

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**ALKALİ SÜLFİT YÖNTEMİNİN
DELİGNİFİKASYON ORANI VE VERİMİNİN ARTTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Emir ERİŞİR

**HAZİRAN 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**ALKALİ SÜLFİT YÖNTEMİNİN
DELİGNİFİKASYON ORANI VE VERİMİNİN ARTTIRILMASI**

Orm. End. Müh. Emir ERİŞİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"Yüksek Lisans (Lif ve Kâğıt Teknolojisi)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 02.06.2010
Tezin Savunma Tarihi : 25.06.2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mustafa USTA
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Nurettin YAYLI**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında ladin ve çam odunları kullanılarak farklı kimyasal madde ilaveleriyle modifiye edilmiş alkali sülfite-antrakinin yöntemiyle kâğıt hamuru ve safiha üretimi gerçekleştirilmiştir. Alkali sülfite- antrakinin pişirme yöntemine ilave edilen etanol ve sodyum borhidrürün hem kâğıt hamuru hem de safihanın özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne “Alkali Sülfite Yönteminin Delignifikasyon Oranı ve Veriminin Arttırılması” adı altında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışma konusunu belirleyen, çalışmanın her aşamasında görüş ve desteğini aldığım, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA’ ya teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin KIRCI’ya, kâğıt safihalarının mekanik direnç özelliklerinin belirlenmesinde yardımlarını esirgemeyen Kahramanmaraş Sütçü İmam Ünivesitesi, Orman Fakültesi öğretim üyeleri Doç.Dr. Ahmet TUTUŞ ve Doç.Dr. Arif KARADEMİR’e, istatistiksel analizlerin yapılması ve yorumlanması sırasında yardımını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Nuray MISIR’a teşekkürü bir borç bilirim. Laboratuar çalışmalarında destek ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Sevda BORAN, Arş. Gör. Evren ERSOY KALYONCU, Arş. Gör. Onur Tolga OKAN, Orman Endüstri Mühendisi arkadaşım Orçun Çağlar KURTULUŞ’a, arkadaşım Fatih ÇAVDAR’a, ayrıca maddi ve manevi her konuda sıkıntılarımı paylaşarak, Yüksek Lisans eğitimim süresince destek olan Arş. Gör. Duygu ARSLANTÜRK’e ve son olarak beni bugünlere getiren sevgili aileme içtenlikle çok teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlanması için tüm desteği sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Emir ERİŞİR
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III-V
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII-IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Magnefite (Bisülfite) Yöntemi.....	2
1.1.2. İki Kademeli Nötral Magnefite Yöntemi.....	3
1.1.3. Sivola Yöntemi.....	4
1.1.4. Stora Yöntemleri.....	4
1.1.5. Alkali Sülfite Yöntemi.....	6
1.1.5.1. Alkali Sülfite Yönteminin Gelişimi ve Temel Prensipleri.....	6
1.1.5.2. Alkali Çözeltiler ile Odun Hammaddesi Üzerine Ön İşlem Uygulamalarının Etkisi.....	9
1.1.5.3. Alkali Sülfite Pişirme Yöntemi Üzerindeki Geliştirme Çabaları...	9
1.1.5.3.1 Alkali Sülfite-Antrakinin (AS-AQ) Pişirme Yöntemi.....	10
1.1.5.3.2 Alkali Sülfite Antrakinin Metanol/Etanol (ASAM ve ASAE) Yöntemleri.....	13
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
2.1. Materyal.....	18
2.1.1. Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i> L.) Odununun Botanik, Ekolojik, Makroskobik, Mikroskobik ve Teknolojik Özellikleri.....	18
2.1.2. Fıstık Çamı (<i>Pinus pinea</i>) Odununun Botanik, Ekolojik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri.....	21

2.1.3.	Ladin (<i>Picea orientalis</i> L.) ve Çam (<i>Pinus pinea</i>) Odunlarının Temini, Seçilmesi ve Hazırlanması.....	23
2.1.4.	Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i> L.) ve Çam (<i>Pinus pinea</i>) Odunlarına Uygulanan Kimyasal Analiz Yöntemleri.....	23
2.1.4.1.	Kimyasal Analizlerde Kullanılan Yöntemler.....	24
2.1.4.2.	Lif Boyutlarının Belirlenmesi	24
2.1.5.	Kappa Numarasının Tayini.....	25
2.1.6.	Viskozite Tayini.....	26
2.1.7.	Alkali Sülfite Pişirme Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Pişirme Şartlarına Ait Deney Planları.....	26
2.1.8.	Kâğıt Hamuru ve Deneme Kâğıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Yöntemler.....	27
2.1.9.	Deneme Kâğıtlarına Uygulanan Mekanik ve Fiziksel Testler.....	28
2.1.10.	Deneme Kâğıtlarına Uygulanan Optik Testler.....	29
2.1.11.	İstatistiksel Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler.....	30
3.	BULGULAR.....	31
3.1.	Ladin (<i>Picea orientalis</i> L.) ve Çam (<i>Pinus pinea</i>) Odunlarının Kimyasal Bileşenleri	31
3.2.	Ladin ve Çam Odunu Liflerin Morfolojik Özellikleri.....	32
3.3.	ASA, ASAE ve ASAB Yöntemleriyle Elde Edilen Kâğıt Hamurlarının Özellikleri.....	33
3.4.	ASA, ASAE ve ASAB Yöntemleriyle Elde Edilen Kâğıt Hamurlarının Optik ve Direnç Özellikleri.....	36
4.	TARTIŞMA.....	39
4.1.	Ladin ve Çam Odunun Kimyasal Analiz Sonuçlarını İrdelenmesi.....	39
4.2.	Ladin ve Çam Odunu Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin İrdelenmesi.....	40
4.3.	Kâğıt Hamuru Özelliklerinin İrdelenmesi.....	41
4.3.1.	Kâğıt Hamurlarının Elenmiş Verim Değerlerinin İrdelenmesi....	41
4.3.2.	Kâğıt Hamurlarının Viskozite Değerlerinin İrdelenmesi.....	43
4.3.3.	Kâğıt Hamurlarının Kappa Numarası Değerlerinin İrdelenmesi...	45
4.3.4.	Kâğıt Hamurlarının Holoselüloz ve Alfa Selüloz Değerlerinin İrdelenmesi.....	47
4.4.	Kâğıt Safihalarının Fiziksel ve Optik Özelliklerinin İrdelenmesi.	49

4.4.1.	Kâğıt Safihalarının Çekme Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi...	49
4.4.1.1.	Piştirme Koşullarının Çekme İndisi Üzerine Etkisi.....	52
4.4.2.	Kâğıt Safihalarının Patlama Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi..	53
4.4.2.1.	Piştirme Koşullarının Patlama Direnci Üzerine Etkisi.....	56
4.4.3.	Kâğıt Safihalarının Yırtılma Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi..	56
4.4.3.1.	Piştirme Koşullarının Yırtılma Direnci Üzerine Etkisi.....	59
4.5.	Kâğıt Safihalarının Optik Özelliklerinin İrdelenmesi.....	59
4.5.1.	Kâğıt Safihalarının Beyazlık Değerlerinin İrdelenmesi.....	59
4.5.1.1.	Piştirme Koşullarının Beyazlık Değeri Üzerine Etkisi.....	61
4.5.2.	Kâğıt Safihalarının Parlaklık Değerlerinin İrdelenmesi.....	61
4.5.2.1.	Piştirme Koşullarının Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi.....	63
4.5.3.	Kâğıt Safihalarının Opaklık Değerlerinin İrdelenmesi.....	63
4.5.4.	Kâğıt Safihalarının Renk Değerlerinin İrdelenmesi.....	65
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
6	KAYNAKLAR.....	70
7	EKLER.....	75

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Ladin ve çam odunu kullanılması suretiyle alkali sülfıt-antrakınon (ASA), alkali sülfıt-antrakınon-etanol (ASAE) ve alkali sülfıt-antrakınon-sodyum borhidrür (ASAB) yöntemleriyle 150 ve 180 dakikalık pişirme sürelerinde kâğıt hamurları üretilmiştir. ASA yöntemine etanol ve sodyum borhidrür ilave edilmesi ladin ve çam odunlarından elde edilen kâğıt hamurlarının verim değeri ve delignifikasyon oranı üzerinde olumlu etkileri bulunmuştur. ASAE yöntemi ile ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının viskoziteleri artarken, çam odunundan elde edilenlerde fazla değışmediğı tespit edilmiştir. ASAB yöntemiyle birlikte viskozite değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Pişirme süresi artarken ASA ve ASAE yöntemlerinde viskozite azalırken; ASAB yönteminde arttığı belirlenmiştir.

Ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların fiziksel direnç özelliklerinin çamdan elde edilenlere göre daha iyi olduğu görülmüştür. Özellikle ASA yöntemiyle ladin odunundan elde edilen hamurlardan üretilen kâğıt safihalarının direnç özellikleri ASAE ve ASAB yönteminden elde edilenlere göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Çam odunu kullanıldığında ise ASAB yönteminde sodyum borhidrür ilave oranının artırılmasıyla 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların kopma ve patlama indisi değerlerinde gelişme olduğu yırtılma indisinde fazla değışmenin olmadığı tespit edilmiştir.

ASA yöntemine ilave edilen etanol ve sodyum borhidrürün üretilen safihaların beyazlık ve parlaklık değerlerinin azalttığı tespit edilmiştir. Ancak hem ladin hem de çam odunu kullanılarak ASAB kâğıt hamurlarından üretilen safihaların opaklık değerlerinde gelişmeler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkali sülfıt; sodyum borhidrür; delignifikasyon; antrakınon; etanol

SUMMARY

The Improvement of Delignification Ratio and Yield in Alkaline Sulfite Pulping

Alkaline sulfite-anthraquinone (ASA), alkaline sulfite-anthraquinone-ethanol (ASAE) and alkaline sulfite-anthraquinone-sodium borohydrate (ASAB) processes were selected for pulping using spruce and pine wood on 150 min and 180 min cooking time. It was determined that adding ethanol and sodium borohydrate to alkali sulfite-anthraquinone process had affirmative affect on delignification ratio and pulp yield. When viscosity of ASAE pulp obtained from spruce wood increased, that of ASAE pulp obtained from pine wood did not change, clearly. It was designated that he viscosity of ASAB pulp decreased. While the viscosity of ASA and ASAE pulp decreased extending cooking time, it was designated that the viscosity of ASAB pulp increased.

It was determined that the strength properties of paper sheets obtained from spruce wood pulp were better than obtained from pine wood pulp. The strength properties of paper obtained from ASA spruce wood pulp better than those of ASAE and ASAB spruce wood pulp. When the tensile and burst index of paper obtained from ASAB pine wood pulp improved by increasing sodium borohydrate addition ratio on 180 minute cooking time, it was found that tear index did not changed, evidently.

Whiteness and brightness of paper were decreased by adding ethanol and sodium borohydrate to ASA pulping process. It was established that opacity of paper sheets obtained from ASAB spruce and pine wood pulp improved.

Key Words: Alkaline sulfite; sodiumborohydrate; delignification; anthraquinone; ethanol

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sülfite pişirme yöntemlerinin başlangıç pH'sına göre sıralanması.....	7
Şekil 2. Renk Koordinatları.....	29
Şekil 3. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verim değerlerindeki değişimler.....	41
Şekil 4. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verim değerlerindeki değişimler.....	42
Şekil 5. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişimler.....	44
Şekil 6. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişimler.....	44
Şekil 7. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numarası değerlerindeki değişimler.....	46
Şekil 8. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numarası değerlerindeki değişimler.....	47
Şekil 9. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarındaki değişimler.....	48
Şekil 10. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarındaki değişimler.....	49
Şekil 11. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerlerindeki değişim.....	50
Şekil 12. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerlerindeki değişim.....	51
Şekil 13. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerindeki değişim.....	54
Şekil 14. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerindeki değişim.....	55
Şekil 15. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi değerlerindeki değişim.....	57

Şekil 16.	Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi değerlerindeki değişme.....	58
Şekil 17.	Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerlerindeki değişme.....	60
Şekil 18.	Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerlerindeki değişme.....	61
Şekil 19.	Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının parlaklık değerlerindeki değişme.....	62
Şekil 20.	Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının parlaklık değerlerindeki değişme.....	63
Şekil 21.	Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişme.....	64
Şekil 22.	Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişme.....	65
Şekil 23.	Renk koordinat sistemi.....	65

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Doğu Ladin odununun bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri.....	20
Tablo 2. Fıstık Çamı odununun bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri.....	23
Tablo 3. Ladin ve Çam odunlarının kimyasal analizinde kullanılan standart yöntemler.....	24
Tablo 4. Doğu Ladin (<i>Picea orientalis</i> L.) ve Çam (<i>Pinus pinea</i>) odunları için kullanılan pişirme koşulları.....	27
Tablo 5. Ladin ve Çam odunlarının kimyasal analiz sonuçları.....	31
Tablo 6. Ladin ve Çam odunlarının lif analiz sonuçları.....	32
Tablo 7. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarının bazı özellikleri.....	35
Tablo 8. ASA, ASAE ve ASAB yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz ve alfa selüloz oranları.....	36
Tablo 9. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların direnç özellikleri.....	37
Tablo 10. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların optik özellikleri.....	38

SEMBOLLER DİZİNİ

AHQ	: Antrahidrokinon
ALLCELL	: Etanol ve Su ile yapılan bir pişirme yöntemi
AQ	: Antrakinon
AS	: Alkali Sülfıt
AS-AQ	: Alkali Sülfıt- Antrakinon
ASA	: Alkali Sülfıt- Antrakinon
ASAB	: Alkali Sülfıt Antrakinon Bor
ASAE	: Alkali Sülfıt Antrakinon Etanol
ASAM	: Alkali Sülfıt Antrakinon Metanol
BS-NS	: Bisülfıt-Nötral Sülfıt
CED	: Bakıretilendiamin çözeltisi
DP	: Selülozun Polimerleşme Derecesi (Degree of Polymerization)
ECF	: Elementer klorsuz kâğıt hamuru ağartma yöntemi
İYA	: İğne Yapraklı (İbreli) Ağaç
NS-AQ	: Nötral Sülfıt-Antrakinon
ORGANOCELL	: Organik çözücüler kullanılarak yapılan bir pişirme yöntemi
TCF	: Klorsuz kâğıt hamuru ağartma yöntemi
YA	: Yapraklı Ağaç
a*	: Pozitif olduğu zaman kırmızılık, Negatif olduğu zaman yeşillik
b*	: Pozitif olduğu zaman sarılık, Negatif olduğu zaman mavilik
L*	: Açıklık değeri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Asit sülfite pişirmesinin kraft pişirmesi karşısında bilinen dezavantajlarını ortadan kaldırmak adına kraft pişirmesinin egemenliğinin başladığı 1940'lı yıllardan bu yana oldukça fazla çaba harcanmış, ancak bu çabaların büyük kısmı ticari anlamda fazla rağbet görmediği için sonuçsuz kalmıştır. İğne yapraklı ağaç (İYA) odunlarının bu yöntemde kullanılabilmesi için çok kademeli pişirme yöntemlerini içeren çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemde ilk kademede ikinci kademeye göre daha fazla alkali kullanılması prensibine dayanarak iki kademeli bir pişirme işlemi önerilmiştir. Bu şekilde yapılan bir pişirme ile ekstraktifler ve lignin grupları arasında meydana gelen kondenzasyon reaksiyonlarının önlenmesi için ortamın pH'sı 4 civarında tutulmuştur. Bu çalışmaları takiben geliştirilen yöntemler ticari şirketler tarafından iki kademeli pişirme uygulamasını kullanarak endüstriyel ölçekte yöntemin ilk uygulaması yapılmıştır. Pişirme ortamının pH'sını yükseltmek için bazı kimyasallar (amonyak, sodyum ve magnezyum) pişirme ortamına eklenmiştir. Sodyum ve amonyağın her ikisi de çözelti pH'sını asidikten alkaliye değiştirmede kullanılmasına rağmen, amonyağın yüksek sıcaklıklarda stabil olmayışı kullanımını daha güçleştirmiştir (Sixta, 2006).

Kraft yöntemindeki hızlı gelişmelere karşın sülfite pişirme yönteminin tutunabilmesi için 1950-1960 yılları arasında alternatif sülfite pişirmesi konseptlerinin geliştirilmesinde büyük çaba gösterilmiş, birçok pilot ve fabrika ölçekli uygulamaların hayata geçirilerek bu yöntemin ayakta kalması sağlanmaya çalışılmıştır. Aralarında en fazla başarı gösteren yöntemler şu şekilde sıralanabilir (Sixta, 2006);

1. Magnefit (Bisülfite) Yöntemi

- Pişirme çözeltisi magnezyum bazı ile hazırlanmıştır.
- Pişirme çözeltisi magnezyum bisülfite $[Mg(HSO_3)_2]$ ile hazırlanmıştır. (pH 4)

2. İki kademeli Nötral Magnefit (Bisülfite-MgO)

- Pişirme çözeltisi magnezyum bazı ile hazırlanmıştır.
- İlk kademe, Magnezyum bisülfite, $[Mg(HSO_3)_2]$, (pH 4)
- İkinci kademe, Magnezyum monosülfite/Magnezyum hidroksit (pH 6-6.5)

3. Sivola yöntem(ler)i

- Bisülfite-soda
 - Pişirme alkalisi, Sodyum
 - İlk kademe, Sodyum bisülfite,(pH 4-5)
 - İkinci kademe, Sodyum karbonat/sodyum monosülfite, (pH 8)
- Asit bisülfite-soda
 - Pişirme alkalisi, Sodyum
 - İlk kademe, Asit sodyum sülfite, (pH 1-2)
 - İkinci kademe, Sodyum karbonat/sodyum monosülfite, (pH 8)
- Bisülfite-asit bisülfite-soda
 - Pişirme alkalisi, Sodyum
 - İlk kademe, Sodyum bisülfite, (pH 4)
 - İkinci kademe, Asit sodyum sülfite, (pH 1-2)
 - Üçüncü kademe, Sodyum karbonat/sodyum monosülfite, (pH 8-10)

4. Stora yöntemi (hidrojen sülfite veya monosülfite-asit bisülfite)

- Pişirme alkalisi, Sodyum
- İlk kademe Sodyum bisülfite, (pH 4) veya sodyum mono-sülfite, (pH 6-8)
- İkinci kademe, Asit sodyum sülfite, (pH 1-2).

5. Alkali-Sülfite Pişirme Yöntemi

- Pişirme alkalisi, Sodyum
- Tek kademe sodyum sülfite ve sodyum hidroksit ile pişirme işlemi

1.1.1. Magnefite (Bisülfite) Yöntemi

Bu yöntem reçine miktarı yüksek olan İYA odunlarının klasik sülfite yöntemiyle pişirilememesi dezavantajını bertaraf etmek amacıyla geliştirilmiş, magnezyum bazlı bir pişirme yöntemidir (Tomlinson, 1958). Başlangıçta pişirme çözeltisinin pH seviyesi 3.6-4.0 arasında değişir ve çözelti % 1.3-1.6 oranında MgO ve toplamda % 20 oranında SO₂ ihtiva etmektedir. Pişirme sıcaklığı yapraklı ağaç (YA) odunları için 155°C ve İYA odunları için 165°C'dir. Pişirme hammaddeye ve hedeflenen hamur özelliklerine bağlı olarak yalnızca 2-3 saat içinde tamamlanır. Lignin yapılarının sülfonasyonu ortamdaki magnezyumun pH seviyesini yükselterek hidrojen iyonu konsantrasyonunun

düşürülmesiyle (geleneksel asit sülfite pişirmesi için başlangıç pH'sı 1.5-5 aralığında değişir) pişirme işlemi hem daha ılımlı koşullarda yapılmakta hem de geleneksel asit sülfite pişirmelerinde sorun çıkaran ekstraktiflerin ligninle yaptığı kondenzasyon reaksiyonlarını engellemektedir. Pişirme işlemi sırasında üronik asit gruplarının serbest kalması nedeniyle, ortam pH'sı 3'e doğru değişme eğilimindedir.

Pişirme çözeltisinin serbest SO₂ içermemesi nedeniyle mevcut sıcaklıkta olması beklenen karbonhidrat hidrolizi seviyesi daha düşüktür. Karbonhidrat hidrolizinin daha az gerçekleşmesi nedeniyle, aynı kappa numarasındaki asit sülfite hamuru ile karşılaştırıldığında verim yaklaşık % 2-4 yüksektir. Magnefite hamurları daha yüksek sağlamlık ve optik özelliklere (parlaklığa) sahiptir ve birçok açıdan asit sülfite hamurlarına göre kâğıt yapımı için daha uygundur. Ancak pişirme çözeltisinin daha düşük asiditesi delignifikasyonun derecesini sınırlar. Delignifikasyon derecesinin sınırlanması magnefite yöntemi için yukarıda anlatılan avantajları olumsuz etkilemektedir (Sixta, 2006).

1.1.2. İki Kademeli Nötral Magnefite Yöntemi

%88 ISO veya daha yüksek parlaklık derecelerine erişmek için çok kademeli bir ağartma işlemi gerektirmesi Magnefite yönteminin en önemli dezavantajıdır. Bunu ortadan kaldırmak düşüncesi ile Magnefite yöntemi üzerinde modifikasyon yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur (Bryce ve ark., 1962). Bu amaç için ilk kademe klasik magnefite yöntemi ile pH 3.7 olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 165° C'de 90 dakikalık bir periyottan sonra, 6.5'lik bir pH değerine ulaşılan kadar kazana hidratlanmış MgO enjekte edilmiştir. Pişirme kazanı içerisine magnezyum hidroksit çamurunun katılması ile çözeltinin sıcaklığı 15°C kadar arttığı belirlenmiştir. Bu sayede pişirme kazanında sıcaklık 170-175°C'ye ulaşmaktadır. Bu sıcaklıkta pişirme işlemine 120-150 dakika devam edilmiş olup, pişirme süresi tek kademeli geleneksel Magnefit yönteminden bir saat daha kısadır.

Üretilen hamurların tüm sağlamlık değerleri, tek kademeli Magnefitten ve geleneksel asit sülfite pişirmesinden çok daha yüksektir. Magnefite pişirmesi ile karşılaştırıldığında iki kademeli nötral pişirmelerin ağartılmamış parlaklığı daha düşük olsa dahi her iki hamurunda ağartılabilirliği eşit derecede kalmıştır. Yüksek pH seviyelerinin kombinasyonu nötral şartlara yakındır ve yüksek sıcaklık hemiselülozların ekstraksiyonuna yol açmıştır. İki kademeli nötral sülfite hamurları yavaş hidratlanma özellikleri ve iyi opaklık özelliği gösterdiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Bu özellikleri sayesinde

bu hamurlardan farklı özelliklerde kâğıt türlerinin üretimi mümkün olmuştur (Bailey, 1962; Sixta, 2006).

1.1.3. Sivola Yöntemi

1950'lerin başlarında İYA odunlarından sülfite hamuru üretmek için Sivola sülfite pişirmesi ve geri kazanım yöntemi geliştirildi (Sivola, 1956). Sivola yönteminin sodyum bazlı, çok kademeli pişirme konseptleri bisülfite-nötrale sülfite (soda), asit bisülfite-nötrale sülfite(soda) ve bisülfite-asit sülfite-soda yöntemlerinden oluşur.

Tek kademeli pişirmeler ile karşılaştırıldığında iki kademeli pişirme en yüksek parlaklık ve üstün yırtılma direnci göstermiştir. Ancak verim aynı kappa numarasında karşılaştırıldığında bisülfite pişirmesinden daha düşük bulunmuştur. Belirli kalıntı lignin içeriğinde ikinci kademede bisülfite-nötrale sülfite (BS-NS) kullanılması durumunda hamur verimi en düşüktür, bu durum hafif alkali ortamda gerçekleştirilen ikinci kademede hemiselülozların çoğunun ekstraksiyonuna bağlanmıştır. Ancak araştırmalar sülfite pişirme yöntemleri arasında BS-NS yöntemi en iyi sağlamlık özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Pişirmenin nötrale ortamda başladığı ve asidik şartlar altında ilerlediği durumda pişirme sisteminde glukomannan stabilizasyonu nedeniyle çok yüksek bir hamur verimine neden olduğu belirlenmiştir. Ancak, aynı zamanda yırtılma direnci yüksek miktarlardaki düşük özgül ağırlıkla hemiselülozlar yüzünden önemli bir şekilde azalırken, kopma özellikleri kabul edilebilir bir seviyede kaldığı tespit edilmiştir (Sixta, 2006).

1.1.4. Stora Yöntemleri (Hidrojen Sülfite veya Monosülfite-Asit Sülfite)

İki kademeli nötrale sülfite-asit sülfite pişirme yöntemi hammadde olarak çamın kullanımı için Stora Kopparberg firması tarafından geliştirilmiştir ve Skutskär'daki fabrikalarında ilk defa uygulanmıştır (Yaldez ve Ecker, 2000). Stora yönteminin temel prensibi ilk kademede hafif asidikten nötrale pH koşullarına geçişle lignin sülfonasyonunu sağlamak ve ikinci bir kademede pişirme işleminin tamamlanması için ortama asit sülfite çözeltisi veya hidratlanmış SO₂ ilavesi ile ortamın pH'sının düşürülmesi adımlarından oluşmaktadır. İlk kademe süresince pişirme kazanı hacminin yeterli penetrasyon sağladığından emin olmak için tamamıyla pişirme çözeltisi ile doldurulur, İYA odunları

için çözelti / yonga oranı yaklaşık 4.5/1'dir. Kullanılan odun türüne bağlı olarak ilk kademe boyunca reaksiyon süresi ladin için 2-3 saatten çam için 4-6 saate kadar değiştirilmiştir. İlk kademedan sonra pişirme çözeltisinin çözelti / yonga oranını yaklaşık 3-3.5/1'e düşürülmüştür. İkinci kademe pişirme kazanına SO₂ enjekte edilmesi ile başlar ve sıcaklığa bağlı olarak (135-145°C), yaklaşık 2-4 saat devam eder. İki pişirme kademesinden birinci kademe sülfonasyon kademesi, ikinci kademe ise delignifikasyon kademesi olarak adlandırılabilir (Croon, 1980). İlk pişirme kademesinin reaksiyon koşullarında reaktif lignin grupları ile çam, melez, duglas odununda bulunan bazı ekstraktiflerin oluşturduğu kondenzasyon reaksiyonlarının oluşması engellenir. Bu nedenle daha sonraki asit sülfite pişirmesinde ekstraktifçe zengin çam özodunun yeterli bir delignifikasyonunda sorun yaşanmaz. Başka araştırmaların sonucunda ilk kademenin şartlarının aynı zamanda karbonhidrat verimini etkilediği görülmüştür (Sixta, 2006).

Yapılan çalışmalarda nötral sülfite-asit sülfite pişirmesi uygulaması ile gözlenen verim artışının genellikle hamurdaki glukomannan miktarının artmasına bağlı olduğu belirlenmiştir (Annergen ve ark., 1964). YA odunların stabilizasyonuna etkisiyle ilgili farklı sonuçlar yayınlanmıştır. Meşe, sığla ve huş ağacı kullanarak gerçekleştirilen çok kademeli sülfite pişirmesinin, az miktardaki glukomannanın saptanamayan bir sebeple stabilizasyon etkisine neden olabileceği belirtilmiştir (Yaldez ve Ecker, 2000; Sanyer ve ark., 1965). Buna rağmen, huşun iki kademeli pişirmesinin geleneksel asit sülfite pişirmesi ile karşılaştırıldığında %2-3'ten daha yüksek bir verim artışı ile sonuçlandığı belirlenmiştir. Ksilanın katkısı ilk kademe süresince şartlara bağlı olmak kaydıyla çok önemlidir. Başlangıç pH'nın 8-9 ve sıcaklığın 150°C olarak kombine edilmesiyle huş ve titrek kavak türleri için iki kademeli Stora yöntemi uygulandığında % 4-5'lik bir verim artışı olduğu bildirilmiştir (Sixta, 2006).

