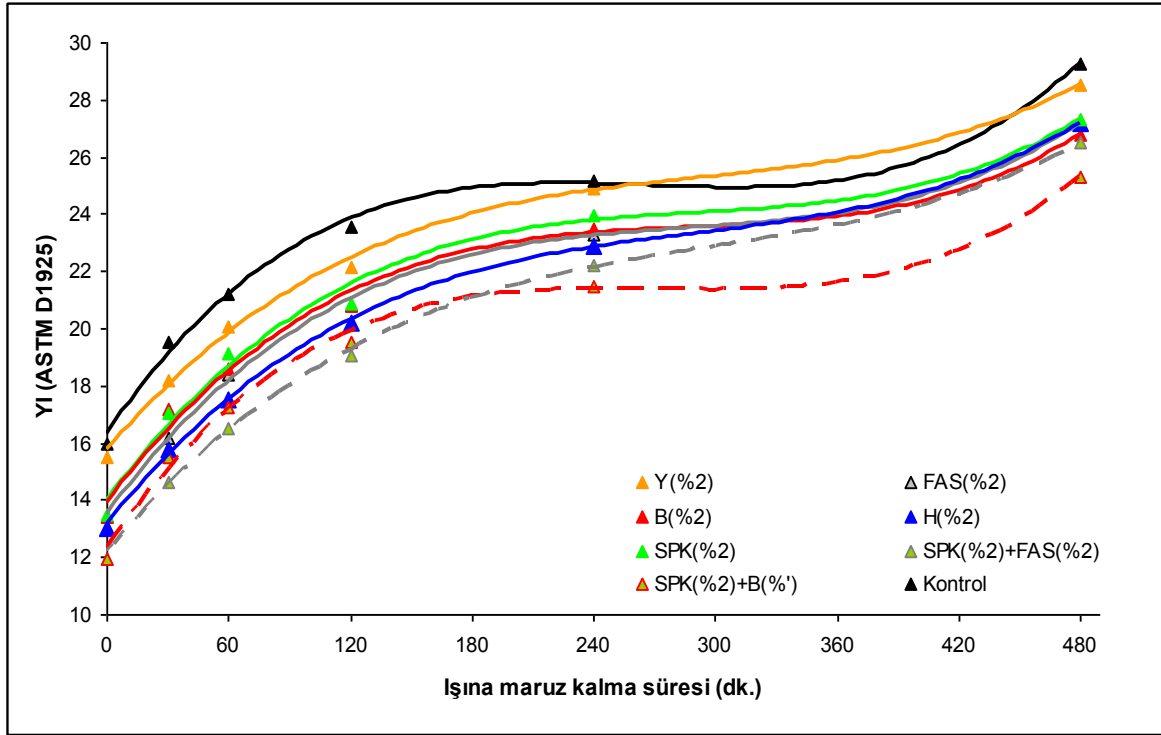


Şekil 128. 254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının ISO parlaklık değerleri üzerine etkisi



Şekil 129. 254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının ISO parlaklık değerlerindeki değişime etkisi

Şekil 130’da 254nm ve 366nm dalga boyunda uygulanan ışın ile yapılan yaşlandırma sonucu farklı ağartıcılar ile ağartılmış hamurların sarılık indeksi değerlerindeki değişim görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi parlaklık değerindeki azalışın tersi olarak sarılık indeksinin süreye bağlı olarak arttığı görülmektedir

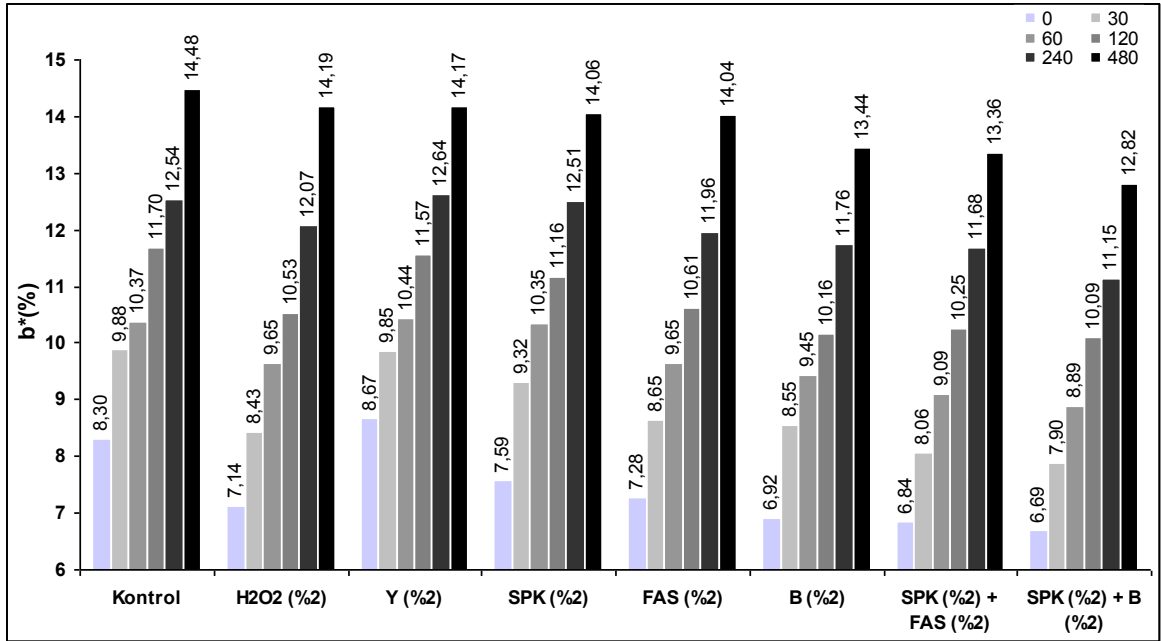


Şekil 130. 254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının sarılık indeksine etkisi

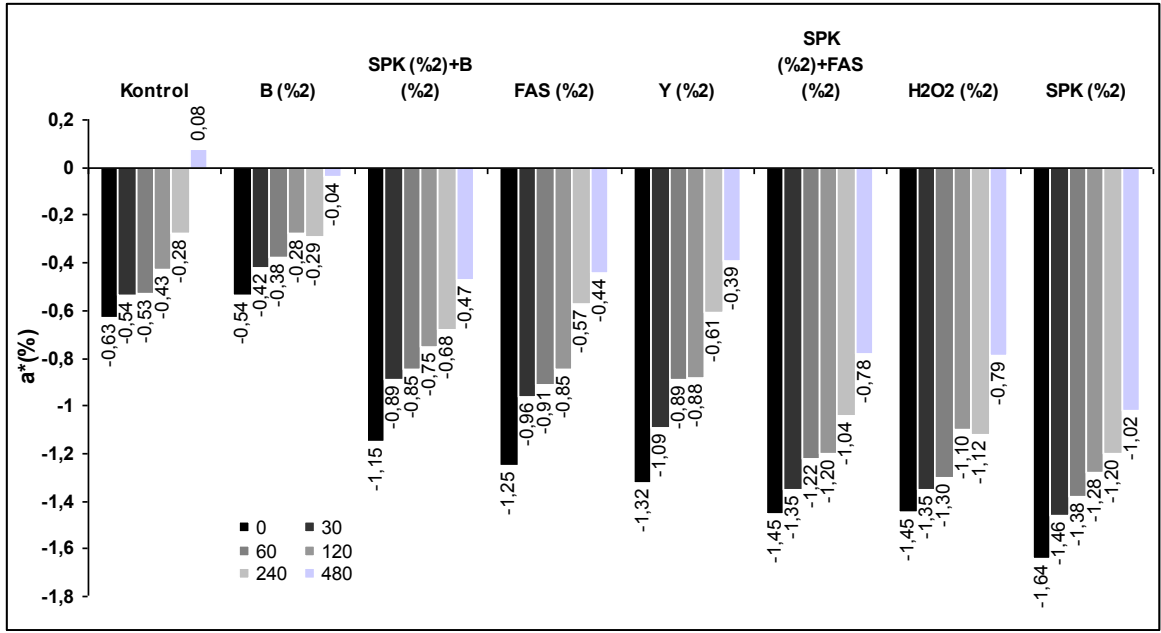
Benzer durum şekil 131’de, sarı rengi belirten CIE b* değerindeki değişimden de görülmektedir. Grafik incelendiğinde b* değeri 8,30 olan kontrol hamurunun sarılık değeri 480 dakikalık işlem sonrası 14,48’e yaklaşık 6,18 birim kadar artmıştır. %2 sodyum perkarbonat ve % 2 sodyum borhidrür ile ağartılan hamurların b* değeri ise 6,69’dan 12,82’ye yaklaşık 6,13 birim artmıştır.

Şekil 132’de uygulanan ışın muamelesinin süreye bağlı olarak farklı kimyasallar ile ağartılmış hamurların CIE a* renk değeri üzerine etkisi görülmektedir. “a*” renk değeri daha önceden de belirtildiği gibi negatif eksende yeşil rengi pozitif eksende ise kırmızı rengi belirtmektedir. Grafik incelendiğinde ışına maruz kalma süresi ile birlikte hamurun içerdiği yeşil rengin azalış gösterdiği görülmektedir. Kontrol hamurunun CIE a* renk

değeri, 480 dakikalık işlem süresi ile $-0,63$ 'ten $+0,08$ 'e çıkmıştır. Bunun anlamı yeşil rengin ışık etkisiyle azaldığı ve hatta kırmızı renk oluşumuna neden olmasıdır. Kontrol hamurundan sonra en az yeşil renk içeren hamur sodyum borhidrür ağartması ile elde edilen hamurlar olup bu hamurun içerdiği yeşil renk $-0,54$ 'ten $-0,04$ 'e gerilemiştir. Yeşil rengin en fazla olduğu hamurlar sodyum perkarbonat ile ağartılmış hamurlar olup, bu hamurlarda da “a*” değeri $-1,64$ 'ten $-1,02$ 'ye düşmüştür. Andrady ve çalışmaları arkadaşlarının (1991) yaptıkları bir çalışma sonucunda ağartılmış mekanik hamurun 400nm den daha düşük dalga boyunda uygulanan ışık muamelesi ile b* değerinin arttığı ve a* değerinin de yeşilden kırmızıya doğru artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte a* değerinin ışık muamelesine karşı daha az hassas olduğu tespit edilmiştir.



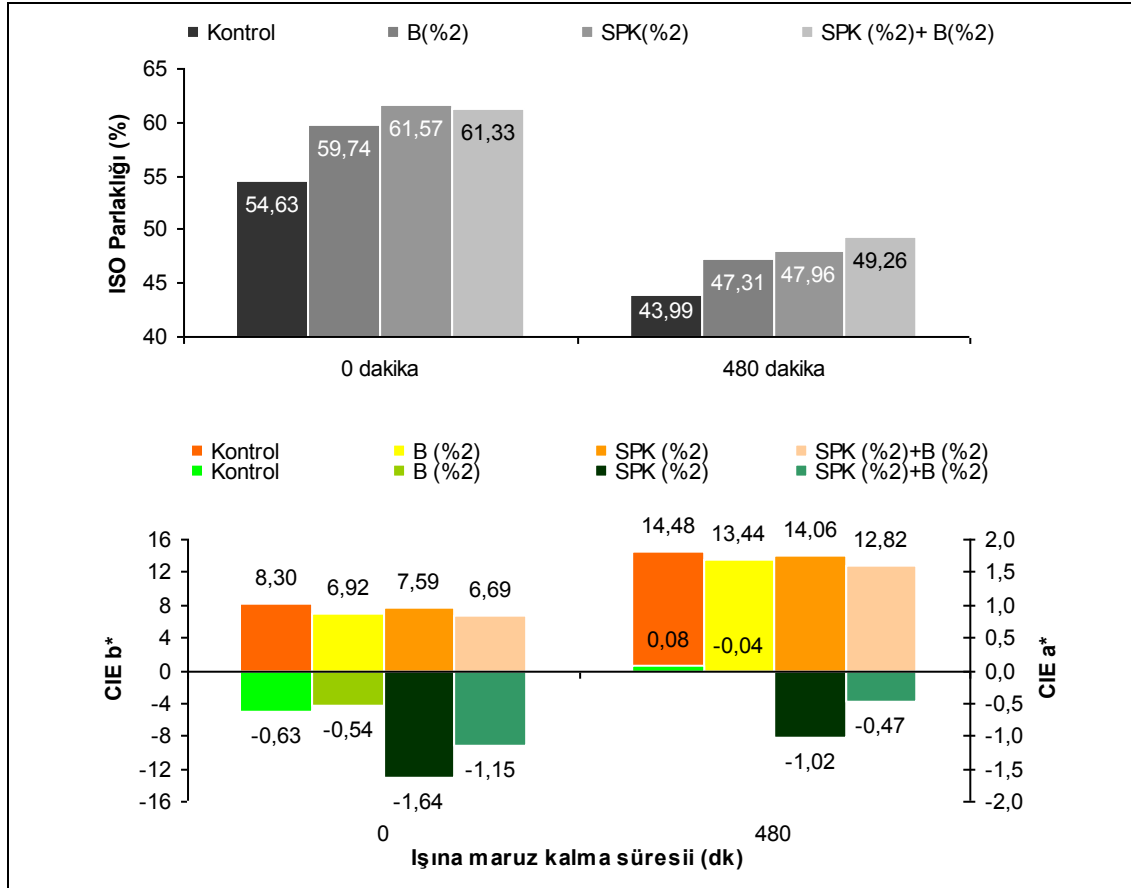
Şekil 131. 254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının b* değeri üzerine etkisi



