



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAKAVAK YONGALARINDAN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ
KULLANILARAK KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ

HAZIRLAYAN

ÜLKÜ BURCU GİTTİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. AYHAN GENÇER

BARTIN-2019



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARAKAVAK YONGALARINDAN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ
KULLANILARAK KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

HAZIRLAYAN

Ülkü Burcu GİTTİ

JÜRİ ÜYELERİ

- | | | |
|----------|---------------------------------|--|
| Danışman | : Doç. Dr. Ayhan GENÇER | - Bartın Üniversitesi |
| Üye | : Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ | - Bartın Üniversitesi |
| Üye | : Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI | - Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi |

BARTIN-2019

KABUL VE ONAY

Ülkü Burcu GİTTİ tarafından hazırlanan “KARAKAVAK YONGALARINDAN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ KULLANILARAK KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ” başlıklı bu çalışma, 01.08.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. AYHAN GENÇER (Danışman)

Üye : Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Ayhan GENÇER danışmanlığında hazırlamış olduğum “KARAKAVAK YONGALARINDAN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ KULLANILARAK KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ” başlıklı Yüksek Lisans Tezi tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

01.08.2019

Ülkü Burcu GİTTİ

ÖNSÖZ

Tez danışmanlığımı yürüten, laboratuvar çalışmalarında bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım değerli hocam Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e saygıyla ve içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

07.09.2016 - 05.02.2018 tarihleri arasında tez danışmanlığımı yapan ve her türlü konuda beni yalnız bırakmayan, laboratuvar çalışmalarımın yürütülmesi sırasında üstün sabır, gayret, emek ve güler yüzü ile araştırma konusunun seçiminden sonuçlandırılmasına kadar katkı ve emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez savunma sınavına jüri üyesi olarak bizlere eşlik etme nezaketinde bulunan değerli hocalarım Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ ve Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI' ya fikir ve önerileri ile sağladıkları katkıları için teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca tezimin hazırlık kısmında desteğini ve zamanını esirgemeyen değerli hocam Arş.Gör. İsmail ÖZLÜSOYLU 'ya teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım süresince hiçbir desteğini esirgemeyen Canım arkadaşım Aysun MUSTAK'a ve diğer arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2017-FEN-CY-011). Katkılarından dolayı Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne' ne teşekkür ederim.

Hayatımın her safhasında olduğu gibi tez çalışmam süresince de verdikleri moral ve maddi manevi verdikleri destek ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve biricik dostum Rabia ŞAHİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Ülkü Burcu GİTTİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAKAVAK YONGALARINDAN DERİN ÖTEKTİK ÇÖZÜCÜ KULLANILARAK KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ

Ülkü Burcu GİTTİ

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Bartın-2019, sayfa: 75

Derin ötektik çözücüler (DÖÇ) çevreye dost ve lignoselülozik maddeleri çözebilen kimyasallardır. Bu çalışmada, karakavak (*Populus nigra* L.) yongalarından DÖÇ kullanılarak kağıt hamuru üretim olanakları araştırılmıştır. Kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini karşılaştırmak için, geleneksel kağıt hamuru üretim yöntemlerinden soda ve Kraft yöntemleri ile de kağıt hamuru üretilmiştir. DÖÇ kullanılarak kağıt hamuru üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, DÖÇ ile kavak yongalarından elde edilen kağıt hamurlarının ve kağıtlarının bazı özelliklerinin geleneksel yöntemlerle elde edilenlerle kıyaslanabilir seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin ötektik çözücü; etilen glikol; karakavak; kağıt hamuru; kağıt; kolin klorür.

Bilim Kodu: 502.06.02

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PULP PRODUCTION USING DEEP EUTECTIC SOLVENT FROM EUROPEAN BLACK POPLAR

Ülkü Burcu GİTTİ

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industry Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Ayhan GENÇER

Bartın-2019, pp: 75

Deep eutectic solvents (DES) are characterized for environmentally friendly and they can react with wood components to dissolve them. In this study, pulp and paper production possibilities from European black poplar (*Populus nigra* L.) using a green DES were investigated. Also, soda and kraft cooks from traditional pulp production methods were carried from poplar chips to compare with DES pulps. Pulp production using DES was accomplished successfully. Consequently, some pulp and paper properties of DES pulps were comparable with traditional pulping methods.

Keywords: Choline chloride; deep eutectic solvent; ethylene glycol; European black poplar; pulp; paper.

Science Code: 502.06.02

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1.....	1
1.1 Kâğıdın Tanımı ve Tarihçesi	1
1.2 <i>Populus nigra</i> L. (Karakavak) Hakkında Genel bilgiler	2
1.2.1 Makroskopik Özellikler	5
1.2.2 Mikroskopik Özellikler.....	5
1.2.3 İşlenme ve Kurutma Özellikleri.....	6
1.2.4 Dayanıklılık ve Emprenye	6
1.2.5 Kullanım Yerleri	6
1.3 Dünyadaki Genel Yayılışı	6
1.4 Türkiye'deki Yayılışı.....	7
1.5 Derin Ötektik Çözücüler (DÖÇ).....	8
1.6 Kullanılan DÖÇ'lerin Özellikleri	11
1.6.1 Kolin Klorür ($C_5H_{14}ClNO$).....	11
1.6.2 Etilen Glikol ($C_2H_6O_2$).....	11
BÖLÜM 2.....	13
LİTARETÜR ÖZETİ	13
2.1 Derin Ötektik Çözücülerin (DÖÇ) Lignoselülozik Maddelere Muameleleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar	13
BÖLÜM 3.....	17
MATERYAL METOD.....	17
3.1 Materyal.....	17

3.2 Metod.....	17
3.2.1 Yongaların Hazırlanması	17
3.2.3 Eleme	19
3.2.4 Karakavak Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	19
3.2.4.1 Keçeleşme Oranı	20
3.2.4.2 Elastiklik Oranı	20
3.2.4.3 Runkel Oranı	20
3.2.5 Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler	20
3.2.5.1 Holoselüloz Tayini.....	21
3.2.5.2 α -Selüloz Tayini.....	21
3.2.5.3 Lignin Deneyi.....	22
3.2.5.4 Ekstraksiyon Deneyi (Alkol çözünürlüğü).....	23
3.2.5.5 Sıcak Su Çözünürlüğü.....	23
3.2.5.6 Soğuk Su Çözünürlüğü	24
3.2.5.7 %1 NaOH Çözünürlüğü	24
3.3 DÖÇ'lerin Hazırlanma Aşaması.....	24
3.4 Kağıt Hamuru Üretim Koşulları	26
3.5 Kâğıtların Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri	27
3.6 Verilerin Değerlendirilmesi.....	27
BÖLÜM 4.....	28
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1 Kimyasal Analizlere Ait Bulgular	28
4.2 Lif Morfolojisine Ait Sonuçlar	28
4.3 Kağıt Hamuru Özellikleri	29
4.3.1 Kağıt Hamurlarının Elenmiş Verimleri	29
4.3.2 Kağıt Hamurlarının Elek Artığı Oranları.....	30
4.3.3 Kağıt Hamurlarının Toplam Verimleri	31
4.3.4 Kağıt Hamurlarının Yıkama Sonrası Elenmiş Verimleri.....	32
4.3.5 Kağıt Hamurlarının Yıkama Sonrası Toplam Verimleri	33
4.3.6 Kağıt Hamurlarının Kappa Numaraları	34
4.3.7 Kağıt Hamurlarının Viskoziteleri	34
4.3.8 Kağıt Hamurlarının İstenilen Serbestlik Derecesine Ulaşma Süreleri.....	35
4.4 Kağıtların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	36

4.4.1. Kopma İndisi.....	39
4.4.2 Uzama	42
4.4.3 TEA.....	45
4.4.4 Yırtılma İndisi.....	48
4.4.5 Patlama İndisi	51
4.4.6 Hava Geçirgenliği.....	54
4.4.7 Hacimlilik	57
4.5 Kağıtların Optik Özellikleri.....	60
4.5.1 Opaklık.....	61
4.5.2 Parlaklık	64
BÖLÜM 5.....	68
SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1.1: Koloroz etkisiyle yazın sararmış karakavaklar.	3
1.2: <i>Populus nigra</i> ’nın sürgün, tomurcuk, yaprak, çiçek ve meyveleri.	4
1.3: Anadolu’da karakavak ağaçlarından bir görünüm.	5
1.4: <i>Populus</i> cinsinin dünya üzerindeki yayılışı	6
1.5: <i>Populus nigra</i> L.’nin doğal yayılış alanları	7
1.6: <i>Populus nigra</i> L. subsp. <i>nigra</i> ve <i>Populus nigra</i> subsp. <i>caudina</i> ’nın doğal yayılışı 8	
1.7: İki bileşenin ötektik çözücü oluşturmak için karıştırılması,	9
1.8: Kolin klorürün kimyasal yapısı	11
1.9: Etilen glikolün kimyasal yapısı	11
1.10: Kullanılan DÖÇ’lerin elde edilmesi	12
1.11: İki katı maddenin bileşiminden oluşan bir DÖÇ	12
3.1: <i>Populus nigra</i> diski	17
3.2: <i>Populus nigra</i> yongaları	18
3.3: Laboratuvar tipi Willey değirmeni	18
3.4: Laboratuvar tipi sarsıntılı elek	19
3.5: Lignin deneyi	22
3.6: Soxhlet ekstraksiyon cihazı	23
3.7: Isıtıcı plaka üzerine yerleştirilmiş DÖÇ’ler	25
4.1: Kağıt hamurlarının elenmiş verim değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	30
4.2: Kağıt hamurlarının elek artığı değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	31
4.3: Kağıt hamurlarının toplam verim değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	32
4.4: Kağıt hamurlarının yıkanma sonrası elenmiş verim değerlerine pişirme şartlarının etkisi.	33
4.5: Kağıt hamurlarının yıkanma sonrası toplam verim değerlerine pişirme şartlarının etkisi.	33
4.6: Kağıt hamurlarının kappa numarası değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	34
4.7: Hamurların viskozite değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	35
4.8: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	40
4.9: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.	41

4.10: 35 °SR kâğıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	42
4.11: Dövülmemiş kâğıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	43
4.12: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	44
4.13: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	45
4.14: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	46
4.15: 25 °SR kâğıt hamurlarından elde edilen kağıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	47
4.16: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	48
4.17: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	49
4.18: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	50
4.19: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	51
4.20: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	52
4.21: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	53
4.22: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	54
4.23: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	55
4.24: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	56
4.25: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	57
4.26: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	58

4.27: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	59
4.28: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	60
4.29: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	62
4.30: 25 SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	63
4.31: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	64
4.32: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	65
4.33: 25 SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	66
4.34: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.....	67

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1.1: DÖÇ oluşturan hidrojen bağı alan ve veren maddeler.	10
1.2: DÖÇ tipleri.....	10
2.1: DÖÇ'ler kullanılarak yapılan delignifikasyon çalışmaları.	15
3.1: Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.....	20
3.2: Kağıt hamuru üretim koşulları.	26
3.3: Kağıt testlerinde kullanılan standartlar.	27
4.1: Karakavak odununun kimyasal analiz sonuçları.....	28
4.2: Karakavak odununun lif özellikleri.....	28
4.3: Kağıt hamurlarının bazı özellikleri.	29
4.4: Hamurların istenilen serbestlik derecesine ulaşma süresi.	36
4.5: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	37
4.6: 25 °SR'e kadar dövülen kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	38
4.7: 35 °SR'e kadar dövülen kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	39
4.8: Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların optik özellikleri.....	60
4.9: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların optik özellikleri.....	61
4.10: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların optik özellikleri.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	:	Hektar
m	:	Metre
m ²	:	Metrekare
m ³	:	Metreküp
°SR	:	Schopper Riegler
K	:	Kolin klorür
EG	:	Etilen glikol
NaOH	:	Sodyum hidroksit
DÖÇ	:	Derin ötektik çözücü

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Kâğıdın Tanımı ve Tarihçesi

Kâğıt, bitkisel liflerin özel aletlerde dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır (Eroğlu, 1990).

Günlük yaşantımızda kâğıt çok önemli bir yer tutmaktadır. Okuduğumuz gazete ve dergiler, yazdığımız mektuplar, okullarda kullanılan defter ve kitaplar, satın aldığımız tüketim mallarının ambalajı, çocuk bezleri, kâğıt mendiller ve diğer temizlik kâğıtları, kullandığımız para vs. hep kâğıttan yapılmıştır.

Genel olarak kâğıdın sınıflandırılmasında 1m^2 kâğıdın ağırlığı gram olarak esas alınır. Bir sınıflandırma yapılacak olursa:

- Kâğıt $10\text{-}150\text{ g/m}^2$
- Karton $150\text{-}400\text{ g/m}^2$
- Mukavva $400\text{-}1200\text{ g/m}^2$

olmak üzere 3 grup altında toplanabilir.

Uluslararası istatistiklerde ise kâğıt ve kartonlar kullanma amaçlarına göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar;

1. Kültürel kâğıt ve kartonlar
2. Endüstriyel kâğıt ve kartonlar

Gazete, dergi, kitap, yazı kâğıdı gibi kültürel kâğıt ve kartonlar yazı ve baskıya uygun olmalıdır. Endüstriyel kâğıtlar ise ambalaj, kutu imali, temizlik kâğıtları, fotoğraf kâğıdı, elektriksel izolasyon kâğıtları vs. gibi ticari yaşamda kullanılan kâğıt ve kartonlardır (Eroğlu ve Usta, 2004).

İlk insanlar mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişlerdir. Daha sonraları ise yumuşak taşlar, kil tabletleri, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazı yazma yoluna gitmişlerdir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Antik Mısırlılar tarafından 5500 yıl önce papirüs saplarından elde edilen kâğıtlar kağıt yapım tarihinin ilk kayıtlarındandır. Papirüs (*Cyperus papyrus*) Cyperaceae familyasına ait olan ve genellikle nehir kenarlarında yetişen bir bitkidir. Kâğıdın atası ve birçok dilde ona adını veren papirüstür.

Parşömen kâğıdı; Koyun, keçi, dana, eşek vs. derileri önce iyice tüylerinden ve etlerinden temizlenir, gerilir, süngerlenir ve daha sonra nişasta ile yapıştırılır. Böylece, deri yazı yazılır hale gelir (Aribert, 1954).

Çin imparatorluk nazırlarından Tsai Lun M.S. 105 yılında Kanyon'un kuzeyinde küçük bir yer olan "Lel Yank"da askeri imalathanelerin tesislerinden yararlanarak kâğıdı bulmuştur. Tsai Lun kağıt yapımı için ağaç kabuklarını, kendir liflerini ve bambu gövdelerini kullanmıştır. Tsai Lun, bunları uzun süre kaynatıyor, sonra bir havan içinde dövüyordu. Daha sonra, elde ettiği maddeyi bambu gövdelerinden yapılmış bir bez üzerinde süzerek kurutup kağıt haline getiriyordu.

Her ne kadar kâğıdın icadı asırlardan beri Tsai Lun'a ithaf edilmiş ise de 20. yüzyılda ve en son olarak da 1978'de Türkistan'da yapılan arkeolojik kazılar kâğıt ve karton öncüsü olan benzeri maddelerin M.Ö. 3. yüzyıla kadar gitmekte olduğunu göstermiştir. Bu kâğıtlar da rami ve keten lifleri kullanılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kâğıt, lifsel yapıdaki bitkisel hücrelerin keçeleşmesiyle elde edilmektedir. Kâğıda yapısından dolayı keçe denilebilir. Son araştırmalar keçenin Türkler tarafından türetilmiş ve yapılmış olduğunu göstermektedir. Türkler keçeyi çobancılıkta "kepenek" adıyla anılan ve soğuğa karşı çok iyi koruma görevi yapan bir giysinin yapımında kullanmışlardır.

1.2 *Populus nigra* L. (Karakavak) Hakkında Genel Bilgiler

Salicaceae familyası türlerindedir.ülkemizde *Populus alba* L. (Ak kavak) , *P. tremula* L. (Titrek kavak) ve *P. euphratica* Oliv. (Tuzcul kavak) doğal olarak yetişmektedir.

P.euroamericana Guinier türü ise geniş çapta suni olarak yetiştirilmektedir. Kavaklar 30 m ye kadar boy , 1-2 m ye kadar çap yapabilmektedirler (Bozkurt, 1992).

Anadolu'da kavak ağacına geçmişten bu yana büyük önem verilmiştir. Doğal olarak yetişen kavakların yanında Anadolu'da yaşayan kavimler tarafından gerek Avrupa'dan ve gerekse Asya'dan değişik kavak taksonları Anadolu'da kültüre alınmıştır ve bunların büyük bir kesimi de karakavaklara aittir (Sarıbaş, 1993).

Doğan her bebek için bir miktar kavak dikme geleneği Anadolu'nun bazı köylerinde halen yaşatılmaktadır. Anadolu köylüsünün yetiştirmekte olduğu servi kavaklarının (piramidal karakavak) Türklerin anayurdu Orta Asya'dan göçler sırasında getirildiği, Ortadoğu ve Balkan ülkelerine kadar yayıldığı sanılmaktadır (Anon. 1994).

Ülkemizde yaklaşık 145000 ha kavak ağaçlandırması bulunmaktadır ve bu alandan toplam 4,3 milyon m³ kavak odunu üretildiği ifade edilmektedir. Bu alanın 77000 ha'ı melez kavak, 68000 ha'ı ise karakavak plantasyonudur. Gözlemlere göre karakavakların % 40'ı, melez kavakların % 15'i su kanalları, dere ve sulanan tarım alanları kenarlarındadır (Anon. 1999).

Türkiye'de kavak ıslah çalışmaları ağırlıklı olarak Aigeiros Duby seksiyonuna dâhil kavak taksonları ile yapılmaktadır. Bu seksiyonu temsil eden kavak türleri *P. nigra* L. (Karakavak) ve *P. deltoides* Bartr. (Amerikan Karakavağı)'dır.

Türkiye'de doğal olarak yetişen ve kültivar olarak yetiştirilen karakavak türlerinin dendrolojik, silvikültür ve yetiştirme ortamı özellikleri tür bazında aşağıda verilmiştir. Yaprakta yeşil rengi sağlayan klorofil üretiminin yetersiz olma durumuna kloroz denir.



Şekil 1.1: Kloroz etkisiyle yazın sararmış karakavaklar (Metin SARIBAŞ, 1989).



Şekil 1.2: *Populus nigra*'nın sürgün, tomurcuk, yaprak, çiçek ve meyveleri (URL-1, 2019).