Kâğıt hamuru bünyesinde yüksek hemiselüloz içeriği liflerin daha iyi hidratlanması ve dövülmesini sağlar. Liflerin şişmesi ve esnekleşmesi lif-lif bağına geliştirir. Daha yüksek bir hemiselüloz içeriği daha fazla dövme yapılabileceği anlamını taşır. Daha fazla dövme işlemi sağlamlık artışına neden olacağından aynı serbestlik derecesinde daha yüksek kopma direnci ve daha az yırtılma direnci ile opaklık kaybı anlamına gelir. Bisülfite pişirmelerine göre iki kademeli Stora pişirmeleri ile elde edilen hamurun yırtılma direnci daha düşüktür; bu durum yüksek hemiselüloz içeriği ve aynı zamanda hamurun her gramında daha az sayıda lif bulunması ile açıklanabilir. Aynı kopma sağlamlığında geleneksel sülfite yöntemi iki kademeli pişirmelerin daha yüksek bir katkısı vardır.

Nötral sülfite veya bisülfite-asit sülfite yönteminde aynı zamanda magnezyum bazlı pişirme çözeltisi kullanılabilir. Daha önce belirtildiği gibi, magnezyum monosülfite/magnezyum hidroksitine çökmesini engellemek için pH seviyesi yaklaşık 6.5'a yükseltilmelidir. Bu yöntem ilk kademe pişirmesi 150°C sıcaklıkta, 5.2'den 6.0'a kadar bir pH aralığında değişen bir pişirme çözeltisi kullanılarak yapılmaktadır. İlk kademe sıcaklık yaklaşık 150°C olarak sağlandığında pH seviyesi 6'nın üzerinde olmuştur ve yöntemin kısmi avantajları gerçekleşmemiştir. İlk kademenin sonunda, çözelti-odun oranı 2/1 oluşturmak için çözelti kazandan boşaltılmıştır. Bu durumda asidik şartları oluşturmak için sıvı haldeki SO₂ kazana enjekte edilmiştir. Uygun özelliklere sahip bir hamur üretmek için zamanı ayarlayarak ikinci kademe 130-140°C'de gerçekleştirilmiştir (Sixta, 2006).

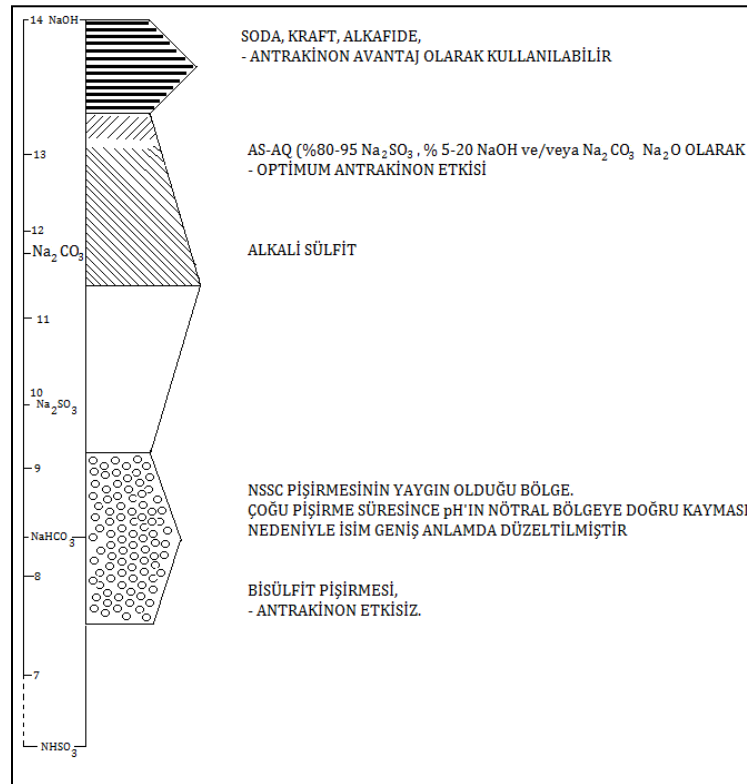
Sodyum bazlı, iki kademeli yöntem aynı zamanda yüksek reaktiviteli ladin ve çam odunundan hamur üretiminde kullanılır (Croon ve ark., 1980, Lindqvist ve Sondel 1997). İlk kademe 4.5'lik bir pH'da (bisülfite), pişirme işlemi 150°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta ve optimum çözelti doygunluğu ile yeterli bir sülfonasyon sağlamak için yüksek bir çözelti /yonga oranında gerçekleştirilir. İkinci kademenin sonunda çözelti son kademe yeniden kullanılmak için geri kazanılır. İkinci kademedeki asidik ortam sıvı SO₂ ilave edilerek ayarlanır. Pişirme işlemine 400 mL/g ve 800 mL/g hedef viskozite seviyeleri arasına ulaşıncaya kadar devam ettirilir. Düşük kalıntı lignin içeriğine (kappa numarası 3-8) sahip bir hamur elde etmek için, tamamıyla kapalı su döngüsü vasıtasıyla hamura iki kademeli bir E-P kloruz (TCF) ağartma yöntemi uygulanarak parlaklık değeri %92 ISO olan bir hamur üretilmesini mümkün kılar. Sıcak alkali ekstraksiyonundan önce (E), hamura özel bir zift giderme uygulaması yapılır. Alkalileştirilmiş hamur vidalı preste mekanik bir şekilde sıkıştırılır. Kombine edilmiş kimyasal ve fiziksel uygulamalar etkili bir şekilde reçineyi ayırır ve dikkatli bir şekilde yıkanarak uzaklaştırılmasını sağlar (Sixta, 2006).

1.1.5. Alkali Sülfite Yöntemi

1.1.5.1. Alkali Sülfite Yönteminin Gelişimi ve Temel Prensipleri

Alkali sülfite pişirme yönteminin diğer pişirmelerle karşılaştırmalı olarak bulunduğu konumu Şekil 1'de görebiliriz. Şekil 1'den pişirme çözeltisinin başlangıç pH değerinin temel parametre olduğunu hemen görebiliriz. Buna göre değişik yöntemlerin başlangıç çözelti pH'sına bağlı olarak sıralanması Şekil 1'de yapılmıştır.

pH 13.5-14.0 aralığında soda pişirmesi 1853 yılında ilk endüstriyel uygulama olarak hayat buldu. 1860'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde Tilghman tarafından keşfedilen 1-1.5 gibi düşük pH aralığındaki kalsiyum bazlı ilk asit bisülfid pişirmesi soda yöntemini takip etti. Yaklaşık pH 13.5'da gerçekleştirilen kraft pişirmesi Almanya'da Dahl tarafından keşfedilmiştir. Bu yeni pişirme yönteminin patenti 1884 yılında alındı. Bu yılda Dahl soda yöntemi için hammadde olarak ucuz bir tuz arayışı olarak sodyum sülfatı kullanmayı denedi. O dönem bu maddenin kullanılmasıyla soda hamurunun sağlamlılığı artırıldığından, bu hamura sonradan Almandada sağlam anlamına gelen "Kraft" ismi verilmiştir. Yapraklı ağaç odunundan yüksek verimli sülfid hamuru üretimi 1930'lu yılların başlarında Forest Products Laboratory'de geliştirilmiştir. Bu yöntemde 7.5-9 luk bir pH'da YA odunundan NSSC üretimi yapılmıştır. Bu yöntemle üretilen hamurlar oluklu mukavva üretiminde değerlendirilmiştir. Üçüncü büyük sülfid yöntemi bisülfid yönteminin gelişimi yayıncılık sektörü için yüksek verimli yarı kimyasal destek hamurlarını üretmek amacıyla 1950'li yılların başlarında hayata geçirildi. Bu gelişim bugüne kadar devam etti ve 3.5-8 pH aralığında % 60-93 hamur verimi ile üretim yapıldı (Ingruber, 1985).



Şekil 1. Sülfid pişirme yöntemlerinin başlangıç pH'sına göre sıralanması

1960'ların sonlarında A.B.D., Kanada ve İskandinavya'daki çoğu eski sülfite fabrikaları birer birer kapatıldığında kraft pişirmesine bir alternatif olarak alkali sülfite yöntemi dördüncü büyük sülfite yöntemi olarak geliştirildi ve ilk patenti 1970-1971'de yayımlandı. Alkali sülfite (AS) pişirmesi 10-13.5 aralığında değişen pH seviyeleri ile genellikle NaOH ve Na₂SO₃'ten oluşan bir çözeltinin kullanıldığı bir pişirme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yeni pişirme yöntemi ile kraft pişirmesi seviyesinde sağlamlık özellikleri korunurken, yatırım maliyetlerini azaltmak, ağartılabilirlik ve dövülebilirliği arttırmak, koku problemini azaltmak gibi kazanımları elde etmek mümkündür. Alkali sülfite pişirmesinin yanı sıra alternatif sülfürsüz pişirme sistemlerinden en önemli metotlar olarak iki kademeli soda-oksijen ve organosolv pişirme yöntemleri gösterilebilir (Ingruber ve ark., 1982).

Bu yöntem ile pilot ölçekli tesislerde ve fabrikalarda gerçekleştirilen ilk uygulama sonuçları oldukça ikna ediciydi. Bu uygulamalarda, kraft pişirmesi ile elde edilen hamurların sağlamlık özelliklerine eş değer sonuçlar elde etmenin mümkün olduğu ve üretimin koku problemi olmaksızın gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Ancak yöntemin kullanılmasıyla ortaya çıkan dezavantajlar, endüstriyel anlamda kabulün gerçekleşmesini önlemiştir. Bu yöntemin başlıca dezavantajları olarak şunlar verilebilir:

- Kimyasal madde dozajının çok yüksek olmasına rağmen delignifikasyon oranının yetersiz kalması,
- Ağartılabilir kâğıt hamurları bakımından incelendiğinde; aynı kappa numarası baz alınırsa kâğıt hamuru verimi açısından alkali sülfite yönteminin kraft yöntemine göre daha düşük verimde olması,
- Na₂SO₃'ün geri kazanılmasının sağlayacak sistemlerin eksik olması.

Lignin degradasyonu, serbest fenolik hidroksil gruplarını taşıyan fenil propan birimlerinin β-O-4 bağlarının molekül bölünmesi ile sınırlı olduğu için, bu koşullar altında yüksek bir Na₂SO₃/NaOH oranı ile AS pişirmesi süresince delignifikasyon miktarı daha düşüktür. Pişirme çözeltisi içerisinde sodyum hidroksit oranının artışı delignifikasyonu artırır, ancak pişirme sırasında meydana gelen primer ve sekonder alkalin soyulma reaksiyonları nedeniyle karbonhidratlar degradasyona uğrar. Bunun sonucu olarak da hamur verimi ve kalitesini düşer (Sixta, 2006).

1.1.5.2. Alkali Çözeltiler ile Odun Hammaddesi Üzerine Ön İşlem Uygulamalarının Etkisi

Alkalen ön işlem süresince meydana gelen ilk reaksiyonlar çözünme ve sabunlaşmadır. Alkalen uygulama biokütlenin şişmesine ve yapısının gevşemesine sebep olur. Bu durum kimyasal maddelerin, enzimlerin ve bakterilerin biokütle içerisine daha kolay penetre olmasını sağlar. Yani kısaca odun hammaddesi alkalen ön işleme daha poröz olur ve daha kolay etkilenebilir bir yapıya kavuşur. Güçlü alkalen konsantrasyonlardaki çözeltilerde uç grupların soyulması, alkalen hidroliz ve çözünmemiş polisakkaritlerin degradasyonu ve ayrışması meydana gelebilir. Polisakkarit kaybına genellikle soyulma ve hidrolitik reaksiyonlar neden olur (Fengel ve Wegener, 1984). Bu soyulma reaksiyonu, ilerideki kademelerde uygulanacak olan işlemler açısından bir avantaj teşkil eder ama daha düşük molekül ağırlığına sahip bileşenlerin oluşmasının bir sonucu olarak degradasyon ve karbonhidrat kaybı riskini taşır.

Alkali ekstraksiyon ligninin çözünmesine, dağılmasına ve kondenzasyonuna, selülozun kristalen yapısında modifikasyonlara neden olabilir. Alkalen ön işlemin bu etkileri uygulama koşullarına bağlı olarak aşırı derecede meydana gelirse biyokütlenin şişmesinin pozitif etkilerini düşürebilir veya etkisini yok edebilir (Gregg ve Saddler, 1996).

Alkali ön işlem uygulamasının bir başka önemli durumu selüloz yapısının değişimidir. Selüloz, daha yoğun ve termodinamik etkilere karşı doğal selülozdan daha stabil bir hale gelir (Pettersen, 1984).

Alkali sülfite yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminde uygulanan ön işlemin önemi kullanılan hammaddenin yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Pişirmenin homojen ve etkili olarak gelişmesi uygulanacak olan ön işlem koşullarına bağlı olarak değişmektedir.

1.1.5.3. Alkali Sülfite Pişirme Yöntemi Üzerindeki Geliştirme Çabaları

Alkali sülfite pişirmesindeki eksikleri gidermek ve yöntemin endüstriyel açıdan daha fazla kullanılmasını sağlamak amacıyla yöntemde bazı ilave maddeler katılmış veya mevcut kimyasallar üzerinde değişikliğe gidilmiştir. Bu amaçla, antrakininin alkalen pişirmelerde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte alkali sülfite pişirmesi de antrakininin kullanıldığı bu sürece dâhil olmuştur. Burada amaç antrakininin pişirme işlemi sırasında gösterdiği katalizör etkilerden yararlanmaktadır. Antrakinin dışında pişirme çözeltilerindeki suyun bir

kısmı yerine organik çözücülerin kullanılması denenmiştir. Pişirme çözeltilisinin etkinliği daha düşük yoğunluğa sahip alkoller gibi çözücülerin kullanılmasıyla arttırılmaya çalışılmıştır. Daha düşük yoğunluktaki çözücüler odun hammaddesi içerisine daha kolay penetre olmakta, bu durumda daha homojen bir pişirme anlamına gelmektedir (Kırcı, 1991).

1.1.5.3.1. Alkali Sülfite-Antrakinin (AS-AQ) Pişirme Yöntemi

Özellikle alkali pişirme çözeltileri içerisinde antrakininin (AQ) bulunması pişirme işlemini hızlandırıcı ve karbonhidrat verimini ve stabilizasyonunu etkilerini ön plana çıkartmıştır. Alkalin pişirme çözeltilerinde kullanıldığında ortaya çıkan olumlu etkileri nedeniyle antrakininin kullanımı zaman içerisinde oldukça yaygınlaşmıştır. Alkalin pişirme yöntemlerinde delignifikasyon hızı ve oranının artışı, verimlilik artışı gibi olumlu etkileri nedeniyle AQ'nun kabul görmesini sağlamıştır (Macleod,1983). Kraft pişirmesine göre AS-AQ pişirmesi ile % 8-10 oranında daha fazla hamur üretmenin mümkün olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Kettunen ve ark., 1979; Virkola ve ark., 1981; Virkola ve ark., 1982; Ojonen ve ark., 1982; Ingruber ve ark., 1982; Macleod, 1983; Macleod, 1986). Ancak kraft ile delignifikasyon hızları kıyaslandığı zaman, alkali sülfite yöntemi için antrakinin ile sağlanan bu artışın dahi yetersiz olduğu ifade edilmiştir (Macleod, 1986).

1980'ler boyunca alkali sülfite pişirmesi için yapılmış tüm araştırmaların sonucunda bu yöntem ile üretilen kâğıt hamurlarının ambalajlama ve gazete güçlendirme amaçlarına uygun olduğu görülmüştür. Kraft yöntemine göre AS-AQ yönteminin verim avantajının aynı kappa numarasında (80 kappa) kuru oduna oranla yaklaşık %7 olduğunu göstermişlerdir (Patt ve Kordsachia, 1986). Aynı zamanda, kraft hamuruna göre karşılaştırıldığında kopma sağlamlığı %20 daha yüksek ve yırtılma sağlamlığı %20 daha düşüktür. Yapılan çalışmalarda daha yüksek hamur serbestliğinde çalışılarak rafinör enerjisinin biraz daha azaltılması ve yırtılma direncinde düzelmeler elde edilebileceği belirlenmiştir.

Pişirme kimyasında yeni buluşlarla beraber çok büyük kazançların meydana gelme olasılığı oldukça azdır. Endüstriyel ölçekte uygulanmaya değer bulunan yeni buluşlar hakkındaki güncel yayınların çoğu temel kimyasal yöntemler üzerine olmaktan ziyade mühendislik ve ekipman üzerindeki kazanımları arttırmaya yöneliktir. Buna rağmen

antrakinon pişirmeleri nadiren görülen kimyasal yöntem modifikasyonları üzerine oldukça iyi bir örnektir (Macleod, 1983).

Karşılıklı iki karbonil grubu taşıyan polycyclic aromatik bir hidrokarbon olan antrakinon ($C_{14}H_8O_2$), sarı veya açık griden gri-yeşil tonlarına doğru bir renktedir. Kristal haldedir ve suda çözünmez bir yapı gösterir. Doğada bir çok bitkide, mantarda, likenler ve bazı böceklerde bulunmaktadır. Ticari olarak üretim yolları şunlardır; kromik asit ile antrasenin oksidasyonu yoluyla, benzen ve fitalik asit'in kondenzasyonu sonucunda elde edilen üründe cyclic yapı oluşturmak için su giderme işlemiyle veya dien Diels-Alder reaksiyonu ile üretilebilir.

Alkali sülfite çözeltisi yüksek derecede geri kazanım sisteminden elde edilmiş karbonat ile kostik sodanın ve sülfite yaklaşık eşit miktarlarını içermektedir. Yüksek alkali konsantrasyonunda yeterli penetrasyon sağlaması nedeniyle AQ olmadan da alkalen sülfite pişirmeleri kullanışlı hamurlar verir. Diğer yandan daha düşük pH'da AS-AQ çözeltisi % 80-95 sülfite, kalan kısmı alkalenliği sağlayan kimyasallar kostik soda ve karbonattır (Ingruber, 1985). Bu şekilde hazırlanmış bir alkali sülfite pişirme çözeltisinde yeterli derecede kimyasal liflendirme yapabilmek için ya çok uzun süreyle pişirme işlemi yapılmalı ya da antrakinon kullanılmalıdır.

Teknik açıdan başarılı bir katalizör bazı ilave özelliklere sahip olmalıdır. Bunlar toksik etkiye sahip olmaması, çevreye karşı olumsuz etkilerinin olmayışı ve maliyetinin düşük olmasıdır. Antrakinon sahip olduğu tüm bu özellikler ile başarılı bir pişirme kimyasalı olmuştur (Macleod, 1983).

Antrakinon başlangıçta pişirme çözeltisinde, daha önce belirtildiği gibi oda sıcaklığında çözünmez haldedir. Sıcaklığın artmasıyla beraber antrakinon etkisini göstermeye başlar. Pişirme çözeltisinde bulunan her bir antrakinon molekülünün serbest ve bağımsız halde olması gerekmektedir. Bu koşul, pişirme esnasında çözeltinin etkisiyle meydana gelen veya etkilenen her bir molekül antrakinon ile aktif yapıdaki lignin moleküllerinin etkili bir şekilde birbirine temas etmelerine olanak tanımaktadır. Yani antrakinon molekülü ne kadar çok bağımsız bir yapıda bulunuyorsa lignin ile reaksiyona girme imkânı o kadar çok artacaktır. Bundan dolayı antrakinonun ne kadar çözünebilir olduğu önemli bir sorudur. Bu sorunun cevabı yani antrakinonun ne kadar çözünebilir yapıda olduğu, antrakinonun elektrokimyasal indirgenme miktarı ile veya daha açık bir ifadeyle lifin polisakkarit kısımlarının ucundaki aldehit kimyasal gruplarından antrakinon moleküllerine ne kadar elektron transferi olacağına bulunması ile verilebilir. Meydana

gelen elektron alışverişi sonucunda aldehit gruplarında elektron kaybı (oksidasyon) ortaya çıkar, bu durumda aldehit grupları karboksilik asit gruplarına çevrilir. Bu dönüşüm aynı zamanda polisakkarit moleküllerini verim kaybı süreci dediğimiz “soyulma reaksiyonuna” karşı stabilize eder. Soyulma reaksiyonu polisakkarit polimer zincirinin ucundan şeker gruplarının sürekli olarak ayrılmasıdır (degrade olmasıdır). Kimyasal anlamda lifin “harcı ve tuğlası” olan selüloz ve hemiselüloz grupları lifi meydana getiren yapı taşlarını oluşturur ve AQ bu yapı taşlarını soyulma reaksiyonuna karşı stabilize eder. Bu nedenle soyulma reaksiyonunun baskısı AQ pişirmelerinde gözlemlenen verim artışı karşısında önemsiz kalır (Macleod, 1983).

Soda-AQ mekanizmasının delignifikasyon ve karbonhidrat stabilizasyonunu açıklamak için 1978 yılında kabul edilen model Antrakinin (AQ)-Antrahidrokinon (AHQ) anyon redoks döngüsü taban olarak kabul edilir (Ingruber, 1985). Soda veya kraft pişirmesinde AQ’un kimyası şu şekilde açıklanabilir, polisakkaritlerin indirgen uç gruplarında hızlı oksidasyon başlar. Bu reaksiyonda AHQ oluşur. AHQ daha sonra ligninde oluşan kinonmetid ara ürünü ile reaksiyona girecektir. O zaman β -O-4 bağı koniferil alkol formuna dönüşür ve fenolik uç gruplar oluşur (Gellerstedt, 2007). Yukarıda kısaca değinilen mekanizma pek tabii bir alkali pişirme yöntemi olan alkali sülfite içinde doğrudur.

Daha açık bir ifadeyle elektronların antrakinin molekülüne transferi AQ’u indirgenmiş bir yapıya dönüştürür ve antrahidrokinon (AHQ) formu oluşur. Gerçekte antrakinin, değişik koşullar altında pişirmede çok az miktarda çözünür ve odundan kaynaklanan kararsız yapıdaki indirgenmiş şekerler tarafından oksitlenebilir. Her iki durumda da antrakinin, ana redoks (oksidasyon/indirgenme) reaksiyonunda etkili olması için izin verilen indirgenmiş türler ile molekül temasına girer.

Genelde antrakinin pişirmesinin hızlanması için kabul görmüş mekanizmada AHQ reaktif lignin yapıları üzerine atağa geçmektedir. Bu reaktif lignin yapıları, alkali pişirme koşulları altında, doğal lignindeki fenolik yapılara olan ataklar ile oluşur. Elektronlar lignin yapısına transfer edilir. Bu transfer lignin yapısının bölünmesine sebep olur ve bu süreçte antrakininin orjinal, okside edilmemiş yapısı yeniden üretilir. İstenmeyen reaksiyonlar kalıntı lignin yapılarına olan veya uygun lif bileşenlerinin şeker gruplarında meydana gelen geri dönüşümsüz bağlanmalarla meydana gelir. Aynı zamanda bu istenmeyen reaksiyonlar, reaktif lignin gruplarının oluşumunu önleyerek antrakininin olumlu etkisini yok

etmektedir. Reaktif lignin yapıları yalnızca alkale pişirme ortamında yavaş bir şekilde degrade edilebilir (Macleod, 1983).

Son zamanlarda yapılan araştırmalar yukarıda bahsedilen reaksiyonlar yanında diğer reaksiyonlarda da antrakininonun yer aldığından bahsedilmektedir. Bu yayınların dayanak noktası şudur; antrakininonun ligninin bazı kısımlarını okside eder ve AHQ polisakkaritlerin bir kısmını indirgeyebilir. Yukarıda tanımlanmış mekanizmalar, maksimum etki gösterebilmesi için, antrakininonun pişirme işleminin başlangıcında kazan içerisinde var olmasının zorunlu olduğunu öne sürmektedir: antrakininonun stabilize etmesinden önce degrade olan polisakkaritler, yani antrakininon başlangıçta pişirme çözeltisi içerisinde bulunmayıp, iki temel etkisinden biri olan karbonhidratların stabilizasyonu etkisini göstermezse, antrakininon sonradan ilave edilse dahi degrade olmuş bu karbonhidrat yapıları onarılamaz (Macleod, 1983).

Kuvvetli alkale AS çözeltisi sülfite ve kostik sodanın eşit miktarlarından oluşmuştur ve kraft çözeltisiyle aynı pH aralığında yer alır. AS-AQ çözeltisi daha yüksek kostik soda miktarı ile kraft çözeltisinin pH 12 ile karşılaştırıldığında pH 11'in altına kadar pişirme yapar. Her iki çözeltide bulunan karbonatta pişirmede hiç bir etki göstermeden, yalnızca pH dengeleyici olarak bulunur. İlimli alkali çözeltiler yüksek miktarda sülfite içermektedir. Kostik soda karışımında bir parça dahi olduğunda pH neredeyse 13 olur ama alkali kimyasalların düşük miktarları nedeniyle pH neredeyse 9'un hemen üzerine kadar düşme eğilimindedir. Kostik soda olmadan bir karbonat çözeltisinin başlangıç pH'sı yaklaşık 11,5'tur. Çoğu çözeltide karbonat alkaleleştirme ve tampon ajan olarak büyük bir rol oynar (Ingruber, 1985).

Başlangıç pH seviyesinin 11,5 ve elde edilen siyah çözeltinin nihai pH'sının 9 olması nedeniyle, yöntem adlandırması "Alkali Sülfite-Antrakininon Yöntemi" (AS-AQ) olarak yapılmıştır. Bu yöntem için Virkola tarafından bulunan "Nötral Sülfite-Antrakininon Yöntemi" (NS-AQ) ismi açık bir şekilde alkale bir yöntem olan bu yöntem için doğruyu teşkil etmemektedir (Macleod, 1986).

1.1.5.3.2. Alkali Sülfite Antrakininon Metanol/Etanol (ASAM ve ASAE) Yöntemleri

Organosolv pişirmesinde lignoselülozik maddelerin delignifikasyonu için alkoller, ketonlar, glikoller, esterler ve organik asitleri içeren farklı karakter ve yapıda çok sayıda

organik çözücünün kullanımı önerilmiştir. Bu çözücülerden en çok düşük molekül ağırlığına sahip alifatik alkollerin (metanol ve etanol) kullanımı uygun bulunmuştur. Çünkü bu alkollerin fiyatları ve bu alkollerin kullanılacağı sistemlerin ilk yatırım maliyetleri düşüktür. ALLCELL yönteminde etanol ve su beraber kullanılırken, elde edilen hamurların özellikleri kraft kâğıt hamuruna eş değerdir. ORGANOCELL ve ASAM yöntemi metanolün en çok kullanıldığı yöntemlerdir ve endüstriyel anlamda da çok yaygındırlar (Jimenez ve ark., 1999).

AS-AQ pişirmesinin daha önceden açıklanan avantajları, ağartılabilir oranlarda hamur üretim imkanlarını (kappa numarası aralığı 20-30) elde edebilmek için delignifikasyon miktarının arttırılmaya çalışılması nedeniyle azalmaktadır. Bu grup alkalen sülfite pişirmesi çözeltisine metanol ilavesi ile delignifikasyon oranını oldukça büyük bir oranda arttırmıştır. Hamur viskozitesi korunurken, çok sistematik bir yaklaşımla, delignifikasyon üzerine pişirme çözeltisinin her bir bileşeninin katkısı değerlendirilmiştir. Deneyler, kuru oduna oranla sodyum hidroksit cinsinden hesaplanmış %25'lik bir toplam alkali miktarını içeren ve sodyum sülfite/sodyum hidroksit oranı 80/20 olan bir pişirme çözeltisi ile yapılmıştır. Reaksiyon koşulları, maksimum sıcaklık 175°C, pişirme süresi 150 dakika ve ham materyal olarak ladin odunu olarak sabit tutulmuştur. Bu koşullar altında 150'lik kappa numarasında ligninin yalnızca %20'sinin çözünebildiği belirlenmiştir. Daha önceden anlatıldığı gibi sınırlı delignifikasyon oranı pişirme çözeltisinin düşük alkaliditesine bağlanabilir. Degrade olmuş odun bileşenleri tarafından yüklü sodyum hidroksit nötralize edilir edilmez, delignifikasyon önemli derecede yavaşlamaktadır. Pişirme çözeltisindeki suyun bir kısmı yerine metanol alınarak delignifikasyon yükseltilmiştir ve sonuç kappa numarası yaklaşık olarak 100'e ulaşmıştır. Antrakinin ilavesi çok etkili bir şekilde delignifikasyonunu daha da geliştirmiş ve kappa numarasını yaklaşık 40'a düşürdüğü belirlenmiştir. Her iki maddenin sülfite pişirme çözeltisine katılmasıyla, ladin odununun delignifikasyonu 25 kappa numarasına kadar düşmüştür. Bu bulgular baz alınarak, yeni pişirme yöntemi Alkali Sülfite Antrakinin Metanol (ASAM) pişirmesi geliştirilmiştir (Patt ve ark., 1986). Sonraki on yıl boyunca laboratuvar ve pilot ölçekli tesislerde tüm ham materyal kaynakları için (yumuşak odun, sert odun ve yıllık bitki) ASAM yöntemi geliştirildi (Zimmerman ve ark., 1991; Kordsachia ve ark., 1987; Kordsachia ve ark., 1988; Kordsachia ve ark., 1990;).