Şekil 132. 254 ve 366 nm dalga boyunda süreye bağlı olarak uygulanan ışık yaşlandırmasının farklı ağartıcılar ile ağartılmış kağıt hamurlarının a* değeri üzerine etkisi

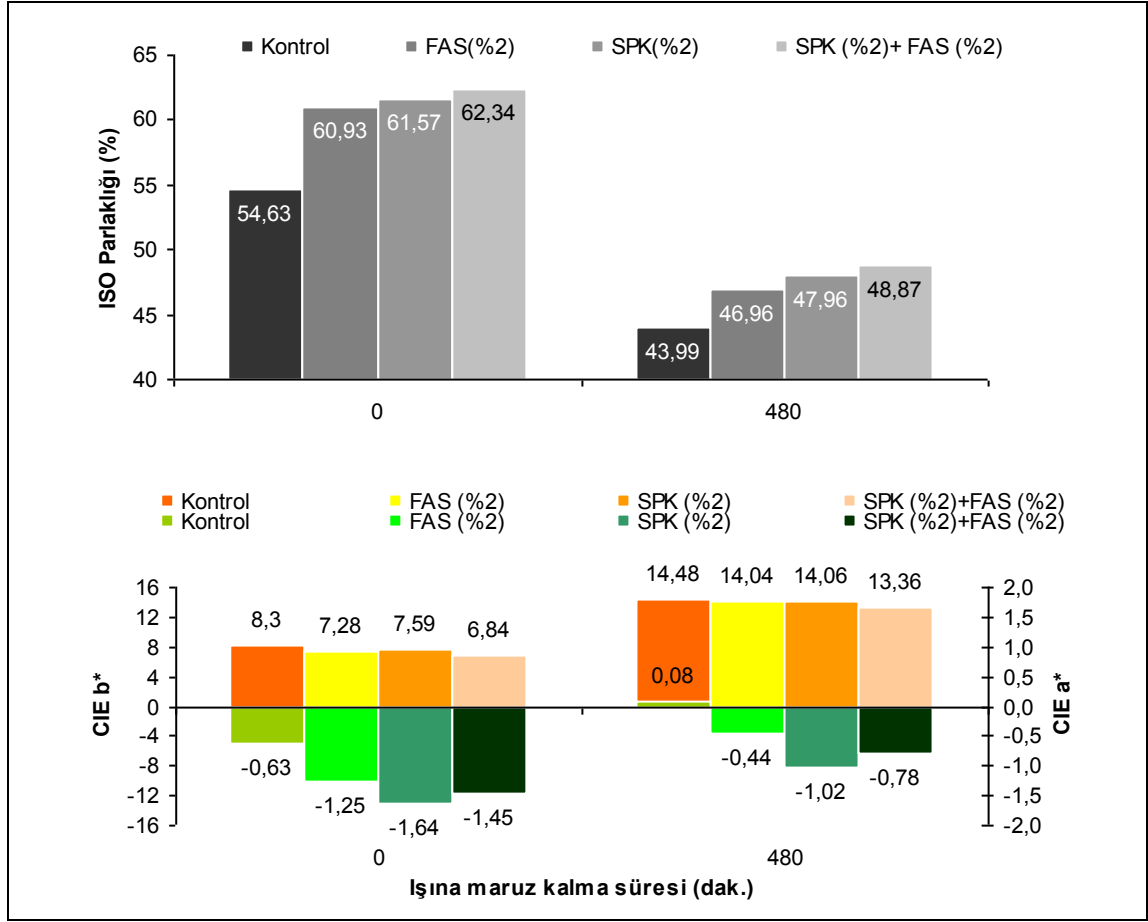
Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde hiçbir ağartıcının ışık etkisiyle meydana gelen parlaklık kaybı ve renk sararmasını önleyemediği görülmektedir. Bununla birlikte sodyum borhidrür ağartmasının bu etkiyi azaltıcı bir etkisinin olduğu söylenebilir. Şekil 133'te yalnız sodyum perkarbonat ve sodyum borhidrür ile ağartılan hamurlar ile bu iki ağartıcının peşi sıra kullanıldığı durumda 480 dakika uygulan ışımının, parlaklık ve renk değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi parlaklık değeri %54,63 olan kağıt hamurunun sodyum perkarbonat ile ağartılması ile parlaklık değeri %61,57'ye kadar çıkmaktadır. Bununla birlikte 480 dakikalık ışık altında bekletilmesi sonucu parlaklık değeri %47,31'e kadar tekrar düşmektedir. Sodyum perkarbonat ağartmasının ardından kağıt hamuru sodyum borhidrür ile ağartıldığında ise parlaklık değeri fazlaca değişmemekte ve %61,33'te kalmaktadır. Bununla birlikte ışık altında bekletildiğinde parlaklık değeri %49,26'ya düşmekte yani sodyum borhidrür ağartması ile ışık altında bekletilen kağıtların parlaklık değerinde %1,95 lik bir iyileşme olduğu görülmektedir. Aynı durum kağıt hamurunun renk değerlerinden CIE a* ve b* değerlerinden de görülmektedir. Kağıt hamurunun sarılık değeri 8,30'dan sodyum perkarbonat ağartması ile 7,59'a düşmektedir. Işık altında 480 dakika bekletildiğinde ise sarılık değeri b* 14,06'ya çıkmaktadır. Sodyum perkarbonat ağartmasının ardından kağıt hamurunun sodyum

borhidrür ile ağartılması sonucu sarılık değeri 7,59'dan 6,69'a düşmekte ve 480 dakikalık ışık muamelesinin ardından b* değeri 12,82'ye düşmektedir.



Şekil 133. Sodyum borhidrür ve sodyum perkarbonat ağartma kademelerinin renk değişimine etkisi

Benzer durum Şekil 134'te iki kademeli olarak uygulanan sodyum perkarbonat-formamidin sülfünik asit ağartma kademesi sonucunda da görülmektedir. Sodyum borhidrür ağartma kademesiyle daha iyi sonuçlar elde edilmiş olsa da maliyet açısından karşılaştırıldığında ağartma işlemi için sodyum bor hidrürün kullanılması oldukça zordur.



Şekil 134. Formamidin sülfünik asit ve sodyum perkarbonat ağartma kademelerinin renk değişimine etkisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, atık gazete ve magazin kağıtlarının geri dönüşümünde hamurlaştırma, yüzdürme ve ağartma kademeleri sırasında kullanılan bazı kimyasalların etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında en düşük lif kaybı ile en yüksek parlaklık ve mürekkep uzaklaştırma etkinliğini elde etmek amaçlanmış olup, bu amaç doğrultusunda çalışma üç bölüm halinde kurgulanmıştır. İlk bölümde, mürekkep uzaklaştırma işlemi açısından kritik önem taşıyan kalsiyum klorür, yağ asidi sabunu ve sodyum dodesil sülfat miktarlarının, yüzdürme işlemi sonrası hamur verimi, mürekkep uzaklaştırma etkinliği, parlaklık ve renk değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır. İkinci bölümde, hamurlaştırma işlemi sırasında ortama ilave edilen alkalinin etkileri ve alkalinin yol açtığı hamurdaki kararırma etkisini dengelemek için ilave edilen hidrojen peroksit, sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın, hamur verimi, mürekkep uzaklaştırma etkinliği, hamurun parlaklık ve renk değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Son bölümde ise atık kağıt geri dönüşümü ve mürekkep uzaklaştırma işlemi için uygulanan hamurlaştırma ve yüzdürme işlemlerinden sonra kağıt hamurunun ağartılması üzerine çalışılmıştır. Bu amaç için oksidatif özellikteki hidrojen peroksit ve sodyum perkarbonat, indirgeyici özellikteki sodyum ditiyonit, sodyum borhidrür ve formamidin sülfünik asit ağartma kademeleri ile sodyum perkarbonat-sodyum borhidrür ve sodyum perkarbonat-formamidinsülfünik asit kombinasyonlarının, hamurun parlaklık, renk değerleri, renk kararlılığı ve sağlamlık özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın tümünü kapsayacak şekilde varılan sonuçlar üç ana başlık altında aşağıda incelenmiştir.

5.1. Yüzey Aktif Maddelerinin Etkileri

Çalışma kapsamında çeşitli yağ asitlerinin karışımından oluşan ticari ismi Olinor RS-4200 olan sabun ve sodyum dodesil sülfatın, değiştirilen kalsiyum klorür miktarına bağlı olarak verim ve mürekkep uzaklaştırma kabiliyeti üzerine etkileri incelenmiştir.

5.1.1. Yüzey Aktif Maddelerinin Hamur Verimi ve Atık Çamur Miktarına Etkileri

Yüzdürme işlemi sırasında verim kaybında en etkili değişkenin ortamda bulunan kalsiyum iyon konsantrasyonu olduğu tespit edilmiştir. Yüzdürme işlemi için ortama yalnızca 0,001 mol/l CaCl_2 ilave edildiğinde verim değeri %90,81 den % 85,95'e düşerken, 0,002 mol/l CaCl_2 ile %82,95'e ve 0,003 mol/l CaCl_2 ile %80,98'e kadar düşmüştür. Buna bağlı olarak atık çamur miktarı artırılan kalsiyum klorür oranıyla birlikte 2 gramdan sırasıyla 10,16g, 13,54g ve 15,97 grama kadar artış göstermiştir.

Bununla birlikte ortama ilave edilen sabun ve SDS miktarı ile birlikte artan mürekkep uzaklaştırmaya bağlı olarak verim kayıpları meydana gelmiştir. Kalsiyum klorür ilave edilmeden sadece sabun miktarının değiştirilmesi ile verim değeri %1 oranında ilave edilen sabun ile %90,81'den %84,45'e kadar düşmüştür. Kalsiyum klorür ilave edilmeden sadece sodyum dodesil sülfat miktarının değiştirilmesi ile de verim değeri azalış göstermektedir. 0,009g/l oranında ilave edilen sodyum dodesil sülfat ile verim değeri %86,93'e kadar düşmüştür.

İki yüzey aktif maddesi de anyonik karakterde kimyasallar olduğu için etkili olabilmeleri için kalsiyum iyonuna ihtiyaç duymaktadır. Ortama yüzey aktif maddelerinin yanında kalsiyum klorür de ilave edildiğinde artan mürekkep uzaklaştırma etkinliğine bağlı olarak verim değerinin daha da azaldığı belirlenmiştir. 0,001 mol/l CaCl_2 ve %1 sabun ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda verim değeri %82,65'e 0,003 mol/l CaCl_2 ve %1 sabun ile ise % 78,33'e kadar düşmüştür. 0,001 mol/l CaCl_2 ve 0,009g/l SDS kullanıldığında verim değeri %82,78'e, 0,003 mol/l CaCl_2 ve 0,009g/l SDS ile ise %73,82'ye kadar düşmüştür. Elde edilen sonuçlardan sodyum dodesil sülfat kullanımının, sabun kullanımına göre verim üzerine daha fazla olumsuz etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca yüzdürme işlemi sonrası elde edilen süzüntü suyun içerdiği askıda katı madde miktarı değeri de etkili bir yüzdürme işlemi için belirleyici bir parametre olabilmektedir. Etkili bir yüzdürme işleminde yüzdürülen bileşenlerin büyük kısmı yüzeyde oluşan köpüklü çamur tabakasının içerisinde yer almakta ve bu çamur ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Bununla birlikte yüzdürme işlemi çok etkili değil ise serbest hale geçen bazı mürekkep pigmentleri, dolgu maddeleri ve kırıntı lifler, mürekkepli çamur içerisinde yer almayıp, yüzdürme işlemi sonrası uygulanan kesafet artırma işlemi sırasında süzüntü suya geçmektedir. Bu yüzden yüzdürme işleminin etkinliğinin artması ile süzüntü

suyun içerdiği askıda katı madde miktarının azalış göstermesi beklenmektedir. Bu çalışma kapsamında sadece 0,001 mol/l CaCl_2 ve %1 sabun ile askıda katı madde miktarının 3,898 gramdan 1,9 grama düştüğü belirlenmiştir. 0,003 mol/l CaCl_2 ve %1 sabun ile ise askıda katı madde miktarı 1,52 grama kadar düşmüştür. Sabun yerine 0,009g/l SDS kullanıldığında 0,001 mol/l CaCl_2 ile askıda katı madde miktarı yalnızca 2,79 grama düşerken 0,003 mol/l CaCl_2 ile 1,90 grama düşmüştür. Elde edilen bu sonuçlardan sodyum dodesil sülfatın (SDS) sabuna göre daha fazla oranda kalsiyum klorüre ihtiyaç duyduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte 1,90 gram olan askıda katı madde miktarı için sabun kullanıldığında 0,001 mol/l CaCl_2 yeterli iken SDS kullanıldığında bu oran 0,003 mol/l'ye kadar çıkmaktadır.