Sürgün verme özelliği fazladır. Kültür kavaklarının pek çoğu Karakavak kökenlidir ve kavaklarda klonal üretim yapılmaktadır. Türkiye'de Kavakçılık Enstitüsü' nün çalışmalarıyla kavakçılık çok gelişmiş ve bu enstitünün çalışmalarıyla birçok melez kavak klonu üretilmiştir. Türkiye'de ayrıca kavakçılık işleriyle ilgilenmek üzere "Türkiye Milli Kavak Komisyonu" kurulmuş ve "Uluslararası Kavak Komisyonu" na üye olunmuştur (Sarıbaş, 1996).

Üretilmesi gövde çelikleriyle kolayca yapılmaktadır. Peyzaj düzenlemelerinde, yol kenarı ağaçlandırmalarında ve halk tarafından yapılan kavak ağaçlandırmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Açık renkli odunu, kaplamada iskelet olarak, kibrit yapımında, selüloz ve kâğıt endüstrisinde kullanılır. Anadolu'da ise yapı ve yakacak odunu olarak kullanılır. Kavak kömüründen söğütte olduğu gibi tıbbi amaçlarla yararlanılmaktadır. Tomurcukları "Populeum" adında ağrı dindirici bir merhem yapımında kullanılmaktadır.

Tam bir ışık ağacıdır. Gevşek, nemli toprakları sever. Hızlı büyür ve hızlı büyüyen türlerin en önemlilerinden olduğu için tüm dünyada yukarıda değinildiği gibi kültürü yapılmaktadır. Kök sistemi yayvandır.



Şekil 1.3: Anadolu’da karakavak ağaçlarından bir görünüm (Metin SARIBAŞ, 1990).

1.2.1 Mikroskopik Özellikler

Diri odun beyazımsı gri ile sarımsı beyaz renkte, öz odun açık kahverengi, gri kahverengi veya koyu yeşilimsi kahverengindedir. Kuruma ile sararma olur. Yıllık halkalar çok geniş, yaz odun tabakası dardır. Dağınık traheli olup yaz odunu da destek hücrelerinin yoğun oluşu nedeniyle yıllık halka sınırları belirgindir. Traheler küçük, çok sayıda ve ancak mikroskop altında görülebilir. Boyuna kesitleri ince iğne çiziklidir. Öz ışınları radyal kesitte çok küçük aynacıklar teşkil eder. Mikroskop altında görülebilirler. Beyaz öz lekeleri bulunabilir. İnce tekstürde, ipek gibi parlak, dekoratif olmayan yumuşak ve hafif bir odunu vardır (Bozkurt, 1992).

1.2.2 Mikroskopik Özellikler

Dağınık traheli olup yıllık halka içinde traheler ilkbahar odunundan yaz odununa gidildikçe gerek sayı gerekse çap bakımından yavaş bir azalma göstermektedir. Çok sayıda ve mm² de 100 adete kadar olan traheler tek tek bulunabildiği gibi, çoğunlukla 2-3 adedi, yaz odununda 5-7 adedi radyal sıralar teşkil etmektedir. Hafif köşelidirler. Teğet çapları; 80-100 µm’ye kadar, yaz odununda 50 µ dan daha küçük olabilmektedirler. Perforasyon tablaları basit tiptedir. Traheler arası geçitler büyük ve çok sayıdadır. Bazen tüller görülür.

Boyuna paranzimler yaz odununda teğet yönde tek sıralı ve yıllık halka sınırında devamlı veya kesikli şeritler teşkil etmektedir. Öz ışınlar tek sıralı, yükseklikleri çok değişik olup 3-5 hücreli olduğu gibi 30 hücre yüksekliğe kadarda çıkmaktadır. Enine kesitte teğet yöndeki

sayıları mm de 10-12 adettir. Trahelerle öz ışınları arasındaki geçitler kenar hücrelerinde görülmektedir. Geçitler büyüktür. Esas doku ince ve orta kalınlıkta çeperli, büyük çaplı libriform liflerinden ibarettir (Bozkurt, 1992)

1.2.3 İşlenme ve Kurutma Özellikleri

Odunu kolay ve çabuk kurutulur. Ancak dönüklüğe eğilimi vardır. Özgül ağırlığı az olmasına karşılık iyi işlenir. Özellikle çekme odununu teşekkül etmiş malzemede biçme ve işlenme güçtür. Fakat pürüzlü yüzeyler oluşabilir. İyi yapıştırılır, kesilebilir ve soyulabilir. İyi renk verilebilir. Fakat cilalamada güçlük vardır (Bozkurt, 1992).

1.2.4 Dayanıklılık ve Emprenye

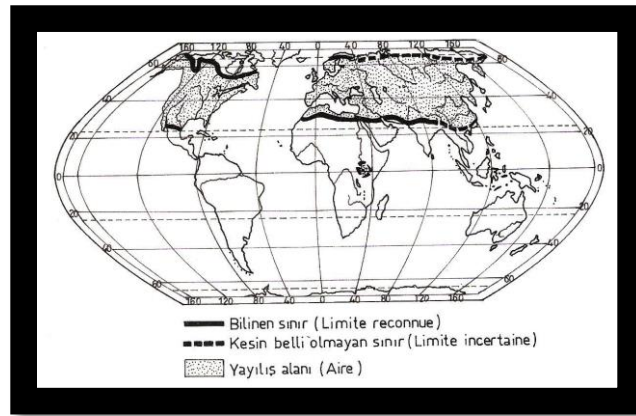
Odunu dayanıklı değildir. Mantar ve böceklere karşı hassastır. İyi emprenye edilebilir.

1.2.5 Kullanım Yerleri

Soyma levhalardan kontrplak ve kibrit yapılır. Mobilya iç kısımlarda, model yapımında ambalaj kutu ve sandıkları, palet, protez yapımında, beton traverslerde selet olarak, yonga levha ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Bozkurt, 1992).

1.3 Dünyadaki Genel Yayılışı

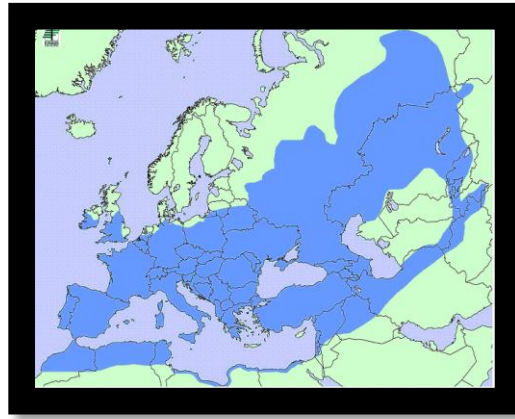
Populus cinsi Kuzey Yarım Küresinden, Kuzey Afrika'dan Arktik bölgeye kadar Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'ya kadar uzanan geniş bir yayılış alanına sahiptir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Populus cinsinin dünya üzerindeki yayılışı (Sarıbaş, 1989).

Karakavaklar hemen hemen her türlü iklim şartlarında yetişebilen ender ağaç türlerimizden olduğu için geniş bir yayılış alanına sahiptirler.

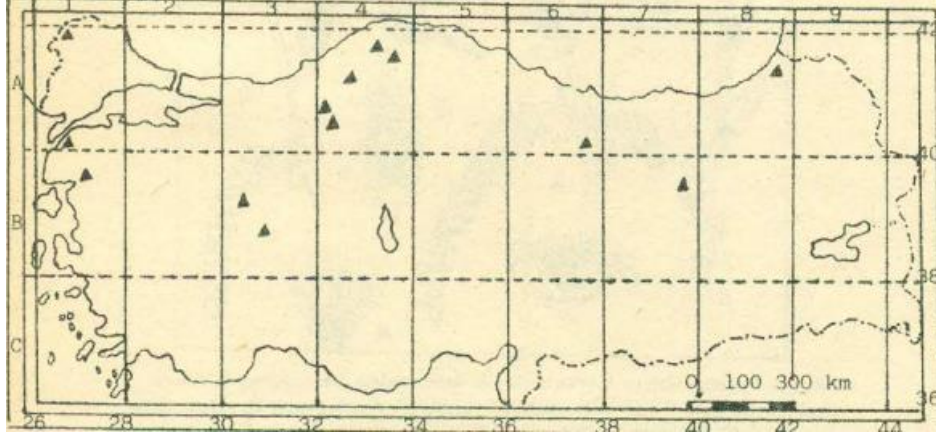
Populus nigra L. Akdeniz'den başlayarak Avrupa'nın tamamında ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu Anadolu'dan Orta Asya'ya kadar geniş bir doğal yayılış alanına sahiptir. Doğu Avrupa ve Asya'da Aigeiros DUBY seksiyonunun tek temsilcisidir. *Populus nigra* L. subsp. *caudina* (Ten) Bugala'nın Dünyadaki genel yayılış alanları ise Akdeniz Bölgesi'nde İspanya, Sicilya, Güney İtalya, Arnavutluk, Yugoslavya, Yunanistan ve Türkiye olup Doğu İran'a kadar uzanır. Bununla birlikte *Populus nigra* L. subsp. *nigra* cv. 'Italica' (pyramidalis) Güney ve Orta Avrupa'ya iyi intibak etmiştir (Yaltrık, 1998).



Şekil 1.5: *Populus nigra* L.'nin doğal yayılış alanları (EUFORGEN, 2009).

1.4 Türkiye'deki Yayılışı

Browicz ve Yaltrık (1982) Flora of Turkey adlı eserde *Populus nigra* L. subsp. *nigra* ve *Populus nigra* subsp. *caudina*'nın Anadolu'daki doğal yayılış yerleri ile ilgili olarak aşağıdaki bilgileri vermektedirler. Bu bilgiler doğrultusunda harita üzerinde düzenlenen yayılış yerleri Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6: *Populus nigra* L. subsp. *nigra* ve *Populus nigra* subsp. *nigra* 'nın doğal yayılışı (Saribaş, 1995).

Populus nigra L.'nin Melet Çayı/ Mesudiye, Kelkit Çayı/ Tokat, Munzur Çayı/ Tunceli, Karasu Çayı/ Erzincan ve Pülümür Çayı/ Tunceli' de doğal yayılış gösterdiği belirtilmektedir (Toplu ve Küçükosmanoğlu, 2003).

Populus nigra L. subsp. *nigra* cv. 'Italica' (*Pyramidalis*) ise Kastamonu, Kızılcahamam, Zonguldak başta olmak üzere Anadolu'nun değişik bölgelerinde bulunmaktadır. Kültürel olarak Anadolu ve Trakyanın her yerinde yetişebilmektedir (Yaltrık, 1998).

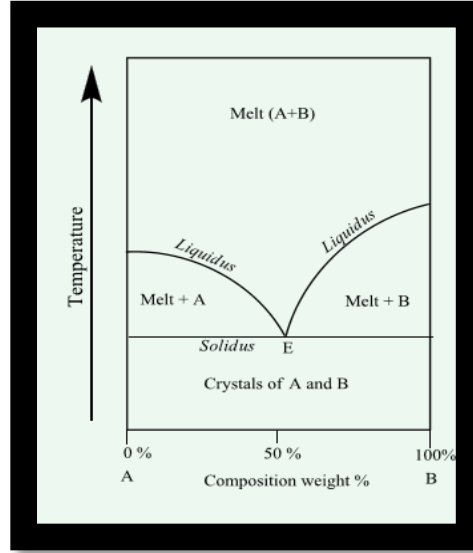
1.5 Derin Ötektik Çözücüler (DÖÇ)

Bir iyonik sıvı türü olan DÖÇ'ler 2003 yılında Abbott tarafından keşfedilen iki veya üç adet bileşenin karıştırılması ile elde edilen yeni çözücülerdir. DÖÇ kuaterner amonyum tuzlarının hidrojen bağı donörüne sahip bileşenlerle karıştırılması ile oluşur. Bu bileşenler arasında hidrojen bağı etkileşimi sonucunda bir ötektik çözücü elde edilir. Elde edilen ötektik çözücünün erime noktası onu oluşturan bileşenlerinkinden daha düşüktür (Şekil 1.7).

DÖÇ hazırlamada kullanılan kolin klorür'ün erime noktası 302 °C, ürenin ise 133 °C'dir. Bu iki maddeden DÖÇ oluşturmak amacı ile 1 mol kolin klorür ile 2 mol üre karıştırılarak elde edilen relin'in (DÖÇ) erime noktası 12 °C dir (Abbott vd., 2003).

En yaygın bilinen DÖÇ'ler etalin (kolin klorür + etilen glikol), relin (kolin klorür + üre) ve gliselindir (kolin klorür + gliserin). Bu çözücüler; organik maddelerden oluşmakta olup, ucuz, biyobozunur, yanıcı olmayan, uçucu olmayan, çevreye dost (non-toxic), hazırlanması kolay, kokusuz ve renksiz çözücülerdir (De Dios, 2013). DÖÇ'lerin yoğunlukları sudan daha

yüksek olup, yüksek viskoziteye, düşük iyonik iletkenliğine sahip çözücülerdir. DÖÇ'ler son yıllarda yukarıda belirtilen avantajları nedeniyle dikkat çeken bir konu olup, farklı uygulamalarda (biyokataliz, ilaç, CO₂ absorpsiyonu, diğer çeşitli kimyasal ve endüstriyel uygulamalar) DÖÇ'lerin kullanım olanaklarının araştırıldığı birçok araştırma yayınlanmaktadır (Wu vd., 2012).



Şekil 1.7: İki bileşenin ötektik çözücü oluşturmak için karıştırılması, E: en düşük erime noktası (ötektik nokta) (Abbott, 2010).

Bir çözelti içerisinde farklı bileşiklerin molekülleri arasında hidrojen bağları oluşabilir. DÖÇ'ler bu tür bağ yapabilen bileşiklerdir. Kuvvetli bir H-bağı oluşabilmesi için 2 koşul vardır. H-bağına proton sağlayan (proton verici-hydrogen bond donor) yüksek polaritede moleküller ve H-bağına elektron çifti sağlayan (proton kabul edici-hydrogen bond acceptor) atomları küçük moleküllerdir. DÖÇ hazırlanmasında kullanılan proton ve elektron çifti sağlayıcı maddeler aşağıdaki Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1: DÖÇ oluşturan hidrojen bağı alan ve veren maddeler (Abbott, 2010).

Proton verici (proton sağlayan)	Proton kabul edici (elektron sağlayan)
Asitler (HO₂C-R₁) Oksalik asit (HO ₂ CCO ₂ H) Malonik asit (HO ₂ CCH ₂ CO ₂ H) Laktik asit Malik asit Nikotinic asit	Kolin klorür Betain Alanin Glisin Histidin Prolin
Amidler (H₂N-C=O-R₂) Üre (NH ₂ CONH ₂) Tiyoüre (NH ₂ CSNH ₂)	
Alkoller (HO-R₃) Gliserin (C ₃ H ₈ O ₃) Etilen glikol (C ₂ H ₆ O ₂)	

4 çeşit DÖÇ bulunmakta olup, bunlar Tablo 1.2’de verilmiştir. Tez kapsamında kullanılan DÖÇ tip 3’tür.

Tablo 1.2: DÖÇ tipleri (URL-2, 2015).

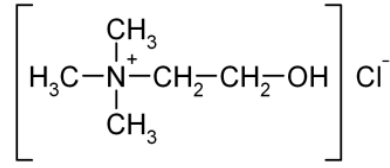
Tip 1	Metal tuzu + organik tuz (Örn: ZnCl ₂ + kolin klorür)
Tip 2	Metal tuzu hidrat + organik tuz (Örn: CoCl ₂ ·6H ₂ O + kolin klorür)
Tip 3	Organik tuz + hidrojen bağı donörü (Örn: kolin klorür + üre)
Tip 4	Metal tuzu (hidrat) + hidrojen bağı donörü (Örn: ZnCl ₂ + üre)

DÖÇ’ler ucuz, zehirsiz, uçucu olmayan, alev almayan ve biyolojik olarak bozunur, geri kazanılabilir özelliklere sahiptir (Abbott, 2010; Zhao vd. 2013; Wei ve Fan, 2011). Hayyan vd. (2013) farklı DÖÇ’lerin (kolin klorür: üre, kolin klorür: gliserin, kolin klorür: etilen glikol, kolin klorür: trietilen glikol) gram pozitif ve gram negatif bakteriler için zehirli olmadığını belirtmiştir.

1.6 Kullanılan DÖÇ'lerin Özellikleri

1.6.1 Kolin Klorür (C₅H₁₄ClNO)

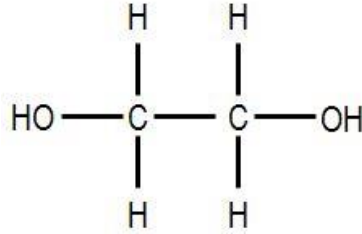
Tavuk yemlerinde katkı maddesi olarak (B4 vitamini) kullanılan kolin klorür biyolojik olarak bozunur ve zehirli olmayan organik bir kuaternar amonyum tuzudur (Abbott, 2010). Kolin klorür kolin katyonuna ve klor anyonuna sahiptir. Molekül ağırlığı 139,6'dır. Kolin klorürün kimyasal yapısı Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.8: Kolin klorürün kimyasal yapısı (URL-3, 2015).

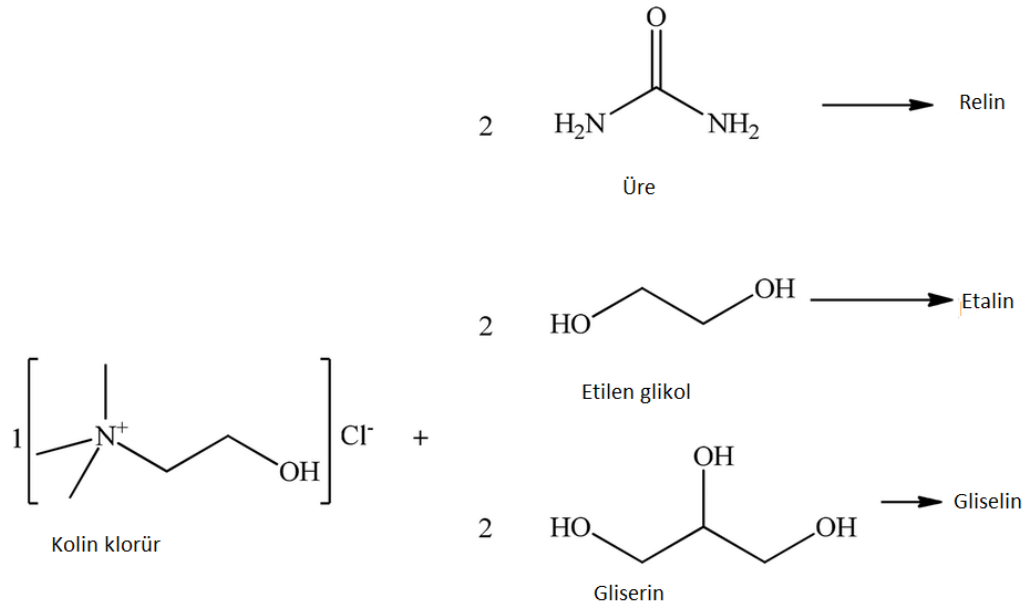
1.6.2 Etilen Glikol (C₂H₆O₂)

Etilen glikol renksiz, kaynama noktası 198 °C olan viskoz (kıvamlı) tatlımsı bir yağdır. Molekül ağırlığı 62,07'dir. Su ve alkolde her oranda karışır . Etilen glikolün kimyasal yapısı Şekil 1.9'da verilmiştir.