ASAM yöntemi kraft yöntemi ile karşılaştırıldığında; daha iyi sağlamlık özellikleri, daha yüksek verim ve daha iyi ağartılabilirlikteki hamurları verdiği kanıtlanmıştır. ASAM

üzerine yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Green ve Sanyer, 1982, Marton ve Grazow, 1982):

1. ASAM pişirmesi ile delignifikasyon kraft pişirmesinden daha hızlıdır. Verim ise % 4-5 daha yüksektir.
2. Aynı miktarda lignin içeren hamurlardan hazırlanmış kâğıtların sağlamlık özellikleri karşılaştırıldığı zaman, yırtılma indisi dışında diğer faktörler benzer bulunmuştur.
3. Lignin moleküllerindeki aktif benzil alkol gruplarının metilasyonu ile kondenzasyonun önlenmesi nedeniyle pişirme sırasında delignifikasyon hızlıdır.
4. Uç grup oluşumunun daha yavaş meydana gelmesi ve metasakkarinik asit oluşumunun hızlanması nedeniyle karbonhidratların soyulma reaksiyonu engellenir.

Bu yöntemin teknik yapılabilirliği TCF ağartması, metanol geri kazanım, çözeltili evaporasyonu ve konsantre edilmiş siyah çözeltilinin yakılmasını içeren büyük ölçekli pilot tesis denemelerinde kanıtlandı. Kraft yöntemine karşı açık üstünlüklerine rağmen ASAM yöntemi şu üç ana sorun yüzünden ticari olarak yaygınlaşamadı (Sixta, 2006):

1. Pişirme ortamında metanolün bulunması patlamayı önceden bildirecek bir donanımın ve geri dönüşüm sistemi gerektirir. Ayrıca bu iki yatırımın maliyeti oldukça yüksektir.
2. Mevcut sodyum sülfite geri kazanım sisteminin etkinliği ve güvenilirliği yeterli görülmemeyebilir ve ölçümlerin tekrarı üstlenilecek yüksek maliyetler getirecektir.
3. Kraft pişirme teknolojisi (modifiye edilmiş kraft pişirmeleri) geçen 15 yıl süresince büyük ölçüde gelişti ve bu durum ASAM yönteminin avantajlarını azalttı. Üstelik ECF ağartma yönteminin prosedürlerinin genel kabulü ile ASAM hamurunun daha iyi bir TCF ağartılabilirliği fikri artık mantıklı değildir.

AS-AQ yöntemi ile iyi sağlamlık özelliklerine sahip hamurlar üretilir ve hatta bu hamurların sağlamlık özelliklerinin bazıları kraft hamurlarının sağlamlık özelliklerine eşit veya biraz daha iyidir (Mc Donough ve ark., 1985). Modifiye edilmiş pişirmenin birçok imkanları düşünülerek, AS-AQ pişirme yönteminin potansiyelinden tamamıyla yararlanılmadığı kanısına varılmıştır. Örneğin, 40'ın altındaki bir kappa numarasında verim kaybındaki hızlı artış, hidroksit iyonu konsantrasyonuna ilişkin kalıntı ligninin sülfonlanmasında meydana gelen eksiklikleri yansıtmaktadır. Pişirme teknolojisinin başlangıcında, pişirme performansını daha ileri düzeyde optimize etmek için tüm tek

kademeli pişirme evrelerinde reaksiyon koşullarını düzeltmek için daha iyi bir temel sağlanmıştır (Sixta, 2006).

Kraft pişirmesi ile karşılaştırıldığında AS pişirmesinin önemli bir dezavantajı düşük delignifikasyon oranıdır. 3500 civarında bir H faktörü AS-AQ pişirmesinin kappa numarası 25 olan bir hamura ulaşmak için gerekliyken, kraft pişirmesi için 1200'lük bir H faktörü aynı kappa numarası için yeterlidir (Sixta, 2006).

Kobayashi ve arkadaşları (1978) tarafından yapılmış bir çalışmaya göre ASAM pişirmesi ile üretilmiş bir hamurun fiyatı 2.5-6.4 yen/kg tam kuru hamur olarak belirlenmiştir. Bu değerler kraft pişirmesinden daha yüksektir. Hamur fiyatlarının daha yüksek olmasının nedeni, metanol geri kazanımı için kullanılan buharın maliyetidir. Buna ilave olarak tam kapalı bir sistem kurulmasının zorunlu olması, patlamayı önlemek amacıyla kurulması zorunlu olan önleyici sistem ve güvenlik tertibatının bulunmasının zorunlu olması ASAM pişirmesi geri kazanımı için alınması gerekli olan bu önlemlerde birer maliyet meydana getirmektedir.

Sonuçta endüstriyel kabulü elde etmek için tek yol gerçekçi, ucuz, etkili ve esnek bir kimyasal geri kazanım sistemini geliştirmek en temel şarttır. Düşük sıcaklık gazlaştırmasının uygun yöntem olması mümkündür. Bu proses önemli derecede enerjiyi siyah çözeltilinin pirolizine ve aynı zamanda sodyum ve sülfür bileşiklerinin ayrı ayrı geri kazanımına izin vermelidir. Bununla beraber, pişirme işlemleri modifiye edilebilmeli ve hamur kolay ağartılabilmelidir (Sixta, 2006).

Alkali sülfid pişirmelerinde metanol ve etanole olan ilgi sadece bu maddelerin fiyatı ile ilgili değildir. Kabul edilebilir kalitede hamurlar üretme imkanı sunması ve çözücülerin kolayca geri kazanımı bu maddelerin kâğıt hamuru üretiminde kullanılmasını cazip kılar.

Metanol destilasyon ile geri kazanma ve etanolden daha ucuz olması gibi bazı ilginç özelliklere sahiptir. Etanol ise özellikle daha düşük toksik etkileri, daha az yanıcılık ve daha az uçuculuk gibi özellikleri nedeniyle daha fazla önerilmektedir.

Metanol (ASAM) ortalama olarak daha iyi lignin çözünmesi gösterir, ancak etanol (ASAE) pişirme yöntemi ile 10'dan bile daha düşük kappa numarası değerlerinin elde edilebileceği şiddetli pişirme şartlarında daha düşük miktarda lignin içeren hamurlar üretilir. Lignin çözünmesine karşın seçicilik etanol ve metanol pişirmeleri için aynıdır. Elenmiş verim konusunda, 20-30 kappa numarası aralığında etanol pişirmesi için daha yüksek değerler gözlemlenebilir. En önemli fark hamur viskozitesindedir. Etanol

hamurlarının ortalama olarak daha yüksek viskoziteli hamurlar vermesine rağmen, en iyi sonuçlar metanol hamurları ile elde edilmiştir (Jimenez ve ark., 1999).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada kâğıt hamuru üretimi sırasında Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ve Fıstık çamı (*Pinus pinea*) odunları kullanılmıştır. Bu odunlara ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) Odununun Botanik, Ekolojik, Makroskobik, Mikroskobik Ve Teknolojik Özellikleri

Botanik ve ekolojik özellikleri:

Ülkemizin Doğu Karadeniz bölgesi ve Kafkasya olarak bilinen bölge florasının önemli türlerinden biri olan Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) gymnospermae şubesinin coniferae sınıfında pinaceae familyasına dahildir. 40-50 metre hatta bazen 60 metreye kadar boy yapabilen, 1.5-2 m çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli önemli bir orman ağacıdır. Kabuk genç gövdelerde açık renkli düzgün, yaşlı gövdelerde ise kırmızımsı kahverengidir ve küçük boyutludur. Dallar çevresel olarak sık bir halde gövdeye yerleşmiştir. Genç sürgünler ince, renkli ve çıplaktır. Tomurcuk kahverengi, tüylü, sivri ve reçinesizdir.

Doğu ladini bilinen ladin taksonlarının en kısa yapraklısı olup, uzunlukları 6-11 mm, ortalama olarak 8 mm'dir. Kare şeklinde olan yaprakları küt olarak sonuçlanır ve renkleri parlak koyu yeşildir. Yapraklar sürgünleri kapatmak için dik durur. Çiçekleri bir evcikli (tek cinsli)'dir. Baharda karmen kırmızısı, sarı-kırmızı renkteki erkek çiçekler kozalakçık halinde, dişi çiçekler ise menekşe rengindedir. Kozalakların uzunluğu 10 cm'e kadar ulaşır, bazı ağaçlarda yeşil, diğer bazı ağaçlarda ise koyu kırmızı renklidir.

İlk yaşlarda ağacın kök büyümesi oldukça yavaştır ancak 8-10 yaşlarından sonra büyüme hızlanmaktadır. Kök sistemi sığ olmasına karşın, fiziksel özellikleri iyi olan topraklarda kuvvetli yan kökler ve derine inebilen ana kök sistemi oluşturabilmektedir.

Doğu ladini Kuzey Anadolu'nun sahil kesimleri ile Kafkasya'da doğal olarak yayılış göstermektedir. Ülkemiz coğrafyasında yayılışı olan tek ladin türüdür ve Türkiye-Gürcistan sınırında başlayarak batıda Ordu ili yakınlarındaki Melet ırmağı ile son bulmaktadır. Ülkemizde doğu ladini denize yönelik yamaçlarda, saf, kayın veya göknar ile

karışık meşçereler halinde toplam 150000 hektarlık alanda yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan, 2001; Coombes, 2006).

Doğu Ladini; Doğu Karadeniz bölgesinde 133109 ha alanda saf, 200000 ha alanda ise Sarıçam, Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Kayını ile karışık meşçereler kurmaktadır (Ata, 1992, Yahyaoğlu, 1990).

Makroskobik Özellikleri:

Bu türün odun hakkında öncelikle söylenebilecek olan en önemli özellik, özodunu ile diri odunu arasında belirgin bir renk farklılığının görülmemesidir. Odun genellikle beyaz, krem beyaz, sarımsı beyaz veya toprak rengindedir. Yıllık halkalar farklılaşmış yaz odunu nedeniyle iyice belirginleşmiştir. Yıllık halka genişliği yetiştirme yerine ve işletme şekline göre değişir. Yüksek yörelerde yetişen bireylerin yıllık halkaları daha dardır. Düşük rakımlarda, vadilerde ve zengin topraklarda yetişenlerin yıllık halka genişliği 10 mm'ye kadar ulaşır. Fakat bu özellikteki odunların mekanik ve teknolojik özellikleri yüksek değildir. Hatalı yetiştirme veya sık ormanlarda yetişmesi halinde yıllık halkalar dar ve kalitesiz olur. Odun taze iken reçine kokar. Kuru haldeki odunda koku duyulmaz (Merev, 2003).

Mikroskobik Özellikleri:

Mikroskobik açıdan incelendiğinde, ladin odunu yapısında boyuna traheidler, öz ışınları (öz ışını paranzim hücreleri), enine traheidler ve reçine kanalları bulunmaktadır. Genel bir kural olarak diğer tüm İYA'da olduğu gibi trahe hücreleri odun yapısında bulunmaz.

Diğer bir kuralda traheidler üzerinde sadece kenarlı geçitlerin bulunabileceğidir. Kenarlı geçitler ve bu noktalarda meydana gelen aspirasyon ladin odununda genellikle sıvıların penetrasyonunu güçleştiren en önemli etkidir. İlk bahar odunları traheidlerinin radyal çeperlerinde büyük üniseri veya bazen biseri kenarlı geçitler yer almaktadır. Yaz odunu traheidlerinin hem radyal hem de teğet çeperlerinde küçük kenarlı geçitler bulunur. Öz ışını paranzim hücreleri ile boyuna traheidlerin karşılaşma yerlerinde "1-4" adet küçük piceoid tipi geçit vardır. Öz ışınlarını maksimal yüksekliği "40" (ortalama 20 hücre) hücreye ulaşır (Merev, 2003).

Teknolojik Özellikleri:

Doğu ladininin odunu açık beyaz renkli ve hacim yoğunluk değeri 20 cm'lik çapta ortalama 0,375 g/cm³, 35 cm'lik çapta 0,362 g/cm³ ve 50 cm'lik çapta ise 0,345 g/cm³'tür.

Bu özelliklerinden dolayı kâğıtçılığa oldukça uygun bir ağaç türü olarak görülmektedir (Bostancı, 1979).

Traheid boyunun traheid çapına oranlanması ile hesaplanan keçeleşme katsayısının iğne yapraklı ağaçlarda 70'in üzerinde olması elde edilecek kağıdın yırtılma direncinin yeterli olacağını göstermektedir (Bostancı 1987). Lümen genişliğinin traheid çapına oranlanıp 100 ile çarpılmasıyla hesaplanan "Esneklik oranı" 75'ten büyük iken "iyi" kalitede kâğıt yapımına uygun olmakta, 30 dan küçük iken bu maksatla uygun olmamaktadır (Göksel ve ark., 1975). Çift çeper kalınlığının lümen genişliğine oranlanması ile bulunan "Runkel oranı" 1'den küçük iken kağıdın yırtılma ve çift katlama dışında kalan özellikleri yükselmekte ve traheidlerin ince çeperli oldukları kabul edilmektedir. Bu değer, daha önce yapılmış bir çalışmada Doğu Ladini diri odununda ortalama 0.45, öz odununda 0.55 olarak bulunmuştur (Ay ve ark., 1998). Traheid uzunluğunun çeper kalınlığına oranlanması ile bulunan "F faktörü" kağıdın esnekliği hakkında bilgi verir. Kâğıt sanayiinde yoğun olarak kullanılan Kızılcım odununun F faktörü 472.66 olup (Göksel, 1981), bu değer Doğu Ladini diri odununda ortalama 669.15, öz odununda 481.13 olarak bulunmuştur (Ay ve Şahin, 1998). Ladin odunun önceki çalışmalarda belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Akyüz, 2005).

Tablo1. Doğu Ladini odununun bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikler		Ortalama
Yıllık Halka Genişliği (mm)		2,34
Tam Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		0,416
Hava Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		0,451
Hacim-Yoğunluk Değeri (kg/m ³)		366,46
Daralma Yüzdeleri (%)	Liflere Paralel Yönde	0,182
	Radyal Yönde	3,878
	Teğet Yönde	7,147
	Hacmen	11,207
Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci (kg/cm ²)		390,68
Eğilme Direnci (kg/cm ²)		707,03
Eğilmede Elastiklik Modülü (kg/cm ²)		105285
Dinamik Eğilme Direnci (kg.m/cm ²)		0,393
Liflere Paralel Yönde Çekme Direnci (kg/cm ²)		875,5
Liflere Dik Yönde Çekme Direnci (kg/cm ²)	Radyal Yönde	16,24

2.1.2. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*) Odununun Botanik, Ekolojik, Kimyasal Ve Teknolojik Özellikleri

Botanik ve Ekolojik Özellikler:

Coniferae sınıfının pinoidae alt familyasının pinus cinsinin bir türüdür. Bu çamı İngilizler Stone Pine, Fransızlar Pin Pignon, Almanlar Pinie, Schrimkiefer, Nusskiefer, İtalyanlar da Pino domestico diye adlandırırlar. 20-25 metre boylara ulaşan, öteki çamlardan kolayca ayrılabilen, yaşlanınca şemsiye gibi dağılan tepe yapısına sahip bir çam türüdür. Bu nedenle, birçok literatürde Şemsiye Çamı olarak da isimlendirilmektedir. Gövde önce pulsu yapıda olup, kahverengi kırmızı, sonra derin çatlaklı ve büyük plakalar halinde kalın bir kabuğu vardır. Genç sürgünler incedir. Bunlar önceleri koyu yeşil sonraları sarımsak kahverengidir. Reçinesiz tomurcuklar yumurta şeklinde sivridir. Tomurcuk pulların uçları geriye doğru kıvrılmıştır. 10-20 cm uzunluğunda iğne yapraklar parlak, batıcı ve sivri uçlu, kenarları dişli olup, açık yeşil renktedir. İğne yaprakların dip kısımlarını örten kın oldukça uzun, 10-12 mm, açık sarı esmer renktedir. Erkek çiçekler silindirik biçimde olup, uzundur. Terminal durumlu dişi çiçek teker teker, bazen de iki üç adedi bir arada bulunur. Kozalak çok kısa saplı olup, sürgüne hemen hemen oturmuş gibidir. Olgunlaşmasını üç yılda tamamlamakta, rengi parlak, kırmızımsı kestane rengindedir. Oval ve simetrik bir biçimde olan kozalağın pulları parlak kahverengidir. Fıstık çamının kök sistemi genellikle kuvvetlidir. Uygun topraklarda daha ilk yıllardan başlayarak derine inen kazık kök oluşturur. Bu nedenle, deniz rüzgarlarına karşı, derin kökleri ve geniş tepeleri ile önemli ölçüde karşı koymaktadır. Odununun geniş, sarımsak renkli diri odunu ve ondan daha belirgin olarak ayrılan kırmızımsı kahverengi öz odunu vardır. Bu çam türünün odunu, her ne kadar sarıçam ve karaçam gibi değerli değilse de, reçine üretimi ve kimi yerel gereksinimlerde kullanılır. Asıl yararlanma şekli ise yenen yağlı tohumları olan yan ürünlerdir. Aynı zamanda, güzel bir park ağacıdır. Özellikle Akdeniz yörelerinde kurak ve sıcak yazlara çok iyi uyum sağlamaktadır (Anşin ve Özkan, 2001).

Daha çok Akdeniz bölgesine özel olan bir ağaç türüdür. Coğrafi yayılış alanı batıda Portekiz ve İspanya kıyılarından, doğuda Anadolu'ya, güneyde Kuzey Afrika'dan kuzeyde Dalmaçya'ya kadar olan alandır. Bu sınırlar içerisinde Portekiz, İspanya, Güney Fransa ve İtalya'da, Yunanistan'da, Arnavutluk'ta ve daha geniş olarak da Anadolu'da yerli olarak bulunur ve buralarda saf ve karışık orman kuruluşlarında bulunur.

Fıstık çamı Batı Anadolu'da Bergama yörelerinde, Kozak, Aydın, Muğla yakınlarında geniş meşcereler oluşturur. Ayrıca Manavgat sahillerinde, Marmara yöresinde, Gemlik körfezi kıyılarında, Kahramanmaraş'ta ve Önsan Köyünde yayılış göstermektedir. Bu genel yayılış dışında, Doğu Karadeniz sahil ve iç kesimlerinde çok dar ve parçalı halde Trabzon'un Kalenema Deresi, Düzköy yöresi ve bundan daha geniş olarak Artvin Çoruh vadisinde yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan, 2001).

Fıstık çamının kapladığı orman alanı 46.490 hektardır (URL-1, 2010). Bu ormanların tamamına yakını devlete aittir. Devlete ait ormanlık alanlar dışında ülkemizde fıstık çamının en yaygın olarak yerleştirildiği yer olan İzmir'in Bergama ilçesine bağlı Kozak Nahiyesinde yaklaşık olarak 5000 hektar özel mülkiyette bulunan fıstık çamı sahası bulunmaktadır (B.T.O., 2003).

Makroskobik Özellikler:

Öz odunu belirgindir. Yıllık halkalar belirgin veya az belirgin olabilir. Kökleri yeraltı sularına kadar ulaşan bireylerinde yıllık halkalar belirgin değildir. Sıcak bölgelerin ağacıdır.

Mikroskobik Özellikler:

Odunu boyuna traheidler, öz ışınları (özışını paranzim hücreleri), enine traheid hücreleri ve reçine kanallarından oluşur. Boyuna traheidlerin radyal çeperlerinde üniseri-biseri büyük boyutlu kenarlı geçitler vardır. Öz ışınları heterojendir ve öz ışını paranzim hücrelerinin çeperleri oldukça incedir. Öz ışınları paranzim hücreleri ile boyuna traheidlerin karşılaşma yerlerinde, "2-4" adet pineoid, piceoid (yaz odunu traheidlerinin olduğu yerde) ve taxodioid tipi geçitler vardır.

Çok sayıda boyuna reçine kanalı vardır. Epitel hücrelerinin çeperleri incedir. Genellikle yaz odunu zonunda ve yıllık halka sınırlarına yakın bulunurlar. Enine reçine kanalları küçük boyutludur. Odunda boyuna paranzim yoktur.

Fıstık çamının daha önceki çalışmalarda belirlenen fiziksel ve mekaniksel özellikler Tablo 2'de verilmiştir (Erten ve Sözen, 1994).

Tablo 2. Fıstık Çamı odununun bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikler		Ortalama
Yıllık Halka Genişliği (mm)		4,44
Tam Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		0,4750
Hava Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		0,5080
Hacim-Yoğunluk Değeri (kg/m ³)		0,47
	Liflere Paralel Yönde	
Daralma Yüzdeleri (%)	Radyal Yönde	6,2299
	Teğet Yönde	3,9297
	Hacmen	9,4313
Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci (kg/cm ²)		315
Eğilme Direnci (kg/cm ²)		581
Eğilmede Elastiklik Modülü (kg/cm ²)		47826,9
Dinamik Eğilme Direnci (kg.m/cm ²)		
Liflere Paralel Yönde Çekme Direnci (kg/cm ²)		407,2250
Liflere Dik Yönde Çekme Direnci (kg/cm ²)	Radyal Yönde	3,9297

2.1.3. Ladin (*Picea orientalis* L.) ve Çam (*Pinus pinea*) Odunlarının Temini, Seçilmesi ve Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan ladin (*Picea orientalis* L.) odunları Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Maçka İşletme Şefliğinden temin edilmiştir. Ladin odunları Hamsiköy yöresinden taze halde olarak kesilmek suretiyle araştırma için kullanılmıştır. Çam (*Pinus pinea*) odunu ise Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesinden, taze halde kesilmek suretiyle elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılacak tomruklardan yonga elde edilebilmesi için tomruklar önce şerit testere ile 2-3 cm'lik tekerleklere ve 2-3 cm genişliğinde kalem şeklindeki parçalara bölünmüştür. Yongalama öncesinde hammadde çürük, budak vb. kusur içermemesi için dikkatlice gözden geçirilmiştir. Kabuklarından özenle arındırılan hammadde 2 cm uzunluk, 2 cm genişlik ve 2-4 mm kalınlığındaki yongalara bölünmüştür.

2.1.4. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) ve Çam (*Pinus pinea*) Odunlarına Uygulanan Kimyasal Analiz Yöntemleri

Kâğıt hamuru yapımında kullanılacak olan hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi, elde edilecek kâğıt hamuru miktarını ve özelliklerini belirlemek açısından önemlidir. Selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması ise pişirme koşullarının belirlenmesi üzerine bir etkisi olabilir. Diğer taraftan hemiselülozların oranı ve çeşidi kâğıt hamurlarının sağlamlığını ve dövme

niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler. Ayrıca bazı ekstraktif maddeler pişirme ya da geri kazanma sırasında bir takım problemler oluşturabilir (Eroğlu, 1980).

2x2x0.2-0.4 cm yonga boyutlarına getirilen hammadde örnekleri kullanılan tomruğun her bölgesinden eşit miktarda almak koşuluyla karıştırılarak kimyasal analizler için ince yongalar haline getirildikten sonra TAPPI T 11 m-45 standardına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen parçacıkların sarsıntılı elek üzerinde elenmesinden sonra 40 mesh'lik elekten geçen 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısmı alınarak 103±2°C'de rutubeti belirlendikten sonra ağzı kapalı cam kaplara konulmuş ve analizler için hazır hale getirilmiştir.

Rutubeti belirlenen örnekler üzerinde aşağıda sıralanan kimyasal analizler uygulanmıştır.

2.1.4.1. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Yöntemler

Yukarda belirtilen şekilde hazırlanan ladin ve çam odun örneklerinin kimyasal analizleri aşağıda Tablo 3'de belirtilen standart yöntemlere göre yapılmıştır.

Tablo 3. Ladin ve Çam odunlarının kimyasal analizinde kullanılan standart yöntemler

Deney adı	Yöntem
Rutubet tayini	TAPPI T 264 om-88
Alkol-benzen çözünürlüğü	TAPPI T 204 om-88
Soğuk-sıcak suda çözünürlük	TAPPI T 207 om-88
%1 NaOH'te çözünürlük	TAPPI T 212 om-88
Holoselüloz tayini	Wise klorit yöntemi
Selüloz tayini	Küschner-Hoffner Metodu
Alfa selüloz tayini	TAPPI T 203 os-71
Lignin tayini	TAPPI T 211 om-88

2.1.4.2. Lif Boyutlarının Belirlenmesi

Ladin ve çam odunları maserasyon yöntemi (klorit delignifikasyonu) kullanılarak lifleri bireysel hale getirilmiş, gliserin-jelatin kullanılarak preparatlar hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatların fotoğrafları Projectina marka mikroskopta, liflerin uzunluklarının belirlenmesi için x90 büyütme, lif genişliği ve çeper kalınlığının tayini için ise x560 büyütme oranlarına sahip mercekler kullanılarak alınmıştır. Daha sonra Digimizer bilgisayar programı ile belirtilen lif boyutları belirlenmiştir.

Belirlenen lif özellikleri ile bu liflerden üretilen kâğıtların özellikleri arasında ilişki kurmaya yardımcı olan bazı oranlar aşağıda yöntemlere tespit edilmiştir.

Keçeleşme oranı lif uzunluğu / lif genişliği oranıyla ifade edilen bir değerdir. Kağıdın direnç özellikleri üzerin önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır.

Elastiklik katsayısı (lümen çapı x 100) / lif genişliği şeklinde ifade edilen bir orandır. Liflerin elde edildiği hammaddenin yoğunluğu ile yakından ilişkilidir. Bu orana göre lifler dört gruba ayrılır (Bostancı, 1987):

- Elastiklik katsayısı 70'den büyük olan lifler: İnce çeperli olup direnç özellikleri yüksek kâğıt verirler
- Elastiklik katsayısı 50-70 arasında olan orta kalınlıkta çere sahip lifler: Kolay yassılaştıklarından direnç özellikleri çok iyi olan kâğıtlar verirler.
- Elastiklik katsayısı 30-50 arasında olan kalın çeperli lifler: Kâğıt yapımı sırasında preslerde yassılaştırmaları zor olup düşük dirençli kâğıt safihası verirler
- Elastiklik katsayısı 30'dan düşük olan lifler: Genellikle kâğıt yapımında tercih edilmezler.

Katılık katsayısı ise (lif çeper kalınlığı x 100) / lif genişliği oranıyla hesaplanmıştır.

Runkel oranı ise (lif çeper kalınlığı x 2) / lümen çapı şeklinde ifade edilmektedir. Bu belirlenen orana göre lifler üç gruba ayrılır (Bostancı, 1987):

- Runkel oranı < 1 olan ince çeperli lifler
- Runkel oranı = 1 olan lifler orta-kalın lifler
- Runkel oranı > 1 olan kalın çeperli lifler

2.1.5. Kappa Numarasının Tayini

Kappa numarası özel şartlar altında 1 gram tam kuru kâğıt hamuru tarafından tüketilen 0,1 N KMnO₄ çözeltisinin ml olarak miktarıdır. Kappa numarası ile 0,15 faktörünün çarpılması sonucu elde edilen değer % olarak hamurda kalan ortalama Klason lignin miktarını vermektedir. Bu nedenle kappa numarası lignin arındırılmış hamur veriminin bulunması yanında ağartmada kullanılacak kimyasal madde miktarının hesaplamasında da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Kappa numarası tayini TAPPI T 236 om-99 standardına göre her hamur için iki defa yapılmıştır.