Daha önceden de belirtildiği gibi etkili bir mürekkep uzaklaştırma işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli şey en az lif kaybı ile en yüksek mürekkep uzaklaştırma derecesinin elde edilmesi gerekliliğidir. Bu yüzden oluşan lif kayıpları ve mürekkep uzaklaştırma derecesinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden mürekkep uzaklaştırma etkinliğini belirten, hamur parlaklığı, IE_{950} (mürekkep uzaklaştırma etkinliği), ERIC (efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu), hamurun ve atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı değerleri oldukça önem taşımaktadır.

5.1.2. Yüzey Aktif Maddelerinin Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği Üzerine Etkisi

İrdelemeler başlığı altında ayrıntılı olarak incelendiği gibi hamurun renk özelliklerini etkileyen alkali miktarı ve ağartıcı oranı sabit alındığında, mürekkep uzaklaştırma derecesinin artması ile birlikte hamur parlaklığının ve sarılık değerinin artması beklenmektedir. Tez çalışması kapsamında kalsiyum klorür oranına bağlı olarak artırılan sabun ve SDS ile birlikte daha fazla oranda mürekkep uzaklaştırıldığı için ISO parlaklığı ve CIE b*değerinin arttığı tespit edilmiştir. 0,001 mol/l CaCl_2 ve %1 sabun ile hamur parlaklığı %48,57'den %53,18'e çıkmıştır. Aynı miktardaki kalsiyum klorür miktarı ve 0,009 g/l SDS ile birlikte ise ISO parlaklığı %52,44'e kadar ancak çıkabilmiştir. Kalsiyum klorür miktarının 0,003 mol/l'ye çıkarılması ile %1 sabun ile ISO parlaklığı %54,13'e 0,009 g/l SDS ile %52,67'ye çıkmıştır. ISO parlaklığı sonuçlarına göre yağ asidi sabununun mürekkep uzaklaştırma işleminde sodyum dodesil sülfata göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte mürekkep giderme etkinliğini belirlemede

kullanılan IE_{950} ve ERIC değerlerinin sonuçları mürekkep uzaklaştırma etkinliği açısından çok daha doğru sonuçlar vermektedir. 0,001 mol/l $CaCl_2$ ve %1 sabun ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği olan IE_{950} değeri %28,27'den %71,18'e çıkmıştır. Aynı miktardaki kalsiyum klorür miktarı ve 0,009 g/l SDS ile birlikte ise mürekkep uzaklaştırma etkinliği ancak %55,33'e kadar çıkabilmiştir. Kalsiyum klorür miktarının 0,003 mol/l'ye çıkarılması ile %1 sabun ile mürekkep uzaklaştırma etkinliği %71,76'ya 0,009 g/l SDS ile %64,24'ye çıkmıştır. Hamur içerisindeki efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu ise 0,003 mol/l $CaCl_2$ ve %1 sabun ile 121,9 ppm'e, aynı miktardaki kalsiyum klorür ve 0,009 g/l SDS ile 154,4 ppm'e düşmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre mürekkep uzaklaştırma işlemi açısından yağ asidi sabunun, sodyum dodesil sülfata göre çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ayrıca sodyum dodesil sülfatın kalsiyum klorüre çok daha bağımlı olduğu tespit edilmiştir. Sodyum dodesil sülfat ile en fazla mürekkep, 0,003 mol/l $CaCl_2$ ile uzaklaştırılırken, sabun ile 0,001 mol/l $CaCl_2$ yeterli olmaktadır.

Lif kayıpları ve mürekkep uzaklaştırma etkinliğinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda da sabun kullanımının, sodyum dodesil sülfata göre avantajlı olduğu tespit edilmiştir. 0,001 mol/l $CaCl_2$ ve %1 yağ asidi sabunu ile yalnızca %10,8 lik lif kaybı meydana gelirken, hamur içerisinde kalan efektif mürekkep konsantrasyonu 124,4ppm'e kadar düşürülmüştür. Bununla birlikte aynı miktardaki kalsiyum klorür miktarı ve 0,009 g/l lik sodyum dodesil sülfat ile hamur içerisinde kalan efektif mürekkep konsantrasyonu %10,3'lük lif kaybı ile ancak 193ppm'e kadar düşürülebilmıştır. Bu sonuçlardan sodyum dodesil sülfat kullanıldığında 0,001 mol/l $CaCl_2$ 'ün yeterli olmadığı kalsiyum klorür miktarının artırılması gerekliliği tespit edilmiştir. Kalsiyum klorür miktarı 0,003 mol/l'ye çıkarıldığında 0,009g/l SDS ile efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu 154,4 ppm'e düşürülmüş olsa da, lif kaybı da %17,9'a kadar çıkmıştır. Aynı miktardaki kalsiyum klorür ve %1'lik sabun kullanıldığında ise hamur içerisindeki kalıntı mürekkep konsantrasyonu 121,9ppm'e düşürülmüş ve lif kaybı %14 kadar olmuştur.

Elde edilen bu sonuçlardan yağ asidi sabununun, sodyum dodesil sülfata göre daha seçici bir yüzdürmeye olanak sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca etkili bir yüzdürme işlemi için %1 sabun ve 0,001 mol/l kalsiyum klorür oranının yeterli olduğu belirlenmiştir.

5.2. Hamurlaştırma İşlemi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Etkileri

Bilindiği gibi etkili bir hamurlaştırma ve yüzdürme işlemi için alkali ortam gerekmektedir. Bu amaçla hamurlaştırıcıya genellikle sodyum hidroksit ilave edilmekte olup sodyum hidroksitin, olumlu görevlerinin yanında hamurun rengini koyulaştırması gibi istenmeyen bir özelliği de bulunmaktadır. Genellikle alkalinin yol açtığı bu renk koyulaşmasını dengelemek için hamurlaştırma işlemi sırasında ortama ağartıcı özellikteki kimyasallar ilave edilmektedir. Bu kimyasalların en yaygın olarak kullanılanı hidrojen peroksit olup tez çalışmasının bu bölümünde, değiştirilen sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak hidrojen peroksit ve alternatif olarak sodyum perborat tetrahidrat ve sodyum perkarbonatın etkileri araştırılmıştır.

5.2.1. Hamurlaştırma İşlemi Sırasında Kullanılan Sodyum Hidroksitin Etkisi

Hamurlaştırma işlemi sırasında kullanılan alkalinin görevi, liflerin şişmesini sağlamak, mürekkebin taşıyıcı tabakasını hidroliz ederek mürekkep pigmentinin serbest hale geçmesini, dolayısı ile daha kolay uzaklaştırabilir hale getirmek ve bir sonraki kademe olan yüzdürme işlemi için gerekli alkali ortamı oluşturmaktır. Çalışma kapsamında hiçbir ağartıcı ilave edilmeden sodyum hidroksitin hamur verimi ve optik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında, artırılan sodyum hidroksit miktarının optimum bir değere kadar mürekkep uzaklaştırma işlemini artırdığı belirlenmiştir. Hamurlaştırıcıya ilave edilen %1 oranındaki sodyum hidroksit ile birlikte mürekkep uzaklaştırma etkinliği %65,65'e çıkmış ve hamur içerisindeki efektif mürekkep konsantrasyonu 148,3 ppm'e düşmüştür.

Bununla birlikte artırılan sodyum hidroksit miktarının hamur parlaklığını azalttığı ve sarılık değeri olan CIE b* değerini artırdığı da tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre parlaklık değeri %1 sodyum hidroksit ile %48,94'ten %48,34'e düşmüştür. CIE b* değeri de 6,86'dan 8,22'ye kadar artmıştır.

Çalışma kapsamında, sodyum hidroksit miktarının artırılmasının aynı zamanda hamur verimi üzerinde de etkili olduğu tespit edilmiştir. Artırılan sodyum hidroksit miktarı ile hamur verimi %75,84'ten %79,87'ye çıkmıştır. Ayrıca artırılan sodyum hidroksit miktarı ile askıda katı madde miktarı da 3,52 gramdan 1,92 grama düşmüştür. Bunun

anlamı yüksek pH düzeyinde ortamın hidrofilyk-hidrofob dengesinin bozulması ve yüzdürme işlemine bundan olumsuz etkilenmesidir.

5.2.2. Hamurlaştırma işlemi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Hamurun Optik zellikleri ve Mürekkep Uzaklaştırma Derecesine Etkisi

Hamurlaştırıcı içerisinde kullanılan ağartıcıların görevi alkaliden kaynaklanan sararma etkisinin dengelenmesi için hamurun rengini açmaktır. Hidrojen peroksit alkali varlığında oldukça etkili olabilen ve çok geniş kullanım alanı bulan bir ağartıcıdır. Gerçekleştirilen alışma kapsamında %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %1 sodyum hidroksit ile ISO parlaklık değeri %48,34'ten %54,10'a kadar çıkmıştır. Bununla birlikte, hamurun sarılık değeri CIE b* ise fazla değişmemiş ama CIE a* değeri +0,08'den -0,81'e düşmüş yani yeşil renk, artış göstermiştir. Bununla birlikte hidrojen peroksitin hamur verimi, mürekkep uzaklaştırma etkinliği, hamurun ve atık çamurun içerdiği inorganik madde içeriğine fazlaca bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %1 oranındaki sodyum hidroksit ile hamur verimi %80,94, askıda katı madde miktarı 2 gram, hamurun içerdiği inorganik madde miktarı 2,08 gram, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı 3,59 gram, mürekkep uzaklaştırma etkinliği %69,12, hamurun içerdiği efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu 133,3 ppm, hamurun sarılık değeri (b*) 8,60 ve a* değeri -0,81 olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında etkileri araştırılan diğer ağartıcılar hidrojen peroksit gibi aktif oksijen kaynağı olan sodyum perborat tetra hidrat ve sodyum perkarbonattır. Bununla birlikte bu ağartıcılar, hidrojen peroksitten farklı olarak molekülünde alkali içermekte ve sodyum hidroksite ihtiyaç duymadan etkili bir ağartma işlemine tek başına gerçekleştirebilmektedir. Ortama alkali ilave edilmeden yalnızca %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ile gerçekleştirilen hamurlaştırma işlemi sonucu hamurun ISO parlaklık değeri %48,98'ten %52,53'e çıkmıştır. Bununla birlikte mürekkep uzaklaştırma işlemi için gerekli olan yeterli pH değeri sağlanamadığı için mürekkep uzaklaştırma etkinliği %59,38 ve ERIC değeri 175,6 ppm değerinde kalmıştır. Hamur verimi ise daha düşük olup %79,89 olarak llmştir. Oysa %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile çok daha yüksek parlaklık, verim ve mürekkep uzaklaştırma değerlerine ulaşılmıştır. % 1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile ISO parlaklık değeri; %55,40, sarılık değeri b* ; 8,09, a* değeri; -0,57, hamur verimi; %83,84, askıda katı madde miktarı; 2,72 gram,

hamurun içerdiği inorganik madde miktarı; 2,03 gram, atık çamurun içerdiği inorganik madde miktarı; 3,57 gram, mürekkep uzaklaştırma etkinliği; %74,34 ve efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu; 110,9 ppm olarak ölçülmüştür. Aynı aktif oksijen miktarına sahip sodyum perkarbonat ile sodyum perborat tetrahidrata göre çok daha yüksek parlaklık değerinin elde edilmesinin sebebi büyük olasılıkla perkarbonatın her sıcaklıkta etkili olmasıdır. Bunun yanında sodyum perborat tetra hidratın etkili olabilmesi için çok daha yüksek sıcaklıklar gerekmektedir(70-80°C). Bilindiği gibi hamurlaştırma ve yüzdürme işlemleri genellikle 45-50°C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Sodyum perkarbonat ile daha yüksek verim ve mürekkep uzaklaştırma derecesinin elde edilmesinin sebebi ise sodyum perkarbonatın hamurlaştırma işlemi ve yüzdürme işlemi için gerekli pH değerini tek başına karşılayabilecek kadar alkali içermesidir.