Şekil 1.9: Etilen glikolün kimyasal yapısı (URL-4, 2015).

Yukarıda genel özellikleri belirtilen kimyasallar kullanılarak relin, etalin ve gliselin gibi DÖÇ'ler elde edilmektedir. Şekil 1.10'da 1 mol kolin klorür ve 2 mol üre kullanılarak **relin**, 1 mol kolin klorür ve 2 mol etilen glikol kullanılarak **etalin**, 1 mol kolin klorür ve 2 mol gliserin kullanılarak **gliselin** elde edilmesi görülmektedir.



Şekil 1.10: Kullanılan DÖÇ'lerin elde edilmesi (Abbott vd., 2014).



Şekil 1.11: İki katı maddenin bileşiminden oluşan bir DÖÇ (Abbott vd., 2004).

BÖLÜM 2

LİTARETÜR ÖZETİ

2.1 Derin Ötektik Çözücülerin (DÖÇ) Lignoselülozik Maddelere Muameleleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Derin ötektik çözücüler (DÖÇ) ile muamele edilen lignoselülozik maddelerin kimyasal bileşimlerdeki değişimlerle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda farklı hammaddeler, DÖÇ'ler, muamele sıcaklıkları ve muamele süreleri kullanılmıştır.

DÖÇ'lerin buğday sapı örneklerinde selülozu çözme etkisinin yok denecek kadar az olduğu belirtilmiştir (Francisco vd., 2012). DÖÇ'lerin buğday sapı örneklerinde delignifikasyon esnasında selüloz ve hemiselülozları da çözdüğünü belirtmiştir (Jablonský vd., 2015).

De Dios (2013), buğday saplarını 1:2 mol oranında kolin klorür:laktik asit ile 14 saat 60 °C sıcaklıkta muamele etmesi sonucunda lignin oranında %3,95 azalma tespit etmiştir. Jablonsky vd. (2015), buğday saplarını 1:1 mol oranında kolin klorür:laktik asit ile 24 saat 60 °C sıcaklıkta muamele etmesi sonucunda lignin oranında %3,8 azalma belirlemiştir. Skulcova (2015), buğday saplarını 10:1 mol oranında laktik asit:kolin klorür ile 70 saat 60 °C sıcaklıkta muamelesiyle lignin oranında %46,7 azalma tespit etmişlerdir.

Francisco vd. (2012), buğday saplarını 1:10 mol oranında kolin klorür:laktik asit ile 24 saat 60 °C sıcaklıkta muamele etmesiyle lignin oranında %11,82 azalma olduğunu belirlemiştir. Majova vd. (2017a), buğday saplarını 1:10 mol oranında kolin klorür:laktik asit ile 48 saat 60 °C sıcaklıkta muamele etmesi sonucu lignin oranında %17,3 ve holoselüloz oranında %64,40 azalma olduğunu tespit etmiştir.

Kumar vd. (2016) , pirinç saplarını 5:1 mol oranında laktik asit:kolin klorür ile 12 saat 60 °C sıcaklıkta muamele etmesiyle lignin oranında %60 azalma olduğunu bulmuştur.

Procentese vd. (2015), mısır koçanı örneklerinin lignin ve hemiselüloz içeriğinin DÖÇ ön muamelesi ile azaldığını, selülozun kristallik derecesinin ise arttığını belirtmiştir. Ayrıca, kolin klorür: formik asit ile muamele edilen mısır koçanı örneklerinde %66,2 hemiselülozlar, %23,8 lignin uzaklaştırılırken, selülozun kristallik indisinin 31,1'den 57,2'ye çıktığı tespit edilmiştir (Xu vd., 2016).

Xu vd. 2016, mısır koçanını 1:2 mol oranında kolin klorür:formik asit ile 2 saat 130 °C muamelesiyle lignin oranında %23,8 azalma olduğunu tespit etmiştir. Procentese vd. (2015), mısır koçanını 3:7 mol oranında kolin klorür:imidazol ile 15 saat 150 °C muamelesiyle lignin oranında %88,32 azalma tespit etmiştir.

Majova vd. (2017b), ağartılmamış kayın kağıt hamurunu 1:10 mol oranında kolin klorür;laktik asit ile 2 ve 4 saat 60 °C sıcaklıkta muamelesi ile kağıdın özelliklerinin olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Literatürdeki bu farklılıklar çalışmalarda kullanılan lignoselülozik maddelerin ve DÖÇ'lerin hazırlanmasında kullanılan maddelerin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. DÖÇ'ler kullanılarak yapılan delignifikasyon çalışmaları detaylı olarak Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: DÖÇ'ler kullanılarak yapılan delignifikasyon çalışmaları.

Hammadde	Derin Ötektik Çözücü		Mol oranı			Lignin oranındaki azalma (%)			Süre ve sıcaklık	Kaynak
	H-bağı alan	H-bağı veren								
Buğday sapı	Kolin klorür	Laktik asit	1:2	1:9	3,95	7,89		14 saat 60 °C	De Dios, (2013)	
		Oksalik asit	1:1		18,68					
		Malik asit	1:1		2,89			14 saat 85 °C		
Çam odunu	Kolin klorür	Laktik asit	1:2	1:9	4,86	9,71		14 saat 60 °C		
		Oksalik asit	1:1		9,71					
		Malik asit	1:1		1,71			14 saat 85 °C		
Pirinç sapı	Laktik asit	Kolin klorür	2:1	5:1	9:1	51	60	59	12 saat 60 °C	Kumar vd., (2016)
		Betain	2:1	5:1		52		56		
Buğday sapı	Kolin klorür	Laktik asit	1:9	1:10		14,6		29,1	24 saat 60 °C	Jablonsky vd., (2015)
		Malonik asit	1:1			3,8				
		Üre	1:2			1,3				
		Oksalik asit	1:1			57,9				
		Malik asit	1:1			21,6				
Buğday sapı	Laktik asit	Kolin klorür	10:1			14,3			5 saat 60 °C	Škulcová, (2015)
						18,9			10 saat 60 °C	
						21,7			20 saat 60 °C	
						29,2			30 saat 60 °C	
						34,7			50 saat 60 °C	
						46,7			70 saat 60 °C	
Buğday sapı	Prolin	Malik asit	3:1			14,9			24 saat 100 °C	Francisco vd., (2012)
	Betain	Laktik asit	1:2			12,03			24 saat 60 °C	
	Kolin klorür	Laktik asit	1:10			11,82			24 saat 60 °C	
	Histidin	Laktik asit	1:9			11,88			24 saat 60 °C	
Palmye ağacı (boş meyve demeti)		Malik asit:sukroz:su	1:3:10			1,8			24 saat 100 °C	Yiin vd., (2016)
Mısır koçanı	Kolin klorür	Formik asit	1:2			23,8			2 saat 130 °C	Xu vd., (2016)
Mısır koçanı	Kolin klorür	Gliserin	1:2			24,82			15 saat 150 °C	Procentese vd., (2015)
		Üre	1:2			24,82			15 saat 115 °C	
		İmidazol	3:7			88,32			15 saat 150 °C	
Dallı darı	Kolin klorür	trifluoroasetamid	1:2			6,63			24 saat 50 °C	Abougor, (2014)

2.2 Kavak Odunlarının Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanımı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Winkler ve Patt (1988), *Pinus sylvestris*, *Populus nigra*, *Robinia pseudoacacia* ve *Quercus cerris* yongalarından ayrı ayrı ASAM (Alkali Sülfat Antrakinin Metanol) kağıt hamurları üreterek, kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini tespit etmişlerdir. *Populus nigra*'nın diğer türlere göre daha yüksek kağıt hamuru verimi ve parlaklığa sahip kağıt hamurları verdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, kağıt hamuru üretim ekonomisi açısından *Populus nigra*'nın diğer türlere göre daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Solár vd. (2000), *Populus tremula* yongalarının organosolv kağıt hamuru özelliklerini tespit etmişlerdir. Semen vd. (2001), hibrit kavak yongalarının kraft kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini belirlemiştir.

Patt vd. (2006), *Fagus sylvatica*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula* ve *Eucalyptus globulus* yongalarından ayrı ayrı kraft ve ASA (Alkali Sülfat Antrakinin) kağıt hamurları üreterek, kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini tespit etmişlerdir. *Populus nigra*'nın diğer türlere göre daha yüksek kağıt hamuru verimine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Francis vd. (2006), farklı kavak klonlarının kraft kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini belirlemiştir. Gulsoy ve Tufek (2013), titrek kavak ve sahil çamı yongalarını belirli oranlarda karıştırarak elde edilen kraft kağıt hamuru ve kağıtların özelliklerini tespit etmiştir. İstek ve Özkan (2008), *Populus tremula* yongalarının kraft kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini belirlemiştir. Mansfield ve Weineisen (2007) *Populus tremuloides*'in farklı klonlarının yongalarının, Pakkanen vd. (2014) ise *Populus tremula*'nın yongalarının kraft kağıt hamuru özelliklerini belirlemiştir.

Hosseinzade vd. (2016), kara kavak çekme odunu ve normal odun yongalarının kraft kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çekme odunu örneklerinden elde edilen kağıt hamurlarının normal odunlardan elde edilenlere göre daha yüksek (%13) kağıt hamuru verimine, daha düşük kappa numarasına sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Buna karşın, çekme odunu örneklerinden elde edilen kağıtların sağlamlık özelliklerinin daha düşük, optik özelliklerinin ise daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan karakavak (*Populus nigra* L.) odunu Bartın ili Ulus Orman İşletme Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

3.2 Metod

Öncelikle bu çalışmada kullanılan karakavak odununun kimyasal yapısı ve lif morfolojisi belirlenmiştir. DÖÇ pişirmelerinin yanı sıra Kraft ve soda yöntemleri ile kağıt hamuru üretilmiştir. Üretilen kâğıt hamurundan deneme kağıtları yapılarak fiziksel, optik ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

3.2.1 Yongaların Hazırlanması

Populus nigra tomruğu 2,8 cm kalınlığındaki disklere ayrılarak kabukları bıçak ve keser yardımıyla soyulmuştur. Kabuklar kimyasal değerleri değiştirmemesi açısından iyi bir şekilde odundan uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: *Populus nigra* diski (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

Bu disklerden 0,3x1,5x2,8 cm ebatlarında yongalar elde edilmiştir (Şekil 3.2). Bu yongaların rutubetleri tespit edilerek kağıt hamuru üretiminde kullanılmak için polietilen poşetlerde depolanmıştır. Bir kısmı ise odunun kimyasal yapısının ve lif özelliklerinin belirlenmesi için kibrit çöpü boyutlarına getirilmiştir.



Şekil 12.2: *Populus nigra* yongaları (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

3.2.2 Öğütme

Kibrit çöpü haline getirilen *Populus nigra* odunu numuneleri TAPPI T 257 cm-85 standartlarına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Laboratuvar tipi Willey değirmeni (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

3.2.3 Eleme

Öğütülen örnekler Şekil 3.4’de görülen çok hatlı üstten aşağıya düzeneğinde 40-60-80-100 mesh’lik eleklerde elenmiştir. 60 mesh’lik elek üzerinde kalan örnekler kimyasal analizlerde kullanılmak üzere poşetlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Laboratuvar tipi sarsıntılı elek (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

3.2.4 Karakavak Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Karakavak odun örneklerinin lif morfolojilerinin belirlenmesinde klorit yöntemi kullanılmıştır. Karakavak yongaları kibrit çöpü büyüklüğünde kesildikten sonra 5 gram odun örneği 250 ml’lik erlenmayere konularak üzerine 160 ml. su, 1,5 gr. sodyum klorit (NaClO_2) ve 0,5 ml. buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Daha sonra erlenmayerin ağzı ters çevrilmiş 50 ml’lik erlenmayer ile kapatılıp sıcaklığı 78-80 °C olan sıcak su banyosunda 1 saat kaynatılmıştır. Bir saat sonunda erlenmayere tekrar 1,5 gr. sodyum klorit ve 0,5 ml asetik asit konularak 1 saat daha 70-80°C de kaynatılmıştır. Bu işlem kibrit çöpü büyüklüğündeki örnekleri beyazlaşıp yumuşayınca kadar devam edilmiştir. Reaksiyon süresi bitiminde erlenmayer buz banyosunda soğutulduktan sonra örnekler filtre kağıdından süzülüp, yıkanarak gliserin ile karıştırılıp ağzı kapaklı cam tüplerde saklanmıştır. Daha sonra bu liflerden az miktar alınıp geçici preparatlar hazırlanmıştır.

Işık mikroskopunda 100 adet lif boyu, 50'şer adet lif genişliği, çeper kalınlığı ve lümen genişliği değerleri ölçülmüştür. Ölçülen değerlerden aşağıda belirtilen ve hammaddenin kağıtçılık açısından değerlendirilmesinde kullanılan terimler türetilmiştir.

3.2.4.1 Keçeleşme Oranı

Keçeleşme Oranı = Lif Uzunluğu / Lif Genişliği formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3.2.4.2 Elastiklik Oranı

Elastiklik Oranı = (Lümen Çapı x 100) / Lif Genişliği formülünden faydalanılarak hesaplanmıştır.

3.2.4.3 Runkel Oranı

Runkel Oranı = (Lif çeper Kalınlığı x 2) / Lümen Çapı formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3.2.5 Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler

Kimyasal analizler için kullanılan yöntemler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.

DENEY	KULLANILAN YÖNTEM
Holoselüloz tayini	Klorit (Wise ve Jahn 1952)
Alfa selüloz tayini	Rowell, 2005
Lignin tayini	TAPPI T 222 om-02
Alkol çözünürlüğü	TAPPI T 204 cm-97
Sıcak ve soğuk su	TAPPI T 207 cm-99
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-02

3.2.5.1 Holoselüloz Tayini

Holoselüloz tayini işlemlerinin hiç birisinde tam olarak holoselüloz miktarı belirlenemediği bilinmektedir. Bunun nedeni ise ligninin tam olarak uzaklaştırılması esnasında karbonhidrat kaybı da gerçekleşmekte ve bu engellenememektedir. Bu çalışmada en yaygın olan klorit yöntemi kullanılmaktadır (Wise ve Jahn, 1952). Bu yöntemde diğer yöntemlere göre daha az karbonhidrat uzaklaştırılır. Bu yöntemde %2-4 miktarında lignin kalmaktadır (Hafizoğlu ve Deniz, 2010).

Holoselüloz miktarını belirlemek için alkol ekstraksiyonuna uğratılmış örnekten hava kurusu 5 gram örnek alınarak 250 ml'lik erlenmayer içerisine konulmuştur ve üzerine 160 ml destile su, 1,5 gr sodyum klorit (NaClO_2) ve 10 damla buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Hazırladığımız erlenmayerin ağzı ters çevrilmiş 50 ml'lik erlenmayerle kapatılır ve sıcaklığı 78-80 °C ye ayarlanmış su banyosuna yerleştirilir. 1 saat bekletilir. 1 saat sonunda karışıma 1,5 gr sodyum klorit (NaClO_2) ve 0,5 ml buzlu asetik asit (CH_3COOH) ilave edilip bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Reaksiyon süresinde erlenmayerler çalkalanmıştır. İşlem sonunda soğuması beklenilmiş ve 2 numaralı krozeden süzölmüştür.

3.2.5.2 α -Selüloz Tayini

Rowell (2005)'e göre yapılan bu deneyde, %17,5'lük sodyum hidroksit (NaOH), % 8,3'lük Sodyum hidroksit (NaOH) ve %10'lük asetik asit (CH_3COOH) çözeltileri 20 °C' deki su banyosunda bekletilip sıcaklığın 20 °C' ye gelmesi sağlanmıştır. 100 ml' lik bir beher içerisine holoselüloz tayinine uğratılmış $2\pm 0,1$ g örnek ve üzerine 10 ml %17,5'lük NaOH çözeltisi ilave edilerek bir baget yardımıyla homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Daha sonra her 5 dakikada 1 kere 5 ml %17,5'lük NaOH çözeltisi karışıma ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Karışım 20 °C' deki su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra çıkarılmış ve içerisine 33 ml destile su ilave edildikten sonra 20 °C' deki su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra karışım krozeden süzölmüştür. Krozedeki kalıntı önce 100 ml % 8,3'lük NaOH çözeltisi ile sonra da destile su ile yıkanmıştır. Sonrada krozedeki kalıntı üzerine 15 ml %10'lük Asetik asit (CH_3COOH) dökölerek 3 dakika bekletilmiştir.

Bu sürenin sonunda asetik asit (CH_3COOH) süzülerek kalıntı 250 ml destile su ile yıkanmış ve etüvde 103 ± 2 °C’ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak alfa selüloz oranı % olarak hesaplanmıştır.

3.2.5.3 Lignin Deneyi

Yıllık bitkilerin ve diğer odunların önemli asli bileşenlerinden biri olan lignin, lifsel olmayan, amorf ve hidrofobik yapıda olduğundan, lifler arası hidrojen bağlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Lignin tayini için birçok yöntem kullanılmakta fakat en çok tercih edileni “Klosan lignini ” yöntemidir. Belirlenmiş koşullarda sülfürik asit karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve aside dayanıklı olan lignin kalıntı olarak elde edilir (Rydholm, 1965).

Lignin tayini için önceden alkol ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu örneklerden 1 gram alınarak behere aktarılmıştır. Üzerine 15 ml %72’lik sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilmiş ve 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beherdeki örnek yıkanarak 1 litrelik erlene konulmuştur. Asit konsantrasyonunun %3 olması için erlenmayere 560 ml destile su ilave edilerek seyreltme işlemi yapılmıştır. Bu karışım soğutucu altında 4 saat süre ile kaynatılmıştır (Şekil 3.5). Bu işlemden sonra kalıntı krozeden süzülerek sıcak destile su ile yıkanmıştır. Bu şekilde elde edilen kalıntılar 103 ± 2 °C’de kurutularak, başlangıçta kullanılan tam kuru örnek ağırlığına oranla hesaplanmıştır. Lignin deneyi için uygulanan işlemler TAPPI T 222 om-88 standart metoduna göre uygulanmıştır.