2.1.6. Viskozite Tayini

Selülozun polimerizasyon derecesi (DP) ile ilişkili olan viskozite değeri dolaylı olarak hamurun direnç özelliklerini de etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle kağıdın yırtılması ve gerilmesi ile ilgili direnç değerleri viskozite artışıyla paralel olarak artmaktadır (Patt ve ark., 1992).

Viskozite tayini SCAN-C 15:62 standardına uygun olarak yapılmış olup hamur, 0,5 M bakiretilendiamin (CED) çözeltisinde çözündürüldükten sonra pipet tipi viskozimetre kullanılarak bağıl viskozitesi bulunmuş, daha sonra bu değer Martin'in formülüne göre [1] düzenlenen tablodan cm^3/g olarak gerçek viskoziteye dönüştürülmüştür. Hesaplanan viskozite ile hamurun polimerizasyon derecesi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır:

$$DP^{0,905} = 0,75 \times \text{Viskozite} \quad [1]$$

Viskozite tayini her hamur örneği için iki kez tekrarlanmış olup sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

2.1.7. Alkali Sülfite Pişirme Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Pişirme Şartlarına Ait Deney Planları

Ladin ve Çam odunlarından alkali sülfite pişirmesi ile kâğıt hamuru üretiminde daha önceden Ingruber (1982) ve Kırıcı (1991) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar dikkate alınarak pişirme şartları oluşturulmuştur. Ön işlem yapmadan gerçekleştirilen pişirme işlemlerinden sonra yongaların iyi pişmediği, liflerin tam olarak açılmadığı görülmüştür. Ayrıca pişirme ortamına yapılan AQ ilavesinin yongaların pişmesine yapmış olduğu katkının çok önemli olduğu yapılan çalışma sırasında belirlenmiştir. Ancak tek başına AQ ilavesinin yine de ladin ve çam odunlarının pişirilmesi ya da delignifikasyon için yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden daha önceki çalışmalarda baz alınarak yongalara bir ön işlem yapılmıştır. Pişirme sırasında uygulanacak maksimum sıcaklığa erişmeden önce $115\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, (emprenye sıcaklığına çıkış süresi 40 dakika) 60 dakika süreyle bir ön işlem uygulanmıştır. Ön işlem sırasında diğer koşullar pişirme niteliğine bağlı olarak sabit tutulmuştur. Pişirme sırasında çözelti/yonga oranı 4/1, sodyum sülfite/sodyum hidroksit oranı 4/1, $\text{Na}_2\text{SO}_3/\text{NaOH}$ oranı 20/5 (% olarak aktif alkali), AQ oranı %0.2 ve pişirme

sıcaklığı 180°C olarak sabit alınmıştır. Değişken olarak pişirme süreleri 150 ve 180 dakika olarak alınırken; pişirme çözeltisine oranla %50 etanol ilavesi ile %1, %2 ve %3 oranlarında (tam kuru oduna oranla) NaBH₄ ilavesi yapılmıştır. Bu değişkenlere göre gerçekleştirilen Alkali Sülfid-Antrakinin (ASA), Alkali Sülfid-Antrakinin-Etanol (ASAE) ve Alkali Sülfid-Antrakinin-Bor hidrür (ASAB) pişirmeleridir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen pişirme koşulları aşağıda Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Doğu Ladin (*Picea orientalis* L.) ve Çam (*Pinus pinea*) odunları için kullanılan pişirme koşulları

Deney Kodu		Na ₂ SO ₃ (%)	NaOH (%)	AQ (%)	NaBH ₄ (%)	Et-OH (%)	Max. Sıcaklık (°C)	Süre (dak)
LADİN	ÇAM							
L1E	Ç1	20	5	0.2	-	-	180	150
L2E	Ç2	20	5	0.2	-	-	180	180
L3E	Ç3	20	5	0.2	-	50	180	150
L4E	Ç4	20	5	0.2	-	50	180	180
L5E	Ç5	20	5	0.2	1	-	180	150
L6E	Ç6	20	5	0.2	2	-	180	150
L7E	Ç7	20	5	0.2	3	-	180	150
L8E	Ç8	20	5	0.2	1	-	180	180
L9E	Ç9	20	5	0.2	2	-	180	180
L10E	Ç10	20	5	0.2	3	-	180	180

2.1.8. Kâğıt Hamuru ve Deneme Kâğıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Yöntemler

Pişirme işlemi 15 lt kapasiteli, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, otomatik sıcaklık kontrollü, elektrikle ısıtılan ve dakikada dört kez devir yapan laboratuvar tipi döner kazanda gerçekleştirilmiştir. Kazan doldurma ve boşaltma işlemi elle yapılmış olup her pişirmede 800’er gram tam kuru ağırlıkta ladin ve fıstık çamı yongaları kullanılmıştır.

Pişirme sonrası kazandan alınan siyah çözeltinin pH derecesi ölçülmüş, pişen materyal ise 150 mesh’lik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra hamur, laboratuvar tipi lif açıcıda 10 dakika süresince disintegre edilmiş ve sonrasında yarık açıklığı 0.15 mm olan vakumlu elekte elenerek

pişmeyen kısımlardan ayrılmıştır. Elek üzerinde kalan kısım tartılarak tam kuru yonga ağırlığına oranla elek artığı miktarı belirlenmiştir.

Elenen kısım, rutubet dağılımı homojen olacak şekilde sıkılarak her bir pişirme hamuru ayrı polietilen torbalara koyulmuştur. Rutubetin dengelenmesi için ağzı kapalı olarak 24 saat bekletilmiştir. Hamurun rutubeti TAPPI T 264 cm-97 standart yöntemine göre belirlenmiş ve elenmiş verimler tayin edilmiştir.

Her bir pişirme hamuru TAPPI T 200 sp-01 standardına göre konsantrasyonu ayarlanarak Valley tipi hollanderde dövülmüştür. Her hamur örneği sırasıyla 10, 30 ve 50±5 SR° serbestlik derecelerine kadar dövülmüş, yeterli miktarda hamur alındıktan sonra SCAN-C 20:65 standardına göre Schopper-Riegler test aletinde serbestlik dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra Frank'ın Rapid Köthen laboratuvar tipi kâğıt makinesinde her bir hamurun her dövme derecesi için 10'ar adet deneme kağıdı yapılmıştır.

2.1.9. Deneme Kâğıtlarına Uygulanan Mekanik ve Fiziksel Testler

Yapılan deneme kâğıtları TAPPI T 402 sp-98 standardına göre 23±3°C ve bağıl nemi % 50±3 olarak ayarlanmış kondisyonlama odasında 12 saat süreyle bekletildikten sonra aşağıdaki testlere tabi tutulmuştur:

- TAPPI T 410 om-98 standardına göre gramaj (m^2 ağırlık),
- TAPPI T 411 om-97 standardına göre kalınlık,
- TAPPI T 412 om-94 standardına göre rutubet,
- TAPPI T 404 cm-92 standardına göre Frank aletinde 100 mm uzunlukta ve 15 mm genişliğinde hazırlanan kâğıt şeritler üzerinde kg cinsinden çekme indisi belirlenerek,

$$\text{Çekme İndisi} = \frac{1000 \times \text{Çekme Direnci}}{\text{Gramaj} \times 15} \quad [2]$$

formülüne göre km cinsinden hesaplanmıştır.

- TAPPI T 403 om-97 standardına göre Müllen aletinde kg/cm^2 cinsinden patlama direnci belirlenerek,

$$\text{Patlama İndisi} = \frac{1000 \times \text{Patlama Direnci} \times 0,0980665}{\text{Gramaj}} \quad [3]$$

formülünden $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ olarak hesaplanmıştır.

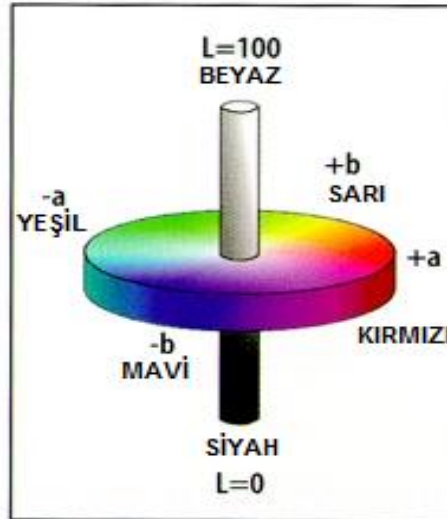
- TAPPI T 414 om-98 standardına göre Elmendorf aletinde 4 kat kâğıt üzerinde gram cinsinden yırtılma direnci belirlenerek,

$$\text{Yırtılma indisi} = \frac{\text{Yırtılma Direnci} \times 16 \times 0,0980665}{\text{Gramaj} \times 4} \quad [4]$$

formülünden mNm^2/g olarak hesaplanmıştır.

2.1.10. Deneme Kâğıtlarına Uygulanan Optik Testler

Standart yöntemlere göre elde edilen kâğıtların optik özelliklerinin tespitinde Elrepho-3300 model spektroskopik alet kullanılmıştır. Kâğıtların parlaklık ölçümleri ISO/DIS 2470 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Beyazlık ölçümleri ise ISO/DIS 11476 standart yöntemine göre tespit edilmiştir. Elde edilen deneme kâğıtlarının opaklık değerleri ise ISO/ DIS 2470 difüz reflektans metoduna göre belirlenmiştir. Renk ölçümleri ISO/CD 5631 standardına uygun olarak yapılmıştır. Renk değerlendirmeleri CIE (Commission International de l'Eclairage) tarafından 1971 yılında kâğıt endüstrisi için önerilen sistemle L^* , a^* ve b^* CIELAB koordinatlarının hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Renk koordinatları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Renk koordinatları

2.1.11. İstatistiksel Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada elde edilen deney sonuçlarına ilişkin verilerin değerlendirilmesi amacıyla Varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. İstatistik bilim dalında varyans analizi (veya ANOVA), gözlenen varyansı çeşitli kısımlara ayırma yöntemiyle bazı değişkenlerin başka bir değişken üzerindeki etkisini incelemeye yarayan bir grup modelleme türü ve bu modellerle ilişkili işlemlere verilen genel isimdir. ANOVA, ana kütle ortalamaları arasında farkın olup olmasını sınar. ANOVA yapılabilmesi için en temel şart, ortalamaları incelenecek olan ana kütlelerin varyanslarının aynı olmasıdır. Eğer sıfır hipoteziyle arasında fark bulunduysa Duncan testi yapılmıştır. Üretilen kâğıt safihalarının mekaniksel ve optik özellikleri bu istatistiksel değerlendirmelere tabi tutularak hangi yöntemin daha avantajlı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında ladin (*Picea orientalis* L.) ve çam (*Pinus pinea*) odunları kullanılmak suretiyle ASA, ASAE ve ASAB metotları kullanılarak kâğıt hamurları elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen kâğıt hamurlarının kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Kâğıt hamurlarından elde edilen test kâğıtlarının fiziksel ve optik özellikleri belirlenmiştir.

3.1. Ladin (*Picea orientalis* L.) ve Çam (*Pinus pinea*) Odunlarının Kimyasal Bileşenleri

Kâğıt hamuru eldesinde kullanılan ladin ve çam odunlarının kimyasal analizleri ana hücre çeperi bileşenleri ve çözünürlük değerleri olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Elde edilen veriler yapraklı ağaç odunlarından kavak ve yıllık bitki saplarından buğday sapı ve kendir soymuk liflerinin kimyasal bileşenleri ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Elde edilen veriler aşağıda Tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5. Ladin ve Çam odunlarının kimyasal analiz sonuçları

Kimyasal Bileşenler (%)	Ladin	Çam	Kavak	Buğday sapı	Kendir soymuk lifi
Holoselüloz	72.62±0.07	70.80±0.28	80.6	73.9	86.9
α-selüloz	46.20±0.04	46.08±0.19	42.8	38.9	71.4
Lignin	26.21±0.27	25.78±0.28	19.3	15.7	6.6
Selüloz	54.97±0.25	51.14±0.03	49.2	48.0	71.4
Alkol Benzen çözünürlüğü	4.16±0.08	6.69±0.02	1.85	5.3	4.2
% 1 NaOH çözünürlüğü	12.19±0.32	15.64±0.14	20.4	40.1	29.6
Sıcak Su çözünürlüğü	2.98±0.02	3.75±0.02	2.5	10.5	9.1
Soğuk Su çözünürlüğü	2.63±0.16	2.89±0.33	1.88	-	7.8
Kaynak	Tespit	Tespit	AKGÜL,2001	SERİN ve ark.. 2003	GÜMÜŞKAYA 2002

Genel olarak veriler değerlendirildiğinde ladin odununda holoselüloz ve selüloz oranının çam odununa göre fazla olduğu belirlenmiştir. Lignin ve alfa selüloz oranları arasında ise ladin ve çam odunu arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. Çözünürlük değerlerinde çam odununun reçineli türlere dahil olması sebebiyle bir miktar yüksek değerlere sahip olduğu Tablo 5’de görülmektedir.

Ladin ve çam odunlarının kimyasal analiz sonuçları ile diğer hammadde kaynaklarının karşılaştırılması sonraki bölümde yapılacaktır.

3.2. Ladin ve Çam Odunu Liflerinin Morfolojik Özellikleri

Lignoselülozik materyallerin kâğıt hamuru üretiminde kullanılabilmesi açısından liflerin uzunluk, genişlik, lümen çapı gibi morfolojik özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Ayrıca bu belirlenen boyutlar kullanılarak elde edilen oranlar kâğıt hamurlarından üretilen safihaların direnç özellikleri hakkında ön fikir edinilmesi açısından önem taşımaktadır.

Ladin ve çam odunlarının kâğıt hamuru üretiminde değerlendirilebilmeleri açısından göz önünde bulundurulması gereken en önemli kriterlerden biri olan liflerin morfolojik özellikleri ve lif boyut ilişkilerine ait ölçüm ve hesaplama sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ladin ve Çam odunlarının lif analiz sonuçları

Lif boyutları	Ladin odunu	SS*	Çam odunu	SS*
Lif uzunluğu (mm)	3.38	0.75	2.57	0.65
Lif genişliği (µm)	42	9.02	37	7.85
Lümen genişliği (µm)	26.8	12.24	22	8.02
Çeper kalınlığı (µm)	7.57	10.72	6.5	7.90
Keçeleşme oranı	80.71	-	69.45	-
Elastiklik oranı	64.28	-	59.45	-
Katılık katsayısı	18.02	-	17.52	-
Runkel oranı	0.57	-	0.59	-

*SS: Standart Sapma

Herhangi bir hammadde kaynağından maserasyonla elde edilen liflerin boyutlarına ve bu boyutlardan belirlenen oranlara göre kâğıt yapımına uygun olduğunu söylemek yanıltıcı olabilir. Gerek kâğıt hamuru üretimi gerekse kâğıt safihası üretimi sırasında liflerin maruz kaldığı mekanik ve kimyasal etkiler bu özelliklerin değişmesine sebep olabilir. Dolayısıyla sonuçta elde edilecek ürünün özellikleri beklendiği gibi olmayabilir. Ancak liflerin morfolojik yapıları ile safihaların direnç özellikleri arasında da önemli bir ilişki olduğu önceden yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Maserasyon yöntemiyle elde edilen liflerin boyları açısından bu çalışmada kullanılan hammaddeler değerlendirildiğinde ladinin çama göre daha uzun, geniş ve çeper kalınlığı daha fazla olan liflere sahip olduğu Tablo 6'da görülmektedir. Bu özelliklere bağlı olarak belirlenen oranlara göre de yine ladin odununun sahip olduğu liflerin çam odununa göre bazı avantajlara sahip olduğunu söylemek mümkündür. Burada bir başka noktaya temas etmek gerekmektedir. Kullanılan odunların arasında yaş farkı olması lif özelliklerine etki etmektedir. Ayrıca liflerin morfolojik özellikleri yetiştirme yeri koşullarına bağlı olarak da değişim göstermektedir.

3.3. ASA, ASAE ve ASAB Yöntemleriyle Elde Edilen Kâğıt Hamurlarının Özellikleri

Çalışma sırasında pişirme işlemi için kullanılan aktif alkali oranı, pişirme süresi, pişirme sıcaklığı gibi parametreler öncelikle yüksek oranlarda seçilerek pişirme işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu şartların yanı sıra yine çalışma süresince planlanan etanol ve sodyum borhidrür (NaBH_4) ilavesi yapılmak suretiyle de pişirmeler tekrarlanmıştır. Ancak ortama AQ ilave etmeden elde edilen hamurlarda elek artıklarının çok fazla olduğu ve kimyasal liflendirmenin homojen bir şekilde gerçekleşmediği belirlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda ortama AQ ilave edilmesi ve maksimum sıcaklığa çıkmadan önce $115\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, 60 dakika süren bir ön işlem gerçekleştirilmesine literatür taraması ile elde edilen bilgiler göz önüne alınarak karar verilmiştir (Ingruber, 1982; Kırcı, 1994). Ön işlem uygulaması ve AQ ilavesi ile elek artıklarının azaldığı ve pişirmenin daha homojen gerçekleştiği görülmüştür. Pişirme sırasında çözelti/yonga oranı, 4/1; $\text{Na}_2\text{SO}_3/\text{NaOH}$ oranı, 80/20 (% olarak aktif alkali); AQ oranı, %0.2 ve pişirme sıcaklığı $180\text{ }^\circ\text{C}$ olarak sabit alınmıştır. Daha sonra pişirme ortamına %50 oranda etanol (pişirme çözeltisine oranla) ile %1, %2 ve %3 (tam kuru oduna oranla) sodyum borhidrür ilavesi yapılmıştır. Tablo 4'de belirtilen pişirme koşullarına göre ladin ve çam odunları kullanılmak suretiyle ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle 150 ve 180 dakikalık pişirme sürelerinde işlem gerçekleştirilmiştir.

Ladin ve çam odunları kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle farklı pişirme sürelerinde elde edilen kâğıt hamurlarına ait verim değerleri, kappa numarası ve viskozite değerleri özelliklerini içerecek şekilde Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7 bünyesinde

hem ladin hem de am odunlarından elde edilen kâğıt hamurlarının özelliklerini birlikte görmek mümkündür.

Tablo 7. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarının bazı özellikleri

Deney Kodu	pH					Verim (%)				Deney kodu	pH					Verim (%)			
	Beyaz Çözelti	Siyah Çözelti	Elek Artığı	Elenmiş Verim	Toplam Verim	Kappa No	Viskozite (g/cm ³)	Max Basınç (bar)	Beyaz çözelti		Siyah çözelti	Elek Artığı	Elenmiş Verim	Toplam Verim	Kappa No	Viskozite (g/cm ³)	Max Basınç (bar)		
L1	-	10.00	4,57	47.11	51,68	42,1	1306	12.0	Ç1	13.10	9.74	3,42	46.34	47.38	45,8	1301	12.0		
L2	13.188	9.72	4,49	46.35	49.44	41,9	1287	12.0	Ç2	13.14	9.55	2,67	42.77	43.56	38,6	1262	12.0		
L3	13.468	9.98	3,12	49.25	53.82	32,3	1392	19.0	Ç3	13.38	9.91	1,03	46.90	50.32	30,9	1306	19.0		
L4	13.429	9.89	3,09	49.16	53.65	30,9	1245	19.0	Ç4	13.42	9.94	0,78	45.44	48.11	28,6	1264	19.0		
L5	13.167	10.42	4.32	49.78	54.11	37,9	1149	14.0	Ç5	13.14	10.40	0.68	47.45	48.14	35,6	1169	14.0		
L6	13.127	10.36	4.69	51.62	56.32	48,8	1151	16.5	Ç6	13.14	10.27	0.95	48.12	49.08	40,2	1195	16.5		
L7	13.134	10.28	5.49	48.73	54.23	48,6	1172	19.0	Ç7	13.13	10.16	1.47	47.86	49.34	46,9	1202	19.0		
L8	13.218	10.33	1,95	49.64	52.37	35,1	1236	14.0	Ç8	13.13	10.32	0.66	47.08	47.74	34,6	1233	14.0		
L9	13.179	10.36	2,73	51.27	53.23	42,3	1241	16.5	Ç9	13.10	10.12	0.74	48.15	48.90	40,1	1232	16.5		
L10	13.124	10.21	3.09	49.73	52.83	44,9	1243	19.0	Ç10	13.09	10.08	1.28	46.78	48.07	43,7	1244	19.0		

ASA, ASAE ve ASAB yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz ve alfa selüloz oranları standart yöntemlere göre belirlenmiştir. Holoselüloz kâğıt hamurları bünyesinde bulunan toplam karbonhidrat miktarını, alfa selüloz oranı ise alkaliye karşı dirençli karbonhidrat kısmını temsil etmektedir. Belirlenen bu değerler Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz ve alfa selüloz oranları

Deney Kodu	Holoselüloz		Alfaselüloz		a-b	Deney Kodu	Holoselüloz		Alfaselüloz		a-b
	Oran (a) (%)	SS*	Oran(b) (%)	SS*			Oran (a) (%)	SS*	Oran (b) (%)	SS*	
L1	90,54	0,21	86,52	0,06	4,02	Ç1	88,84	0,28	84,36	0,05	4,48
L2	89,90	0,16	85,86	0,07	4,04	Ç2	90,34	0,28	85,38	0,11	4,96
L3	92,18	0,02	87,56	0,27	4,62	Ç3	92,39	0,03	87,75	0,14	4,64
L4	92,60	0,05	87,33	0,05	5,27	Ç4	93,56	0,21	87,06	0,02	6,50
L5	91,78	0,12	84,45	0,08	7,33	Ç5	92,59	0,02	82,68	0,06	9,91
L6	89,96	0,15	84,06	0,11	5,90	Ç6	91,04	0,23	82,08	0,14	8,96
L7	88,96	0,14	85,64	0,08	3,32	Ç7	90,41	0,08	84,38	0,23	6,03
L8	92,21	0,29	84,82	0,02	7,39	Ç8	92,39	0,04	82,91	0,07	9,48
L9	92,33	0,03	84,16	0,03	8,17	Ç9	92,07	0,14	82,41	0,03	9,66
L10	92,72	0,45	84,44	0,07	8,28	Ç10	91,23	0,04	83,54	0,17	7,69

*Standart Sapma (SS)

3.4. ASA, ASAE ve ASAB Yöntemleriyle Elde Edilen Kâğıt Hamurlarının Optik ve Direnç Özellikleri

Ladin ve çam odunları kullanılmak suretiyle ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle farklı pişirme sürelerinde elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen test kâğıtlarının yırtılma, çekme ve patlama direnç özellikleri ile optik özellikleri standart yöntemlerle belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında alkali sülfite pişirmesine yapılacak olan AQ, etanol ve NaBH₄ ilaveleri ile kâğıt hamuru özelliklerinde meydana gelen değişimler Tablo 8’de ortaya konulmuştur. Bu farklı ilaveler sonucunda elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının direnç özelliklerine olan etkisinin belirlenmesi yine bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Elde edilen deneme kâğıtlarına uygulanan testler sonucunda elde edilen kopma, patlama ve yırtılma direnci değerleri Tablo 9’da; optik özellikleri ise Tablo 10’da verilmiştir. Tablo 9 ve 10 içerisinde hem ladin odunundan hem de çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen test kâğıtlarına ait değerleri görmek mümkündür.

Tablo 9. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların direnç özellikleri

Deney Kodu	KOPMA İNDİSİ (Nm.g ⁻¹)		PATLAMA İNDİSİ (kPa.m ² .g ⁻¹)		YIRTILMA İNDİSİ (mN.m ² .g ⁻¹)		Deney Kodu	ÇEKME İNDİSİ (Nm.g ⁻¹)		PATLAMA İNDİSİ (kPa.m ² .g ⁻¹)		YIRTILMA İNDİSİ (mN.m ² .g ⁻¹)	
	ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS		ORT	SS	ORT	SS	ORT	SS
L1	115,16	7,23	7,56	0,55	7,62	0,45	Ç1	53,05	3,29	2,88	0,28	5,14	0,38
L2	85,49	6,04	5,46	0,22	5,47	1,00	Ç2	60,10	4,01	3,54	0,28	5,02	0,56
L3	99,67	7,42	6,43	0,20	5,69	0,56	Ç3	45,34	5,44	2,83	0,31	5,32	0,14
L4	83,61	5,74	5,09	0,40	4,13	0,66	Ç4	57,44	3,94	2,96	0,37	4,71	0,43
L5	112,32	7,67	7,05	0,41	3,16	0,29	Ç5	62,12	4,83	2,93	0,32	4,59	0,24
L6	78,08	2,84	5,24	0,28	3,98	0,68	Ç6	51,07	4,12	2,28	0,23	4,05	0,32
L7	72,65	8,30	4,79	0,28	3,64	0,03	Ç7	54,3	3,26	2,29	0,17	3,84	0,44
L8	66,90	3,87	4,08	0,25	3,14	0,33	Ç8	54,66	3,04	2,60	0,27	4,69	0,52
L9	73,37	2,44	5,09	0,19	3,52	0,31	Ç9	61,19	1,28	3,27	0,23	4,84	0,76
L10	62,67	3,44	3,62	0,23	3,34	0,50	Ç10	69,39	5,16	3,84	0,50	4,95	0,52

Tablo 10. Ladin ve Çam odunlarından ASA, ASAM ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların optik özellikleri

Deney Kodu	BEYAZLIK (%)	PARLAKLIK (%)	OPAKLIK (%)	L*	a*	b*	Deney Kodu	BEYAZLIK (%)	PARLAKLIK (%)	OPAKLIK (%)	L*	a*	b*
L1	50,7	35,97	93,86	76,49	4,32	18,26	Ç1	51,7	37,66	93,25	77,1	3,69	17,11
L2	50,5	36,01	91,64	76,37	4,09	17,99	Ç2	52,14	38,24	91,12	77,36	3,55	16,93
L3	48,3	35,08	93,95	75,01	4,4	16,89	Ç3	42,42	30,02	93,43	71,16	5,48	17,36
L4	46,98	33,77	93,2	74,18	4,69	17,24	Ç4	46,79	34,04	94,24	74,05	4,57	16,62
L5	44,41	29,23	94,7	72,5	5,02	20,85	Ç5	45,91	33,95	93,33	73,49	4,54	20
L6	42,83	27,63	96,25	71,44	5,13	21,5	Ç6	44,62	29,21	93,3	72,64	4,9	21,14
L7	41,97	26,84	95,92	70,85	5,56	21,74	Ç7	43,64	28,59	93,83	71,99	5,07	20,97
L8	46,04	30,36	94,82	73,57	4,66	21,01	Ç8	46,62	31,43	93,13	73,95	4,4	20,08
L9	43,28	28,08	96,69	71,68	5,19	21,29	Ç9	44,5	29,58	94,11	72,57	4,82	20,43
L10	42,65	27,32	97,06	71,31	5,3	21,79	Ç10	43,87	28,7	93,45	72,14	4,9	21,08

4. TARTIŞMA

4.1. Ladin ve Çam Odununun Kimyasal Analiz Sonuçlarını İrdelenmesi

Ladin ve çam odunlarının kimyasal analiz sonuçları, Tablo 5’de yer alan diğer türler ile hücre çeperi ana bileşenleri açısından karşılaştırıldığında kavak ve buğday sapslarına göre holoselüloz içeriğinin biraz daha az olduğu görülmektedir. Selüloz, alfa selüloz ve lignin içeriği açısından değerlendirildiğinde ise çam ve ladin odunlarının Tablo 5’deki kimyasal analiz sonuçları verilen diğer hammadde kaynaklarına göre yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir.

Çam ve ladin odunları kendi aralarında değerlendirildiğinde ise ladinin holoselüloz ve selüloz oranı çam odununa göre bir miktar daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde alfa selüloz ve lignin oranlarının hem ladin hem de çam odunlarında yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Çözünürlük sonuçlarına bakıldığında ladin ve çam odunlarının alkol-benzende çözünürlük değerleri buğday ve kendir soymuk lifi ile yakın değerlerde olduğu; ancak kavak odununun diğerlerine göre daha düşük çözünürlüğe sahip olduğu Tablo 5’de görülmektedir. Alkalide çözünürlük ise buğday sapslarında en yüksek değerde önceki çalışmalarda tespit edilmiş olup; ladin ve çam odunlarının çözünürlük değerlerinin buğday sapı, kavak odunu ve kendir soymuk liflerinden düşük olduğu belirlenmiştir.