Çalışma sonucunda yalnızca %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile en az lif kaybı ile en yüksek mürekkep uzaklaştırma derecesi ve parlaklık değeri elde edilmiştir. Bununla birlikte sodyum perkarbonat ile birlikte ortama fazladan alkali ilave edildiğinde gereğinden fazla artan alkalik yüzünden yüzdürme işleminin etkisinin oldukça zayıfladığı ve uzaklaştırılan çamur miktarının 3,02 grama kadar düştüğü tespit edilmiştir. Askıda katı madde miktarının ise ekstra %1 sodyum hidroksit ile 6,45 grama kadar arttığı, hamur içerisindeki inorganik madde miktarının çok fazla değişmeyip 2,33 gram, kalıntı mürekkep konsantrasyonunun ise 168,2 ppm olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, ekstrem alkali koşulların yüzdürme işlemini olumsuz etkilediğini, bununla birlikte mürekkep bileşiminin çok daha fazla disperse olmasına ve bir çeşit yıkama işlemi olan kesafet artırma işlemi ile hamurdan kolayca süzüntü suya geçtiğini belirtmektedir.

Ayrıca irdelemeler başlığı altında üç ağartıcının etkilerinin karşılaştırılabilir olması için aynı aktif oksijen miktarında kullanılmalarının yanı sıra benzer pH koşullarında kullanılmasına da önem gösterilmiştir. pH değerinin yaklaşık 10-10,17 arasında olduğu koşullarda en yüksek verim değeri %83,84 ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile elde edilmiştir. Onu %80,65 ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,25 sodyum hidroksit izlemektedir. En düşük verim değerine ise (%79,1) %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %0,5 sodyum hidroksit ile ulaşılmıştır. pH değeri 10,42-10,48 olduğunda ise en yüksek verim değeri yine %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %0,5 sodyum hidroksit oranı ile ulaşılırken en düşük verim değerine (%80,91) %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %1 sodyum hidroksit miktarı ile ulaşılmıştır.

pH değerinin yaklaşık 10-10,17 arasında olduğu koşullarda en yüksek ISO parlaklık değeri %55,40 ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile elde edilmiştir. Onu %53,04 ile %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %0,5 sodyum hidroksit izlemektedir. En düşük ISO parlaklık değerine ise (%52,34) %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,25 sodyum hidroksit ile ulaşılmıştır. pH değeri 10,42-10,48 olduğunda ise en yüksek ISO parlaklık değeri %55,80 ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %0,50 sodyum hidroksit ile elde edilmiştir. Onu %54,10 ile %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %1 sodyum hidroksit izlemektedir. En düşük ISO parlaklık değerine ise (%52,34) %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,75 sodyum hidroksit ile ulaşılmıştır.

Hamurun içerdiği kalıntı mürekkep konsantrasyonu açısından pH'ın 10-10,17 arasında olduğu koşullarda en düşük sonuçlar 110,9 ppm ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile elde edilmiştir. Onu 145 ppm ile %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %0,5 sodyum hidroksit izlemektedir. En yüksek ERIC değerine ise (149,2 ppm) %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,25 sodyum hidroksit ile ulaşılmıştır. Hamurun içerdiği kalıntı mürekkep konsantrasyonu açısından pH'ın 10,42-10,48 arasında olduğu koşullarda en düşük sonuçlar 128,4 ppm ile %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ve %0,50 sodyum hidroksit ile elde edilmiştir. Onu 133,3 ppm ile %1 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %1 sodyum hidroksit izlemektedir. En yüksek ERIC değerine ise (149,3 ppm) %1 aktif oksijen içeren sodyum perborat tetrahidrat ve %0,25 sodyum hidroksit ile ulaşılmıştır.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde sodyum hidroksit ilavesi olmadan eski gazete ve magazin kağıtlarının mürekkebinin giderilerek geri dönüşümünde %1 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat kullanımının, geleneksel yöntem olan hidrojen peroksit-sodyum hidroksit kullanımına göre hem parlaklık hem de mürekkep uzaklaştırma ve hamur verimi açısından en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

5.3. Son Ağartma Kademesi Sırasında Kullanılan Ağartıcıların Etkileri

Hamurlaştırma ve yüzdürme işlemleri için yapılan çalışmalar sonucunda en az verim kaybı ile en yüksek mürekkep uzaklaştırmanın sağlandığı optimum koşullarda üretilen hamurlar son olarak farklı ağartıcılar ile ağartılmış ve bu ağartıcıların, optik ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır.

5.3.1. Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Optik Özelliklerine Etkisi

Yapılan bu çalışma ile mürekkebi uzaklaştırılmış eski gazete-magazin kağıdı orijinali kağıt hamurlarının ağartılmasında sodyum perkarbonatın, hidrojen peroksit yerine kullanımının daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Önceden de belirtildiği gibi sodyum perkarbonat suda çözüldüğünde iki birim hidrojen peroksit ve üç birim sodyum karbonat veren hem alkali hem de oksitleyici karakterdeki etkili bir ağartıcıdır. %2 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile gerçekleştirilen ağartma sırasında ölçülen pH değeri 10,47 olup ağartma işlemi sonucunda hamur parlaklığı 60 dakikalık işlem süresinde %54,63'ten %61,57'ye kadar çıkmaktadır. %2 aktif oksijen içeren hidrojen peroksit ve %2,1 oranında ilave edilen sodyum hidroksit ile ağartma işlemi sırasında ölçülen pH değeri 10,88 olup, 60 dakikalık ağartma işlemi sonrası elde edilen parlaklık değeri %60,81 olarak ölçülmüştür. Aynı aktif oksijen miktarında kullanılmalarına rağmen sodyum perkarbonatın daha yüksek parlaklık değeri vermesinin nedeni sodyum perkarbonatın, hidrojen peroksit göre ağartma işlemi sırasında daha etkili bir şekilde tüketilmesidir. 60 dakikalık işlem süresince sodyum perkarbonat kullanıldığında ortamdaki peroksitin %70'i tüketilirken, aynı sürede hidrojen peroksit kullanıldığında tüketim değeri %50'yi geçememiştir. Bununla birlikte işlem süresi 120 dakikaya çıkarıldığında peroksit tüketimi hidrojen peroksit ile %60'a yaklaşmıştır. Elde edilen bu sonuçlardan çok daha kısa işlem süresinde sodyum perkarbonat ile etkili bir ağartma işleminin gerçekleştirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. %2 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ağartmasıyla hamurun beyazlık değeri: 31,91, sarılık değeri (b*):7,59, yeşil renk değeri (a*): -1,64 olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında indirgeyici özellikteki sodyum ditiyonit, formamidin sülfünik asit ve sodyum borhidrürün eski gazete-magazin kağıdı orijinali kağıt hamurlarının ağartılmasına etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda en yüksek parlaklık değerine %2 oranında kullanılan formamidin sülfünik asit ile ulaşılmıştır. Onu %2 sodyum borhidrür ve %2 sodyum ditiyonit izlemiştir. Elde edilen parlaklık değerleri sırasıyla; %60,93, %59,74 ve %58,26'dır. Bununla birlikte hamurun renk değerlerinden olan CIE beyazlık indeksi, sarı rengi belirten CIE (+)b* ve yeşil rengi belirten CIE (-)a* değerleri karşılaştırıldığında sıralama değişmektedir. En yüksek beyazlık değeri %2 sodyum borhidrür ile elde edilmiştir. Onu %2 formamidin sülfünik asit ve %2 sodyum ditiyonit izlemiştir. Elde edilen beyazlık indeksi değerleri sırasıyla; 31,26, 30,97 ve 23,38 olarak tespit edilmiştir. Sarılık değeri "b*" uygulanan redüktif ağartma işlemi ile azalış

göstermektedir. Uygulanan ağartma işlemleri sonucu en düşük sarılık değeri %2 oranında kullanılan sodyum borhidrür ile elde edilmiştir. Onu formamidin sülfünik asit ve sodyum ditiyonit izlemiştir. Sarılık değerleri (b^*) sırasıyla; 6,92, 7,28 ve 8,67 olarak ölçülmüştür. Kağıt hamurunun içerdiği yeşilimsi renkte (a^*) uygulanan redüktif ağartma ile azalma görülmüştür. Yeşil rengin kırılması açısından da en etkili ağartıcının %2 oranında uygulanan sodyum borhidrür olduğu onu %2 formamidin sülfünik asit ve sodyum ditiyonitin izlediği tespit edilmiştir. Yeşilimsi renk (a^*) sırasıyla; -0,54, -1,25 ve -1,32 olarak ölçülmüştür. Elde edilen tüm bulgular en etkili renk kırıcı ağartıcının sodyum borhidrür olduğunu göstermektedir. Bu sıralamanın oluşmasında etkili olan faktör aslında bu kimyasalların indirgeme kabiliyetleridir. Bununla birlikte sodyum borhidrür ile en etkili sonuçlar elde edilmiş olsa da ticari olarak kullanılması, maliyetinden dolayı oldukça zordur.

Tez çalışmasının son bölümü olan ağartma kademesinde ayrıca daha yüksek parlaklık ve beyazlık değerlerine ulaşabilmek için iki kademeli ağartma dizinleri oluşturulmuş ve bu dizinlerin optik özellikler üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. %2 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile ağartılan hamurlar, ikinci kademe olarak %1 ve %2 oranlarında kullanılan formamidin sülfünik asit ve sodyum borhidrür ile ağartılmıştır. Oksidatif özellikteki ağartma kademesinin ardından uygulanan indirgeyici özellikteki ağartma kademesinin hamurun ISO parlaklık değerinde çok fazla etki göstermediği tespit edilmiştir. Parlaklık değeri %2 aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ağartmasından sonra uygulanan %2 lik formamidin sülfünik asit ağartması ile, %61,57'den %62,34'e 1 birim kadar artmıştır. %2 lik sodyum borhidrür ağartması ile ise ISO parlaklık değeri %61,33'e gerilemiştir.

Bununla birlikte ISO parlaklık değerinden ziyade, beyazlık, sarılık ve diğer renk değerleri incelendiğinde ikinci kademe uygulanan indirgeyici özellikteki ağartma kademesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Zaten indirgeyici özellikteki ağartıcıların görevi hamur parlaklığını artırmaktan çok kromoforik yapıların yol açtığı renkleri kırmaktır. Hamurun beyazlık değerleri incelendiğinde ikinci kademe olarak uygulanan %2 lik formamidin sülfünik asit ile beyazlık değeri 31,91 den 36,25'e çıkmıştır. %2'lik sodyum borhidrür ile ise 35,53'e çıkmıştır. Sarılık değerlerinde de %2 oranında uygulanan formamidin sülfünik asit ağartması ile b^* değeri 7,59'dan 6,84'e düşmüştür. %2 sodyum borhidrür ile 6,69'a düşmüştür. Hamurun içerdiği yeşil renkte de benzer değişim gözlenmiştir.

5.3.2. Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Fiziksel Sağlık Özelliklerine Etkisi

Yüzdürme işlemi sonrası uygulanan ağartma kademeleri ile hamurun tüm sağlık özelliklerinde düşüş gözlenmiştir. Patlama ve kopma indisi açısından en az kayıp sodyum borhidrür ağartma kademesi ve sodyum bor hidrürün ikinci kademedeki kullanıldığı ağartma dizinlerinde gerçekleşmiştir. Patlama indisi; %2 sodyum borhidrür ağartma kademesi ile 1,24'ten 1,18 kPa.m²/g'a, kopma indisi; 31,12'den 29,17 N.m/g'a düşmüştür. En yüksek kayıplar ise sodyum hidroksitin kullanıldığı formamidin sülfünik asit ağartma kademeleri ile edilmiştir. %2 FAS ile patlama indisi; 0,94 kPa.m²/g'a kopma indisi; 25,81 N.m/g'a kadar düşmüştür. Yırtılma indisi açısından en yüksek sağlık kayıpları ise iki kademeli ağartma dizinleri sonucu elde edilmiştir. Yırtılma indisi %2 AO sodyum perkarbonat ve %2 sodyum borhidrür ağartma kademesi ile 10,58 mN.m²/g'dan 7,03 mN.m²/g'a kadar gerilemiştir.