Şekil 3.5: Lignin deneyi (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

3.2.5.4 Ekstraksiyon Deneyi (Alkol çözünlüğü)

Bu deney örnek bünyesinde bulunan yağ, mumsu maddeler, tanen gibi maddelerin miktarını belirlemek için yapılmıştır. Aynı zamanda kullandığımız örnekten bu maddeleri uzaklaştırmak içinde kullanılmıştır. TAPPI T 204 om-88 standardına göre soxhlet cihazında alkol ile 6 saat ekstraksiyona tabii tutularak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Soxhlet ekstraksiyon cihazı (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

3.2.5.5 Sıcak Su Çözünlüğü

Sıcak suda çözünlük TAPPI T 207 om-88 standart yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde daha önceden rutubeti belirlenmiş 2 gr hava kuru örnek 200 ml'lik bir erlenmayer konularak üzerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayer bir soğutucu altında 3 saat süre ile kaynayan su banyosunda tutulmuş, bu sürenin sonunda bir krozeden süzülüp sıcak su ile yıkanarak 103+- 0C'de kurutulmuş, ardından desikatörde soğutulmuş tartılmıştır. Çözünen madde miktarı tam kuru örnek ağırlığına oranla % olarak hesaplanmıştır.

3.2.5.6 Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 cm-99 standardına göre yapılan bu deneyde, 400 ml' lik bir beher içerisine hava kurusu 2 g örnek konularak üzerine 300 ml destile su ilave edilmiştir. Bir baget yardımıyla karıştırıldıktan sonra üzeri saat camı ile kapatılıp 23 ± 2 °C' de 48 saat bekletilmiştir. Bu süre içerisinde arada bir karıştırılmıştır. Sonra örnekler krozedden süzülerek, destile su ile yıkama yapılmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde 103 ± 2 °C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonra da tartılarak soğuk su çözünürlük oranı % olarak hesaplanmıştır.

3.2.5.7 %1 NaOH Çözünürlüğü

TAPPI T 212 om-02 standardına göre yapılan bu deneyde, 250 ml' lik bir erlenmayer içerisine hava kurusu 2 g örnek konularak üzerine 100 ml %1'lik sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilerek, erlenmayerin ağzı 50 ml'lik erlenmayer ile ters çevrilerek kapatılmış ve kaynayan su banyosuna yerleştirilmiştir. 1 saat beklenildikten sonra darası alınmış krozede süzülerek önce 25 ml %10'luk asetik asit (CH_3COOH) ile yıkandıktan sonra sıcak su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde 103 ± 2 °C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak %1'lik NaOH çözünürlük oranı % olarak hesaplanmıştır.

3.3 DÖÇ'lerin Hazırlanma Aşaması

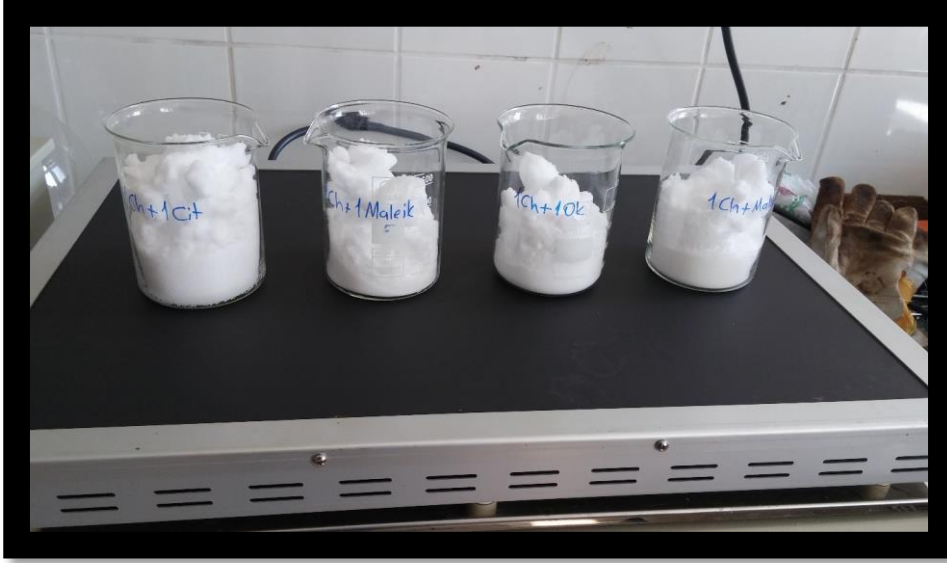
Bu çalışmada pişirmelerde kullanılan DÖÇ'lerin hazırlanmasında K:EG mol oranları 1:2,5 (4K:10EG), 1:2 (5K:10EG) ve 1:1,67 (6K:10EG) olacak şekilde alınmıştır. Pişirme çözeltisi, kullanılan kimyasalların molekül ağırlığına göre hesaplanarak hazırlanmıştır.

Örneğin; 6K:10EG için kolin klorürün molekül ağırlığı 139,6 , etilen glikolün molekül ağırlığı 62,07 'dir.

6 mol kolin klorür için $6 \times 139,6 = 837,6$ g kolin klorür,

10 mol Etilen glikol için $10 \times 62,07 = 620,7$ g etilen glikol laboratuvar ortamında cam beherde hazırlanır.

Elde ettiğimiz katı –sıvı karışımı ısıtıcı plaka üzerinde, atmosferik basınç altında $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıklarda ısıtılmıştır. Çözelti karışımı sıvı faza geçtiğinde pişirme işlemi için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.7: Isıtıcı plaka üzerine yerleştirilmiş DÖÇ'ler (Fotoğraf: Ülkü Burcu GİTTİ, 2018).

Öncelikle yonga oranı baz alınarak pişirmede kullanılan yonga miktarının hesaplanması;

6K:10EG ile hazırlanan DÖÇ için;

$6 \times 139,6 = 837,6$ gr kolin klorür ve $10 \times 62,07 = 620,7$ gr etilen glikolün toplamı $1458,3$ gr'dır.

Yonga /çözelti oranı; $1/2,5$ olduğu için $1458,3 / 2,5 = 583,32$ gr tam kuru kavak yonga miktarı kullanılmıştır.

Pişirme işlemi 15 lt kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm^2 basınca dayanıklı, dakikada 2 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner pişirme kazanında yapılmıştır.

3.4 Kağıt Hamuru Üretim Koşulları

Çalışmada üretilen DÖÇ, soda ve Kraft kağıt hamuru üretim koşulları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Kağıt hamuru üretim koşulları.

Piştirme No	Aktif Alkali (%)	Sülfidite (%)	K:EG	K:EG Mol oranı	NaOH (%)	Max. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklığa Çıkma Süresi (dak.)	Max. Sıcaklıkta Piştirme Süresi (dak.)	Yonga/ Çözelti oranı
DÖÇ 1	-	-	4K:10EG	1: 2,5	-	180	60	150	1/2,5
DÖÇ 2	-	-	5K:10EG	1:2	-				
DÖÇ 3	-	-	6K:10EG	1:1,67	-				
DÖÇ 4	-	-	4K:10EG	1.2,5	-	190			
DÖÇ 5	-	-	5K:10EG	1:2	-				
DÖÇ 6	-	-	6K:10EG	1:1,67	-				
K1	16	20	-	-	-	160	60	1/4	
K2	20	22	-	-	-				
S1	-	-	-	-	18	170			
S2	-	-	-	-	24				

Çalışmada 6 adet DÖÇ, 2 adet soda ve 2 adet kraft olmak üzere toplam 10 piştirme yapılmıştır. Piştirme sonucunda elde edilen hamurlar 150 mesh’ lik elek içerisine alınarak yıkama suyu berraklaşmaya kadar ve 15’er dakika yıkanmıştır. Yıkanan hamurlar laboratuvar tipi lif açıcıda 10’ar dakika açılmıştır. Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi sarsıntılı vakum eleğinde elenerek elek artığı ayrılmıştır. Elek artıkları etüvde $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ‘de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve % elek artığı oranları tespit edilmiştir. 12 saat bekletildikten sonra rutubet tayini yapılarak kağıt hamurlarının elenmiş verimleri tespit edilmiştir. Elek artığı ve elenmiş verim oranları toplanarak toplam verim hesaplanmıştır.

3.5 Kâğıtların Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri

Tüm kağıt hamurlarından TAPPI T 402 sp-03 standardına göre Rapid Köthen makinasında 75 g/m²'lik 10'ar adet deneme kağıdı yapılmıştır. 23±2 °C sıcaklıkta ve %50±2 bağıl nemde 24 saat kondisyonlandıktan sonra standartlara uygun şekilde Tablo 3.3'de belirtilen testler yapılmıştır.

Tablo 3.3: Kağıt testlerinde kullanılan standartlar.

DENEY	KULLANILAN STANDART
Kalınlık	TAPPI T 411 om-97
Hacimlilik	TAPPI T 220 sp-01
Hava geçirgenliği	ISO 5636-3
Opaklık	TAPPI T 519 om-02
Parlaklık	TAPPI T 525 om-02
Yırtılma indisi	TAPPI T 414 om-98
Kopma indisi TEA Uzama	TAPPI T 494 om-01
Patlama indisi	TAPPI T 403 om-02

3.6 Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılmıştır. DÖÇ, soda ve Kraft yöntemleri ile elde edilen kağıtların özellikleri arasında fark olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) kullanılmıştır. Gruplar arasında farklılık olduğu durumda bu farkın %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı Duncan testiyle belirlenmiştir. Grafiklerdeki sütunlar üzerindeki harfin farklı olması, gruplar arasındaki farkın %95 güven aralığında anlamlı olduğunu ($p < 0,05$), harfin aynı olması ise, gruplar arasındaki farkın %95 güven aralığında anlamlı olmadığını ($p > 0,05$) göstermektedir.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kimyasal Analizlere Ait Bulgular

Karakavak odununun kimyasal analiz sonuçları benzer iki çalışmanın sonuçları ile kıyaslanarak Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Karakavak odununun kimyasal analiz sonuçları.

Deney Türü	Tespit (%)	Kar (2005)	Alkan (2004)
Holoseülüz	81,25±0,58	77,88±0,89	77,60
α -Selüloz	46,30±0,68	-	49,20
Lignin	18,51±0,26	21,2±0,98	21,60
Sıcak Su Çözünürlüğü	3,59±0,26	5,41±0,54	6,20
Soğuk Su	2,18±0,03	4,1±0,16	5,30
%1 NaOH Çözünürlüğü	14,65±8,84	22,57±1,20	22,30
Alkol Çözünürlüğü	2,22±0,55	-	-

4.2 Lif Morfolojisine Ait Sonuçlar

Karakavak odununun lif özellikleri diğer çalışmaların sonuçları ile kıyaslanarak Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Karakavak odununun lif özellikleri.

Lif özelliği	Tespit	Kar (2005)	Alkan (2004)
Lif uzunluğu (mm)	1,05±0,02	0,94	1,24
Trahe uzunluğu (mm)	-	0,35	0,71
Lif genişliği (μ m)	27,58±2,40	28,93	27,10
Lümen genişliği (μ m)	15,52±2,15	21,96	17,70
Çift çeper kalınlığı (μ m)	6,10±0,58	1,62	4,90
Keçeleşme oranı	38,07	-	45,90
Elastiklik oranı	56,27	-	65,10
Runkel oranı	0,79	-	0,50

4.3 Kağıt Hamuru Özellikleri

DÖÇ, soda ve kraft kağıt hamurlarının elenmiş verim, elek artığı, toplam verim, kappa numarası ve viskozite değerleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

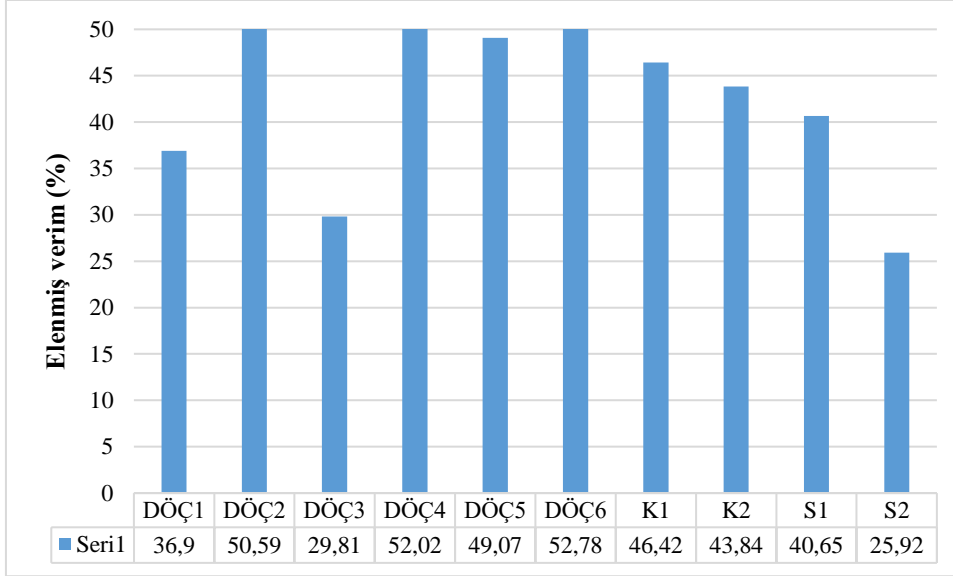
Tablo 4.3: Kağıt hamurlarının bazı özellikleri.

Pişirmeler	Elenmiş verim (%)	Elek artığı (%)	Toplam verim (%)	Yıkanma sonrası elenmiş verim (%)	Yıkanma sonrası toplam verim (%)	Kappa numarası	Viskozite (cm ³ /g)
DÖÇ1	36,90	33,93	70,83	30,69	64,62	86,34	1154
DÖÇ2	50,59	11,12	61,71	43	54,12	80,16	1173
DÖÇ3	29,81	41,88	71,69	24,51	66,39	81,05	1162
DÖÇ4	52,02	9,27	61,29	44,59	53,86	113,45	1154
DÖÇ5	49,07	2,47	51,54	41,88	44,35	113,93	1170
DÖÇ6	52,78	5,46	58,24	43,69	49,15	124,41	1199
K1	46,42	17,31	63,73	-	-	47,18	1185
K2	43,84	20,02	63,86	-	-	41,08	1158
S1	40,65	7,81	48,46	-	-	56,29	1126
S2	25,92	38,9	64,82	-	-	37,40	1138

4.3.1 Kağıt Hamurlarının Elenmiş Verimleri

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmeleri hariç diğer DÖÇ pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarının elenmiş verim değerlerinin geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına göre daha yüksek elenmiş verim değerlerine sahip olduğu görülmüştür. DÖÇ pişirmeleri içinde en yüksek elenmiş verim değeri %52,78 ile DÖÇ6 pişirmesinden, en düşük değer ise %29,81 ile DÖÇ3 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde hamurun elenmiş verimi doğrusal olmayan bir şekilde artmıştır. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde doğrusal olmayan bir şekilde azalmıştır.

Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek elenmiş verim değeri %46,42 ile K1 pişirmesinden, en düşük değer ise %25,92 ile S2 pişirmesinden elde edilmiştir.

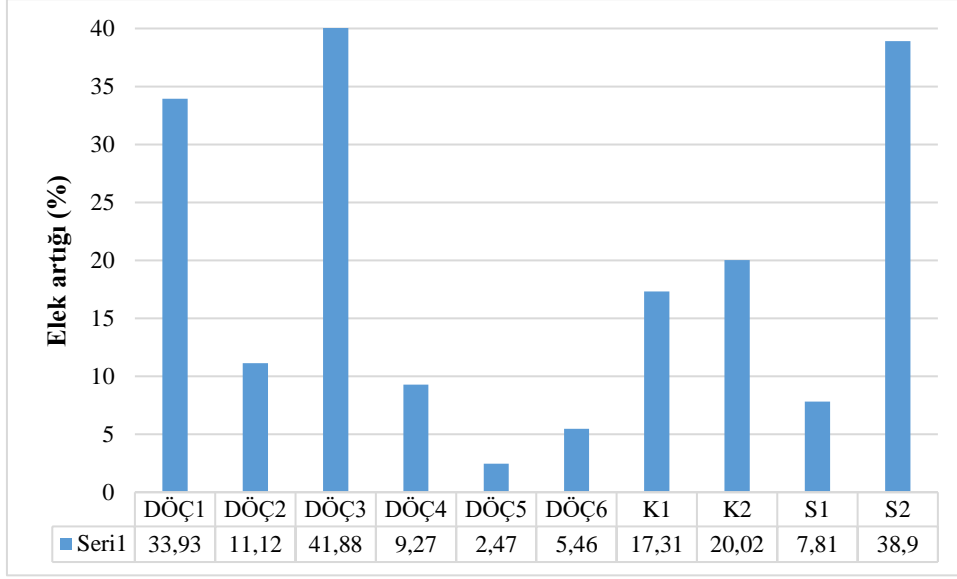


Şekil 4.1: Kağıt hamurlarının elenmiş verim değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.3.2 Kağıt Hamurlarının Elek Artığı Oranları

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi DÖÇ1 ve DÖÇ3 pişirmeleri hariç diğer DÖÇ pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarının elek artığı değerlerinin, geleneksel yöntemlerle elde edilen K1, K2, ve S2 pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarına göre daha düşük elek artığı değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek elek artığı değeri %41,88 ile DÖÇ3 pişirmesinden, en düşük değer ise %2,47 ile DÖÇ5 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde hamurun elek artığı değerlerinin doğrusal olmayan bir şekilde değişmiştir. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde kâğıt hamuru elek artığı değerlerinin doğrusal bir şekilde arttığı görülmüştür.

Geleneksel yöntemlerden elde edilen kâğıt hamurlarında ise en yüksek elek artığı değeri %38,9 ile S2 pişirmesinden, en düşük değer ise %7,81 ile S1 pişirmesinden elde edilmiştir.