Ladin ve çam odunu örnekleri kendi arasında değerlendirildiğinde ise; çam odunlarının çözünürlük değerleri ladin odununa göre biraz yüksektir. Bu durum çam odununun reçineli ağaç türlerinden olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5’deki değerler genel olarak incelendiğinde kendir soymuk liflerinin hücre çeperi ana bileşenleri açısından diğer hammadde kaynaklarına göre oldukça farklı ve karakteristik değerlere sahip olduğu görülmektedir. Gerek ana hücre çeperi bileşenleri açısından gerekse çözünürlük değerleri açısından kendir soymuk lifleri iğne yapraklı ağaç odunları, yapraklı ağaç odunları ve diğer yıllık bitki sapslarından oldukça farklı bir bileşen içeriğine sahip olduğu daha önceki çalışmalarda tespit edilmiştir.

4.2. Ladin ve Çam Odunu Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin İrdelenmesi

Ladin ve çam odunundan maserasyon yöntemiyle elde edilen liflere ait uzunluk, genişlik ve çeper kalınlığı gibi özellikler ve bu özelliklerden faydalanılarak hesaplanan oranlar Tablo 6'da sunulmuştur. Belirlenen değerlere bakıldığında ladin odunun sahip olduğu liflerin çam odununa göre daha uzun, daha geniş ve çeper kalınlığının daha fazla olduğu görmek mümkündür. Bu değerlere bağlı kalınarak tespit edilen keçeleşme ve elastiklik oranlarının yine ladin odunu liflerinde çam odununa göre yüksek olduğu bulunmuştur.

Ladin odunu liflerinin keçeleşme oranı 80.71, çam odunu liflerinininki ise 69.45 olarak belirlenmiştir. Keçeleşme oranı kağıdın direnç özelliklerini belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Literatürde yer alan çalışmalarda bu oranın özellikle yırtılma direnci üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Eroğlu, 1980).

Lif uzunluğu bu oranı olumlu yönde etkileyeceğinden uzun liflere sahip olan hamurların keçeleşme oranının da yüksek olacağı açıktır. Ancak kâğıt yapımı sırasında hamur kısa ya da kırık lif materyali olmaksızın sadece uzun liflerden oluşsa dahi homojen bir dağılım gerçekleşemeyeceğinden kümelenmeler meydana gelmekte ve düzgün yüzeyli kâğıtlar elde edilememektedir. Bu nedenle kâğıt yapılırken uzun lifli hamurlarla birlikte kısa lifli hamurların da kullanılması uygun olacaktır (Ateş, 2003).

Elastiklik katsayısı ladin odunu lifleri için 64.28, çam odunu lifleri için ise 59.45 olarak hesaplanmıştır. Elastiklik katsayısı 50-75 arasında olan lifler lümen boşlukları büyük olarak kabul edilmekte, kâğıt safihası yapımında kısmen yassılaştırılarak yüksek direnç özelliği gösteren kâğıtlar verdikleri düşünülmektedir.

Katılık katsayısının büyüklüğü elde edilecek kâğıt safihasının mekaniksel direnç niteliklerinin özellikle çekme ve patlama dirençlerinin yüksek olacağını göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında ladin odunu lifleri için bu değer 64.28 olarak hesaplanırken, çam odunu lifleri için ise 59.45 olarak tespit edilmiştir.

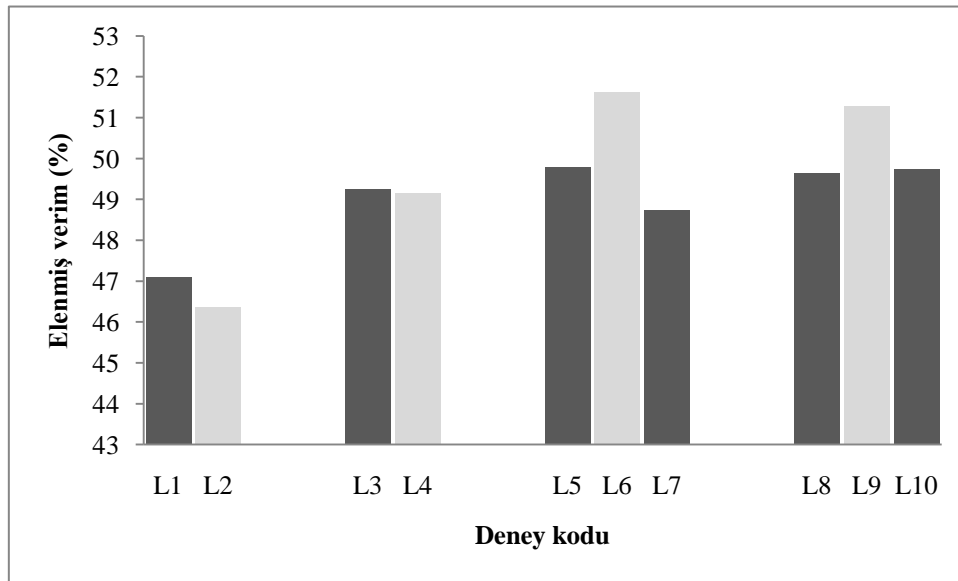
4.3. Kâğıt Hamuru Özelliklerinin İrdelenmesi

4.3.1. Kâğıt Hamurlarının Elenmiş Verim Değerlerinin İrdelenmesi

Ladin ve çam odunları kullanılarak farklı pişirme sürelerinde alkali sülfıt yöntemine AQ, etanol ve NaBH₄ ilavesi yapılarak gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen kâğıt hamurlarının özellikleri Tablo 7’de verilmiştir.

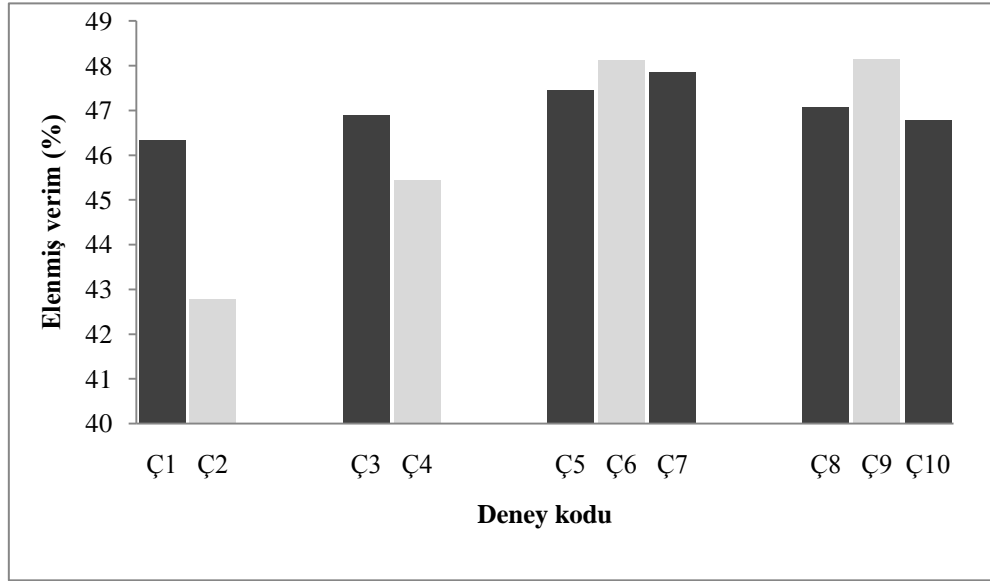
Yöntemler dikkate alınarak Tablo 7 incelendiğinde en yüksek kâğıt hamuru verim değerleri her iki odun türü için ASAB yönteminde elde edilirken, bu yöntemi sırasıyla ASAE ve ASA takip etmiştir. Genel olarak bakıldığında pişirme süresi arttıkça kâğıt hamuru verim değerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Elek artıkları ladin odun türünde çam odun türüne göre daha fazla bulunmuştur. Bu değerlere bakıldığında uygulanan pişirme işlemlerinin çam odunu yongalarını daha fazla etkilediğini söylemek mümkündür. Dikkat çeken bir diğer noktada NaBH₄ ilave oranı arttıkça elek artığı miktarında bir artış meydana gelmesidir. Bu açıdan bakıldığında pişirme ortamına yüksek oranlarda (%2’nin üzerinde) NaBH₄ ilavesinin delignifikasyon işlemini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir.

Ladin odunu kullanılarak gerçekleştirilen pişirme sonuçlarında ise özellikle %2 oranında NaBH₄ ilavesiyle birlikte gerçekleştirilen pişirmelerde yüksek verim elde edildiği Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verim değerlerindeki değişimler

Çam odunu kullanılması suretiyle gerçekleştirilen pişirme denemelerinde kâğıt hamuru verimi değerinin ladin odununda olduğu gibi en yüksek değere 150 dakikalık pişirme sırasında %2 oranında NaBH_4 ilaveli ASAB pişirmesiyle elde edildiği görülmektedir. %2 oranında NaBH_4 ilaveli ASAB pişirmesinde elenmiş verim değeri üzerinde pişirme süresinin çok fazla etkisi olmadığı Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verim değerlerindeki değişimler

Kırcı ve arkadaşları (1994) tarafından yapılan çalışmada kızılçam odunu kullanılarak ASAE yöntemiyle birlikte elde edilen kâğıt hamurlarında ASA hamurlarına göre verim artışı olduğu belirlenmiştir. Kraft yöntemiyle titrek kavaktan kâğıt hamuru üretiminin gerçekleştirildiği bir başka çalışmada pişirme ortamına %1’den %3’e artan oranda sodyum borhidrür ilavesi yapılmasıyla verimde %1.73’lük bir artış olduğu tespit edilmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

Bu çalışmada ASA yöntemine etanol ilave edilmesiyle gerçekleştirilen ASAE denemesinin elenmiş verim değerindeki artış ladin odunu için gerçekleştirilen 150 dakikalık pişirme süresinde %2.14, 180 dakika için %2.81 oranında olmuştur. En yüksek elenmiş verim değeri artışı ise 180 dakikalık ASAB pişirmesinde %4.92 oranında olmuştur. Çam odunu için ise ASAE yöntemindeki elenmiş verim artışı ASA’ya göre 150 dakikalık pişirme süresi için %0.55, 180 dakikalık pişirme süresi için ise %2.66 olarak

hesaplanmıştır. Çam odunu için en yüksek elenmiş verim değeri artışı ise %5.38 ile 180 dakikalık pişirme süresinde %2 sodyum borhidrür ilaveli ASAB pişirmesinde elde edilmiştir.

Çöpür ve Tozluoğlu (2008) tarafından yapılan çalışmada kızılçam odunundan kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretimi sırasında ortama AQ ve sodyum borhidrür ilavesinin verim değeri üzerinde (%1.2-2.6) olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

Bir başka çalışmada lignin degradasyonu yapan *Ceriporiopsis subvermispora* mantarı ile ön işleme tabi tutulan kızılçam yongalarının AQ ve sodyum borhidrür ilaveli kraft yöntemiyle pişirilmesi sonucunda kontrol (biyokraft pişirmesi) örneğine göre verim değeri artışının %2.6-3.5 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu 2007).

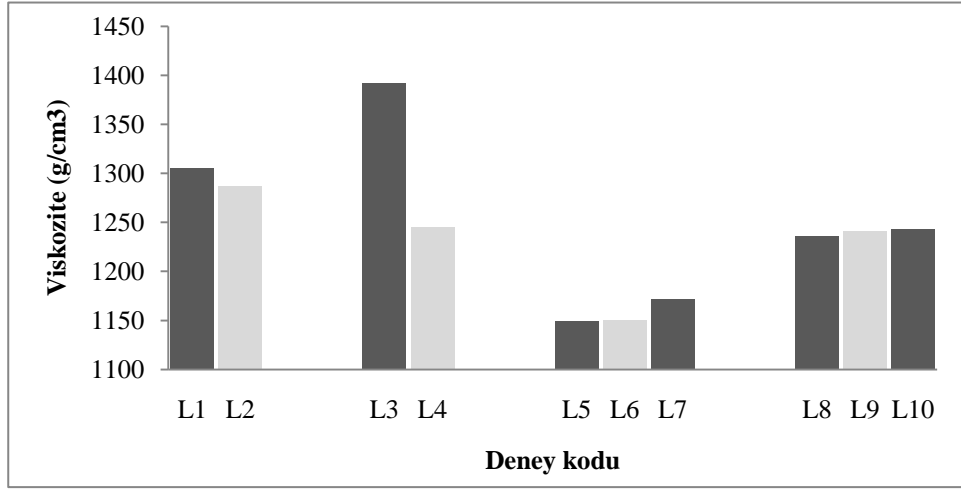
Kâğıt hamurlarının verim değerleri Tablo 7’de incelenirken elek artıklarının ladin odununda çam odununa oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum ladin odunlarının anatomik yapısıyla ilişkilendirilmiştir. Daha önceden yapılan çalışmalarda ladin odunlarının bünyesinde geçit aspirasyonunun meydana geldiği, bunun da sıvı penetrasyonunu engellediği tespit edilmiştir (Merev, 2003).

4.3.2. Kâğıt Hamurlarının Viskozite Değerlerinin İrdelenmesi

Kâğıt hamurlarının viskozite değerleri göz önüne alındığında ise yüksekten düşüğe doğru ASAE, ASA ve ASAB olarak sıralanmaktadır. Kâğıt hamuru viskozite değerlerinin genel olarak ASA ve ASAE yöntemlerinde pişirme süresi arttıkça azaldığı Tablo 7 ve Şekil 5’te görülmektedir. Buna karşın ASAB yönteminde pişirme süresi arttıkça viskozite değeri bir miktar da olsa artmaktadır. ASA yöntemine %50 oranında etanol ilavesiyle gerçekleştirilen ASAE pişirmesi sonucunda viskozite değerinde ASA yöntemine göre artış sağlanırken; ASA yöntemine NaBH_4 ilavesiyle birlikte gerçekleştirilen ASAB denemelerinde viskozite değerlerinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

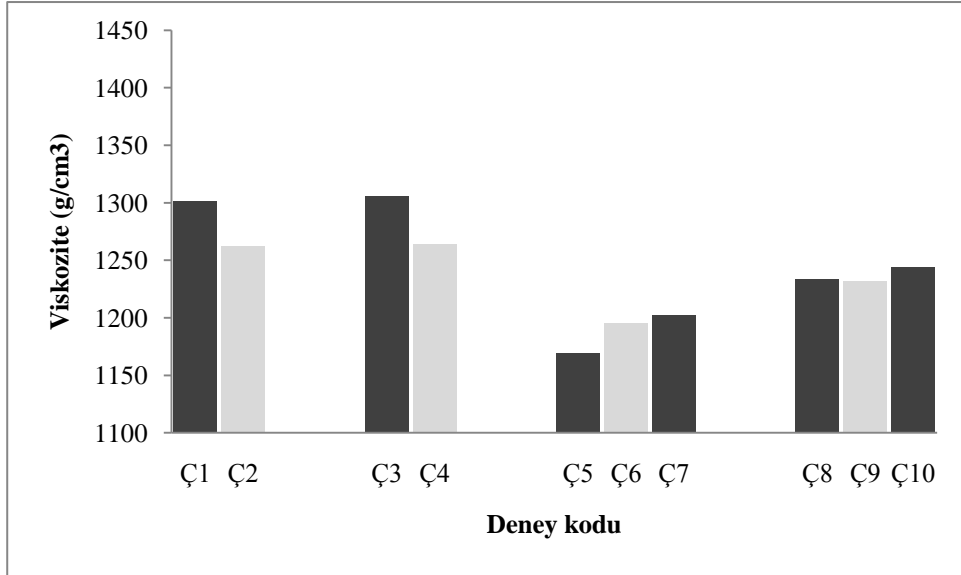
Ladin odunu kullanılarak gerçekleştirilen pişirme sonucunda elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişme Şekil 5’te verilmiştir. Buna göre viskozitede meydana gelen azalmanın ladin odununda belirgin olmadığı görülmektedir. Ayrıca NaBH_4 ilaveli pişirmelerde viskozite değerindeki değişimlerin 150 dakikada daha fazla olması dikkat çekicidir. NaBH_4 ilavesi yapıldıkça yani katılma oranı %1’den %3’e çıktıkça da viskozitede bir artış olduğu Tablo 7 ve Şekil 5’te görülmektedir. Bunun nedeni NaBH_4 ’ün

polisakkaritlerdeki indirgen uç grupları stabilize ederek özellikle soyulma reaksiyonlarına karşı dayanıklı hale getirmesiyle açıklanabilir (Hafizoğlu, 1984).



Şekil 5. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişimler

Çam odunu kullanılarak gerçekleştirilen pişirmelerde elde edilen viskozite değerlerinin ladin odununa göre bir miktar az olduğu belirlenmiştir. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişme Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerindeki değişimler

Çam odunu kullanılarak gerçekleştirilen pişirmeler sonucunda viskozite değerinin pişirme süresi arttıkça özellikle ASA ve ASAE yöntemlerinde değişmediği; ancak NaBH_4 ilaveli ASAB pişirmesinde pişirme süresi arttıkça viskozite değerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca NaBH_4 ilave oranı %1'den %3'e çıktıkça kâğıt hamuru viskozite değerinde bir miktar artış olduğu görülmüştür.

Kızılçam odunlarından ASAE yöntemi kullanılarak kâğıt hamuru elde edilmesi sırasında ASA yöntemine göre kâğıt hamuru viskozite değerlerinin attığı belirlenmiştir (Kırcı, 1991). Yine bir başka çalışmada titrek kavak kullanılarak sodyum borhidrür ilaveli kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerinde sodyum bor hidrür katkısıyla çok az miktarda iyileşme olduğu belirlenmiştir. Kullanılan sodyum borhidrür oranı arttıkça da kontrol örneğinde belirlenen 1027 g/cm^3 değeri %1 oranda NaBH_4 ilavesiyle 1071 g/cm^3 , %3 oranda NaBH_4 ilavesiyle 1115 g/cm^3 'e yükselmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

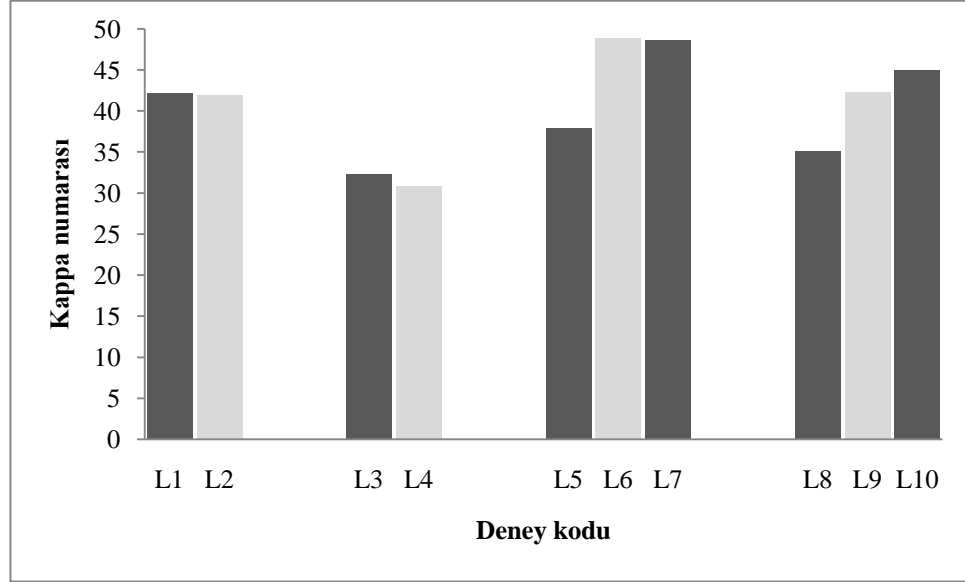
Kızılçam ile kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminin yapıldığı bir başka çalışmada ortama sodyum borhidrür ilavesiyle kontrol örneğine göre viskozite değeri 1404 g/cm^3 'den, 1232 g/cm^3 'e (%2 NaBH_4 ilavesiyle) azalmış olduğu belirlenmiştir. Sodyum borhidrür ilave oranı %4'e çıkarıldığında viskozite değerinde %2'ye oranla az miktarda bir artış olduğu tespit edilmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

Çöpür ve Tozluoğlu (2007) tarafından biyolojik ön işleme tabi tutulmuş kızılçam odunlarından biyokraft yöntemiyle kâğıt hamurunu içeren çalışmada ortama ilave edilen sodyum borhidrürün viskozite değerinde bir miktar düşüşe sebebiyet verdiği belirlenmiştir (Tozluoğlu, 2007).

4.3.3. Kâğıt Hamurlarının Kappa Numarası Değerlerinin İrdelenmesi

Kappa numaraları incelendiğinde ASA, ASAE ve ASAB yöntemlerinden en düşük değer ASAE yönteminde elde edilmiştir. Yöntemlerin hepsinde pişirme süresi arttıkça kappa numarasının düştüğü tespit edilmiştir. ASA yöntemine yapılan %50 etanol ilavesi ile ASAE ve NaBH_4 ilavesi gerçekleştirilen ASAB pişirmelerinde kullanılan katkı maddeleri kappa numarasının düşmesine katkı sağlamıştır. Ladin ve çam odunlarının ASAB yöntemiyle pişirilmesi sırasında NaBH_4 oranının %1'den %3'e çıkarılması kappa numarasının artmasına sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Ancak ASA yöntemiyle karşılaştırıldığında verim üzerinde oldukça önemli bir katkı sağladığı tespit edilmiştir.

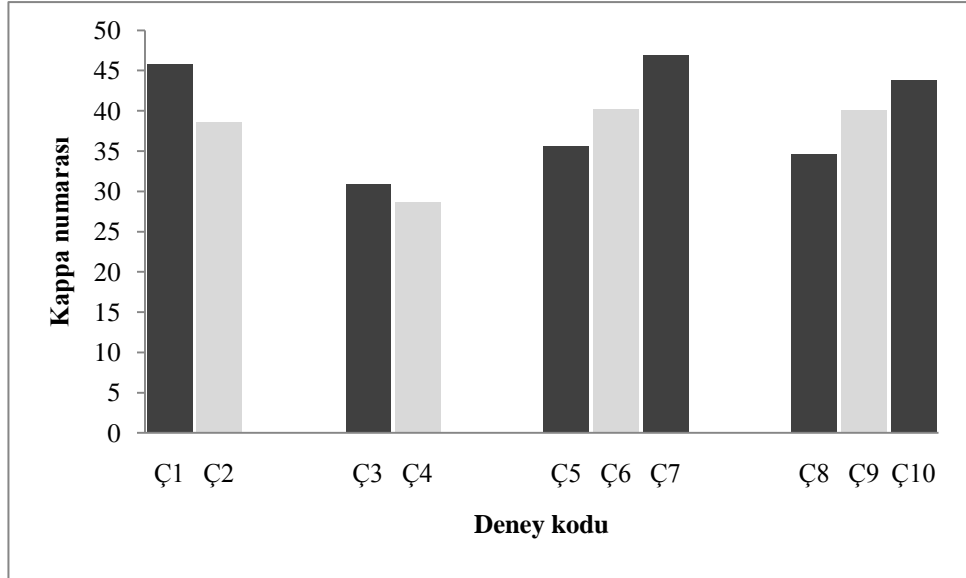
Ladin odunu kullanılarak üç farklı yöntemle elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numaralarındaki değişimler Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numarası değerlerindeki değişimler

Çam odunu kullanılarak gerçekleştirilen pişirmelerden elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numaralarında belirlenen eğilim ladin odunu ile paralellik göstermektedir. Çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numaralarındaki değişimler Şekil 8’de verilmiştir.

Bu çalışmada ladin odunu kullanıldığında ASA pişirmesine etanol ilavesiyle birlikte, 150 dakikalık pişirme süresi için kappa numarası 41.9’dan 32.3’e düşürülmüştür. Aynı pişirme ortamına sodyum borhidrür (%1) ilave edilmesiyle kappa numarası 37.95’e gerilemiştir. Pişirme süresi 180 dakikaya çıkarıldığında ise kappa numarası etanol ilavesi ile 30.87’ye, sodyum borhidrür ilavesi ile 35.12’ye düşmüştür. Çam odunu kullanıldığı zaman ASA pişirmesine etanol ilavesi ile gerçekleştirilen pişirmede 150 dakikalık pişirme süresi için kappa numarası 45.83’den 30.90’a gerilemiş, 180 dakika için ise bu değer 38.62’den 28.67’ye düşmüştür. Ortama %1 sodyum borhidrür ilave edilmesiyle 150 dakikalık pişirme süresinde kappa numarası 35.63, 180 dakika pişirme süresinde bu değer 34.60 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numarası değerlerindeki değişimler

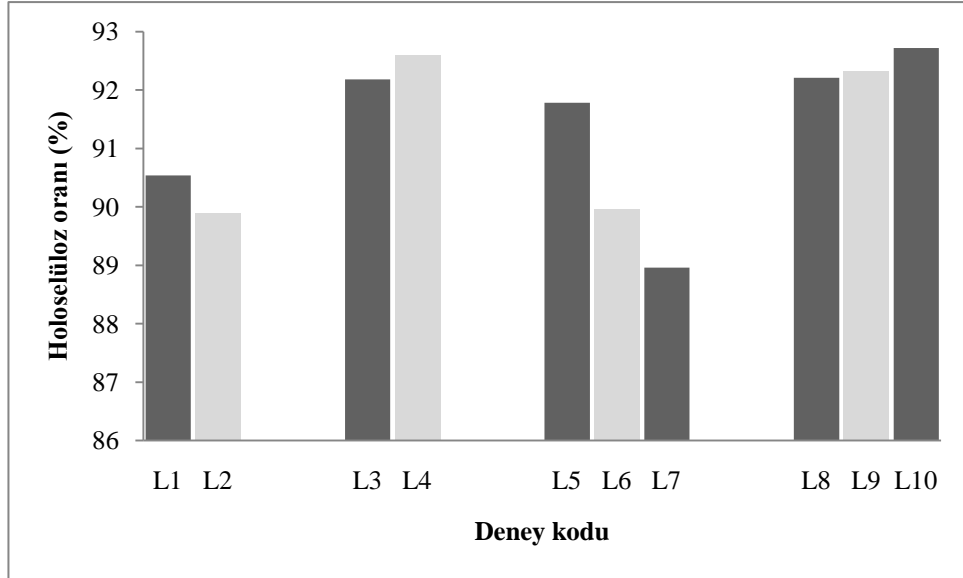
Kırcı ve arkadaşları (1994) ASA pişirmesine etanol ilavesiyle kappa numarasında azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Biyolojik ön işleme tabi tutulmuş kızılçam odunundan biyokraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numarası 29.7'den ortama %2 sodyum borhidrür ilave edilerek 26.4'e, %4 sodyum borhidrür ilavesiyle de 25.0'a düştüğü belirlenmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu, 2007).

Kızılçam kullanılan çalışmada kraft yöntemine %2 sodyum borhidrür ilave edilerek kappa numarası kontrol örneğine göre 31.8'den 27.8'e ve %4 oranla ilave edildiğinde 27.2'ye düştüğü görülmüştür (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

4.3.4. Kâğıt Hamurlarının Holoselüloz ve Alfa Selüloz Değerlerinin İrdelenmesi

Yöntemler açısından kâğıt hamurlarının holoselüloz oranları ladin odunu yongaları için değerlendirildiğinde ASAB ve ASAE yöntemleri 180 dakikalık pişirme süresi ile en iyi sonuçları vermiştir. Alfa selüloz oranları için ise ASAE pişirmesi en iyi sonuçları verirken; ASA ve ASAB pişirmeleri onu takip etmiştir. Ladin odunu için en düşük alfa selüloz içeriği %84.06 oranla ASAB yöntemiyle 150 dakikalık ve %2 sodyum borhidrür ilavesiyle elde edilmiştir.

Ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarındaki değişimler Şekil 9'de gösterilmiştir.