5.3.3. Oksidatif ve İndirgeyici Özellikteki Ağartıcıların Hamurun Renk Kararlılığına Etkisi

Bilindiği gibi odunun tüm bileşenlerini yani selüloz dışında lignin ve diğer bileşenleri de içeren mekanik hamur bazlı kağıtlar gün ışığında renklerini koruyamamakta ve sararmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında mürekkebi giderilmiş hamur ve ağartılmış hamurların test kağıtları, gün ışığını temsil edebilecek şekilde kısa dalga ışık yayan UV lambaları ile belirli periyotlarda yaşlandırılmış ve elde edilen kağıtların optik özellikleri araştırılmıştır. Yaşlandırma işlemi sonucunda bütün hamurlar renk değerlerini koruyamamış ve renk değerlerinde kayıplar görülmüştür. Bilindiği gibi indirgenme reaksiyonları tersinir reaksiyonlar olup ışık şiddetine bağlı olarak ortamdaki oksijen ile hamurlar tekrar okistlenebilmektedir. Yapılan çalışmada ağartılan hamurların renk kayıplarının ağartılmayan hamurlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ağartıcılar arasında en az renk kayıpları sodyum borhidrür ağartması ardından elde edilmiştir. 480 dakikalık reaksiyon süresinin ardından kontrol hamurunun Iso parlaklık kaybı %10,64 olmuştur. %2 sodyum borhidrür ağartması ile parlaklık kaybı 12,43 birim olup parlaklık değeri %59,74'ten %47,31'e düşmüştür. %2 formamidin sülfünik asit ağartması sonucunda ise 480 dakikalık yaşlandırma ile parlaklık kaybı 13,97 birim olup ISO parlaklık değeri, %60,93'ten %46,96'ya düşmüştür. Sarı renk artışı açısından ise

kontrol hamurunun b^* değeri, 8,30'dan 14,48'e 6,18 birim artmıştır. %2'lik sodyum borhidrür ağartması ile sarılık değeri b^* , 6,92'den 13,44'e 6,52 birim artmıştır. %2'lik formamidin sülfünik asit ağartması ardından uygulanan 480 dakikalık ışık yaşlandırması sonucu hamurun sarılık değeri b^* , 7,28'den 14,04'e 6,78 birim artmıştır.

Ayrıca iki kademeli ağartma uygulamasıyla oksidatif özellikteki ağartma kademesinin ardından uygulanan indirgeyici özellikteki kademenin renk değişimini geciktirdiği tespit edilmiştir. %2 oranında aktif oksijen içeren sodyum perkarbonat ile ağartılan hamurların parlaklık değerleri 480 dakikalık ışık muamelesi ile %61,57'den %47,96'ya 13,61 birim düşmüştür. Bununla birlikte bu ağartma kademesinin ardından hamur %2 sodyum borhidrür ile ağartılıp 480 dakika ışık ile muamele edildiğinde ISO parlaklık değerinin %61,33'ten %49,26'ya yalnızca 12,07 birim kadar düştüğü tespit edilmiştir. Sarılık rengi açısından da sodyum borhidrürün bu etkisi araştırılmış ve %2 lik sodyum perkarbonat ağartması sonucu elde edilen hamurun sarılık rengi b^* nin 480 dakikalık ışın muamelesi ile 7,59'dan 14,06'ya 6,47 birim çıktığı bunla birlikte ardından ikinci kademe olarak %2'lik sodyum borhidrür ağartma kademesi uygulandığında sarılık değerinin ışın muamelesinin ardından 6,69'dan 12,82'ye yalnızca 6,13 birim çıktığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak 480 dakikalık ışık yaşlandırması sonucunda en az renk değişimi, iki kademeli uygulanan sodyum perkarbonat - sodyum borhidrür ağartma diziniyle elde edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Atık kağıtların mürekkebinin uzaklaştırılarak geri dönüşümünde hamurlaştırıcıya ve yüzdürme hücreğine ilave edilen kimyasalların oldukça önemli etkileri bulunmaktadır. Bu kimyasalların oranları çok hassas olarak tespit edilmelidir. Çünkü optimum seviyeye kadar olumlu etkisi olan bir kimyasal optimum seviye aşıldığında çok fazla olumsuz etkiye neden olabilmektedir. Yüzdürme işleminde yüzey aktif maddeleri ve kalsiyum etkileşimi oldukça önemli olup iki kimyasal arasında çok hassas bir denge bulunmaktadır. Ortamdaki kalsiyum iyon konsantrasyonunun çok fazla olması lif kayıplarını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu yüzden yapılacak çalışmalarda proses suyunun içerdiği kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu tespit edilmeli ve kalsiyum klorür oranı bu değerlere göre ortama ilave edilmelidir.

Laboratuvar ölçeğinde çalışılacaksa deneylerin hiçbir iyon içermeyen deiyonize su ile gerçekleştirilmesi, ortama ilave edilen kimyasalların etkisinin daha hassas belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca endüstriyel ölçekte uygulanacak yüzdürme işlemi sırasında süzüntü sudan alınan örneklerin yük oranları ve zeta potansiyellerinin belirlenmesi optimum şartların oluşturulmasında oldukça etkili olabilir. Çünkü etkili bir yüzdürme işlemi çok hassas yük dengesinin sağlandığı şartlar altında gerçekleşmektedir. Ortama ilave edilen Ca^{++} ile alkaliden kaynaklanan negatif yük belli bir denge içerisinde olmak zorundadır. Ortamda eğer gereğinden fazla alkali mevcut ise yüzdürme işlemi gerçekleştirilememektedir. Bununla birlikte gereğinden fazla Ca^{++} iyonu varsa lif kayıpları oldukça artmaktadır.

Yüzey aktif maddesi olarak anyonik ve katyonik yüzey aktif maddelerinin yanı sıra kalsiyum iyonuna bağımlı olmayan noniyonik yüzey aktif maddeler ile ilgili çalışmalara önem verilmelidir. Bilindiği gibi ortamdaki fazla kalsiyum iyonu ileride kağıt makinesinde sorunlara da yol açabilmektedir.

Hamurlaştırma işlemi sırasında alkali kaynağı olarak kullanılan sodyum hidroksitin alternatiflerinin etkileri araştırılmalıdır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında sodyum perkarbonatın oldukça etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Sodyum hidroksit yerine daha ılımlı bir alkali olan sodyum karbonat ve hidrojen peroksitin kombine etkisi üzerinde çalışılabilir. Böylece işlem maliyetlerinin azaltılması mümkün olabilir.

Sodyum perkaronat kullanımı ile parlaklık değerinin yanında mrekkebinde liflerden daha etkili bir Şekilde söküldüğü ve disperse olduğu dolayısı ile mürekkep uzaklaştırma işlemine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sodyum perkarbonat kullanımının yüzdürme işleminin yanı sıra yıkama ile mürekkep uzaklaştırma iŐlemindeki etkileri de araştırılmalıdır.

Uygulanan son ağartma kademesi ile parlaklık değerlerini oldukça yukarılara çıkarmak mümkündür. Bununla birlikte hammadde olarak gazete kağıdı kullanıldığında elde edilen renklerin ışık altında zamana bağlı olarak renk kararlılığı tüm mekanik hamurlarda olduğu gibi oldukça düşüktür. Yapılacak sonraki çalışmalarda renk kararlılığını artırmak için çeşitli UV koruyucu özellikteki kimyasal maddelerin etkileri de araŐtırılabilir.

Ayrıca mürekkep uzaklaştırma işlemi açısından farklı prosesler ile geleneksel yöntemlerin hibrit olarak kullanıldığı çalışmalara öncelik tanınmalıdır. Özellikle ultrasonik yöntemler ile yıkama ve yüzdürme ile mürekkep giderme işlemlerinin etkinliği oldukça yukarılara çıkarılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abadie-Muamert, F.A. ve Loras V., 1977. Comparison of the reduction of brightness and the modification of the colour of mechanical pulps during accelerated induced aging and natural aging. Revue A.T.I.P 31,9,334
- Ali T, McLellan F, Adiwinata J. ve May, M., 1991. Functional and Performance Characteristics of Soluble Silicates in Deinking: Part 1 Alkaline Deinking Of Newsprint/Magazine CPPA Recycling Forum Montreal
- Ali,T., McArthur, D., Stott, D., Fairbank, M. ve Whitling, P., 1986. The Role of Silicate in Peroxide Bleaching of Mechanical Pulp. 1. The Effects of Alkalinity, pH, Pre-Treatment with Chelating Agent and Consistency', J. Pulp and Paper Science 12,6,166.
- Andrady, A.L., Parthasarthy, V., Song, Y., Fueki, K. ve Torikai A., 1991, Photoyellowing of Mechanical Pulps I. Wavelength sensitivity to light-induced yellowing by monochromatic radiation, Tappi Journal, 74,8,162 - 168
- Andrady, A.L., Song, Y., Parthasaraty, V.R., Fueki K., ve Torikai A., 1991. Photoyellowing of Mechanical Pulp part1: Examining the wavelength sensitivity of light-induced yellowing using monochromatic radiation Tappi Journal August,74,168
- Andrews, D.H. and Singh, R.P., 1979. The Bleaching of Pulp, Tappi pres Atlanta, 211
- Anon 1999. Safety data sheet for DegaFAS AS-Formamidin sulfonic acid 93/112/EC
- ASTM D1925-70,1988, Test Method for Yellowness Index of Plastics, American Society for Testing and Materials
- B. R. Read, 1991. The Chemistry of Flotation Deinking, Tappi Proceedings, 1991 Pulping Conference, 851-856.
- Bechstein, G. ve Unger, E., 1972, Performance of Collectors (Flotation Agents) in the Deinking-Flotation Process, Zelits.Pap., Leipzig, 21,10,1297
- Bilici, M.S.U., 2004. Sodyum Borhidrür Üretim Yöntemleri II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskişehir, Bildiriler Kitabı 1:119-127
- Borchardt, J.K., 1999. An Introduction to Deinking Chemistry, In: Papaer Recycling Challenge-Deinking and Bleaching, 18-30
- Carleton, J.R., 2004, The Effect of Electrohydraulic Discharge on Flotation Deinking Efficiency, Thesis, School of Chemical and Biomolecular Engineering Georgia Institute of Technology
- Cleveland, F.C. 1993. Pulping of Secondary Fibre. In: Secondary Fibre Recycling, Edited by Spangenberg. Tappi Press, Atlanta, 91-100

- Colodette, J. L., Rothenberg, S. ve Dence, C. W., 1989. Factors Affecting Hydrogen Peroxide Stability in the Brightening of Mechanical and Chemi-Mechanical Pulps. Part III: Hydrogen Peroxide Stability in the Presence of Magnesium and Combinations of Stabilizers, The Journal of Pulp and Paper Science: 15, 2
- Costa, C.A. ve Rubio, J., 2004. Deinking Flotation: Influence of Calcium Soap and Surface-active Substances, Mineral Engineering 18,59-64
- Crow, D.R. ve Secor, R.F., 2000. The Ten Steps of Deinking in Recycling Paper from Fibre to Finished Product, 273-280
- Daneault C. ve Leduc C.L., 1995 Bleaching Efficiency of Formamidin Sulfinic Acid (FAS) in Comparison to Hydrosulfite, Borohyride and Peroxide in One and Two Stages, Tappi Journal. 78,7
- Diesen, M., 1998. Economics of the Pulp and Paper Industry in Papermaking Science and Technology Series Book 1, Finnish Paper Engineers Association and Tappi, Helsinki
- Eroğlu, H. ve Usta. M. 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders Kitabı Cilt I, Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı
- Ersoy Kalyoncu, E., Kırcı, H. ve Pesman, E., 2009. Okaliptus Kraft Hamurlarının Ağartılmasında Sodyum Borhidrürün Kullanılabilirliğinin Arştırılması, IV. Uluslar arası Bor Sempozyumu, Ekim, Eskişehir, Bildiriler Kitabı 1:111-121
- Estes, T.K. ve Spankgenberg, R.J. 1993. Flowsheet Considerations in Secondary Fibre Recycling, edit by Spankgenberg, R.J. Tappi Press, Atlanta
- Fallows, J.D., 1995. Pulper and Pulper Screens. In Deinking Short Course, Atlanta, Tappi Press, pp 39-72
- Faostat Statistical Data, Food and Agriculture Organization of the United Nations, URL: <http://faostat.fao.org/> 10.05.2010
- Ferguson, L. D., 1991. The role of pulper chemistryin deinking, Tappi Pulping Conference Proceedings, Tappi Press ,Atlanta, 793.
- Ferguson, L.D., 1992_a. Deinking Chemistry: Part 1. Tappi Journal, 75,7,75-81
- Ferguson, L.D., 1992_b. Deinking Chemistry: Part 2. Tappi Journal, 75,8,49-57
- Fischer, S., 1982. Modellvorstellungen für die physikalisch-chemischen Vorgänge in ... Prozess", Wochenblatt für Papier-fabrikation, 110,15,542-544
- Forester W.K. 1987. De-inking of UV-cured Inks Tappi Journal. 70,5,127-130
- Gurnagul, N., 1995. Sodium Hydroxide Addition During Recycling: Effects on Fiber Swelling and Sheet Strenght, Tappi Journal, 78,12