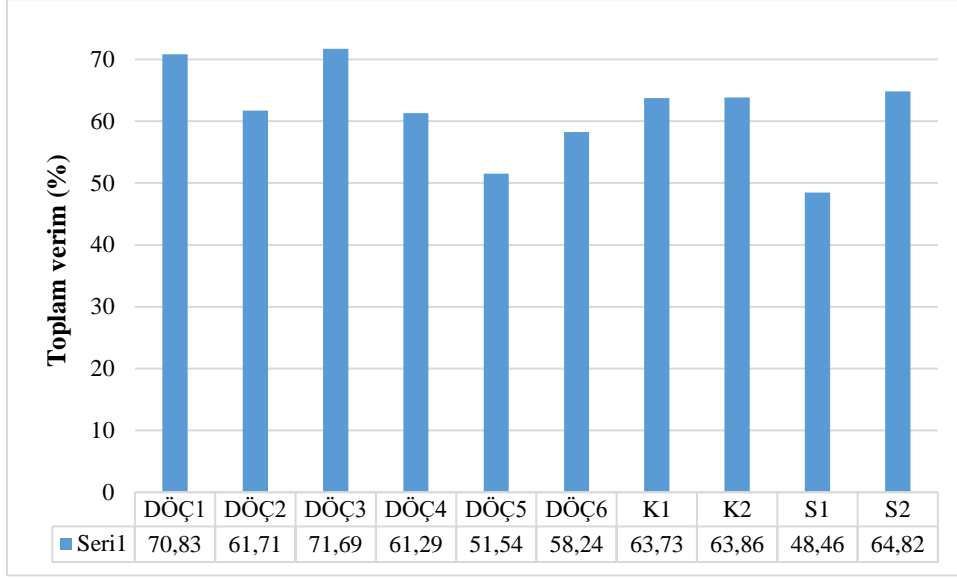


Şekil 4.2: Kağıt hamurlarının elek artığı değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.3.3 Kağıt Hamurlarının Toplam Verimleri

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi DÖÇ pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarının toplam verim değerlerinin geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına benzer değerlerde olduğu görülmüştür. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek toplam verim değeri %71,69 ile DÖÇ3 pişirmesinden, en düşük değer ise %51,54 ile DÖÇ5 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde hamurun toplam verim değerlerinin doğrusal olmayan bir şekilde değiştiği görülmüştür. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde kâğıt hamuru toplam verim değerlerinin doğrusal bir şekilde arttığı görülmüştür.

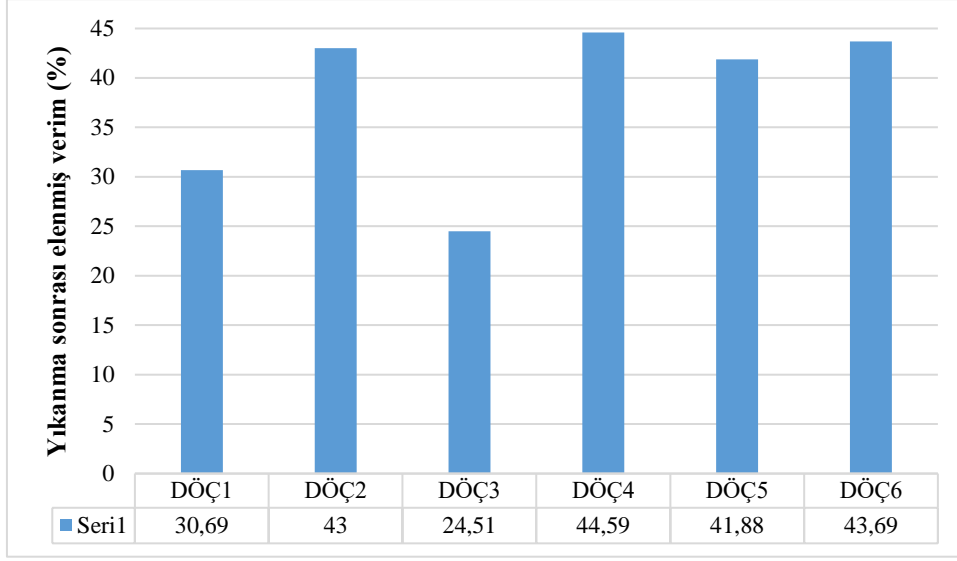
Geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarında en yüksek toplam verim değeri %64,82 ile S2 pişirmesinden, en düşük değer ise 48,46 ile S1 pişirmesinden elde edilmiştir.



Şekil 4.3: Kağıt hamurlarının toplam verim değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.3.4 Kağıt Hamurlarının Yıkama Sonrası Elenmiş Verimleri

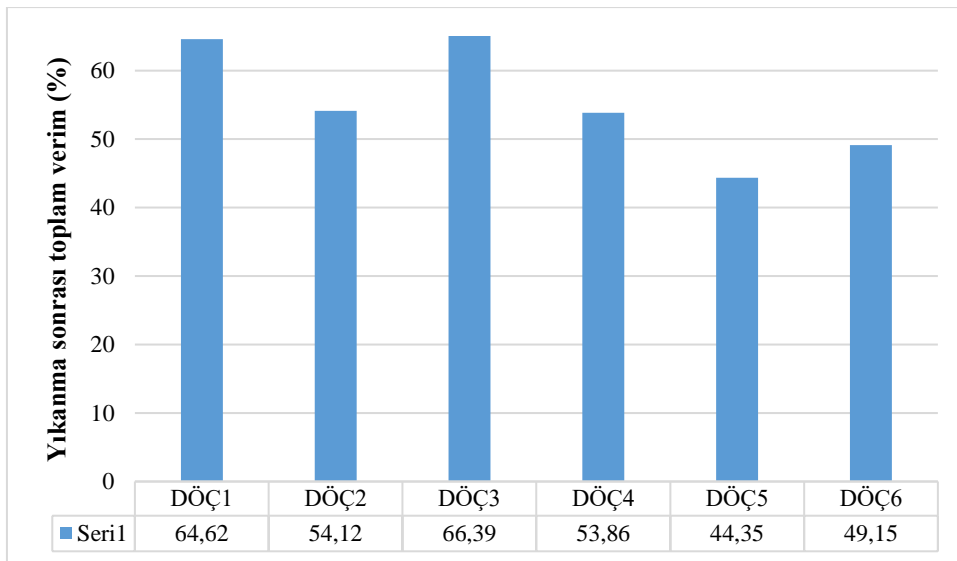
Şekil 4.4’de DÖÇ pişirmelerinin yıkanma sonrası elenmiş verim değerleri verilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek yıkanma sonrası elenmiş verim değeri %44,59 ile DÖÇ4 pişirmesinden, en düşük değer ise %24,51 ile DÖÇ3 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıt hamurunun yıkanma sonrası elenmiş verim değeri doğrusal bir şekilde artmıştır. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde kağıt hamurunun yıkanma sonrası elenmiş verim değeri, kolin klorür miktarının artmasıyla doğrusal olmayan bir şekilde etkilenmiştir.



Şekil 4.4: Kağıt hamurlarının yıkama sonrası elenmiş verim değerlerine pişirme şartlarının etkisi.

4.3.5 Kağıt Hamurlarının Yıkama Sonrası Toplam Verimleri

Şekil 4.5’de DÖÇ pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarının yıkama sonrası toplam verim değerleri verilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek yıkama sonrası toplam verim değeri %66,39 değeri ile DÖÇ3 pişirmesinden, en düşük değer ise %44,35 ile DÖÇ5 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile yıkama sonrası toplam verim değerleri doğrusal olmayan bir şekilde etkilenmiştir.

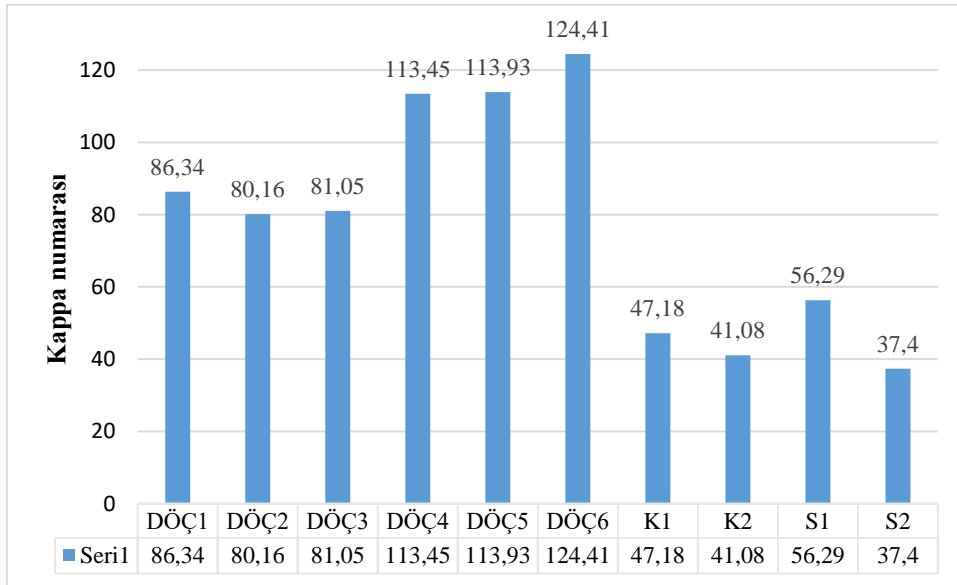


Şekil 4.5: Kağıt hamurlarının yıkama sonrası toplam verim değerlerine pişirme şartlarının etkisi.

4.3.6 Kağıt Hamurlarının Kappa Numaraları

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi DÖÇ pişirmelerinden elde edilen elde edilen kağıt hamurları, geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına göre daha yüksek kappa numarası değerlerine sahiptir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek kappa numarası değeri 124,41 ile DÖÇ6 pişirmesinden, en düşük değer ise 80,16 ile DÖÇ2 pişirmesinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıt hamurunun kappa numaraları doğrusal olmayan bir şekilde azalmıştır. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde, kağıt hamurlarının kappa numaraları kolin klorür miktarının artması ile doğrusal bir şekilde artış göstermiştir.

Geleneksel yöntemlerden elde edilen kâğıt hamurlarında ise en yüksek kappa değeri %56,29 ile S2 pişirmesinden, en düşük değer ise %37,40 ile S1 pişirmesinden elde edilmiştir.



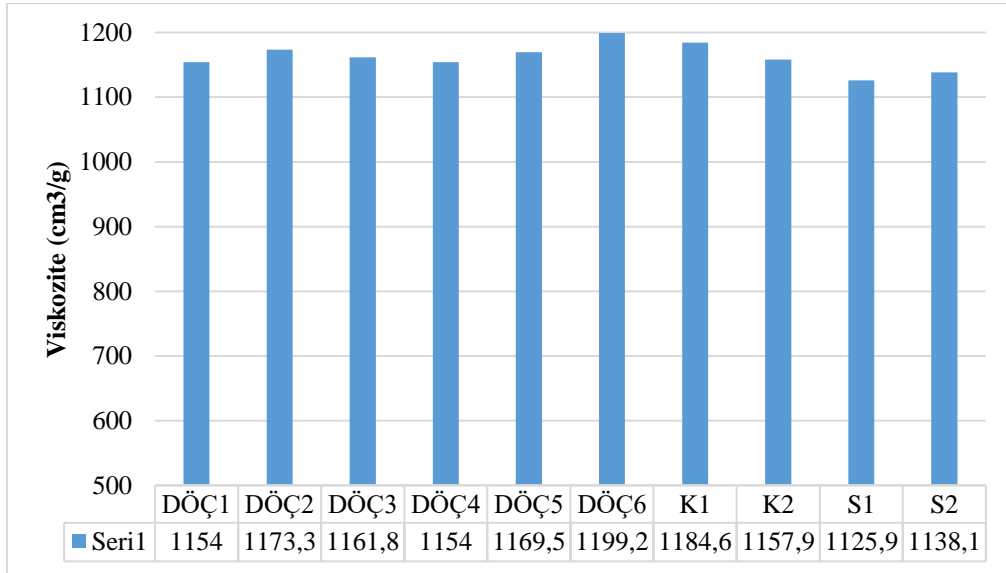
Şekil 4.6: Kağıt hamurlarının kappa numarası değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.3.7 Kağıt Hamurlarının Viskoziteleri

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi DÖÇ pişirmelerinden elde edilen elde edilen kağıt hamurları, geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına göre (K1 hariç) genel olarak daha yüksek viskozite değerlerine sahiptir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek viskozite değeri

1199 cm³/g ile DÖÇ6 pişirmesinden, en düşük viskozite değeri ise 1154 cm³/g ile DÖÇ1 ve DÖÇ4 pişirmelerinden elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıt hamurlarının viskozite değerleri doğrusal olmayan bir şekilde değişmiştir. Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde, kağıt hamurlarının viskozite değerleri doğrusal bir şekilde artmıştır.

Geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarında ise en yüksek viskozite değeri 1185 cm³/g ile K1 pişirmesinden, en düşük viskozite değeri ise 1126 cm³/g ile S1 pişirmesinden elde edilmiştir.



Şekil 4.7: Hamurların viskozite değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.3.8 Kağıt Hamurlarının İstenilen Serbestlik Derecesine Ulaşma Süreleri

Farklı koşullardaki pişirme şartlarından elde edilen kağıt hamurları yıkandıktan sonra standartlara uygun olarak Hollanderde 10 dak. ağırlıksız olarak açılmıştır ve hamur başlangıç serbestlik dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra Hollandere ağırlık takılarak hamur 25 °SR ve 35 °SR serbestlik derecesine kadar dövülmüştür. Kağıt hamurlarının istenen serbestlik derecelerine ulaşma süreleri tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Hamurların istenilen serbestlik derecesine ulaşma süresi.

Piştirme No	Başlangıç °SR	25 °SR'e ulaşma süresi (sn)	35 °SR'e ulaşma süresi (sn)
DÖÇ1	14	240	315
DÖÇ2	15	345	585
DÖÇ3	16	325	515
DÖÇ4	15	300	420
DÖÇ5	18	240	490
DÖÇ6	16	315	505
K1	12	485	665
K2	11	510	630
S1	12	660	900
S2	11	540	660

Tablo 4.4'de görüldüğü gibi DÖÇ kağıt hamurlarının hem 25 °SR hem de 35 °SR'e geleneksel yöntem kağıt hamurlarından daha hızlı sürede ulaşımlardır. 25 °SR ve 35 °SR'e en hızlı ulaşan kağıt hamurunun sırasıyla 240 saniye ve 315 saniye ile DÖÇ1 örneği olduğu görülmüştür.

Bilindiği gibi kağıt hamurlarında kalan lignin ile dövme süresi doğru orantılıdır. DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntem kağıt hamurlarından daha yüksek kappalar ve dolayısıyla daha fazla lignin içermelerine rağmen istenen dövme derecelerine daha hızlı ulaşmalarında hamurdaki kalıntı lignin oranının etkili olmadığı, bu sonuca liflerin morfolojik yapılarındaki değişimin ve/veya lif çeperi tarafından absorbe edilen piştirme kimyasalının etkili olduğu düşünülmektedir.

4.4 Kağıtların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

DÖÇ, soda ve Kraft kağıt hamurlarının dövülmemiş (Tablo 4.5), 25 °SR'e dövülmüş (Tablo 4.6) ve 35 °SR'e dövülmüş (Tablo 4.7) liflerinden elde edilen kağıtların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

Tablo 4.5: Dövlmemeş kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.

Pişirmeler	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Hava Geçirgenliği (ml/dak.)	Hacimlilik (cm ³ /g)
DÖÇ1	28,60±0,54	0,93±0,03	13,46±0,33	1,78±0,07	1,00±0,04	4678,4±80	1,64±0,03
DÖÇ2	34,55±1,12	1,22±0,13	22,03±0,89	2,15±0,08	1,25±0,07	3035,7±97	1,57±0,03
DÖÇ3	25,86±0,85	0,93±0,03	12,15±0,52	1,78±0,07	0,93±0,05	5000±0	1,73±0,04
DÖÇ4	35,63±0,96	1,01±0,03	17,76±0,47	2,02±0,08	1,28±0,07	2919,9±93	1,50±0,03
DÖÇ5	39,94±1,08	1,37±0,05	28,86±1,12	2,07±0,08	1,54±0,16	1368,6±57	1,59±0,04
DÖÇ6	35,91±0,91	1,20±0,04	22,36±0,69	2,14±0,08	1,27±0,06	2466,8±50	1,55±0,04
K1	54,10±1,56	0,98±0,04	25,34±0,84	3,05±0,14	1,62±0,15	2380,1±57	1,55±0,04
K2	49,88±1,55	0,91±0,04	21,26±0,83	2,90±0,12	1,59±0,06	2499,7±67	1,51±0,04
S1	47,22±2,02	0,85±0,03	19,92±0,68	2,71±0,12	1,38±0,11	2529,7±76	1,61±0,05
S2	41,93±1,65	0,82±0,03	16,07±0,42	2,95±0,05	1,25 ±0,05	5000±0	1,67±0,04

Tablo 4.6: 25 °SR'e kadar dövülen kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.

Pişirmeler	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m²)	Yırtılma İndisi (mN.m²/g)	Patlama İndisi (kPa.m²/g)	Hava Geçirgenliği (ml/dak.)	Hacimlilik (cm³/g)
DÖÇ1	54,43±1,24	1,40±0,04	38,72±1,02	2,01±0,07	1,95±0,11	337,3±11	1,42±0,03
DÖÇ2	59,04±0,89	1,60±0,07	48,80±1,79	2,12±0,10	2,41±0,16	221,4±7	1,45±0,04
DÖÇ3	53,05±1,17	1,38±0,05	37,37±1,45	1,97±0,08	1,97±0,10	296,9±9	1,43±0,04
DÖÇ4	59,24±1,08	1,36±0,06	40,79±1,21	1,92±0,05	2,19±0,15	195,3±8	1,36±0,03
DÖÇ5	50,26±1,61	1,39±0,06	35,69±0,67	1,95±0,05	2,05±0,17	288,3±10	1,43±0,05
DÖÇ6	53,33±0,77	1,48±0,06	41,00±1,31	1,97±0,08	2,04±0,07	334,2±10	1,37±0,03
K1	93,61±2,34	1,71±0,05	79,70±2,02	3,24±0,13	3,86±0,27	128,5±3	1,38±0,07
K2	87,16±3,76	1,75±0,06	76,63±3,16	3,41±0,09	3,74±0,12	141,7±4	1,37±0,05
S1	85,83±2,39	1,63±0,06	69,43±1,46	3,54±0,11	3,48±0,17	255,3±9	1,41±0,06
S2	81,43±3,03	1,76±0,07	72,59±3,06	3,21±0,12	3,33±0,13	197,7±8	1,44±0,06

Tablo 4.7: 35 °SR'e kadar dövülen kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların fiziksel ve mekanik özellikleri.