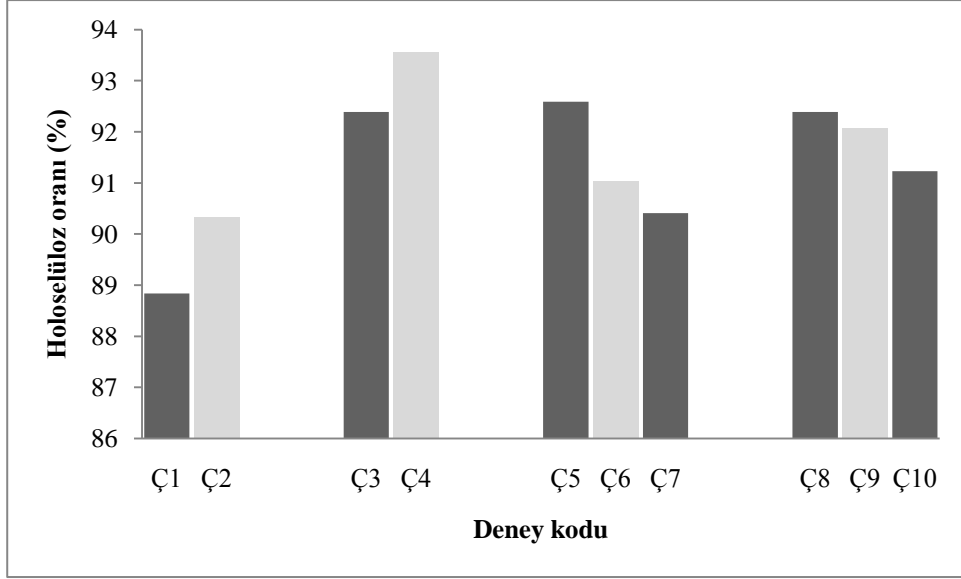


Şekil 9. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarındaki değişimler

Çam odunu yongaları için Tablo 7'deki sonuçlar değerlendirildiğinde; holoselüloz ve alfa selüloz için en iyi değerler ASAE için belirlenmiştir. Holoselüloz oranı için en düşük değer ise 150 dakikalık ASA pişirmesinde bulunurken; alfa selüloz oranı en düşük oranda %82.08 ile 150 dakikalık ASAB pişirmesinde %2 sodyum borhidrür ilave edildiği zaman tespit edilmiştir. Çam odununda elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarında meydana gelen değişimler Şekil 10'da verilmiştir.

Holoselüloz (a) ve alfa selüloz (b) oranlarının farkının alınmasıyla daha çok hemiselülozik bileşenlerden kaynaklı alkalide çözünen karbonhidrat miktarları değerlendirildiğinde ladin odunu için en fazla çözünme 180 dakikalık pişirme sırasında %3 sodyum borhidrür ilaveli ASAB pişirmesi sonucunda elde edilen kâğıt hamurunda belirlendi. Çam odunu için ise 150 ve 180 dakikalık pişirmeler sırasında yine %1 sodyum borhidrür ilaveli ASAB pişirmesi sonucunda elde edilen kâğıt hamurunda tespit edilmiştir. Bu bulgu NaBH_4 ilavesiyle hemiselüloz stabilizasyonunun arttığına işaret etmekte ve sonuçta hamur veriminin artışı desteklemektedir.

Kâğıt hamurlarının bünyesindeki alkalide çözünen karbonhidrat miktarları açısından ladin ve çam odunları karşılaştırıldığında, çam odunundan elde edilen kâğıt hamurundaki çözünmenin genel değerlere bakıldığında daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 10. ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz oranlarındaki değişimler

4.4. Kâğıt Safihalarının Fiziksel ve Optik Özelliklerinin İrdelenmesi

ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle farklı pişirme sürelerinde elde edilen kâğıt hamurlarından standart yöntemlere göre deneme kâğıtları üretilmiştir. Üretilen kâğıtların çekme, patlama ve yırtılma fiziksel direnç özellikleri tespit edilmiş olup Tablo 8’de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme direnç özellikleri, çam odunundan elde edilenlere göre yüksek bulunmuştur.

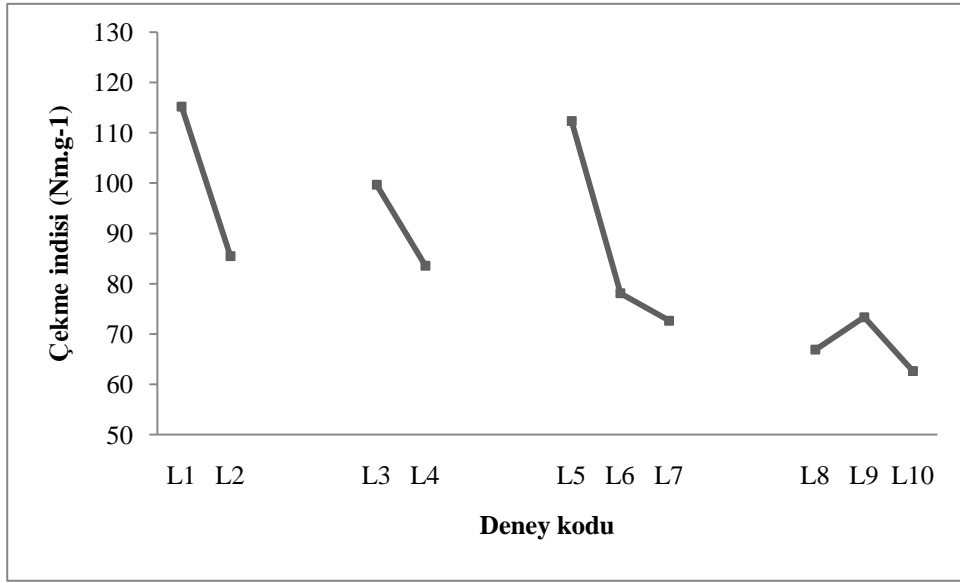
4.4.1. Kâğıt Safihalarının Çekme Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi

Çekme indisi değerlerinde ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarına ait değerler incelendiğinde düşük pişirme sıcaklıklarında yüksek değerler belirlendiği Tablo 8’de görülmektedir. Çekme indisi değerlerine bakıldığında en yüksek değer ASA yönteminde 150 dakikalık pişirme yönteminde elde edilen kâğıt hamurundan üretilmiş safiha için bulunmuştur. Daha sonra bu yöntemi 150 dakikalık pişirme süresinde %1 sodyum borhidrür ilaveli ASAB ve ASAE yöntemi sırasıyla takip etmiştir.

Safihaların çekme indisi değerlerine bakıldığında pişirme süresi arttıkça değerlerde bir azalma olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra ASAB yönteminde 150

dakikalık pişirme süresinde ilave edilen sodyum borhidrür oranı arttıkça safihaların çekme indisinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Çekme indisinin pişirme süresi 180 dakikaya çıkarılmasıyla %2 sodyum borhidrür ilavesiyle bir miktar artmış olduğu, ancak ilave oranının %3'e çıkarılmasıyla tekrar düştüğü Şekil 9'da görülmektedir.

Ladin odununun ASA, ASAE ve ASAB yöntemiyle pişirilmesiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerlerindeki değişimler Şekil 11'de görülmektedir.



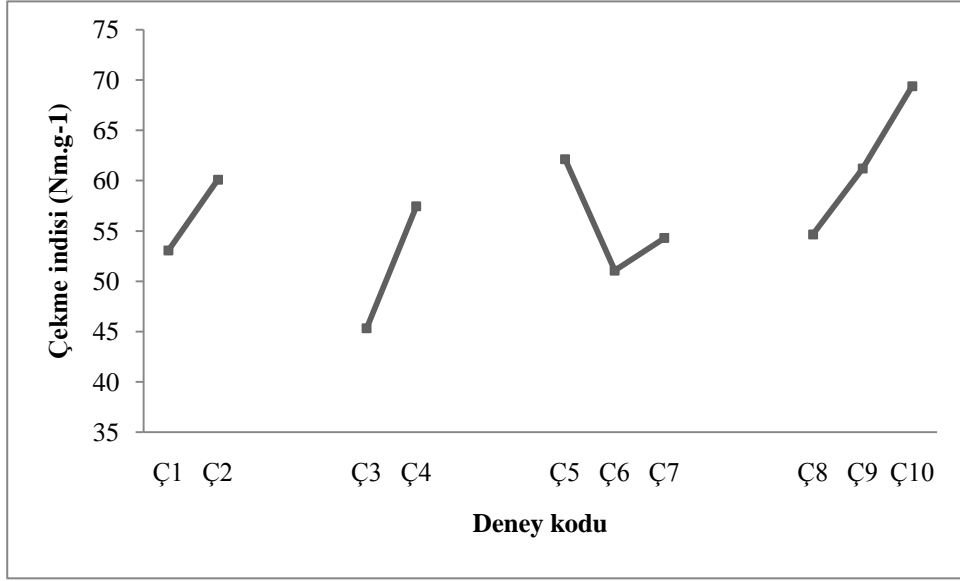
Şekil 11.Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerlerindeki değişme

Özellikle %3 sodyum borhidrür ilaveli olarak 180 dakikalık pişirme süresinde ASAB yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerlerinde diğerlerine göre belirgin bir azalma olduğu dikkat çekmektedir.

Çam odununun kullanıldığı denemelere Tablo 8'e bakıldığında genel olarak pişirme süresi arttıkça ladin odununun tersine safihaların çekme indisi değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Yöntem bazında incelendiğinde ise en yüksek değer %3 sodyum borhidrür ilaveli 180 dakikalık pişirme süresinde ASAB yönteminde elde edilmiştir. Çekme indisi değerlerin bakımından bu yöntemi ASA ve ASAE yöntemleri sırasıyla takip etmiştir.

ASAB yönteminde sodyum borhidrür ilave oranlarına göre 150 dakikalık pişirme süresinde %2 ilave oranında gerçekleştirilen pişirme ile elde edilen kâğıt hamurlarından

üretileen safihaların çekme indisi değeriinde azalma olduğu görülmektedir. Pişirme süresi 180 dakikaya, sodyum borhidrür ilave oranı %3'e çıkarıldığında safihaların çekme indisi değeriinde artış olduğu tespit edilmiştir. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından elde edilen deneme kâğıtlarının çekme indisi değeriindeki değışme Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değeriindeki değışme

Çam odununun kullanıldığı denemelerde genel olarak pişirme süresinin artırılmasının çekme direnci üzerine olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Ayrıca 180 dakikalık pişirme sırasında artan sodyum borhidrür ilave oranı da safihanın çekme indisi değeriinin yükselmesine neden olduğu Şekil 12'de görülmektedir.

Kırcı ve arkadaşları (1994) tarafından kızılçam kullanılarak yapılan çalışmada ASAE yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihalarda çekme direncinin sülfat yöntemine göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Aynı ağaç türünün kullanıldığı bir başka çalışmada ise kraft yöntemine sodyum borhidrür ilave edilmesiyle elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safihaların çekme indisinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Akgül ve ark., 2007). Titrek kavak kullanılarak yapılan çalışmada ise kraft yöntemine sodyum borhidrür ilave edilmesi ile safihaların çekme indisi değeriinde az da olsa bir düşme oldu tespit edilmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

Çöpür ve Tozluoğlu (2008) tarafından kızılçam kullanılarak yapılan çalışmada kraft yönteminden elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safiha için çekme indisi değeri 63.1 Nm/g, kraft-AQ için 59.7 Nm/g, %2 sodyum borhidrür ilaveli kraft-NaBH₄ yöntemi için 62 Nm/g ve %4 sodyum borhidrür ilaveli kraft-NaBH₄ yöntemi için 48.4 Nm/g olarak tespit edilmiştir.

Kızılçam odununun kullanıldığı bir başka çalışmada ise kraft yönteminden elde edilen kâğıt hamurundan üretilen kâğıt safihası için çekme indisi 63.1 Nm/g, biyokraft kâğıt hamuru için 60.1 Nm/g, biyokraft-AQ kâğıt hamuru için 67.6 Nm/g, %2 sodyum borhidrür ilaveli biyokraft- NaBH₄ kâğıt hamuru için 51.2 Nm/g ve %4 sodyum borhidrür ilaveli biyokraft- NaBH₄ kâğıt hamurundan üretilen safiha için 54 Nm/g olarak bulunmuştur (Çöpür ve Tozluoğlu 2007).

4.4.1.1. Pişirme Koşullarının Çekme İndisi Üzerine Etkisi

ASA, ASAE ve ASAB pişirme yöntemlerinde pişirme sürelerinin ve kullanılan NaBH₄ miktarlarındaki değişimlerin pişirme sonucunda elde edilen hamurlardan üretilmiş kâğıtlar üzerindeki etkisinin anlamlı olup olmadığını ortaya koymak için deney kâğıtları üzerinde uygulanan mekanik testlerin sonuçlarına Varyans Analizi uygulanmıştır. Yapılan varyans analizi sonucu eğer anlamlı bir ilişkiyi ifade ediyorsa aynı veriler üzerinde Duncan Testi uygulanmış ve ilişkilerin hangi yönde geliştiği irdelenmiştir. Her iki analizin sonuçları da Ekler kısmında tablolar halinde verilmiştir.

Ek Tablo 5'te görüldüğü üzere çekme direnci verileri üzerine yapılan değerlendirmeler sonucunda yapılan anlamlılık testlerine göre pişirme süresinde meydana gelen bir değişim kâğıtların çekme indislerinde anlamlı bir değişime yol açmaktadır. Bu etkinin yönünü ladin hammaddesinin kullanıldığı pişirmelerde negatif, çam hammaddesinin kullanıldığı deneylerde ise pozitif yönlü olmaktadır. Ek Tablo 1 ve 2'den anlaşılacağı üzere 150 dakikalık pişirmeler arasında ladin odunu için en yüksek değerlere ASA pişirmelerinde, çam odunundan gerçekleştirilen pişirme verilerinin kullanıldığı Ek Tablo 10 ve 11 ise ASAB pişirmelerinde en yüksek değerlere ulaşılmaktadır. Pişirme süresi 180 dakikaya çıkarıldığı zaman ise ASA ve ASAE pişirmeleri arasında fark bulunamamıştır (Bkz. Ek Tablo Tablo 3 ve 4). Ek Tablo 6-7 ve 15-16'daki ASAB pişirmeleri için ise 150 dakikalık pişirmeler söz konusu olduğu zaman en yüksek çekme değerlerine hem ladin hem de çam odunları için % 1 oranında borlu bileşik katkısı ile

ulaşmıştır. 180 dakikalık pişirmeler söz konusu olduğunda ladin hammaddesinde % 2 oranında maksimum katkı, çamda ise % 3 oranındaki katkı ile maksimum değere ulaşılmıştır (Ek Tablo 8-9 ve 17-18).

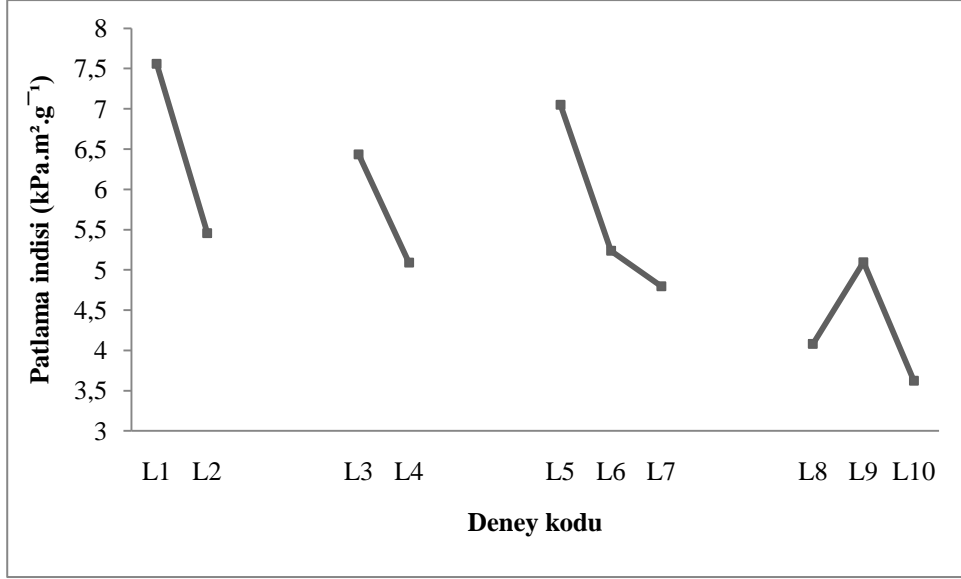
4.4.2. Kâğıt Safihalarının Patlama Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi

ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen deneme safihalarının patlama direnci özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 6'da görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarıyla üretilen safihalar patlama indisi değerleri açısından çam odununa göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ladin odunundan üç yöntemle elde edilen kâğıt hamurlarının patlama direnci indislerinin pişirme süresinin artmasıyla birlikte azaldığı belirlenmiştir. ASA yönteminde patlama indisi değeri 150 dakikalık pişirme için 7.55 k.Pa.m²/g olarak bulunurken; bu değer ortama etanol ilavesinin yapıldığı ASAE pişirmesinde 6.43 k.Pa.m²/g olarak belirlenmiştir. 180 dakikalık ASA ve ASAE pişirmelerinde ise bu değer çok fazla değişmemiştir.

Ladin odununun kullanılması suretiyle 150 dakikalık ASAB pişirmeden elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların patlama indisi değerleri ASA ve ASAE yöntemlerinin 150 ve 180 dakikalık pişirmelerinden elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların patlama indisi değerleriyle paralellik göstermektedir. ASAB yönteminde de diğerlerinde olduğu gibi pişirme süresi arttıkça patlama indisi değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde 150 dakikalık pişirme süresinde ortama ilave edilen sodyumborhidrür oranı arttıkça da patlama indisi değerlerinin de azalma olduğu görülmektedir. ASAB yöntemiyle 180 dakikalık pişirme sırasında ortama ilave edilen sodyum borhidrür ilave edilme oranının %1'den %2'ye çıkarılması patlama indisini bir miktar artırmış olsa da daha sonra bu oranın %3'e çıkarılmasıyla bir azalma olduğu görülmüştür.

Ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının patlama indisi değerlerindeki değişmeler Şekil 13'de verilmiştir.

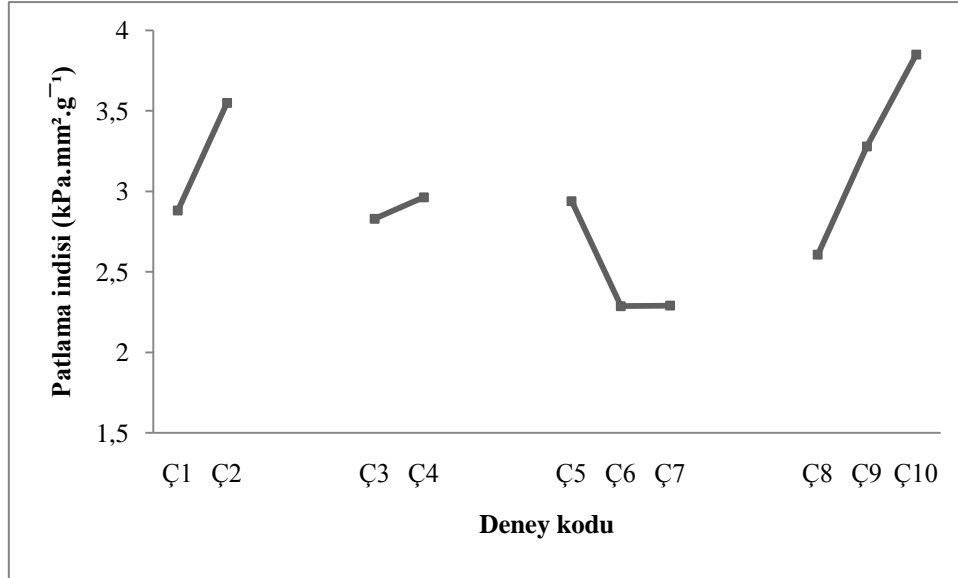


Şekil 13.Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerindeki değişme

Şekil 12'den görüleceği üzere ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme indisi değerleri ile patlama indisi değerleri arasında pişirme süresinde bağlı olarak eğilim açısından paralellik bulunmaktadır.

Çam odununun kullanıldığı ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerine genel olarak bakıldığında ise ladin odununun tersine pişirme süresi arttıkça değerlerde bir artış olduğu görülmüştür. ASA pişirme ortamına etanol ilave edilmesiyle gerçekleştirilen ASAE pişirmesinde patlama indisi değeri 150 dakikalık pişirme süresi için değişmezken, 180 dakikalık pişirme sırasında bu değer 3.54 k.Pa.m²/g'den 2.96 k.Pa.m²/g'a azaldığı belirlenmiştir.

ASAB pişirmesinde 150 dakikalık sürede elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerleri ortama ilave edilen sodyum borhidrür ilave oranının artmasıyla çok az da olsa düştüğü; ancak 180 dakikalık pişirmede ise arttığı tespit edilmiştir. Çam odunu için en yüksek patlama indisi değeri 180 dakikalık pişirme süresinde, %3 sodyum borhidrür ilaveli ASAB pişirmesinden elde edilen kâğıt hamuru ile üretilen safihalar için 3.84 k.Pa.m²/g olarak elde edilmiştir.



Şekil 14. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerindeki değişme

Çam odunu kullanılması suretiyle ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerindeki değişme Şekil 14’de verilmiştir.

Çam odunundan üç farklı yöntemle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının çekme direnç özellikleri ile patlama direnç özelliklerinin pişirme parametrelerine bağlı olarak değişkenlikleri paralellik göstermektedir.

İstek ve Özkan (2008) tarafından titrek kavak kullanılmak suretiyle yapılan çalışmada, kraft yöntemine sodyum borhidrür ilave edilerek üretilen kâğıt hamurlarından elde edilen safihaların patlama indisi değeri 3.80 k.Pa.m²/g’den (kontrol) %1 sodyum borhidrür ilaveli pişirmede 3.55 k.Pa.m²/g’a, %2 ilaveli pişirme sonucunda 3.42 k.Pa.m²/g’a ve %3 ilaveli pişirmede 3.67 k.Pa.m²/g’a düştüğü bulunmuştur.

Kızılçam kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada ise ortama ilave edilen sodyum borhidrür oranının artmasıyla kâğıt safihalarının patlama indisi değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Akgül ve ark., 2007). Biyolojik olarak işlem görmüş ve işlem görmemiş kızılçam odunlarının kullanıldığı diğer çalışmalarda ise sodyum borhidrür ilaveli pişirmelerden elde edilen kâğıt hamurlarından sağlanan patlama indisi değerlerinde kontrol örneklerine göre azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu, 2007; Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

4.4.2.1. Pişirme Koşullarının Patlama Direnci Üzerine Etkisi

Ek Tablo 19, 20, 21 ve 22 ladin hammaddesi söz konusu olduğu zaman patlama indisleri açısından 150 dakika olarak seçildiği zaman en iyi sonucun ASA pişirmesi ile elde edildiğini göstermektedir. Buna karşın 180 dakikalık pişirmeler söz konusu olduğu zaman ise ASA ve ASAE yöntemleri arasında fark bulunamamıştır, ASAB yöntemi ise bu iki yöntemin çok gerisindedir. Ek Tablo 23, 150 ve 180 dakikalık pişirme süresinin patlama indisi açısından kâğıtlar üzerinde anlamlı bir fark oluşturmaktadır. Ladin hammaddesinde pişirme süresi arttırıldığı zaman yöntem ayrımı olmaksızın patlama indisi önemli derecede azalmaktadır. Ek Tablo 24, 25, 26 ve 27'ye göre ASAB pişirmelerinde ise en iyi sonuç süre 150 dakika olarak ve bor oranı % 1,00 olarak seçildiği zaman elde edilmektedir.

Çam odununun kullanıldığı deneylerin sonuçları ile yapılan analizlere göre sürenin uzamasının patlama direnci üzerine olumlu bir etkisi vardır. Ek Tablo 28 ve 29; ladin türünün kullanıldığı 150 dakikalık pişirme sonuçları için en iyi yöntemin ASA olduğunu, Ek Tablo 30 ve 31 ise ASA ve ASAB yöntemleri arasında bir fark olmadığını göstermektedir. Ek Tablo 32'ye göre pişirme süresinin patlama indisi üzerine bir etkisi vardır. ASAB yöntemleri arasından optimum sonucu eğer süre 150 dakika seçilecek ise %1,00'lik katkı, 180 dakika seçilecekse % 3,00 oranında katkı ASAB pişirmesi verecektir (Ek Tablo 33, 34, 35 ve 36).

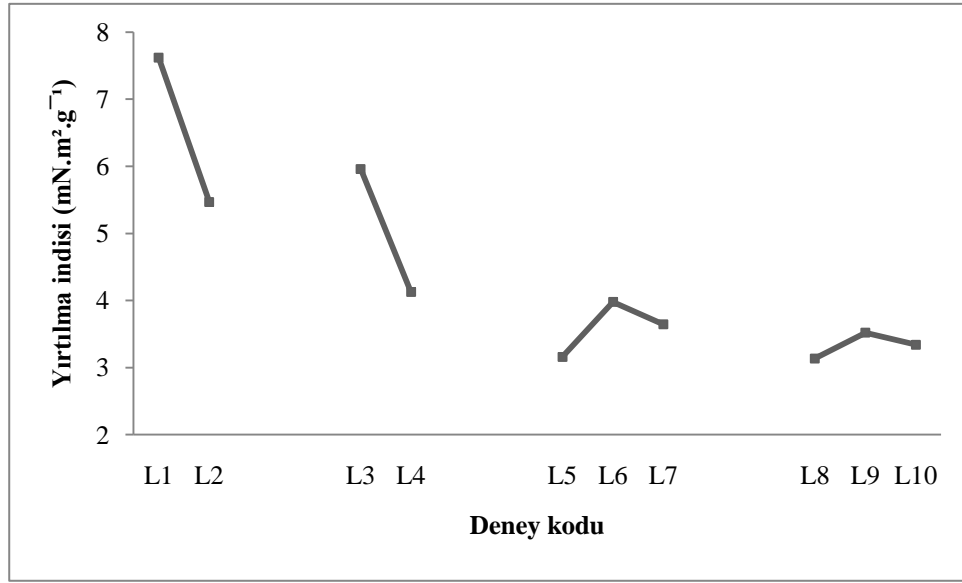
4.4.3. Kâğıt Safihalarının Yırılma Direnci Özelliklerinin İrdelenmesi

Çalışma kapsamında farklı yöntemlerle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi özellikleri karşılaştırıldığında en yüksek değerler ASA yönteminde bulunurken, bu yöntemi sırasıyla ASAE ve ASAB yöntemleri takip etmiştir.

Hammadde bazında yırtılma indisi özellikleri açısından karşılaştırma yapıldığında ladin ile çam odununun ASAE yönteminden elde edilen kâğıt hamurlarının benzer sonuç verdikleri görülmektedir. Özellikle sodyum bor hidrür ilaveli gerçekleştirilen ASAB yönteminin yırtılma indisi değerleri açısından çam odunun da daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ladin odunundan ASA yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi değerleri pişirme süresinin artmasıyla azalmıştır. Ortama etanol

ilave edilerek gerçekleştirilen ASAE pişirmesiyle bu direnç özelliğindeki azalma olduğu belirlenmiştir. Yine pişirme süresinin artmasıyla birlikte yırtılma indisinde düşme olduğu Tablo 8’de görülmektedir. Pişirme ortamına değişik oranlarda sodyum borhidrür ilavesiyle gerçekleştirilen ASAB yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının yırtılma direnç özelliklerinin pişirme süresine bağlı olarak çok fazla değişmediği belirlenmiştir. Hem pişirme süresi hem de sodyum borhidrür ilave oranı bu direnç özelliği üzerinde çok da fazla bir etki göstermediği tespit edilmiştir.