- Haynes, R.D., 1997. Evaluation of Deinking Chemicals Based on Ink Removal and Water Quality Using Lock Cycle Testing. Eka Chemicals, Inc., Recycled Fiber Chemicals Division: Marietta, GA.
- Heinbockel, W., 1979. The Twin-pulp System, Esher-Wyss Seminar, Constance
- Hietanen, T., Tamper, J. ve Manner, H., 2007. Alternative Alkalis in Peroxide Bleaching of Mechanical Pulp, International Mechanical Pulping Conference, Mayıs, Mineapolis, 381-384
- Holik, H., 2000. Unit operation and Equipment in Recycled Fibre Processing in Recycled Fibre and Deinking Edit by Göttsching, L., Fapet Oy PUBLISHING, Helsinki, 91-205
- Hornfeck, K., 1982, Flotation Aids and their Effect on the Deinking Process, Wochenblatt Papierfabrikation 110,15, 542-544.
- Hutson, J.K., 1995. Manufacture of Newsprint Using Recycled Fibres in Technology of Paper Recycling edit by McKinney, R.W.J., Blackie Academic & Professional
- INGEDE Test Method 1., 2007. Test Sheet Preparation from Deinked Pulp for Measurement of Optical Characteristics, International Association of the Deinking Industry
- INGEDE Test Method 2., 2007. Measurement of Optical Characteristics of Pulp and Filtrates From Deinking Process, International Association of the Deinking Industry
- ISO/CD 5631, 1997. Paper and Board Determination of Colour (C/2°) Diffuse Reflectance Method
- ISO/DIS 11476, 1997.Paper and Board Determination of CIE Whiteness (C/2°) in indoor Illumination Conditions.
- ISO/DIS 2470, 1997. Paper, Board and Pulps-measurement of Diffuse Blue Reflectance Factor (ISO Brightness)
- ISO/DIS 5269-2, 1997. Standart, Preparation of Laboratory Sheets for Physical Testing-Part-2: Rapid Köthen Method.
- ISO/DIS 536, 1993. Paper and Board -Determination of Grammage
- İmamoğlu, S., 2002. Atık Kağıt Hamurlarının Formamaidin Sülfirik Asit (FAS) ile Ağartılması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- İstek, A., Eroğlu., H., Ozkan, I., ve Gülsoy, S.K., 2005. The Effects of Sodium borhydride (NaBH₄) on Kraft Pulp Yield, Workshop, Novel Technologies in Pulp and Paper Industry, First International Workshop, Kahramanmaraş.

- Körkkö, M., Laitinen, O., Vahlroos, S., Ämmälä, A. ve Niinimäki, J., 2008. Effects of Mineral Fillers and Pigments on Residual Ink Measurement PTS – CTP Deinking Symposium, Papiertechnische Akademie PTS – PTA
- Larson, N., 1999. Newspaper Flexo: Gaining Ground and Winning Converts. FLEXO Magazine, December
- Larsson, A., Stenius, P. ve Odberg, L., 1984_a. Surface Chemistry in Flotation De-inking Part I: The Flotability of Model Ink Particles, Svensk Papperstidning 18, 158-64
- Larsson, A., Stenius, P. ve Odberg, L., 1984_b. Surface Chemistry in Flotation De-inking. Part 2. The Importance of Ink Particle Size, Svensk Papperstidning 87,18
- Lassus, A., 2000. Deinking Chemistry, In Recycled Fiber and Deinking. ed. Götsching, L. ve Pakarinen, H., Book. 7, Fapet Oy: Helsinki, Finland.
- Leary G., Wong, D. ve Giampaolo, D., 1997. The Bleaching of Mechanical Pulp with Oxygen and a Borohydride Holzforchung , 51, 445-451
- Leduc, C., Garceau, M., Daneault, C. ve Robert, S., 2002. Bleaching of a mechanical pulp with sodium percarbonate and amineborane - bleaching response and brightness stability, Journal of Pulp and Paper Science, 28,5
- Lee, C.L., J.V. Hatton, R.M. Berry, H.L. Hu ve D.C. Frost, 1993 An X-ray Photoelectron Study of the Reaction of Metal Ions with Borohydride Under Reductive Bleaching Conditions Tappi Journal , 76, 2
- Levlin, J. E. ve Soderhjelm, L., 1999. Pulp and Paper Testing, Helsinki, Finland : Fapet Oy, 138-159.
- Lindholm C.A., 1999. Bleaching in Mechanical Pulping Edit Sundholm J. Fapet Oy Helsinki, Finland
- Loras, V., 1980. Bleaching in Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology third edit by James P. Casey, Willey Interscience John Willey and Sons
- Mahagaonkar, M., Stack, K. ve Dunn, L., 1995. Impact of Deinking on the Properties of Recycled Fibre Using Different Alkali Sources, Papermakers Conference Proceedings, Atlanta
- Mahagonkar, S.M., Stack, K.R., ve Banham, P.W. 1998. The Effects of Coated Magazines on Deinking of Newsprint after Pulping and Flotation, Tappi Journal, 81,12,101-110
- Marchildon, L., Lapointe, M., Bonnelly, B., 1991. The effect of double bonds present on the deinking efficiency of xerographic, 77th Annual meeting of CPPA, A89
- McCool, M.A., 1993. Flotation Deinking in Secondary Fibre Recycling edited by Spankgenberg, R.J. Tappi Pres, Atlanta

- McKinney, R.W.J., 1995. Wastepaper Preparation and Contaminant Removal in Technology of Paper Recycling edit by McKinney, R.W.J., Blackie Academic & Professional Publ.
- Morel, P.L., 1989. Secondary Fibre for Newsprint. Proceedings of Tappi Pulping Conference, Tappi Pres, Atlanta, 367-372
- Oliveira, A.P. ve Torem, M.L., 1996. The influence of some Metallic Cations on Deinking Flotation. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 110, 75-85.
- Ortner, H., 1981, Tappi Monograph on Recycling, 3rd edn, Cheapter on Flotataion Deinking, Tappi Press, Atlanta
- Ortner, H., Wood, R. F. ve Gartemann, H. 1975, "Deinking--Stand Entwicklung" (Deinking--status and development) published, Wochenblatt fuer Papierfabrikation, 16,597-601
- 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, 277-288
- Pan G., X., Vichnevsky, S., ve. Leary, G.J., 2000. Comparison of Sodium Carbonate and Sodium Hydroxide as Alkali Sources in the Alkaline Peroxide Mechanical Pulping of Wheat Straw Tappi Journal, 83,5
- Patt R, Gehr, V., Matzke,W. ve Kordsachia, O., 1996. New Approaches in Bleaching of Recycled Fibers, Tappi Journal ,79,12
- Patt, R.,1993. Bleaching and Upgrading of Secondary Fibers by Chlorine Free Chemicals 25. EUCEPA Pulp and Paper Conference Proceedings, Vienna, pp.305-312
- Pednault C. Pellerin C. ve Robert S., 1999. Amine Boranes as New Reductive Bleaching Chemicals on Softwood Pulp Single Stage and Multistage Process Tappi Journal, 82,2,110-114
- Peşman E., Kırıcı H, Kalyoncu E. E., 2006. Bleaching of Stone Ground Wood with Sodium Perborate III. International Boron Symposium, November, 75-79
- Peşman, E., İmamoğlu, S. ve Kırıcı, H., 2010, Atık Kağıtların Yeniden Değerlendirilmesinde Mürekkep Giderme Etkinliğini Ölçmek İçin Kullanılan Yöntemler ve Bu Yöntemlerin Karşılaştırılması, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Cilt V: 1934-1942
- Pettit P.,1992. Post Bleaching of Deinked Pulp for Newsprint Production, Appita Journal, 45, 6, 385.
- Putz, H.J., 2006. Recovered Paper and Recyled Fibres in Handbook of Pulp edit by Sixta, H., Willey-VCH

- Putz, H.J., Ackermann, C. ve Göttshing, L., 1995, Bleaching of wood containing DIP with Alternative Chemicals – Possibilities and Limitations, Wastepaper 95 fourth International Wastepaper Technology Conference
- Read, B. R., 1986. Deinking Chemical and Their Effects Symp. Pap. Inst. Chem. Eng. North West Branch. 7.1-7.16
- Renders, A., 1995. Recycled Fibre Bleaching. In: Technology of Paper Recycling, edit by McKinney, R.W.J., Blackie Academic & Professional Publ.
- Riviello Jr., A.E., Scamehorn, J.F. ve Sherril D., 2001. Christian mechanisms of collector Chemsitry in Flotation Deinking: Importance of Surfactant Adsorbtion on Ink Tappi peer-reviewed paper/solution for people, Process and Paper, 84,10
- Scheldorf, J.M. ve B.C., 1996. Strand, Simulation of Ink Removal at a Newsprint Deinking Facility. Tappi Journal, 79,12
- Schwinger, K. ve Dobias, B., 1991. The Influence of Calcium Ions on the Loss of Fibre in the Flotation Deinking Process, in CPPA Recycling Forum, Technical Section, Canadian pulp and paper Association Montreal Quebec
- Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı Yıllık Raporları 2000-2009 Kağıt Karton Üretim ve Tüketim değerleri.
- Sharpe P.E. ve Rangamannar G., 1997. Stretching the Fiber Supply with Improved Bleaching Technology” TAPPI Pulping Conference Proceedings, San Francisco, 1163
- Shen, J., Abubakr, S. ve Springer. A.M., 1995. The Influence of Clay Addition on Flotation Deinking. in Proceedings of the 1995 Recycling Symposium. February, New Orleans, LA, TAPPI Press.
- Shrinath, A., Szewczak, J.T., ve Bowen, I. J., 1991. A Review of ink-removal Techniques in Current Deinking Technology, Tappi Journal. 74,7,85
- Sixta, H., 2006. Handbook of Pulp Willey-VCH
- Sjöström E., 1981. Wood Chemistry: Fundamentals and Application, Academic Pres San Diago, California
- Süss H.U., 2006. Pulp Bleahing, In:Handbook of Pulp edit by Sixta, H., Willey-VCH
- Süss, H. ve Krüger, H., 1983: German Patent, DE 3.309.956 C1 Mart 19
- Takeda,T., Otsuji, K., Tamura, J., Morii, Y., Higashiw Aki, M., Nakat Ani, Y., 1984. Hollow Granular Percarbonate, US Patent No 6,113,805
- Tappi 402-om-88, 1992. Standart Conditioning and Testing Athmospheres for Paper, Board, Pulp Hand Sheets and Related Products. Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.