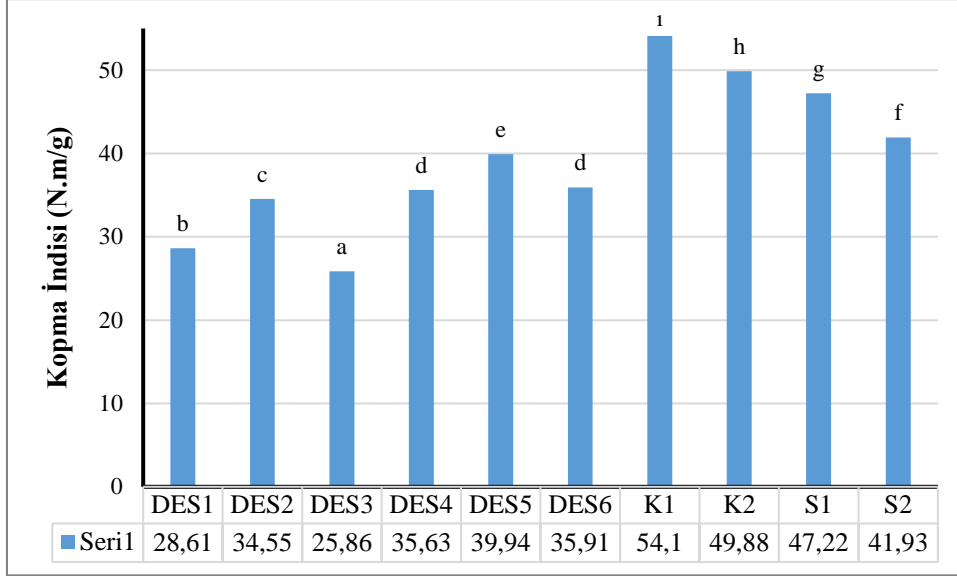
Pişirmeler	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Hava Geçirgenliği (ml/dak.)	Hacimlilik (cm ³ /g)
DÖÇ1	59,60±1,63	1,39±0,06	42,42±1,69	1,78±0,07	2,22±0,12	99,0±4	1,37±0,04
DÖÇ2	55,49±1,03	1,44±0,05	41,02±1,19	1,85±0,08	2,17±0,12	82,2±3	1,35±0,03
DÖÇ3	58,72±1,43	1,42±0,07	42,08±1,60	1,82±0,08	2,12±0,12	117,8±3	1,38±0,05
DÖÇ4	68,02±1,20	1,43±0,05	48,60±1,01	1,80±0,08	2,53±0,10	48,9±2	1,31±0,03
DÖÇ5	53,28±1,08	1,46±0,05	40,69±1,32	1,74±0,08	2,09±0,15	113,5±4	1,41±0,03
DÖÇ6	61,02±1,48	1,51±0,05	47,47±0,91	1,80±0,08	2,25±0,07	90,8±4	1,33±0,04
K1	101,70±3,32	1,79±0,06	90,50±1,99	2,90±0,10	4,23±0,34	27,4±1,1	1,40±0,08
K2	92,01±3,71	1,87±0,06	86,94±2,95	3,21±0,09	3,90±0,16	60,4±2,5	1,35±0,04
S1	91,27±3,40	1,75±0,05	79,66±3,30	3,16±0,11	3,88±0,16	64,7±2,8	1,36±0,06
S2	89,24±3,31	1,90±0,07	85,30±3,10	3,00±0,08	3,59±0,14	57,0±2,2	1,31±0,04

4.4.1. Kopma İndisi

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 SR ve 35 SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının kopma indisi değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.8 - 4.10'de verilmiştir.

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük kopma indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek kopma indisi 39,94 N.m/g ile DÖÇ5 pişirmesinde, en düşük değer ise 25,86 N.m/g ile DÖÇ3 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kopma indisini doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05).

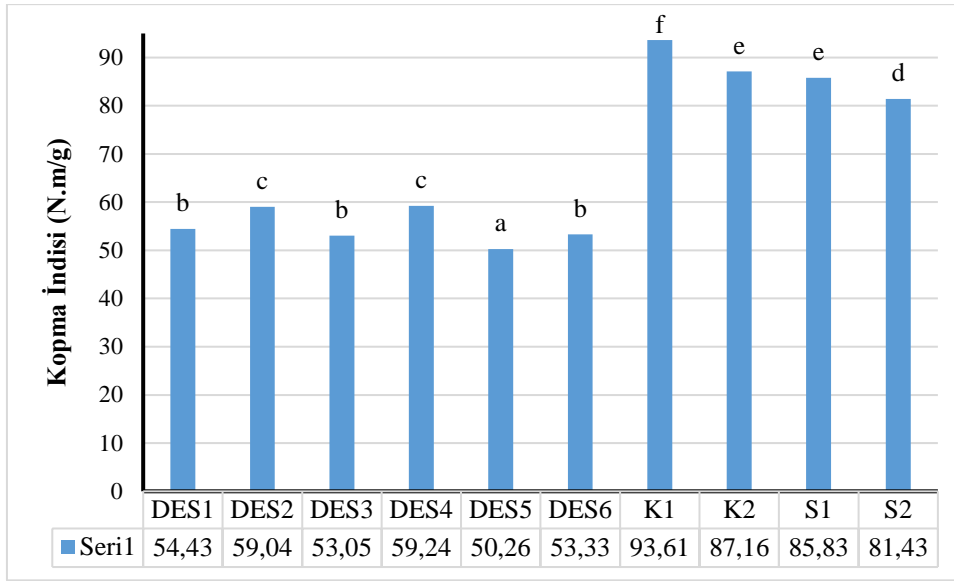
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek kopma indisi değeri 54,10 N.m/g ile K1 pişirmesinde en düşük kopma indisi değeri 41,92 N.m/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.8: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi 25 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük kopma indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek kopma indisi 59,24 N.m/g ile DÖÇ4 pişirmesinde, en düşük değer ise 50,26 N.m/g ile DÖÇ5 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın kopma indisi değerlerinin doğrusal olmayan değişim gösterdiği tespit edilmiştir ($P < 0,05$).

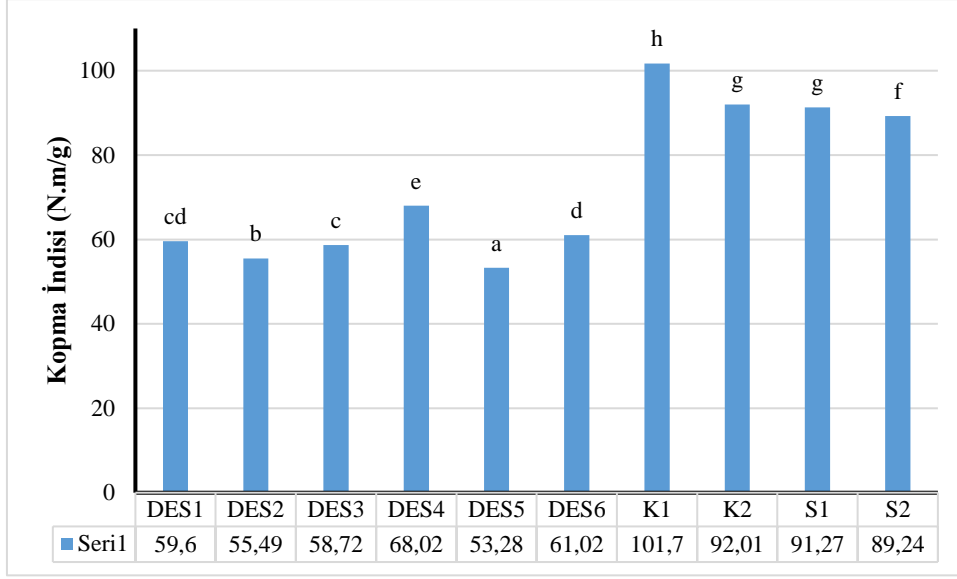
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek kopma indisi değeri 93,61 N.m/g ile K1 pişirmesinde en düşük kopma indisi değeri 81,43 N.m/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.9: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.10’da görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kâğıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük kopma indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek kopma indisi 68,02 N.m/g ile DÖÇ4 pişirmesinde, en düşük değer ise 53,28 N.m/g ile DÖÇ5 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kâğıdın kopma indisi değerlerinin azaldığı, bu azalışın doğrusal olmadığı görülmüştür ($P < 0,05$). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek kopma indisi değeri 101,7 N.m/g ile K1 pişirmesinde en düşük kopma indisi değeri 89,24 N.m/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kâğıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kâğıt hamurlarına oranla kağıtların kopma indisi değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap verdiği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kâğıt hamurundan elde edilen kağıdın kopma indisi 28,61 N.m/g’den, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 54,43 N.m/g’a (%90,25 artış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 59,6 N.m/g’a (%108,32 artış) yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kâğıt hamurundan elde edilen kâğıdın kopma indisi 54,1 N.m/g’dan, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 93,61 N.m/g’a (%73,03 artış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 101,70 N.m/g’a (%87,99 artış) yükseldiği tespit edilmiştir.



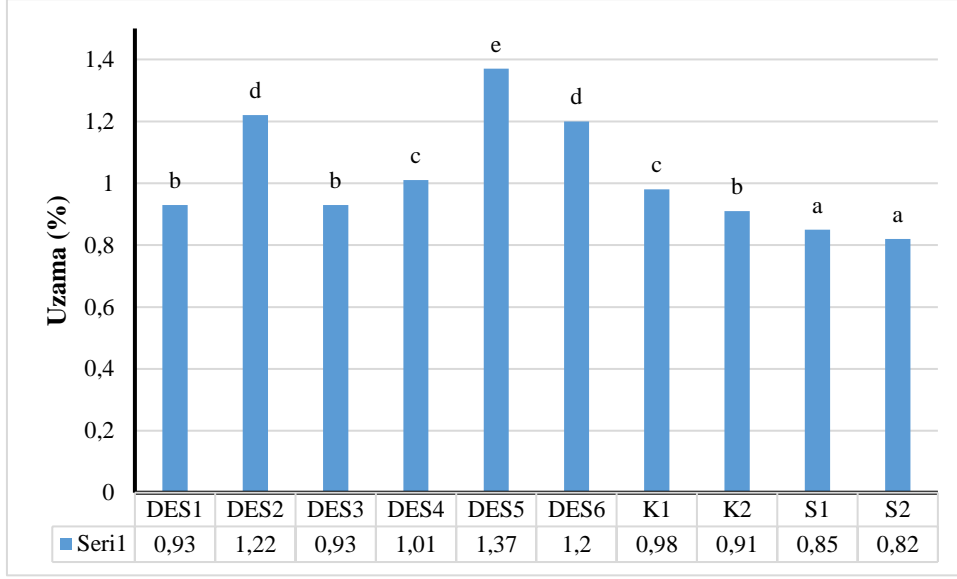
Şekil 4.10: 35 °SR kâğıt hamurlarından elde edilen kâğıtların kopma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.2 Uzama

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kâğıt hamurlarının deneme kâğıtlarının uzama değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.11- 4.13’de verilmiştir.

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi dövülmemiş kâğıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek uzama değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek uzama miktarı %1,37 ile DÖÇ5 pişirmesinde, en düşük değer ise %0,93 ile DÖÇ1 ve DÖÇ3 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılmasının, kâğıdın uzama miktarını doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür ($P < 0,05$).

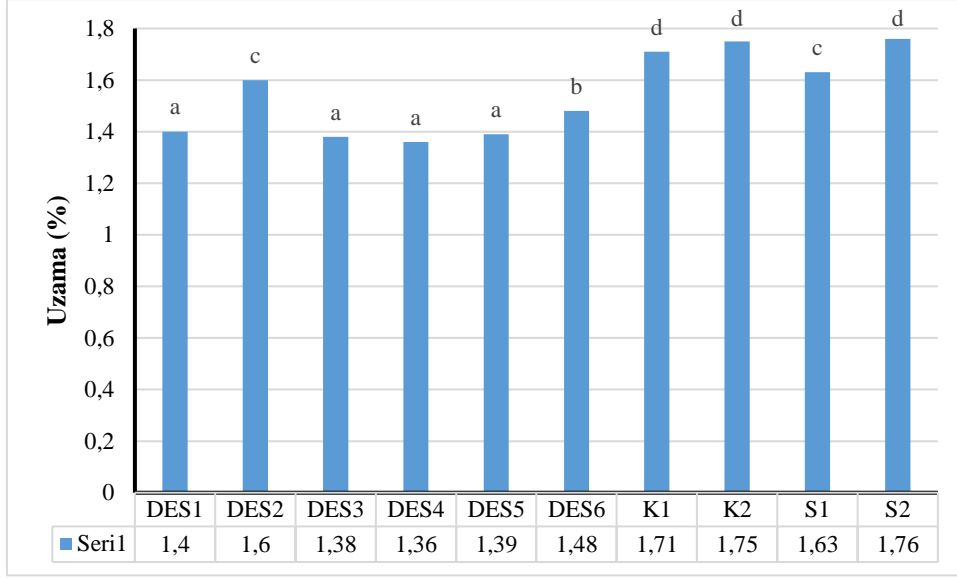
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek uzama miktarı değeri %0,98 ile K1 pişirmesinde en düşük uzama miktarı değeri %0,82 ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.11: Dövülmemiş kâğıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük uzama değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek uzama miktarı %1,60 ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise %1,36 ile DÖÇ4 pişirmelerinde elde edilmiştir. DES pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DES1, DES2 ve DES3 pişirmelerinde kağıdın uzama miktarını doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür ($P<0,05$). Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DES4, DES5 ve DES6 pişirmelerinde kağıdın uzama miktarı artan kolin klorür oranı ile doğrusal bir şekilde arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

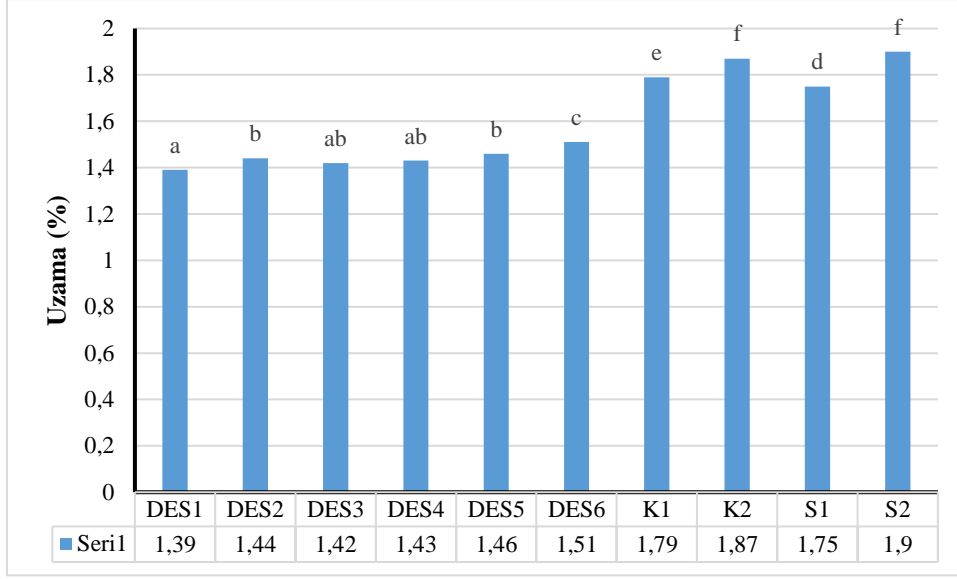
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek uzama miktarı değeri %1,76 ile S2 pişirmesinde en düşük uzama miktarı değeri %1,63 ile S1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.12: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.13’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük uzama değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek uzama 1,51% ile DÖÇ6 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,39 ile DÖÇ1 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın uzama değerlerinin arttığı, ancak bu artışın istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek uzama değeri %1,9 ile S2 pişirmesinde en düşük uzama değeri %1,75 ile S1 pişirmesinde elde edilmiştir.

Kağıtların uzama değerlerindeki değişime bakarak DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla dövme işlemine daha iyi cevap vermediği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ3 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın uzama değeri %0,93, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile %1,38’e (%48,38 artış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise %1,42’e (%52,69 artış) yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın uzama %0,98’den, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile %1,71’a (%74,48 artış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise %1,79’a (%82,65 artış) yükseldiği tespit edilmiştir.



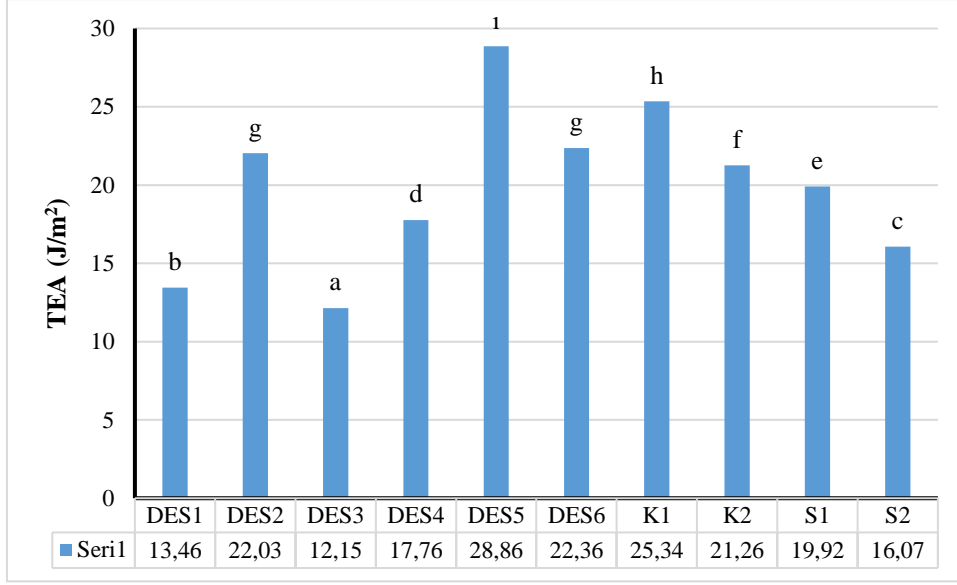
Şekil 4.13: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.3 TEA

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının uzama değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.14-4.16'da verilmiştir.

Şekil 4.14'de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek TEA değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek TEA miktarı 28,86 J/m² ile DÖÇ5 pişirmesinde, en düşük değer ise 12,15 J/m² ile DÖÇ3 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın TEA değerini doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05).