Şekil 15. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının yırtılma indisi değerlerindeki değişme

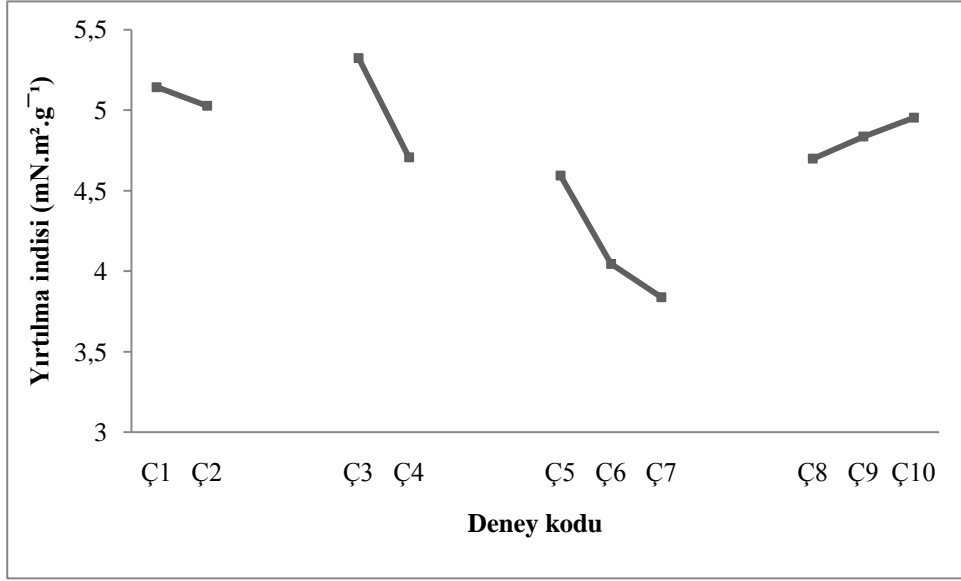
Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle 150 ve 180 dakikalık pişirme sürelerinde elde edilen kâğıt sayfalarının yırtılma direnç özelliklerindeki değişmeler yukarıda Şekil 15’de verilmiştir.

Çam odunu kullanılarak gerçekleştirilen ASA pişirmesinden elde edilen kâğıt hamurlarında üretilen kâğıtların yırtılma indisi değerleri pişirme süresine bağlı olarak değişmemiştir. ASAE pişirmesinde pişirme süresinin artmasıyla birlikte azaldığı görülmektedir.

ASAB yöntemiyle çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıtların yırtılma indisi değerleri 150 dakikalık pişirme süresinde %1 ilave oranında 4.59 mN.m²/g olarak bulunurken; bu değer %3 ilave oranında ise 3.83 mN.m²/g olarak tespit

edilmiştir. ASAB 180 dakikalık pişirmesinde ise yırtılma indisi değerinin pek fazla değişmediği görülmektedir.

Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle 150 ve 180 dakikalık pişirme sürelerinde elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi değerlerindeki değişme Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının yırtılma indisi değerlerindeki değişme

Titrek kavak kullanılarak gerçekleştirilen kraft pişirmesi sonucunda elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safihanın yırtılma indisi 5.56 mN.m²/g olarak bulunmuştur. Ancak ortama ilave edilen %1 sodyum borhidrür ile gerçekleştirilen kraft-NaBH₄ pişirmesi sonucunda elde edilen kâğıt hamuru için bu değer 4.68 mN.m²/g olarak bulunmuştur. İlave edilen sodyum borhidrür oranı %2'ye çıkarıldığında ise 4.99 mN.m²/g, %3 olduğunda 4.47 mN.m²/g olduğu tespit edilmiştir (İstek ve Özkan 2008).

Kızılçam odunu kullanılarak kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminin gerçekleştirildiği çalışmada yırtılma direncinin hem AQ hem de sodyum borhidrür ilavesiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008). Akgül ve arkadaşları tarafından aynı tür hammadde ile yapılan bir diğer çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Akgül ve ark., 2007).

Kızılçam odunun kullanıldığı bir çalışmada odun hammaddesi öncelikle biyolojik ön işleme tabi tutulduktan sonra kraft pişirmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kâğıt

hamurundan üretilen kâğıt safihasının yırtılma direnç özellikleri kontrol örneğine göre azalmıştır. Biyokraft-AQ ve Biyokraft-NaBH₄ yönteminde ise bu azalma devam etmiştir. Ancak %4 NaBH₄ ilaveli pişirme sonucunda yırtılma indisi değerinde %2 NaBH₄ ilaveli pişirmeye göre bir artış olduğu tespit edilmiştir (Tozluoğlu, 2007).

4.4.3.1. Pişirme Koşullarının Yırtılma Direnci Üzerine Etkisi

Yapılan varyans analizi ve Duncan Testi sonuçlarına göre Ek Tablo 37, 38, 39 ve 40 süre ayrımı yapılmaksızın ladin hammaddesi için ASA yönteminin kullanılmasını önerirken, 46 ve 47 nolu Ek Tablolar çam hammaddesinde 150 dakika için ASA ve ASAE yöntemlerinin benzer sonuçlar vereceğini söylemektedir. Ek Tablo 48 ve 49 ise 180 dakikalık çam pişirmeleri incelendiği zaman yöntemler arasında fark bulunmadığına işaret etmektedir. Genel olarak ladinde sürenin uzaması yırtılma direnci üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Çamda ise pek farklılık görünmemektedir.

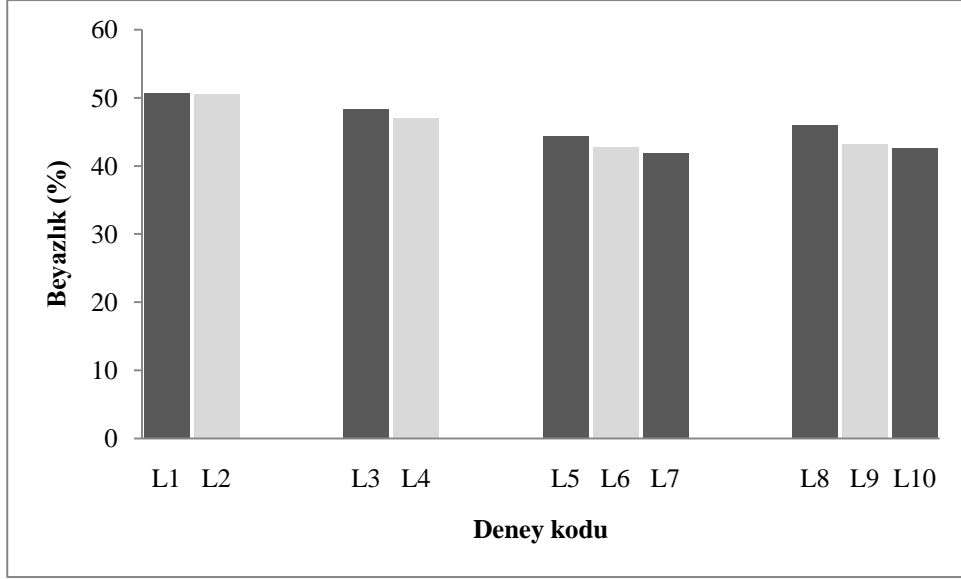
4.5. Kâğıt Safihalarının Optik Özelliklerinin İrdelenmesi

4.5.1. Kâğıt Safihalarının Beyazlık Değerlerinin İrdelenmesi

ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının optik özellikleri standart yöntemlere göre tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler Tablo 9'da verilmiştir.

Ladin odunundan ASA yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerleri pişirme süresine bağlı olarak değişmemiştir. Ancak çam odunu kullanıldığı zaman pişirme süresinin artmasıyla birlikte az miktarda bir artış olduğu belirlenmiştir. ASAE yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarında ise ladin odunu için beyazlık değeri pişirme süresinin artmasıyla azalırken, çam odununda arttığı tespit edilmiştir.

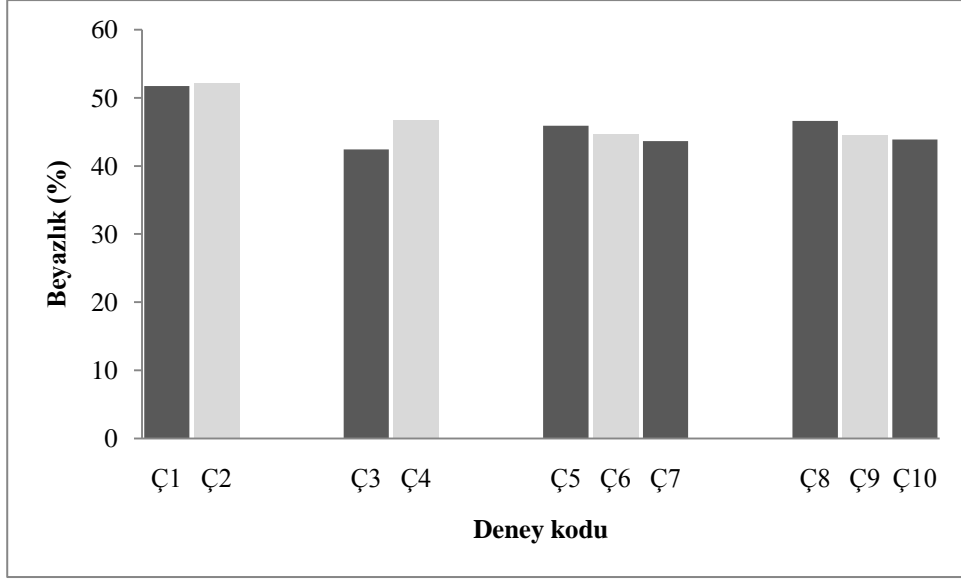
Ladin odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerlerindeki değişim Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının beyazlık değerlerindeki değişme

ASAB yöntemine bakıldığında ise belirlenen beyazlık değerleri ladin odunu için ASA ve ASAE yöntemlerinde düşük bulunmuştur. ASAB yönteminde ladin odunu için 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen beyazlık değerleri, 180 dakikalık pişirme süresine göre düşüktür. Bu durum ASA ve ASAE yönteminin tam tersi yönde bir eğilimdedir. Çam odunu için beyazlık değerleri incelendiğinde ASA yöntemine göre düşük, ASAE yöntemi 150 dakikalık pişirme süresi için yüksek, 180 dakikalık pişirme süresi için sodyum borhidrür ilave oranının artmasıyla düşük değerler elde edilmiştir.

Çam odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının beyazlık değerlerindeki değişim Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 18.Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerlerindeki değişme

4.5.1.1. Pişirme Koşullarının Beyazlık Değeri Üzerine Etkisi

Test kâğıtları üzerinde ölçülen beyazlık değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırıldığı Ek Tablo 54, 55, 56, 57, 63, 64, 65 ve 66'ya göre tavsiye edilen yöntem ASA yöntemidir. Ancak yöntemler arasındaki farklar çok azdır. Ek Tablo 58 ve 67'ye göre pişirme süresinin artması her iki türde de bir etkiye neden olmamıştır. Ek Tablo 59, 60, 61, 62, 68, 69, 70 ve 71'e göre % 1,00 oranında borlu bileşik kullanımıyla optimum katkı sağlanmaktadır.

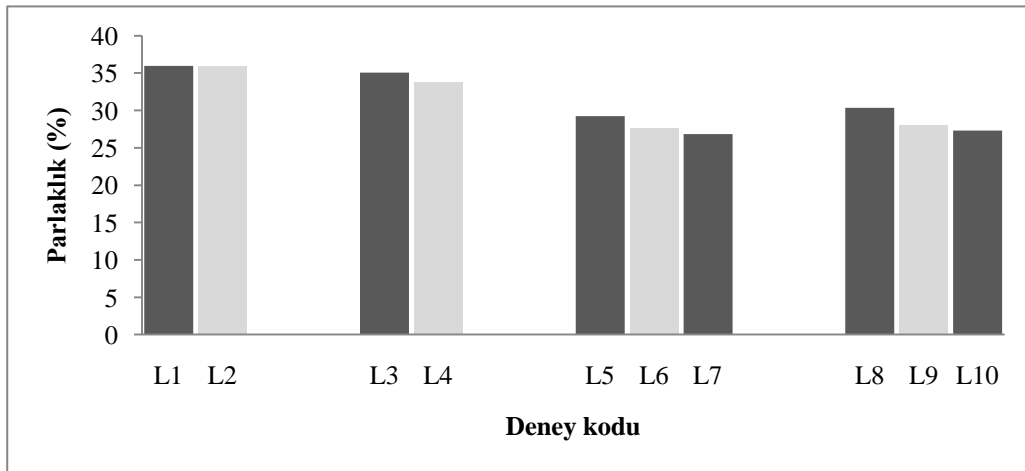
4.5.2. Kâğıt Safihalarının Parlaklık Değerlerinin İrdelenmesi

Ladin odunundan ASA yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların parlaklık değerlerinde pişirme süresinin artmasına bağlı olarak pek değişme olmadığı görülmektedir. Çam odunu kullanıldığında ise az da olsa bir miktar artış meydana gelmiştir.

ASAE yönteminde ise ladin odunu kullanıldığında pişirme süresinin artmasıyla birlikte parlaklık değerinde azalma meydana geldiği Tablo 9 ve Şekil 19'da görülmektedir. Çam odununda pişirme süresi arttıkça parlaklık değerinde yükselme olduğu belirlenmiştir. Ladin odunu ASAE yöntemi ASA yöntemiyle parlaklık değeri açısından

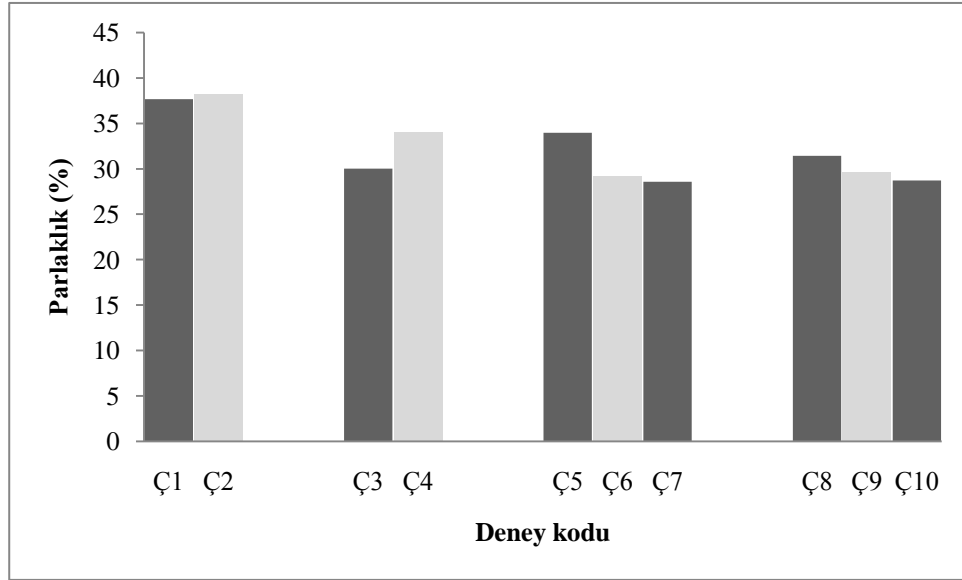
karşılaştırıldığında 150 dakikalık pişirme süresi baz alındığında pek fazla bir değişimin olmadığı; ancak pişirme süresi 180 dakikaya çıkarıldığında aradaki farkın büyüdüğü tespit edilmiştir. Çam odunu için ise pişirme süresi arttıkça parlaklık değerindeki azalmanın daha büyük oranda gerçekleştiği görülmüştür. Ladin odununun kullanıldığı ASAB yöntemi ASA ve ASAE yöntemiyle karşılaştırıldığında parlaklık değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ancak ladin odunu için diğer yöntemlerin tersine pişirme süresi arttıkça parlaklık değerinde artış olduğu belirlenmiştir. Kullanılan sodyum bor hidrür oranı arttıkça da her iki pişirme süresinde parlaklık değerinde ASA ve ASAE yöntemlerine göre azalma olduğu görülmüştür.

Çam odunu değerler incelendiğinde ASA yönteminde elde edilen kâğıt hamurları için pişirme süresi arttıkça parlaklık değerinde bir miktar artış olduğu belirlenmiştir. Ortama etanol ilave edilmesiyle birlikte ASAE yöntemi bu değerde her iki pişirme süresi içinde azalma meydana geldiği görülmektedir. ASAB yönteminde ise çam odunu için pişirme süresinin arttırılmasıyla sadece %1 sodyum borhidrür ilavesiyle gerçekleştirilen işlem sırasında azalma olduğu belirlenirken; %2 ve 3 oranlarında bu azalma oranı daha düşük kalmıştır. ASAB yönteminde elde edilen kâğıt hamurlarının parlaklık değerleri ASA yönteminden düşük olduğu tespit edilmiştir. Ladin odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının parlaklık değerlerindeki değişim Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 19. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt sayfalarının parlaklık değerlerindeki değişim

Çam odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının beyazlık değerlerindeki değişim Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının parlaklık değerlerindeki değişme

Kraft yönteminin kullanıldığı diğer çalışmalarda parlaklık değerlerinde ortama AQ ve sodyum borhidrür ilave edilmesiyle parlaklık değerlerin de artış olduğu belirlenmiştir (İstek ve Özkan, 2008; Akgül ve ark., 2007; Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

4.5.2.1. Pişirme Koşullarının Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi

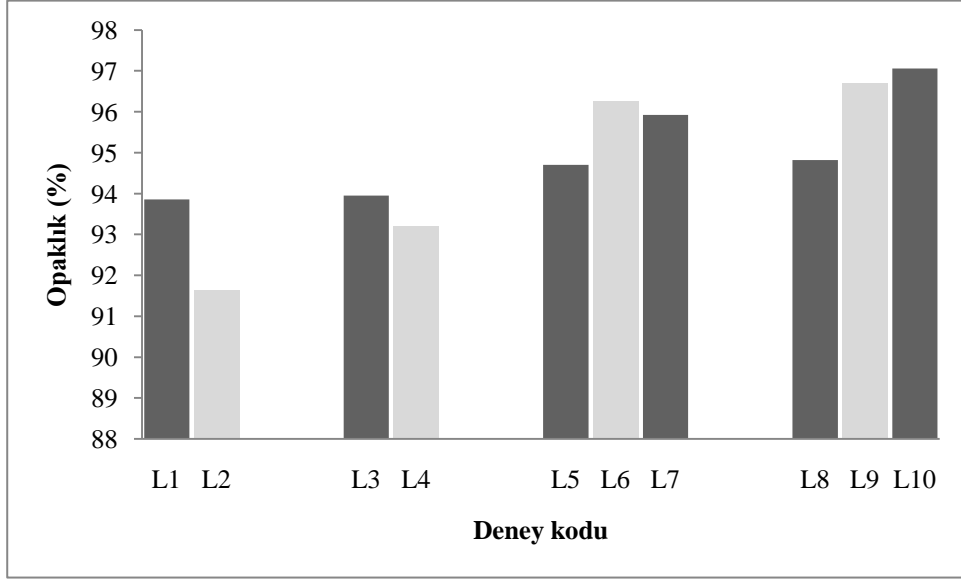
Varyans analizi ve Duncan Testi sonuçları Ek Tablo 72 ile 89 arasında verilmiştir. Burada da elde edilen sonuçlar beyazlık değeri sonuçlarından hemen hemen farksız olarak bulunmuştur, çünkü veriler birbirine çok yakındır.

4.5.3. Kâğıt Safihalarının Opaklık Değerlerinin İrdelenmesi

Ladin odunundan ASA yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerleri pişirme süresinin artmasıyla birlikte azaldığı belirlenmiştir. ASAE yönteminde ise değişme oranı çok az olmuştur. ASAB yönteminde pişirme

süresinin artmasıyla birlikte %1 ve 2 sodyum borhidrür ilave oranlarındaki değişme çok küçük oranlarda meydana gelirken; %3 sodyum borhidrür ilave oranında pişirme süresi arttıkça opaklık değerinde artış meydana gelmiştir.

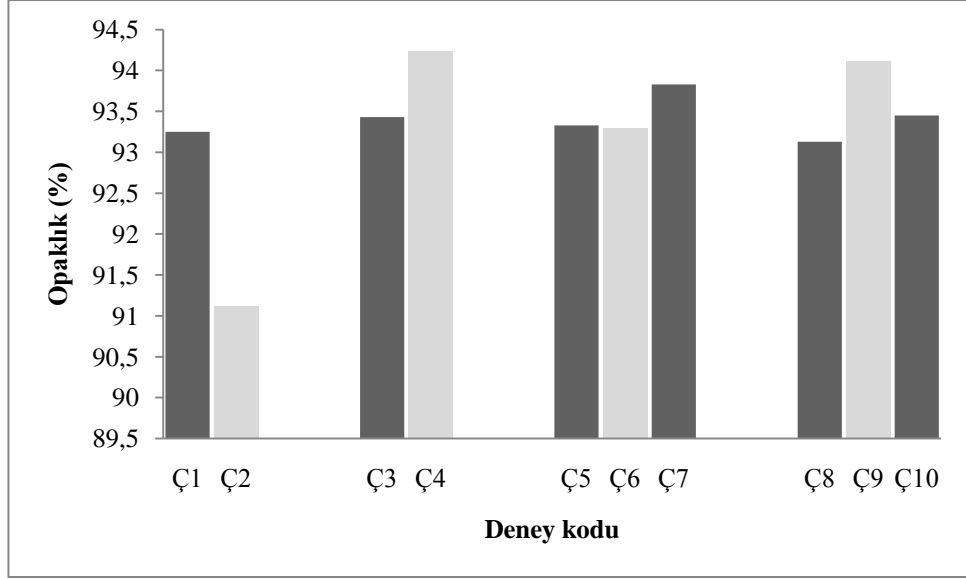
Ladin odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişim Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Ladin odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişme

Çam odunu için opaklık değerleri incelendiğinde ASA yöntemindeki değişme ladin odunu ile paralellik göstermektedir. Çam odunu için ASAE yönteminde ise pişirme süresinin artmasıyla birlikte opaklık değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. ASAB yönteminde pişirme süresine ve sodyum borhidrür ilave oranlarına bakıldığında genel olarak opaklık değerlerinin %93.3-94.11 arasında değiştiği belirlenmiştir. ASAB yönteminin 150 dakikalık pişirme süresindeki opaklık değeri %93.3 -93.83 arasında değişmiştir. ASAB yönteminde en yüksek değer ise 180 dakika pişirme süresinde ve %2 sodyum borhidrür ilavesinde elde edilmiştir.

Çam odunu kullanılarak ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişim Şekil 22’de verilmiştir.

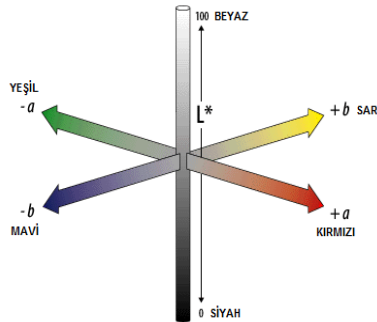


Şekil 22. Çam odunundan ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının opaklık değerlerindeki değişme

Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları kullanılmak suretiyle kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretimini kapsayan önceki çalışmalarda ortama sodyum borhidrür ilavesiyle birlikte safiha opaklık değerlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008; İstek ve Özkan, 2008).

4.5.4. Kâğıt Safihalarının Renk Değerlerinin İrdelenmesi

ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle ladin ve çam odunlarının kullanılması suretiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının renk özellikleri önceki bölümlerde belirtilen standart yöntemlere baz alınarak aşağıda Şekil 23'de gösterilen renk koordinat sistemine göre belirlenmiştir.



Şekil 23. Renk koordinat sistemi

L* değeri ladin odunundan ASA yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihalar için pişirme süresinin artmasıyla değişmemiştir. ASAE yönteminde ise ASA'ya göre bir miktar azalma belirlenmiştir. ASAE yönteminden elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safihalarda pişirme süresinin artmasına bağlı olarak L* değerinde bir azalma görülmektedir. ASAB yönteminde %1 sodyum borhidrür ilavesiyle birlikte pişirme süresinin artmasıyla birlikte L* değeri bir miktar artmıştır. Çam odunu için bulgular değerlendirildiğinde L* değeri özellikle ASAE yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safihalarda pişirme süresinin artmasıyla birlikte yükselmiştir. ASAB yönteminde ise çam kullanıldığı zaman L* değerinde meydana gelen değişimler pek fazla olmamıştır.

Tablo 9 incelendiğinde genel olarak ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihalarda a* değeri çam odunundan elde edilenlere göre bir miktar daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ladin odunun kullanıldığı ASAB yönteminde a* değeri ortama sodyum borhidrür ilave edilmesiyle birlikte ASA ve ASAE yöntemlerine göre bir miktar artmıştır.

Ladin odunu için en düşük b* değeri ASAE pişirme yöntemiyle elde edilirken onu sırasıyla ASA ve ASAB yöntemleri takip etmiştir. Ortama yapılan sodyum borhidrür ilavesi b* değerinin artmasına sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Çam odununu kullanıldığında ise b* değeri ASA ve ASAE yöntemleriyle elde edilen kâğıt hamurlarında birbirine yakın değerler verirken, ASAB yönteminden elde edilen kâğıt hamurlarında b* değerleri ladin odununun kullanıldığı pişirme yöntemlerinde olduğu gibi yükselmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında ladin ve çam odunları kullanılmak suretiyle ASA, ASAE ve ASAB yöntemleriyle farklı pişirme sürelerinde kâğıt hamuru elde edilmiş olup; daha sonra bu kâğıt hamurlarından safiha üretilmiştir. Kullanılan hammaddelerin karakteristik özellikleri, kâğıt hamurlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Buna ilaveten elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihaların fiziksel direnç özellikleri ve optik özellikleri tespit edilmiştir.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre ladin odununun holoselüloz ve selüloz oranlarının çam odunundan yüksek olduğu belirlenirken, çözünürlük değerlerinin çam odununda ladin odununa göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ağaç türünde de alfa selüloz ve lignin içeriği birbirine yakın değerlerde bulunmuştur.

Liflerin morfolojik özellikleri incelendiğinde ladin odunu liflerinin çam odununa göre uzun, geniş ve çeper kalınlığının fazla olduğu görülmüştür. Bu değerlere bağlı olarak hesaplanan keçeleşme, elastiklik oranı ve katılık katsayıları ladin odununda çam odununa göre daha yüksek değerler olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihalarının direnç özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirlenen verilerle tespit edilmiştir.

ASA yöntemine etanol ilave edilerek gerçekleştirilen ASAE pişirmesiyle birlikte kontrol örneklerine göre hem ladin hem de çam odunu kullanılan denemelerde verim değerlerinin 150 ve 180 dakikalık pişirme sürelerinde olumlu etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca her iki odun türü için pişirme süresinin artmasıyla delignifikasyon oranı artarken, kâğıt hamuru viskozite değerlerinde çok büyük değişmelerin meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra ladin ve çam odununun pişirilmesi için ASA yöntemine %1,%2 ve %3 oranlarında sodyum borhidrür ilave edilerek ASAB yöntemi denenmiştir. Bu denemeler sonucunda her iki odun türü için özellikle %1 sodyum borhidrür ilave oranında delignifikasyon oranının arttığı ancak viskozite değerinde bir miktar azalma olduğu belirlenmiştir. Sodyum borhidrür ilave oranı %1'den %2'ye çıktıkça verim değerlerinin artmaya devam ettiği ancak delignifikasyon oranının azaldığı elde edilen verilerle görülmüştür. %3 ilave oranında ise verim değeri ve delignifikasyon oranının azaldığı tespit

edilmiştir. Kâğıt hamuru üretimi sırasında belirlenen değerlere bakıldığında ladin odununda elde edilen elek artığının çam odununa göre daha fazla olduğu bulunmuştur.

Ladin odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının holoselüloz ve alfa selüloz oranlarının ASA yönteminde pişirme süresinin 150 dakikadan 180 dakikaya çıkmasıyla çok az da olsa düştüğü belirlenmiştir. ASAE pişirmesinde ise bu değerlerin pişirme süresine bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir. ASAB yönteminde ise pişirme süresinin artmasıyla birlikte holoselüloz oranının arttığı, alfa selüloz oranının pek fazla değişmediği görülmüştür. Çam odununda ise ladin odunun aksine pişirme süresinin artmasıyla birlikte ASA ve ASAE yönteminde holoselüloz ve alfa selüloz oranlarının arttığı belirlenmiştir. ASAB yönteminde ise pişirme süresinin artmasıyla holoselüloz oranı artarken, alfa selüloz oranının %1 ve %2 sodyum borhidrür ilaveli pişirme sırasında pek değişmediği ancak ilave oranı %3'e çıkarıldığında azaldığı tespit edilmiştir.