- Tappi 403 om-91, 1992. Bursting Strength of paper. Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- Tappi 404 om-87, 1992. Tensile Breaking Strength and Elongation of Paper and Paperboard (using pendulum-type tester) Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- Tappi 412-om-90, 1992. Moisture in Paper and Paperboard. Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- Tappi 414 om-88, 1992. Internal Tearing Resistance of Paper (Elmendorf-type method) Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- Tappi T 211 om-85, 1992: Ash in Wood and Pulp, Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 1.
- Tappi T 567 pm-97 1997. Determination of effective residual ink concentration by infrared reflectance measurement Tappi Pres, Atlanta
- Tappi T 656 om-83, 1992: Measuring, Sampling and Analysing White Waters, Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 3.
- Tappi T411 om-89, 1992.Thickness (Caliper) of Paper, Paperboard and Combined Board Tappi Test Methods, Tappi Pres, Atlanta, 2.
- Theander, K. ve Pugh, R.J., 2004. Surface Chemicals Concepts of Flotation Deinking, Colloids and Surface A: Physicochem. Eng. Aspects 240,111-130
- TSE, 1989. Atık Kağıtlar, Türk Standart Enstitüsü Kurumu, TSE 6941/Nisan 1989
- Turvey, R.W., 1990, Chemical aspects of flotation deinking, 4th PTS Deinking Symposium, Munich.
- Turvey, R.W., 1995. Chemical Use in Recycling. In: Technology of Paper Recycling edit by McKinney, R.W.J., Blackie Academic & Professional Publ.
- Tutuş, A., 2004. Buğday Saplarından Soda-Oksijen-Antrakinin(SOAQ) Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Hidrojen Peroksit ve Sodyum Borhidrür ile Ağartılması. II.Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskisehir, 345-350.
- Vahey, D.W., Zhu J.Y. ve Houtman CJ., 2007. A New Approach to Measurement of Effective Residual Ink Concentration of Deinked Papers, In: Proceedings of 8th Research Forum on Recycling, September, Niagara Falls, Ontario, 263-271
- Varennes, S., Daneault, C. ve Parenteau, M., 1996. Bleaching of thermomechanical pulp with sodium perborate, Tappi Journal, 79,3
- Vincent, A.H.D, Khong C. Ve Rizzon E., 1997. FAS (Thiourea dioxide) Bleaching of Recycled Pulp, Appita Journal , 50,5,393

Weinstock, I.A., 1994. Use of Term “Bleaching” in the Context of Virgin and Secondary Fibres: A Clarification. In: Recycled Fibre Technology, Mahendre Doshi ed., Tappi Pres, Atlanta

Xu, E.C., 2002. H₂O₂ Bleaching of Mechanical Pulps Part IV: H₂O₂ Consumption JPPS , 28,11

8. EKLER

Ek 1. Tablolar

1. Sabun ve Kalsiyum Klorürün Etkilerinin İncelendiği Çoğul Varyans Analizlerine Ait Bulgular

Tablo 1. Hamur Verimi

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	78,484	4	19,621	8672,29	***
CaCl ₂ (B)	377,991	3	125,997	55689,33	***
A*B (İnteraksiyon)	21,303	12	1,775	784,62	***
Hata	0,045	20	0,002		

Tablo 2. Atık Çamur Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	92,999	4	23,250	11270,07	***
CaCl ₂ (B)	814,248	3	271,416	131565,47	***
A*B (İnteraksiyon)	17,499	12	1,458	706,85	***
Hata	0,041	20	0,002		

Tablo 3. Askıda Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	0,450	4	0,113	124,11	***
CaCl ₂ (B)	15,006	3	5,002	5517,892	***
A*B (İnteraksiyon)	0,804	12	0,067	73,936	***
Hata	0,018	20	0,001		

Tablo 4. Çözünmüş Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	1,213	4	0,303	157,058	***
CaCl ₂ (B)	19,360	3	6,453	3341,418	***
A*B (İnteraksiyon)	0,665	12	0,055	28,676	***
Hata	0,039	20	0,002		

Ek 1'in devamı

Tablo 5. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı(TDS)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	182,150	4	45,537	9,741	***
CaCl ₂ (B)	281146,875	3	93715,625	20046,123	***
A*B (Interaksiyon)	447,250	12	37,271	7,972	***
Hata	93,500	20	4,675		

Tablo 6. Hamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	52,890	4	13,223	55,426	***
CaCl ₂ (B)	344,636	3	114,879	481,541	***
A*B (Interaksiyon)	21,139	12	1,762	7,384	***
Hata	4,771	20	0,239		

Tablo 7. Hamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	0,903	4	0,226	924,932	***
CaCl ₂ (B)	1,316	3	0,439	1796,490	***
A*B (Interaksiyon)	0,105	12	0,009	35,824	***
Hata	0,005	20	0,000		

Tablo 8. Çamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	52,469	4	13,117	16973,753	***
CaCl ₂ (B)	544,674	3	181,558	234935,014	***
A*B (Interaksiyon)	13,620	12	1,135	1468,655	***
Hata	0,015	20	0,001		

Tablo 9. Çamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	5,076	4	1,269	2808,058	***
CaCl ₂ (B)	28,567	3	9,522	21070,363	***
A*B (Interaksiyon)	1,445	12	0,120	266,416	***
Hata	0,009	20	0,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 10. ISO Parlaklığı (Kağıt)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	61,270	4	15,318	47496,422	***
CaCl ₂ (B)	19,395	3	6,465	20046,767	***
A*B (Interaksiyon)	1,031	12	0,086	266,516	***
Hata	0,006	20	0,000		

Tablo 11. Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	2699,060	4	674,765	773369,620	***
CaCl ₂ (B)	1367,388	3	455,796	522402,310	***
A*B (Interaksiyon)	439,194	12	36,600	41947,867	***
Hata	0,017	20	0,001		

Tablo 12. Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	50455,523	4	12613,881	47934,640	***
CaCl ₂ (B)	25467,327	3	8489,109	32259,889	***
A*B (Interaksiyon)	8236,707	12	686,392	2608,393	***
Hata	5,263	20	0,263		

Tablo 13. CIE L*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	112,574	4	28,143	20963,461	***
CaCl ₂ (B)	31,498	3	10,499	7820,744	***
A*B (Interaksiyon)	3,724	12	0,310	231,143	***
Hata	0,027	20	0,001		

Tablo 14. CIE a*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	0,039	4	0,010	35,972	***
CaCl ₂ (B)	0,401	3	0,134	489,942	***
A*B (Interaksiyon)	0,186	12	0,015	56,792	***
Hata	0,005	20	0,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 15. CIE b*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Sabun (A)	27,368	4	6,842	22617,798	***
CaCl ₂ (B)	3,952	3	1,317	4354,543	***
A*B (Interaksiyon)	0,495	12	0,041	136,299	***
Hata	0,006	20	0,000		

KT: kareler toplamı, SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, ÖD: Önem Düzeyi

***: 0,000 p 0,001

** : 0,001-p-0,01

*: 0,01-p-0,05

Önemli değil: 0.05-p

2. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ve Kalsiyum Klorürün Etkilerinin İncelendiği Çoğul Varyans Analizlerine Ait Bulgular

Tablo 16. Hamur Verimi

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	89,761	4	22,440	30324,785	***
CaCl ₂ (B)	717,698	3	239,233	323287,315	***
A*B (Interaksiyon)	13,103	12	1,092	1475,590	***
Hata	0,015	20	,001		

Tablo 17. Atık Çamur Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	55,355	4	13,839	14620,365	***
CaCl ₂ (B)	1200,950	3	400,317	422926,635	***
A*B (Interaksiyon)	14,713	12	1,226	1295,346	***
Hata	0,019	20	,001		

Ek 1'in devamı

Tablo 18. Askıda Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	2,765	4	,691	1596,979	***
CaCl ₂ (B)	32,265	3	10,755	24850,474	***
A*B (Interaksiyon)	1,731	12	,144	333,366	***
Hata	0,009	20	,000		

Tablo 19. Çözünmüş Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	0,022	4	0,005	0,204	Önemsiz
CaCl ₂ (B)	35,230	3	11,743	442,805	***
A*B (Interaksiyon)	1,081	12	0,090	3,397	**
Hata	0,530	20	0,027		

Tablo 20. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı(TDS)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	722,726	4	180,682	0,717	Önemsiz
CaCl ₂ (B)	257897,375	3	85965,792	341,280	***
A*B (Interaksiyon)	1538,907	12	128,242	0,509	Önemsiz
Hata	5037,848	20	251,892		

Tablo 21. Hamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	76,141	4	19,035	13499,463	***
CaCl ₂ (B)	623,217	3	207,739	147324,779	***
A*B (Interaksiyon)	9,469	12	,789	559,588	***
Hata	0,028	20	,001		

Tablo 22. Hamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	1,515	4	,379	1224,437	***
CaCl ₂ (B)	3,082	3	1,027	3321,860	***
A*B (Interaksiyon)	0,107	12	,009	28,956	***
Hata	0,006	20	,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 23. Çamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	48,359	4	12,090	34491,881	***
CaCl ₂ (B)	813,784	3	271,261	773903,628	***
A*B (Interaksiyon)	11,924	12	,994	2834,803	***
Hata	0,007	20	,000		

Tablo 24. Çamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	1,146	4	,287	650,460	***
CaCl ₂ (B)	35,843	3	11,948	27114,545	***
A*B (Interaksiyon)	0,847	12	,071	160,177	***
Hata	0,009	20	,000		

Tablo 25. ISO Parlaklığı (Kağıt)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	30,897	4	7,724	19555,291	***
CaCl ₂ (B)	6,226	3	2,075	5253,764	***
A*B (Interaksiyon)	4,519	12	,377	953,278	***
Hata	0,008	20	,000		

Tablo 27. Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	465,145	4	116,286	442995,105	***
CaCl ₂ (B)	3578,630	3	1192,877	4544292,429	***
A*B (Interaksiyon)	223,111	12	18,593	70828,889	***
Hata	0,005	20	,000		

Tablo 28. Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	8752,160	4	2188,040	14728,325	***
CaCl ₂ (B)	66424,515	3	22141,505	149040,825	***
A*B (Interaksiyon)	4230,168	12	352,514	2372,873	***
Hata	2,971	20	,149		

Ek 1'in devamı

Tablo 29. CIE L*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	28,904	4	7,226	28337,681	***
CaCl ₂ (B)	60,926	3	20,309	79642,157	***
A*B (Interaksiyon)	6,986	12	,582	2283,047	***
Hata	0,005	20	,000		

Tablo 30. CIE a*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	0,035	4	,009	79,091	***
CaCl ₂ (B)	0,346	3	,115	1048,303	***
A*B (Interaksiyon)	0,097	12	,008	73,530	***
Hata	0,002	20	,000		

Tablo 31. CIE b*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SDS (A)	10,761	4	2,690	7079,743	***
CaCl ₂ (B)	3,305	3	1,102	2898,693	***
A*B (Interaksiyon)	1,177	12	,098	258,112	***
Hata	0,008	20	,000		

KT: kareler toplamı, SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, ÖD: Önem Düzeyi

***: 0,000 p 0,001

** : 0,001-p-0,01

*: 0,01-p-0,05

Önemli değil: 0.05-p

Ek 1'in devamı

3. Ağartıcılar ve Sodyum Hidroksitin Etkilerinin İncelendiği Çoğul Varyans Analizlerine Ait Bulgular

3.1. Hidrojen Peroksit ve Sodyum Hidroksitin Etkileri

Tablo 32. Hamur Verimi

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	8,573	4	2,143	9922,579	***
NaOH (B)	114,138	4	28,535	132104,523	***
A*B (İnteraksiyon)	3,624	16	,227	1048,748	***
Hata	0,005	25	,000		

Tablo 33. Atık Çamur Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	5,783	4	1,446	149,782	***
NaOH (B)	167,001	4	41,750	4325,545	***
A*B (İnteraksiyon)	1,887	16	,118	12,221	***
Hata	0,241	25	,010		

Tablo 34. Askıda Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	0,387	4	,097	206,663	***
NaOH (B)	14,332	4	3,583	7645,478	***
A*B (İnteraksiyon)	0,957	16	,060	127,610	***
Hata	0,012	25	,000		

Tablo 35. Çözünmüş Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	0,757	4	,189	749,735	***
NaOH (B)	51,133	4	12,783	50618,895	***
A*B (İnteraksiyon)	0,367	16	,023	90,939	***
Hata	0,006	25	,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 36. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı(TDS)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	19420,259	4	4855,065	4617,047	***
NaOH (B)	11372,347	4	2843,087	2703,705	***
A*B (Interaksiyon)	2616,708	16	163,544	155,527	***
Hata	26,289	25	1,052		

Tablo 37. Hamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	8,264	4	2,066	2998,715	***
NaOH (B)	139,916	4	34,979	50771,730	***
A*B (Interaksiyon)	6,586	16	,412	597,501	***
Hata	0,017	25	,001		

Tablo 38. Hamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	0,007	4	0,002	3,179	*
NaOH (B)	0,608	4	0,152	266,021	***
A*B (Interaksiyon)	0,019	16	0,001	2,108	*
Hata	0,014	25	0,001		

Tablo 39. Çamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	2,838	4	0,709	13,055	***
NaOH (B)	191,672	4	47,918	881,726	***
A*B (Interaksiyon)	2,599	16	0,162	2,989	**
Hata	1,359	25	0,054		

Tablo 40. Çamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	0,005	4	0,001	1,345	Önemsiz
NaOH (B)	0,791	4	0,198	216,495	***
A*B (Interaksiyon)	0,021	16	0,001	1,448	Önemsiz
Hata	0,023	25	0,001		

Ek 1'in devamı

Tablo 41. ISO Parlaklığı (Kağıt)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	100,737	4	25,184	23431,124	***
NaOH (B)	50,722	4	12,681	11797,878	***
A*B (Interaksiyon)	21,468	16	1,342	1248,365	***
Hata	0,027	25	0,001		

Tablo 42. Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	25,565	4	6,391	8798,258	***
NaOH (B)	1389,003	4	347,251	478030,230	***
A*B (Interaksiyon)	45,042	16	2,815	3875,330	***
Hata	0,018	25	,001		

Tablo 43. Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	433,130	4	108,283	3052,622	***
NaOH (B)	26080,406	4	6520,101	183809,805	***
A*B (Interaksiyon)	936,345	16	58,522	1649,796	***
Hata	0,887	25	,035		