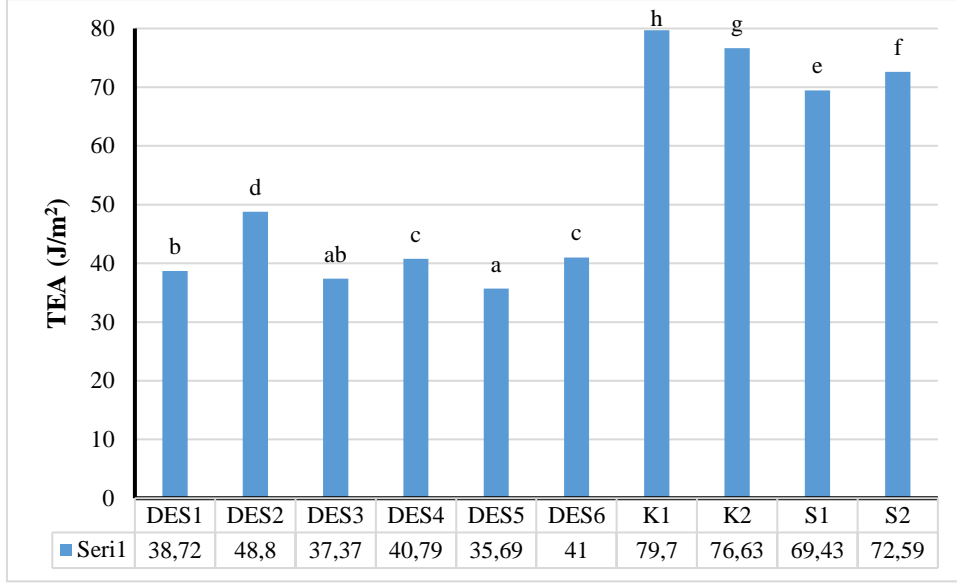
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek TEA miktarı değeri 25,34 J/m² ile K1 pişirmesinde en düşük TEA miktarı değeri 16,07 J/m² ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.14: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.15’de görüldüğü gibi 25 °SR kâğıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük TEA değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek TEA miktarı 48,8 J/m² ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 35,69 J/m² ile DÖÇ5 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kâğıdın TEA miktarını doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05).

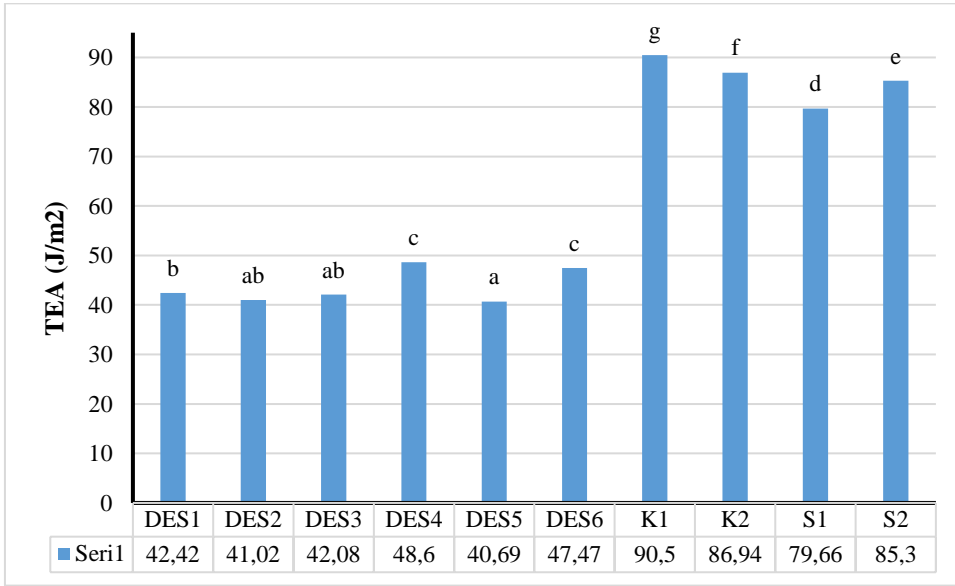
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek TEA miktarı değeri 79,7 J/m² ile K1 pişirmesinde en düşük TEA miktarı değeri 69,43 J/m² ile S1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.15: 25 °SR kâğıt hamurlarından elde edilen kâğıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kâğıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük TEA değerleri verdiği görülmüştür. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek TEA 48,6 J/m² ile DÖÇ4 pişirmesinde, en düşük değer ise 40,69 J/m² ile DÖÇ5 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kâğıdın TEA değerlerinin maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. Pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde istatistiki olarak anlamsız değişimler görülmüştür (P>0,05). DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde ise doğrusal olmayan bir değişim tespit edilmiştir (P<0,05). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek TEA değeri 90,50 J/m² ile K1 pişirmesinde en düşük TEA değeri 79,66 J/m² ile S1 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kâğıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kâğıt hamurlarına oranla kâğıtların TEA değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap vermediği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kâğıt hamurundan elde edilen kâğıdın TEA değeri 13,46 J/m²’den kâğıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 38,72 J/m²’ye (%187,67 artış), kâğıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 42,42 J/m²’ye (%215,16 artış) yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kâğıt hamurundan elde edilen kâğıdın TEA 25,34 J/m²’den kâğıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 79,7 J/m²’ye (%214,52 artış), kâğıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 90,5 J/m²’ye (%257,14 artış) yükseldiği belirlenmiştir.



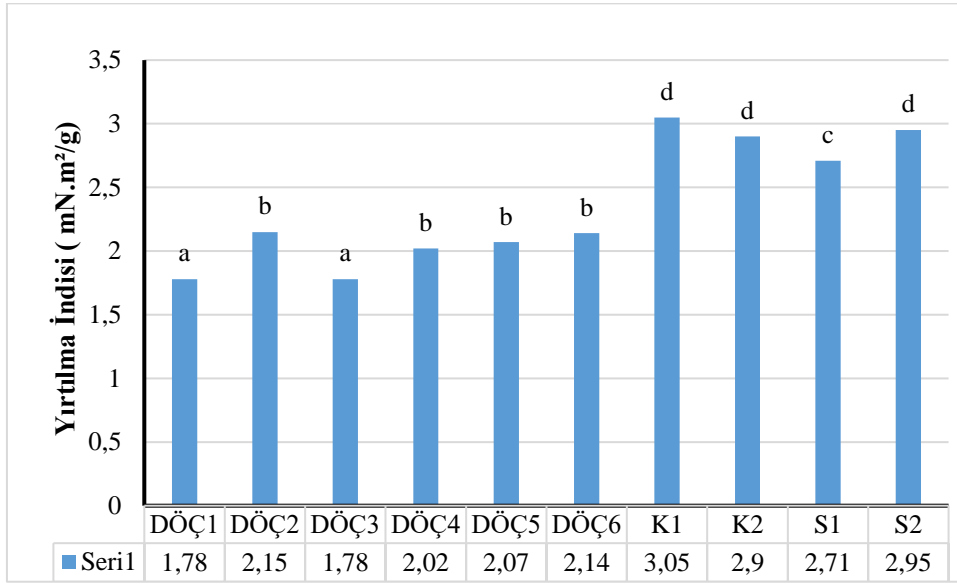
Şekil 4.16: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların TEA değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.4 Yırtılma İndisi

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının yırtılma değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.17-4.19’da verilmiştir.

Şekil 4.17’de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük yırtılma değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek yırtılma miktarı 2,15 mN.m²/g ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,78 mN.m²/g ile DÖÇ1 ve DÖÇ3 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıdın yırtılma miktarını doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05). Ancak, maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde kağıdın yırtılma miktarı artan kolin klorür oranı ile doğrusal bir şekilde arttığı tespit edilmiştir (P>0,05).

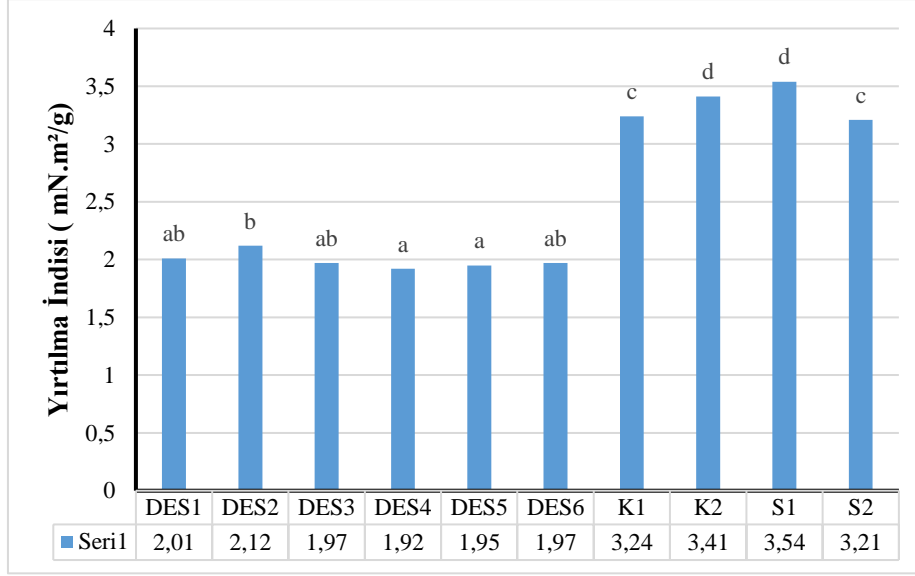
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek yırtılma miktarı değeri 3,05 mN.m²/g ile K1 pişirmesinde en düşük yırtılma miktarı değeri 2,71 mN.m²/g ile S1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.17: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük yırtılma değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek yırtılma miktarı 2,12 mN.m²/g ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,92 mN.m²/g ile DÖÇ4 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın yırtılma indisi değerinin istatistiki olarak anlamsız bir değişim gösterdiği görülmüştür (P>0,05).

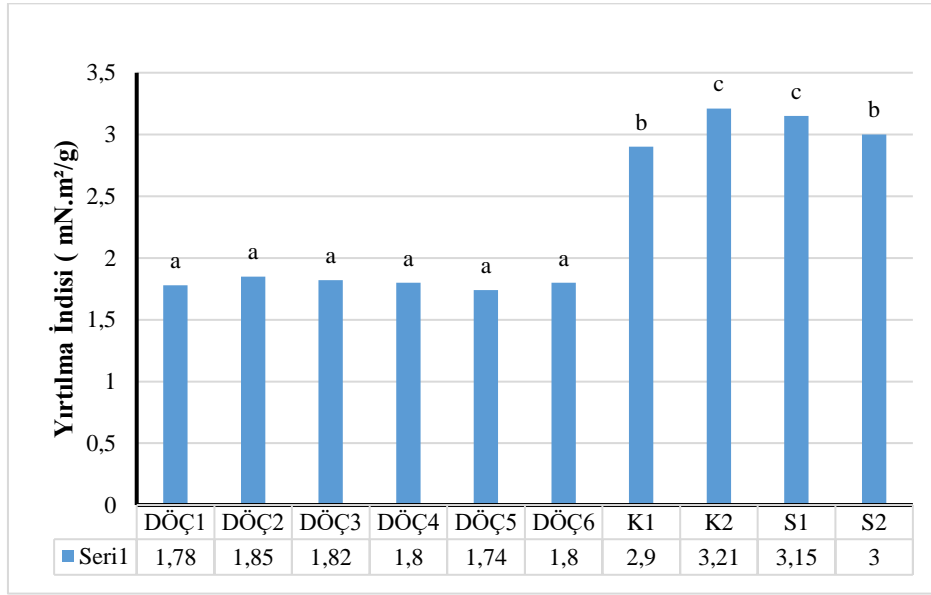
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek yırtılma indisi değeri 3,54 mN.m²/g ile S1 pişirmesinde en düşük yırtılma miktarı değeri 3,21 mN.m²/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.18: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.19’da görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük yırtılma indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek yırtılma indisi 1,85 mN.m²/g ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,74 mN.m²/g ile DÖÇ5 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kâğıdın yırtılma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamsız ölçüde etkilendiği görülmüştür (P>0,05). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek yırtılma indisi değeri 3,21 mN.m²/g ile K2 pişirmesinde en düşük yırtılma indisi değeri 2,9 mN.m²/g ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla kağıtların yırtılma indisi değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap verdiği görülmüştür. Örneğin DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın yırtılma indisi değeri 1,78 mN.m²/g’den kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 2,01 mN.m²/g’a (%12,92 artış) yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın yırtılma indisi 3,05 mN.m²/g’den kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 3,24 (% 6,22 artış) mN.m²/g’a yükseldiği tespit edilmiştir. DÖÇ ve geleneksel yöntem kağıt hamurlarının 25 °SR’den 35 °SR’e kadar dövülmesi ile kağıtların yırtılma indisi değerlerinin beklendiği gibi azaldığı görülmüştür. Bu azalışın nedeni artan dövme ile yırtılma indisini doğrudan etkileyen bireysel lif sağlamlığının azalmasıdır.



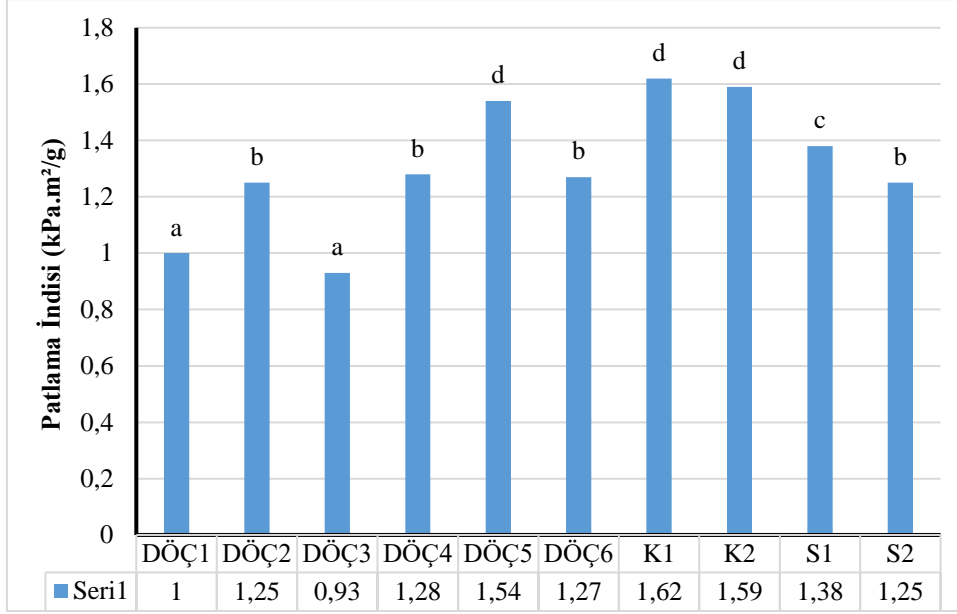
Şekil 4.19: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.5 Patlama İndisi

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının patlama indisi değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.20-4.22’de verilmiştir.

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer patlama indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek patlama indisi miktarı 1,54 kPa.m²/g ile DÖÇ5 pişirmesinde, en düşük değer ise 0,93 kPa.m²/g ile DÖÇ3 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın patlama indisi değerinin doğrusal olmayan bir şekilde etkilendiği görülmüştür (P<0,05).

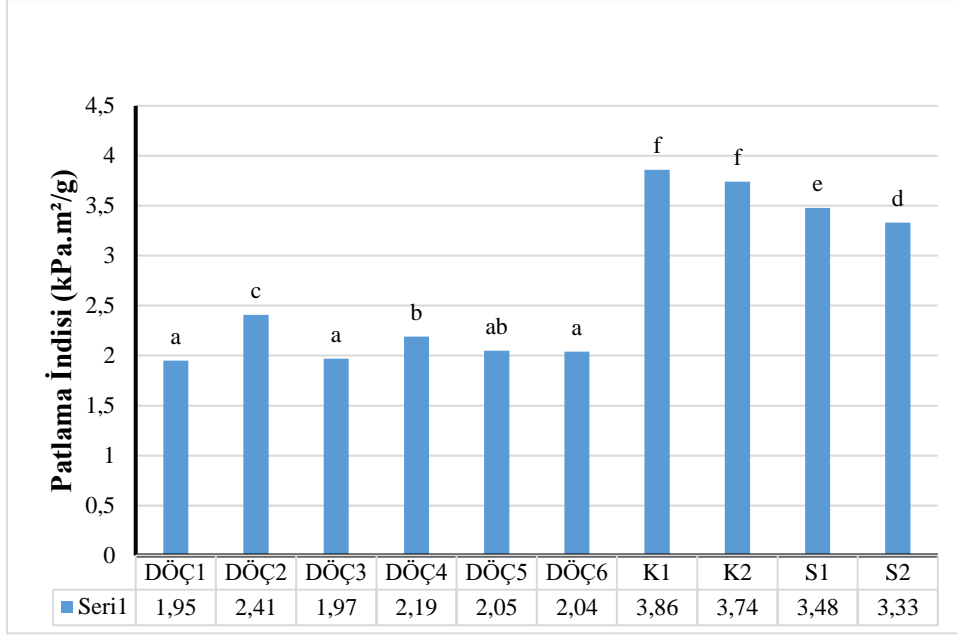
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek patlama indisi değeri 1,62 kPa.m²/g ile K1 pişirmesinde en düşük patlama indisi değeri 1,25 kPa.m²/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.20: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi 25 °SR kâğıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük patlama indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek patlama indisi miktarı 2,41 kPa.m²/g ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,95 kPa.m²/g ile DÖÇ1 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıdın patlama indisi değerlerinin doğrusal olmayan bir şekilde etkilendiği görülmüştür. Maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. Pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde ise kolin klorür mol oranının artmasıyla kağıdın patlama indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (P<0,05).

Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek patlama indisi miktarı değeri 3,86 kPa.m²/g ile K1 pişirmesinde en düşük patlama indisi miktarı değeri 3,33 kPa.m²/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.