Kâğıt safihalarının fiziksel direnç özellikleri incelendiğinde ladin odunundan elde edilen safihaların çam odunundan elde edilenlere göre daha dirençli olduğu görülmektedir. Bu durumun liflerin morfolojik yapılarından kaynaklanabileceği daha önceki bölümlerde de belirtilmişti. Özellikle ASA yöntemiyle ve %1 sodyum borhidrür ilave edilen ASAB yönteminde 150 dakikalık pişirme sonucunda elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların direnç özellikleri dikkat çekmektedir. Ladin odununun kullanıldığı denemelerde pişirme süresinin artmasıyla birlikte direnç özelliklerinde azalma olduğu görülmüştür. ASAB yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurundan üretilen safihaların ASA ve ASAE yöntemiyle üretilen safihalara göre sodyum borhidrür ilave oranının artmasıyla birlikte direnç özelliklerinde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen kâğıt safihalarının direnç özellikleri incelendiğinde ise genel olarak pişirme süresi arttıkça kâğıt hamuru bünyesinde karbonhidrat bileşenlerinin artışına paralel olarak kopma indisi değerlerinde bir yükselme olduğu görülmüştür. Yırtılma indisi değerleri çok fazla değişmezken, patlama indisi değerlerinde az da olsa bir yükselme kaydedilmiştir.

Kâğıt safihalarının optik özellikleri incelendiğinde ise ladin odunu kullanıldığı zaman beyazlık ve parlaklık değerleri ASA yöntemine etanol ve sodyum borhidrür ilave edilmesiyle birlikte azalırken; opaklık değerinin arttığı tespit edilmiştir. Çam odununun kullanıldığı ASA ve ASAE pişirmelerinde sonra elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların beyazlık ve parlaklık değerlerinin pişirme süresinin artmasıyla yükseldiği belirlenmiştir. Ancak %2 ve %3 sodyum borhidrür ilaveli gerçekleştirilen ASAB

pişirmesinde pişirme süresine bağlı olarak bu değerlerin çok değişmediği görülmüştür. 180 dakikalık pişirmelerde çam odunundan elde edilen kâğıt hamurlarından üretilen safihaların opaklık değerleri etanol ve sodyum borhidrür ilavesiyle birlikte geliştiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada ladin ve çam odunları kâğıt hamuru üretiminde kullanılmıştır. Uygulanan deney planlarının ya da daha farklı uygulamaların yapraklı ağaç odunları ve yıllık bitki sapları kullanılarak gerçekleştirilmesi durumunda ne gibi sonuçların elde edileceği ayrı bir merak konusudur.

Yapılan çalışmalar gözönüne alındığında sodyum borhidrür ilavesinin özellikle %1 ve üzerinde ilave oranlarında denendiği görülmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda %1.5 ve düşük oranlardaki ilave oranlarının kâğıt hamuru ve üretilecek safihaların özellikleri üzerine olacak etkileri incelenmesi fayda sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akgül, M., Çöpür, Y. ve Temiz, S., 2007. AQ Comparison of Kraft and Krfat-sodium borohydrate brutia pine pulps, Building and Environment, 42, 2586-2590.
- Akgül, M., 2001. Kavak Odunundan Etanol-Su Yöntemiyle Çözünebilir Selüloz Elde Edebilme Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akyüz, M., 2005. Doğu Ladinin (*Picea orientalis* L.) Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri ve Kullanım Alanları, Ladin Sempozyumu, Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı II: 921-931.
- Annergen, G.E. ve Rydholm, S.A., 1964. Behaviour of Xylan During Sulfite Cooking of Birchwood. Svensk. Papperstidn., 67, 19, 764-771.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 2001. Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*), Odunsu Taksonlar. KTÜ Basımevi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No: 119, Trabzon.
- Ata, C., Yahyaoğlu, Z. ve Atasoy, H., 1992. Doğu Ladininde Fidanlık, Fidan Depolama Sorunları ve Fidan Morfolojisi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ateş, S., 2003. Kraft Yöntemi ile Karaçam (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) Yongalarının Pişirilmesinde Kullanılan Farklı Deneme Desenleri Yardımıyla Elde Edilen Regresyon Modellerinin Karşılaştırılması Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ay, N. ve Şahin, H., 1998. Doğu Ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] Öz Odun ve Diri Odununun İç Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Tr. J. of Agriculture and Forestry 22, 203-207.
- B.T.O., 2003. 79. Faliyet Raporu, Bergama Ticaret Odası Yayını, Çağdaş Matbaacılık, Bergama, 87.s.
- Bailey, E.L., 1962. Recent Technical Advances in Magnesia-base Cooking. Tappi J., 45,9, 689-691.
- Bostancı, S., 1987. Kâğıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No: 114/13, Trabzon, 516 s.
- Bryce, J.R.G., 1962. Tomlinson, G.H., Modified Magnefite Pulping. The two-stage neutral process. Pulp Paper Mag. Can., 355-361.

- Coombes, A.J., 2006. Natur-Bibliothek Bäume. Dorling Kindersley Verlag GMBH, Starnberg,64.
- Croon, I. and Treiber, E., 1980. Present Situation And Future Trends İn Dissolving Pulp Manufacture. In Tappi Fifth International Dissolving Pulps Conference, Vienna, Tappi: 790-803.
- Çöpür, Y. and Tozluoğlu, A., 2008. A Comparison of Kraft, PS, Kraft-AQ and Kraft-NaBH₄ pulps of Brutia Pine, Bioresource Technology, 99, 909-913.
- Çöpür, Y., 2007. Tozluoğlu, A.,The Effect of AQ and NaBH₄ (*Ceriporiopsis subvermispora*) of Brutia Pine Chips, International Biodeteoration and Biodegradation, 60, 126-131.
- Eroğlu, H., 1980. O₂- NaOH Yöntemiyle Buğday(*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kâğıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Erten, P. ve Sözen, M.R., 1994. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Rapor, Ankara.
- Fengel, D. and Wegener, G., 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. De Gruyter, Berlin.
- Gellerstedt, G., 2007. Ljunberg Textbook The Chemistry of Pulping and Bleaching., 81-83.
- Göksel, E., Hus, S. ve Tank, T., 1975. Türkiye (Tarsus-Karabucak)'da Yetişen Okalıptus (*E. camaldulensis Dehn.*) Türü Odununun Morfolojik Yönden Edütü ve Yarı Kimyasal Selülozunun Kâğıt Sanayiinde Değerlendirme İmkanları, TÜBİTAK Yayınları, No: 2175, Ankara.
- Göksel, E., 1981. Kızılcâmın Lif Morfolojisi ve Odunundan Selülozu Elde Etme Olanakları Üzerine Araştırmalar, I.Ü. Orman Fak. Dergisi, 1, 31, 203,-216.
- Green, J. and Sanyer, N., 1982. Alkaline Pulping in Aqueous Alcohols and Amines. Tappi J., 65, p.133-137.
- Gregg, D. and Saddler, J.N., 1996. A Techno-economic Assesment of Pretreatment and Fractionation Steps of a Biomass-to-ethanol process. Appl. Biochem. Biotechnol., 711-727.
- Gümüşkaya, E., 2002. Kendir (*Cannabis sativa* L.) Soymuk Liflerinden Asidik ve Alkali Ortamlarda Üretilen Kâğıt Hamurlarının Kimyasal ve Kristal Yapı Özellikler Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hafizoğlu, H., 1984. Odun Yan Ürünleri Kimyası Ders Notları, Trabzon.

- Ingruber O.V., Stradal, M. and Histed, J.A., 1982. AS-AQ Pulping of Eastern Canadian. Woods Pulp and Paper Canada, 83, 12, 79-88.
- Ingruber, O.V., Alkaline Sulfite-Anthraquinone Pulping; A Brief Review Of Its Nature, Development And Present Status. Tappi Pulping Conference Proceedings, Tappi Press, 1985, Atlanta: 461.
- İstek, A. ve Özkan, İ., 2008. Effect of Sodium Borohydride on *Populus tremula* L. Kraft Pulping, Turk J..Agric. For., 32, 131-136.
- Jimenez, L.; de la Torre, M.J.; Ferrer, J.L. and Garcia, J.C ., 1999. Influence of Process Variables on Properties of Pulp Obtained by Ethanol Pulping of Wheat Straw. Process Biochemistry, 35, 143-148.
- Kettunen, J., Virkola, N-E. ve Yrjälä, I., 1979. The Effect of Anthraquinone on Neutral Sulphite and Alkaline Sulphite Cooking of Pine. Paperi ja Puu, 61, 1, 685-700.
- Kırcı, H., 1991. Alkali Sülfid Antrakinon Etanol (ASAE) Yöntemiyle Kızılcım (*Pinus brutia Ten*) Odunundan Kâğıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kırcı, H., Bostancı, Ş. ve Yalınkılıç, M.K., 1994. A New Modified Pulping Process Alternative to Sulphate Method "Alkali-Sulfite-Antraquinone-Ethanol (ASAE)" Wood Science and Technology, 28, 89-99.
- Kobayashi, M. ; Sasuki, N.; Gabara, K. ve Nagasawa, T., 1978. Economic Evaluation of Alkali-Methanol Cooking. Japan Tappi J., 32, 9, 31-38.
- Kordsachia, O., Reipschläger, B. and Patt, R., 1990. ASAM Pulping of Birch Wood and Chlorine Free Pulp Bleaching. Pap. Puu, 72, 1, 44-50.
- Kordsachia, O. and Patt, R., 1988. Full Bleaching of ASAM Pulps without Chlorine Compounds. Holzforchung, 42, 3, 203-209.
- Lindqvist, B. and Sondell, K., 1997. Experience of Domsjö sulfite pulp mill with the TCF-bleaching Technology and Closed Water Circuit. Tsellyloza, Burnaga, Karton, 5-6.
- Macleod, J.M., A Review of New Alkaline-AQ Processes. Tappi Pulping Conference Proceedings, 1983, Tappi Press, Atlanta: 65.
- Macleod, J.M., 1986. ASA Pulp from Aspen. Tappi J., 69, 8, 106.
- Marton, R. and Grazow, S.; 1982. Ethanol-Alkali Pulping. Tappi J., 65, 6, 103-106.
- Mc Donough, T.J., V. Drunen, V.J. and T.W. Paulson, 1985. Sulphite-anthraquinone Pulping of Southern Pine for Bleachable Grades. J. Pulp Paper Sci., 11, 6, 167-176.

- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:210, Fakülte Yayın No: 32, Trabzon.
- Patt, R. and Kordsachia, O., 1986. Herstellung von Zellstoffen unter Verwendung von alkalischen Sulfitlösungen mit Zusatz von Anthraquinon und Methanol. Das Papier, 40, 10, 1-8.
- Pettersen, R.C., 2007. The Chemical composition of Wood (Chapter 2). In: Rowell, R.M. (Ed.), The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series, American Chemical Society, Washington D.C.: 984.
- Rydholm, S.A., 1965. Pulping Processes, Interscience Publishers, New York.
- Sanyer, N. and Keller, E.L., 1965. Sulfite Pulping Of Douglas- Fir Heartwood By Two-Stage Process Using Sodium, Magnesium, And Magnesium-Ammonium Bases. Tappi J., 48, 10, 545-552.
- Scan Test Methods, Scandinavian Pulp, Paper and Board Committee, Stockholm, Sweden, 1989.
- Serin, Z., Gümüşkaya, E. ve Ondaral, S.,. Areview of The Chemical Composition of Different Softwoods, Hardwoods and Agricultural Residues, XXXI. International Forestry Students Symposium, 2003, İstanbul: 348-361.
- Sivola, G., 1956. Integrated Lignocellulose Digestion and Recovery Process. US 2730445 19560110; CAN 50:46760; AN 1956:46760.
- Sixta, H., 2006. Handbook of pulp. Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, , Volume I: 465-482.
- TAPPI Standarts, Official Test Methods Association of The Pulp and Paper Industry, U.S.A., 1992.
- Tomlinson, G.H. and G.H.I. Tomlinson, 1958. Recovery of Heat and Chemicals from an Alkaline-Pulping Residual Liquor. US Patent 2840454 19580624.
- Tozluoğlu, A., 2007. Kraft , Biyokraft, Biyokraft-AQ, Biyo-polisülfür ve Biyokraft-sodyum borhidrür Metotları ile Kızılçamdan (*Pinus brutia Ten.*) Kâğıt Hamuru Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Virkola, N.-E.; Pusa, R. ve Kettunen, J.; 1981. Neutral sulphite AQ pulping as an Alternative to Kraft pulping. Tappi 64: 103-107.
- Virkola, N.E.; Tikka, P. ve Tulppala, J.; 1982. Neutral Sulfite AQ Pulping and Bleaching of the Pulp. International Sulfite Pulping Conference, 20-22 October 1982, Ontario: 11-12.

Yahyaoğlu, Z., Demirci, A. ve Genç, M., 1990. Relik Bir Tür Doğu Ladini (*Picea orientalis(L.) Link.*), Çevre Kirliliđi ve Kontrolü, Bildiriler Kitabı, 1. Uluslararası Çevre Koruma Sempozyumu, 1 Haziran, İzmir: 77-83.

Yaldez, R. and Ecker, A., 2000. H-factor Determination for Viscosity Degradation During Acid Sulfite Pulping of Beech Wood. R&D Lenzing AG: Lenzing.

Zimmermann, M., Platt, R. and Kordsachia, O., 1991. ASAM Pulping of Douglas fir and Chlorine-Free Bleaching. Tappi J., 74, 11, 129-134.

URL-1, <http://www.ogm.gov.tr/agaclarimiz/agac8.htm>. Ağaç Türlerimiz. 20.02.2010.

EKLER

EK 1

Ek Tablo 1. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	4299,305	2	2149,652	8,730	0,001
Gruplar içi	8371,925	34	246,233		
Toplam	12671,230	36			

Ek Tablo 2. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	20	90,1473	
ASAE	9	95,9142	
ASA	8		117,4859

Ek Tablo 3. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	3277,998	2	1638,999	64,901	0,000
Gruplar içi	883,887	35	25,254		
Toplam	4161,884	37			

EK 2

Ek Tablo 4. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	24	68,0915	
ASAE	7		85,8811
ASA	7		88,6521

Ek Tablo 5. Ladin hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	20717,118	1	20717,118	104,277	0,000
Gruplar içi	21655,525	109	198,675		
Toplam	42372,643	110			

Ek Tablo 6. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	6947,648	2	3473,824	92,395	0,000
Gruplar içi	639,159	17	37,598		
Toplam	7586,807	19			

EK 3

Ek Tablo 7. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2
% 3,00	8	74,6665	
% 2,00	5	79,5449	
% 1,00	7		115,4126

Ek Tablo 8. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	468,069	2	234,035	21,971	0,000
Gruplar içi	223,691	21	10,652		
Toplam	691,761	23			

Ek Tablo 9. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	7	62,6661		
% 1,00	8		66,9012	
% 2,00	9			73,3692

EK 4

Ek Tablo 10. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	652,706	2	326,353	12,859	0,000
Gruplar içi	736,003	29	25,379		
Toplam	1388,709	31			

Ek Tablo 11. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde farklı pişirme yöntemlerinden üretilen hamurlardan yapılmış kâğıtların çekme indislerine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAE	8	46,8566	
ASA	6		53,0457
ASAB	18		57,6458

Ek Tablo 12. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	58,953	2	29,477	0,758	0,476
Gruplar içi	1282,479	33	38,863		
Toplam	1341,433	35			

EK 5

Ek Tablo 13. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	914,668	1	914,668	22,112	0,000
Gruplar içi	2730,141	66	41,366		
Toplam	3644,809	67			

Ek Tablo 14. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) açıklama tablosu

Pişirme Süresi (dk)	Örnek Sayısı	Ort.	Std Sapma	Std. Hata	%95 güven aralığında		Min.	Maks.
					Alt Sınır	Üst Sınır		
150	32	54,0860	6,69306	1,18318	51,6729	56,4991	41,36	69,39
180	36	61,4338	6,19085	1,03181	59,3391	63,5285	52,76	80,40
Toplam	68	57,9760	7,37564	0,89443	56,1907	59,7613	41,36	80,40

Ek Tablo 15. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	447,296	2	223,648	51,233	0,000
Gruplar içi	65,480	15	4,365		
Toplam	512,776	17			

EK 6

Ek Tablo 16. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2
% 2,00	6	53,4163	
% 3,00	7	55,6323	
% 1,00	5		65,5399

Ek Tablo 17. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	929,017	2	464,509	32,208	0,000
Gruplar içi	288,443	20	14,422		
Toplam	1217,460	22			

Ek Tablo 18. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının çekme indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 1,00	9	55,0560		
% 2,00	5		61,1917	
% 3,00	9			69,3920

EK 7

Ek Tablo 19. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	25,886	2	12,943	16,914	0,000
Gruplar içi	34,434	45	0,765		
Toplam	60,320	47			

Ek Tablo 20. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	29	5,7100		
ASAE	9		6,4342	
ASA	10			7,5593

Ek Tablo 21. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	12,293	2	6,146	19,257	0,000
Gruplar içi	13,405	42	0,319		
Toplam	25,698	44			

EK 8

Ek Tablo 22. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	29	4,2379	
ASAE	8		5,0904
ASA	8		5,5067

Ek Tablo 23. Ladin hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	60,655	1	60,655	64,168	0,000
Gruplar içi	86,018	91	0,945		
Toplam	146,673	92			

Ek Tablo 24. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	24,038	2	12,019	92,449	0,000
Gruplar içi	2,600	20	0,130		
Toplam	26,638	22			

EK 9

Ek Tablo 25. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	8	4,7614		
% 2,00	7		5,2259	
% 1,00	8			7,0883

Ek Tablo 26. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	10,645	2	5,323	97,963	0,000
Gruplar içi	1,413	26	0,054		
Toplam	12,058	28			

Ek Tablo 27. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	3,6244		
% 1,00	10		4,0790	
% 2,00	9			5,0962

EK 10

Ek Tablo 28. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	1,286	2	0,643	5,313	0,009
Gruplar içi	4,840	40	0,121		
Toplam	6,126	42			

Ek Tablo 29. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	29	2,5322	
ASAE	9	2,8434	2,8434
ASA	5		2,9808

Ek Tablo 30. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	1,675	2	0,838	2,829	0,069
Gruplar içi	13,917	47	0,296		
Toplam	15,593	49			

EK 11

Ek Tablo 31. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAE	10	2,9709	
ASAB	30	3,1990	3,1990
ASA	10		3,5427

Ek Tablo 32. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	7,581	1	7,581	31,766	0,000
Gruplar içi	21,719	91	0,239		
Toplam	29,300	92			

Ek Tablo 33. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	2,178	2	1,089	15,668	0,000
Gruplar içi	1,877	27	0,070		
Toplam	4,055	29			

EK 12

Ek Tablo 34. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2
% 2,00	10	2,3222	
% 3,00	10	2,3749	
% 1,00	10		2,9183

Ek Tablo 35. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	8,020	2	4,010	25,059	0,000
Gruplar içi	4,320	27	0,160		
Toplam	12,340	29			

Ek Tablo 36. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının patlama indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 1,00	10	2,5811		
% 2,00	10		3,1696	
% 3,00	10			3,8465

EK 13

Ek Tablo 37. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	66,870	2	33,435	122,587	0,000
Gruplar içi	5,728	21	0,273		
Toplam	72,597	23			

Ek Tablo 38. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	15	3,5939		
ASAE	4		5,9590	
ASA	5			7,6176

Ek Tablo 39. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	17,391	2	8,696	23,961	0,000
Gruplar içi	7,984	22	0,363		
Toplam	25,375	24			

EK 14

Ek Tablo 40. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	15	3,3324		
ASAE	5		4,1260	
ASA	5			5,4692

Ek Tablo 41. Ladin hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	10,093	1	10,093	4,842	0,033
Gruplar içi	97,973	47	2,085		
Toplam	108,066	48			

Ek Tablo 42. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	1,700	2	0,850	4,561	0,034
Gruplar içi	2,236	12	0,186		
Toplam	3,936	14			

EK 15

Ek Tablo 43. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2
% 1,00	5	3,1590	
% 3,00	5	3,6438	3,6438
% 2,00	5		3,9790

Ek Tablo 44. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,317	2	0,159	6,180	0,086
Gruplar içi	0,077	3	0,026		
Toplam	0,394	5			

Ek Tablo 45. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1
% 3,00	2	2,9525
% 2,00	2	3,4225
% 1,00	2	3,4560

EK 16

Ek Tablo 46. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	6,994	2	3,497	21,157	0,000
Gruplar içi	3,636	22	0,165		
Toplam	10,630	24			

Ek Tablo 47. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	15	4,1595	
ASA	5		5,1426
ASAE	5		5,3230

Ek Tablo 48. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,265	2	0,132	0,434	0,653
Gruplar içi	6,708	22	0,305		
Toplam	6,973	24			

EK 17

Ek Tablo 49. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indislerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1
ASAE	5	4,7068
ASAB	15	4,8291
ASA	5	5,0270

Ek Tablo 50. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,815	1	0,815	2,223	0,142
Gruplar içi	17,603	48	0,367		
Toplam	18,418	49			

Ek Tablo 51. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	1,527	2	0,763	6,372	0,013
Gruplar içi	1,438	12	0,120		
Toplam	2,965	14			

EK 18

Ek Tablo 52. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2
% 3,00	5	3,8380	
% 2,00	5	4,0460	
% 1,00	5		4,5944

Ek Tablo 53. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının yırtılma indisleri üzerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,162	2	0,081	0,215	0,810
Gruplar içi	4,520	12	0,377		
Toplam	4,682	14			

Ek Tablo 54. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	596,915	2	298,458	343,657	0,000
Gruplar içi	43,424	50	0,868		
Toplam	640,339	52			

EK 19

Ek Tablo 55. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	43,0700		
ASAE	10		48,2990	
ASA	13			50,6969

Ek Tablo 56. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	333,300	2	166,650	112,152	0,000
Gruplar içi	69,839	47	1,486		
Toplam	403,139	49			

Ek Tablo 57. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	43,9863		
ASAE	10		46,9840	
ASA	10			50,5010

EK 20

Ek Tablo 58. Ladin hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,038	1	0,038	0,004	0,952
Gruplar içi	1043,478	101	10,331		
Toplam	1043,516	102			

Ek Tablo 59. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	30,646	2	15,323	86,230	0,000
Gruplar içi	4,798	27	0,178		
Toplam	35,444	29			

Ek Tablo 60. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	41,9710		
% 2,00	10		42,8280	
% 1,00	10			44,4110

EK 21

Ek Tablo 61. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	65,008	2	32,504	343,366	0,000
Gruplar içi	2,556	27	0,095		
Toplam	67,564	29			

Ek Tablo 62. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	42,6460		
% 2,00	10		43,2770	
% 1,00	10			46,0360

Ek Tablo 63. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	457,996	2	228,998	352,072	0,000
Gruplar içi	29,269	45	0,650		
Toplam	487,265	47			

EK 22

Ek Tablo 64. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde farklı pişirme yöntemlerinden üretilen hamurlardan yapılmış kâğıtların beyazlık değerlerine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	10	42,4150		
ASAE	29		44,7262	
ASA	9			51,6967

Ek Tablo 65. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	382,384	2	191,192	191,720	0,000
Gruplar içi	46,870	47	0,997		
Toplam	429,254	49			

Ek Tablo 66. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Pişirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	44,9957		
ASAE	10		46,7910	
ASA	10			52,1360

EK 23

Ek Tablo 67. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) açıklama tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	37,119	1	37,119	3,888	0,052
Gruplar içi	916,519	96	9,547		
Toplam	953,638	97			

Ek Tablo 68. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	25,762	2	12,881	118,041	0,000
Gruplar içi	2,837	26	0,109		
Toplam	28,600	28			

Ek Tablo 69. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	43,6440		
% 2,00	9		44,6167	
% 1,00	10			45,9070

EK 24

Ek Tablo 70. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	41,466	2	20,733	156,040	0,000
Gruplar içi	3,587	27	0,133		
Toplam	45,054	29			

Ek Tablo 71. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının beyazlık değerlerine farklı miktarda NaBH_4 kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH_4 Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	43,8660		
% 2,00	10		44,5040	
% 1,00	10			46,6170

Ek Tablo 72. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	773,033	2	386,516	515,721	0,000
Gruplar içi	37,473	50	0,749		
Toplam	810,506	52			

EK 25

Ek Tablo 73. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	27,8980		
ASAE	10		35,0830	
ASA	13			35,9654

Ek Tablo 74. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	501,365	2	250,683	215,196	0,000
Gruplar içi	54,750	47	1,165		
Toplam	556,116	49			

Ek Tablo 75. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	28,5857		
ASAE	10		33,7650	
ASA	10			36,0060

EK 26

Ek Tablo 76. Ladin hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	0,414	1	0,414	0,031	0,861
Gruplar içi	1366,622	101	13,531		
Toplam	1367,036	102			

Ek Tablo 77. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	29,542	2	14,771	119,754	0,000
Gruplar içi	3,330	27	0,123		
Toplam	32,873	29			

Ek Tablo 78. Ladin hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	26,8390		
% 2,00	10		27,6300	
% 1,00	10			29,2250

EK 27

Ek Tablo 79. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	50,074	2	25,037	266,894	0,000
Gruplar içi	2,533	27	0,094		
Toplam	52,607	29			

Ek Tablo 80. Ladin hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	27,3150		
% 2,00	10		28,0840	
% 1,00	10			30,3580

Ek Tablo 81. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	464,019	2	232,010	320,977	0,000
Gruplar içi	32,527	45	0,723		
Toplam	496,546	47			

EK 28

Ek Tablo 82. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık pişirme süresinde farklı pişirme yöntemlerinden üretilen hamurlardan yapılmış kâğıtların parlaklık değerleri üzerine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2
ASAB	29	29,5976	
ASAE	10	30,0180	
ASA	9		37,6600

Ek Tablo 83. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F_h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	554,254	2	277,127	300,102	0,000
Gruplar içi	43,402	47	0,923		
Toplam	597,656	49			

Ek Tablo 84. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık pişirme süresinde elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Piştirme Yöntemi	Örnek Sayısı	1	2	3
ASAB	30	29,9050		
ASAE	10		34,0370	
ASA	10			38,2370

EK 29

Ek Tablo 85. Çam hammaddesi kullanarak pişirme yöntemleri arasındaki farklılıklar göz ardı edilerek elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine pişirme süresinin etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) açıklama tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	35,320	1	35,320	3,099	0,082
Gruplar içi	1094,202	96	11,398		
Toplam	1129,522	97			

Ek Tablo 86. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	28,952	2	14,476	191,920	0,000
Gruplar içi	1,810	24	0,075		
Toplam	30,763	26			

Ek Tablo 87. Çam hammaddesi kullanarak 150 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	9	28,5567		
% 2,00	8		29,2438	
% 1,00	10			30,9490

EK 30

Ek Tablo 88. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin varyans analizi (Anova) sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F _h	Anlamlılık Düzeyi
Gruplar arası	38,984	2	19,492	199,469	0,000
Gruplar içi	2,638	27	0,098		
Toplam	41,622	29			

Ek Tablo 89. Çam hammaddesi kullanarak 180 dakikalık ASAB pişirme yöntemiyle elde edilen hamurlardan üretilen test kâğıtlarının parlaklık değerleri üzerine farklı miktarda NaBH₄ kullanım oranlarının etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları

NaBH ₄ Kullanım Oranı	Örnek Sayısı	1	2	3
% 3,00	10	28,6980		
% 2,00	10		29,5830	
% 1,00	10			31,4340

ÖZGEÇMİŞ

29.06.1982 tarihinde Sakarya ilinin Adapazarı ilçesinde doğan Emir ERİŞİR, ilk öğrenimini sırasıyla Adapazarı Atatürk İlkokulu, Adapazarı Şeker İlkokulu, İstanbul Gazi İlkokulu ve nihayetinde Adapazarı Ahmet Akkoç İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini Adapazarı Sabiha Hanım İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini ise Adapazarı Atatürk Lisesi'nde tamamladı. 2003 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırdı ve lisans öğrenimini 29.Haziran.2007 tarihinde tamamladı. Aynı yılın Ağustos ayında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kâğıt Teknolojisi anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmekte ve çok iyi derecede İngilizce bilmektedir.