Tablo 44. CIE L*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	50,755	4	12,689	6720,676	***
NaOH (B)	53,754	4	13,438	7117,819	***
A*B (Interaksiyon)	18,341	16	1,146	607,155	***
Hata	0,047	25	,002		

Tablo 45. CIE a*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	1,271	4	,318	2739,293	***
NaOH (B)	0,298	4	,075	642,784	***
A*B (Interaksiyon)	0,394	16	,025	212,440	***
Hata	0,003	25	,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 46. CIE b*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Hidrojen peroksit (A)	0,102	4	,026	81,869	***
NaOH (B)	29,770	4	7,442	23854,144	***
A*B (Interaksiyon)	1,693	16	,106	339,136	***
Hata	0,008	25	,000		

KT: kareler toplamı, SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, ÖD: Önem Düzeyi

***: 0,000 p 0,001

** : 0,001-p-0,01

*: 0,01-p-0,05

Önemli değil: 0.05-p

3.2. Sodyum Perborat Tetrahidrat (SPBTH) ve Sodyum Hidroksitin Etkileri

Tablo 47. Hamur Verimi

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	95,237	4	23,809	71285,443	***
NaOH (B)	109,730	4	27,433	82133,287	***
A*B (Interaksiyon)	5,123	16	,320	958,583	***
Hata	0,008	25	,000		

Tablo 48. Atık Çamur Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	54,839	4	13,710	51931,163	***
NaOH (B)	126,113	4	31,528	119425,652	***
A*B (Interaksiyon)	7,805	16	,488	1847,692	***
Hata	0,007	25	,000		

Tablo 49. Askıda Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	5,870	4	1,467	4675,264	***
NaOH (B)	6,675	4	1,669	5316,804	***
A*B (Interaksiyon)	2,656	16	,166	528,853	***
Hata	0,008	25	,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 50. Çözünmüş Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	5,618	4	1,404	3005,662	***
NaOH (B)	13,211	4	3,303	7068,350	***
A*B (Interaksiyon)	4,215	16	,263	563,812	***
Hata	0,012	25	,000		

Tablo 51. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı(TDS)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	200460,573	4	50115,143	95723,253	***
NaOH (B)	8233,846	4	2058,462	3931,798	***
A*B (Interaksiyon)	1553,636	16	97,102	185,472	***
Hata	13,089	25	,524		

Tablo 52. Hamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	78,280	4	19,570	12147,801	***
NaOH (B)	129,340	4	32,335	20071,362	***
A*B (Interaksiyon)	5,429	16	,339	210,629	***
Hata	0,040	25	,002		

Tablo 53. Hamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	0,732	4	,183	110,901	***
NaOH (B)	0,846	4	,212	128,203	***
A*B (Interaksiyon)	0,058	16	,004	2,182	*
Hata	0,041	25	,002		

Tablo 54. Çamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	56,722	4	14,181	3242,862	***
NaOH (B)	138,775	4	34,694	7933,880	***
A*B (Interaksiyon)	7,965	16	,498	113,841	***
Hata	0,109	25	,004		

Ek 1'in devamı

Tablo 55. Çamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	0,078	4	,020	10,091	***
NaOH (B)	0,455	4	,114	58,867	***
A*B (İnteraksiyon)	0,068	16	,004	2,210	*
Hata	0,048	25	,002		

Tablo 56. ISO Parlaklığı (Kağıt)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	108,467	4	27,117	328,362	***
NaOH (B)	,496	4	,124	1,501	Önemsiz
A*B (İnteraksiyon)	4,126	16	,258	3,123	**
Hata	2,065	25	,083		

Tablo 57. Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	21,069	4	5,267	248,447	***
NaOH (B)	538,392	4	134,598	6348,788	***
A*B (İnteraksiyon)	28,203	16	1,763	83,144	***
Hata	0,530	25	,021		

Tablo 58. Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	461,679	4	115,420	2044,143	***
NaOH (B)	9922,429	4	2480,607	43932,793	***
A*B (İnteraksiyon)	569,730	16	35,608	630,638	***
Hata	1,412	25	,056		

Tablo 59. CIE L*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	58,026	4	14,507	690,460	***
NaOH (B)	3,313	4	,828	39,425	***
A*B (İnteraksiyon)	3,660	16	,229	10,889	***
Hata	0,525	25	,021		

Ek 1'in devamı

Tablo 60. CIE a*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	1,928	4	,482	3256,027	***
NaOH (B)	0,026	4	,007	44,743	***
A*B (Interaksiyon)	0,118	16	,007	49,684	***
Hata	0,004	25	,000		

Tablo 61. CIE b*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPBTH (A)	6,833	4	1,708	10545,198	***
NaOH (B)	14,877	4	3,719	22958,809	***
A*B (Interaksiyon)	0,504	16	,031	194,341	***
Hata	0,004	25	,000		

KT: kareler toplamı, SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, ÖD: Önem Düzeyi

***: 0,000 p 0,001

** : 0,001-p-0,01

*: 0,01-p-0,05

Önemli değil: 0.05-p

3.3. Sodyum Perkarbonat (SPK) ve Sodyum Hidroksit'in Etkileri

Tablo 62. Hamur Verimi

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	788,006	4	197,001	49722,721	***
NaOH (B)	184,531	4	46,133	11643,821	***
A*B (Interaksiyon)	77,437	16	4,840	1221,551	***
Hata	0,099	25	,004		

Tablo 63. Atık Çamur Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	708,644	4	177,161	590536,773	***
NaOH (B)	236,800	4	59,200	197332,973	***
A*B (Interaksiyon)	72,282	16	4,518	15058,711	***
Hata	0,007	25	,000		

Ek 1'in devamı

Tablo 64. Askıda Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	33,589	4	8,397	35047,201	***
NaOH (B)	37,828	4	9,457	39470,299	***
A*B (Interaksiyon)	26,528	16	1,658	6919,988	***
Hata	0,006	25	,000		

Tablo 65. Çözünmüş Katı Madde Miktarı

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	23,710	4	5,928	13113,441	***
NaOH (B)	0,913	4	,228	505,223	***
A*B (Interaksiyon)	12,407	16	,775	1715,452	***
Hata	0011	25	,000		

Tablo 66. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı (TDS)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	270300,424	4	67575,106	109390,145	***
NaOH (B)	12670,229	4	3167,557	5127,621	***
A*B (Interaksiyon)	4049,389	16	253,087	409,695	***
Hata	15,444	25	,618		

Tablo 67. Hamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	767,471	4	191,868	3471,872	***
NaOH (B)	187,255	4	46,814	847,100	***
A*B (Interaksiyon)	79,980	16	4,999	90,453	***
Hata	1,382	25	,055		

Tablo 68. Hamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	0,016	4	,004	1,388	Önemsiz
NaOH (B)	0,041	4	,010	3,606	*
A*B (Interaksiyon)	0,454	16	,028	10,028	***
Hata	0,071	25	,003		

Ek 1'in devamı

Tablo 69. Çamurun Organik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	539,984	4	134,996	2241,776	***
NaOH (B)	181,709	4	45,427	754,376	***
A*B (Interaksiyon)	46,286	16	2,893	48,040	***
Hata	1,505	25	,060		

Tablo 70. Çamurun İnorganik Madde İçeriği

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	8,070	4	2,018	852,739	***
NaOH (B)	5,021	4	1,255	530,585	***
A*B (Interaksiyon)	8,990	16	,562	237,501	***
Hata	0,059	25	,002		

Tablo 71. ISO Parlaklığı (Kağıt)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	303,620	4	75,905	151205,010	***
NaOH (B)	4,138	4	1,035	2060,837	***
A*B (Interaksiyon)	7,025	16	,439	874,587	***
Hata	0,013	25	,001		

Tablo 72. Mürekkep Uzaklaştırma Etkinliği (IE₉₅₀)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	704,557	4	176,139	245319,348	***
NaOH (B)	76,941	4	19,235	26790,177	***
A*B (Interaksiyon)	530,184	16	33,136	46151,103	***
Hata	0,018	25	,001		

Tablo 73. Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	13151,565	4	3287,891	156894,977	***
NaOH (B)	1400,143	4	350,036	16703,370	***
A*B (Interaksiyon)	9824,622	16	614,039	29301,340	***
Hata	0,524	25	,021		

Ek 1'in devamı

Tablo 74. CIE L*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	158,185	4	39,546	27310,896	***
NaOH (B)	3,790	4	,947	654,270	***
A*B (Interaksiyon)	5,230	16	,327	225,756	***
Hata	0,036	25	,001		

Tablo 75. CIE a*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	1,780	4	,445	403,881	***
NaOH (B)	0,159	4	,040	36,100	***
A*B (Interaksiyon)	0,408	16	,025	23,123	***
Hata	0,028	25	,001		

Tablo 76. CIE b*

Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
SPK (A)	8,091	4	2,023	9540,873	***
NaOH (B)	9,499	4	2,375	11202,193	***
A*B (Interaksiyon)	0,574	16	,036	169,157	***
Hata	0,005	25	,000		

KT: kareler toplamı, SD: serbestlik derecesi, KO: kareler ortalaması, ÖD: Önem Düzeyi

***: 0,000 p 0,001

** : 0,001-p-0,01

*: 0,01-p-0,05

Önemli değil: 0.05-p

Tablo 77. Ped üzerinden ölçülen IE₉₅₀ ve IE₇₀₀ değerlerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	R ² Değişimi	F-hesap Değişimi	df1	df2	Önem Düzeyi Değişimi	Durbin-Watson
0,997 (a)	0,995	0,995	0,77560	0,995	7504,063	1	38	0,000	0,779

Ek 1'in devamı

Tablo 78. Ped üzerinden ölçülen IE_{950} ve IE_{700} değerlerine ait ANOVA sonuçları

	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Regresyon	4514,061	1	4514,061	7504,063	0,000(a)
Kalıntı	22,859	38	0,602		
Total	4536,919	39			

a Sabit: IE_{950} PED

b Değişken: IE_{700} PED

Tablo 79. Kağıt üzerinden ölçülen IE_{950} ve IE_{700} değerlerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması

R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Std. Hata	R^2 Değişimi	F-hesap Değişimi	df1	df2	Önem Düzeyi Değişimi	Durbin-Watson
0,989 (a)	0,978	0,978	1,42724	0,978	1696,526	1	38	0,000	0,861

Tablo 80. Kağıt üzerinden ölçülen IE_{950} ve IE_{700} değerlerine ait ANOVA sonuçları

	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Regresyon	3455,842	1	3455,842	1696,526	,000(a)
Kalıntı	77,406	38	2,037		
Total	3533,248	39			

a Sabit: IE_{950} Kağıt

b Değişken: IE_{700} Kağıt

Tablo 81. Kağıt ve PED üzerinden ölçülen ISO parlaklık değerlerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması

R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Std. Hata	R^2 Değişimi	F-hesap Değişimi	df1	df2	Önem Düzeyi Değişimi	Durbin-Watson
0,798 (a)	0,637	0,628	1,47138	0,637	66,734	1	38	0,000	0,398

Ek 1'in devamı

Tablo 82. Kağıt ve PED üzerinden ölçülen ISO parlaklık değerlerine ait ANOVA sonuçları

	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Regresyon	144,476	1	144,476	66,734	0,000(a)
Kalıntı	82,268	38	2,165		
Total	226,744	39			

a Sabit: Kağıt

b Değişken: Ped

Tablo 83. Kağıt ve PED üzerinden ölçülen IE₉₅₀ değerlerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Std. Hata	R ² Değişimi	F-hesap Değişimi	df1	df2	Önem Düzeyi Değişimi	Durbin-Watson
0,976 (a)	0,953	0,952	2,34887	0,953	767,371	1	38	0,000	0,786

Tablo 84. Kağıt ve PED üzerinden ölçülen IE₉₅₀ değerlerine ait ANOVA sonuçları

	KT	SD	KO	F-hesap	ÖD
Regresyon	4233,725	1	4233,725	767,371	0,000(a)
Kalıntı	209,653	38	5,517		
Total	4443,378	39			

a Sabit: Kağıt

b Değişken: Ped

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İzmir ilinde doğdu. İlkokul ve Ortaokul tahsilini Sinop'ta, Lise tahsilini Kars ve İzmir'de tamamladı. 1997 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2001 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim dalında Yüksek lisans eğitime başladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2005 yılının Ocak ayında "Doğu Ladini Kraft Hamurunun Oksijen Delignifikasyonu Etkinliğinin Artırılması" adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim dalında Doktora eğitime başladı. 2009 yılında Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesine Öğretim Görevlisi olarak atandı. Emrah PEŞMAN, halen Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesinde görevini sürdürmekte olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.