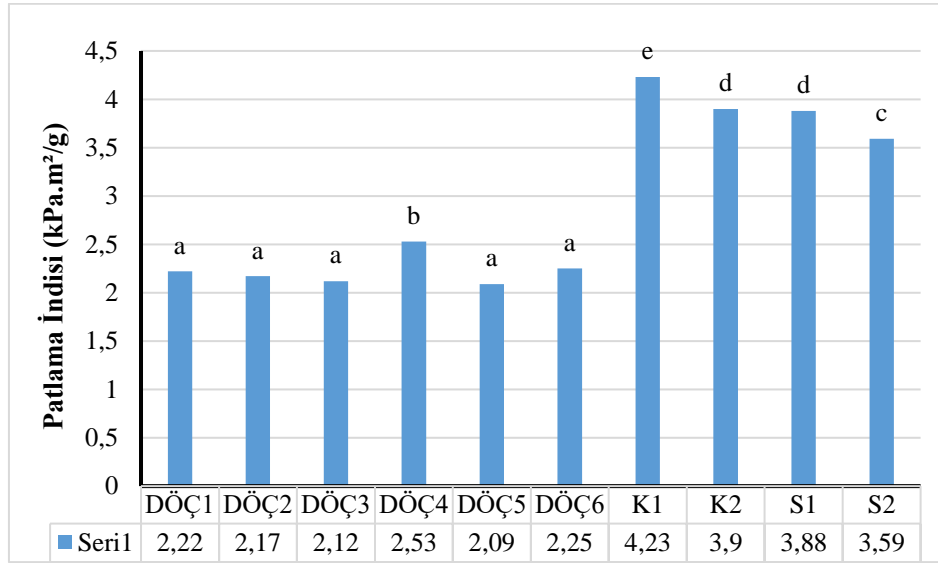


Şekil 4.21: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DES pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük patlama indisi değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek patlama indisi 2,53 kPa.m²/g ile DÖÇ4 pişirmesinde, en düşük değer ise 2,09 kPa.m²/g ile DÖÇ5 pişirmesinde elde edilmiştir. DES pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın patlama indisi değerlerinin DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3’de istatistiki olarak anlamsız derecede azaldığı görülmüştür (P>0,05). DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ 6’da ise kolin klorür mol oranının artmasının kağıdın patlama indisini istatistiki olarak anlamlı derecede azalttığı görülmüştür (P<0,05). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek patlama indisi değeri 4,23 kPa.m²/g ile K1 pişirmesinde en düşük patlama indisi değeri 3,59 kPa.m²/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla kağıtların patlama indisi değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap vermediği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın patlama indisi değeri 1,0 kPa.m²/g’den kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 1,95 kPa.m²/g’a (%95 artış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 2,22 kPa.m²/g’a (%122 artış) yükseldiği tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın patlama indisi 1,62 kPa.m²/g’dan, kağıt

hamurunun 25 °SR'e kadar dövülmesi ile 3,86 kPa.m²/g'a (%138,27 artış) , kağıt hamurunun 35 °SR'e kadar dövülmesi ile ise 4,23 kPa.m²/g'a (%185,70 artış) yükseldiği belirlenmiştir.



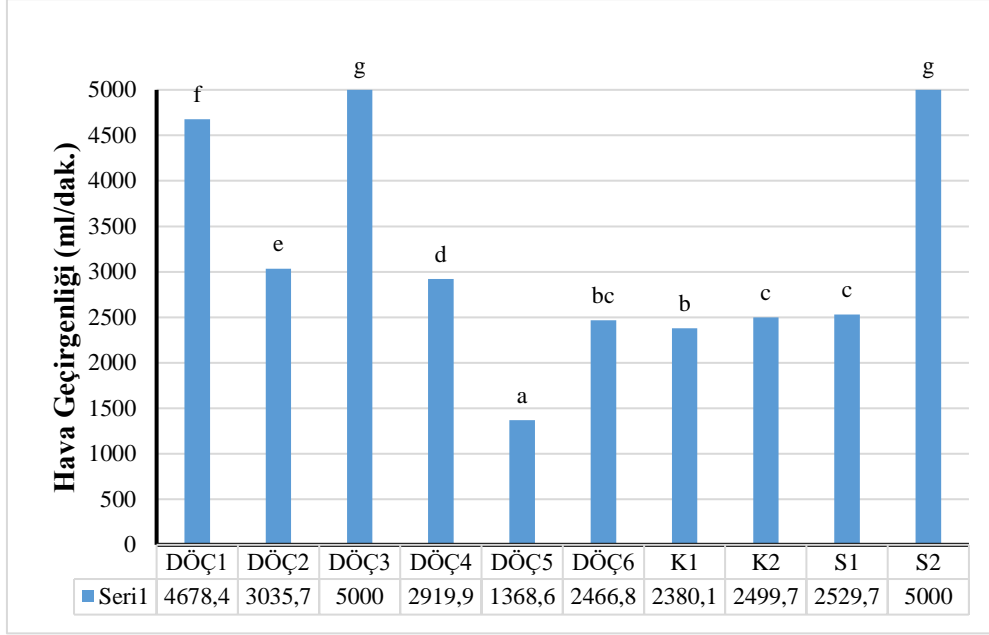
Şekil 4.22: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.6 Hava Geçirgenliği

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının hava geçirgenliği değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.23-4.25'de verilmiştir.

Şekil 4.23'de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer hava geçirgenliği değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hava geçirgenliği miktarı 5000 ml/dak. ile DÖÇ3 pişirmesinde, en düşük değer ise 1368,6 ml/dak. ile DÖÇ5 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın hava geçirgenliği değerlerinin doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05).

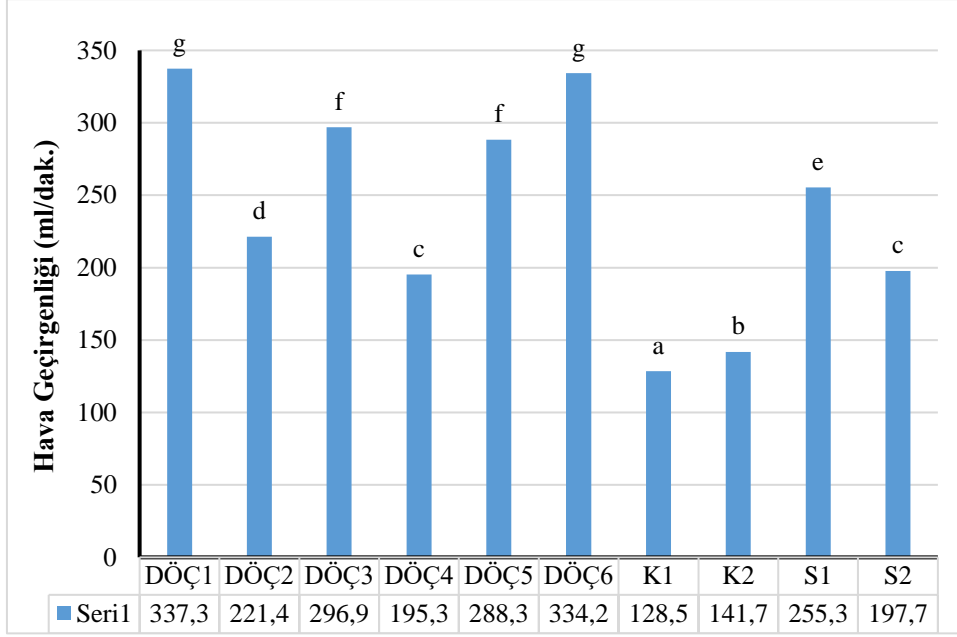
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hava geçirgenliği miktarı değeri 5000 ml/dak. ile S2 pişirmesinde en düşük hava geçirgenliği miktarı değeri 2380,1 ml/dak ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.23: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.24’de görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer hava geçirgenliği değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hava geçirgenliği miktarı 337,3 ml/dak. ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise 195,3 ml/dak. ile DÖÇ4 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile maksimum pişirme sıcaklığında 80 dak. pişirilen DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3 pişirmelerinde kağıdın hava geçirgenliği miktarını doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür ($P<0,05$). Maksimum pişirme sıcaklığında 100 dak. pişirilen DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6 pişirmelerinde kağıdın hava geçirgenliği miktarı artan kolin klorür oranı ile doğrusal bir şekilde arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

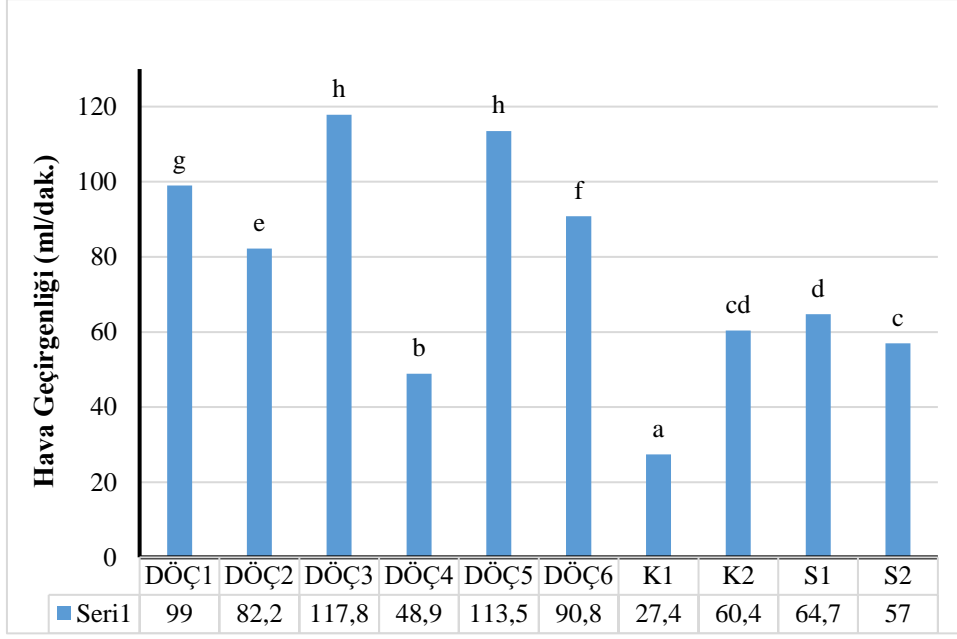
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hava geçirgenliği miktarı değeri 255,3 ml/dak. ile S1 pişirmesinde, en düşük hava geçirgenliği miktarı değeri 128,5 ml/dak. ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.24: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.25’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek hava geçirgenliği değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hava geçirgenliği 117,8 ml/dak ile DÖÇ3 pişirmesinde, en düşük değer ise 48,9 ml/dak ile DÖÇ4 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın hava geçirgenliği değerlerinin homojen olmayan şekilde etkilendiği görülmüştür ($P < 0,05$). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hava geçirgenliği değeri 64,7 ml/dak ile S1 pişirmesinde en düşük hava geçirgenliği değeri 27,4 ml/dak ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla kağıtların hava geçirgenliği değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine benzer cevap verdiği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın hava geçirgenliği değeri 4678,4 ml/dak.’dan kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 337,3 ml/dak’ya (%92,80 azalış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 99 ml/dak’ya (%97,88 azalış) azaldığı tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın hava geçirgenliği 2380,1 ml/dak’dan, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 128,5 ml/dak’ya (%94,60 azalış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 27,4 ml/dak’ya (%98,85 azalış) azaldığı görülmüştür.



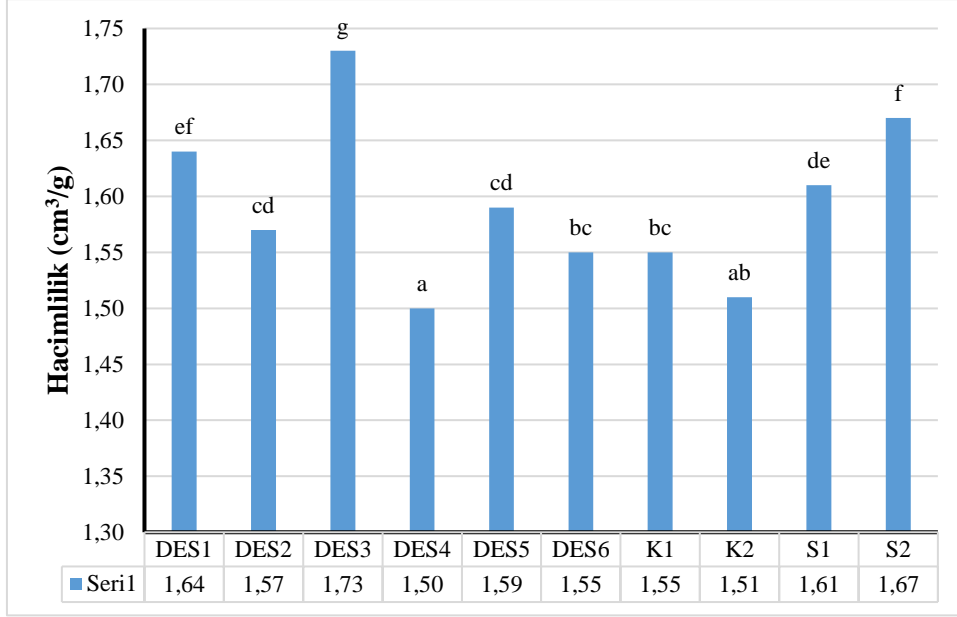
Şekil 4.25: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.4.7 Hacimlilik

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının hacimlilik değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.26-4.28’de verilmiştir.

Şekil 4.26’de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer hacimlilik değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hacimlilik miktarı 1,73 cm³/g ile DÖÇ3 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,51 cm³/g ile DÖÇ4 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın hacimlilik değerlerinin doğrusal olmayan bir şekilde etkilendiği görülmüştür (P<0,05).

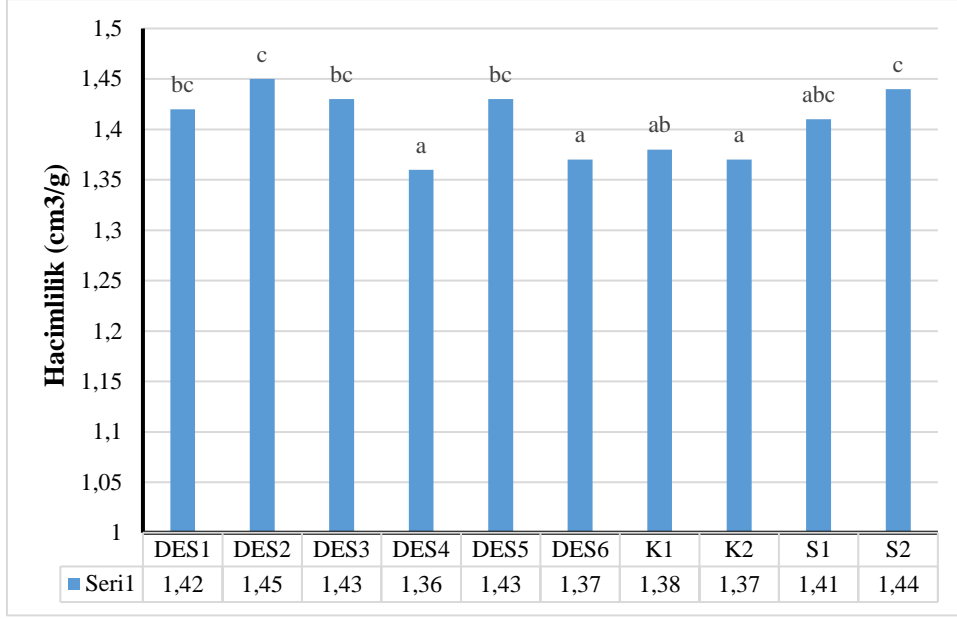
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hacimlilik değeri 1,67 cm³/g ile S2 pişirmesinde en düşük hacimlilik değeri 1,51 cm³/g ile K2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.26: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer hacimlilik değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hacimlilik miktarı 1,45 cm³/g ile DÖÇ2 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,36 cm³/g ile DÖÇ4 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın hacimlilik değerlerini doğrusal olmayan bir şekilde etkilediği görülmüştür (P<0,05).

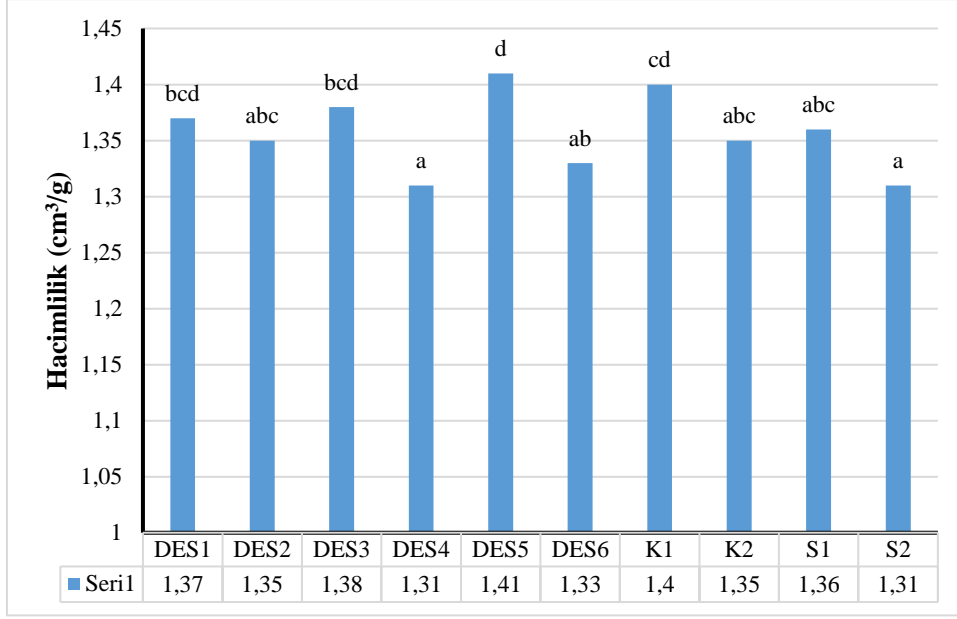
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hacimlilik miktarı değeri 1,44 cm³/g ile S2 pişirmesinde, en düşük hacimlilik miktarı değeri 1,37 cm³/g ile K2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.27: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.28’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere benzer hacimlilik değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek hacimlilik 1,41 cm³/g ile DÖÇ5 pişirmesinde, en düşük değer ise 1,31 cm³/g ile DÖÇ4 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kâğıdın hacimlilik değerlerinin DÖÇ1, DÖÇ2 ve DÖÇ3’de değişmediği (P>0,05), DÖÇ4, DÖÇ5 ve DÖÇ6’da ise doğrusal olmayan bir şekilde etkilendiği görülmüştür (P<0,05). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek hacimlilik değeri 1,40 cm³/g ile K1 pişirmesinde en düşük hacimlilik değeri 1,31 cm³/g ile S2 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kâğıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla kağıtların hacimlilik değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap verdiği görülmüştür. Örneğin, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın hacimlilik değerinin 1,64 cm³/g’den kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 1,42 cm³/g’a (%13,41 azalış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 1,37 cm³/g’a (%16,46 azalış) azaldığı tespit edilmiştir. Ancak, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın hacimlilik değerinin 1,55 cm³/g’den kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile 1,38 cm³/g’a (%10,97 azalış), kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise 1,40 cm³/g’a (%9,68 azalış) azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.28: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.5 Kağıtların Optik Özellikleri

DÖÇ, soda ve Kraft kağıt hamurlarının dövülmemiş (Tablo 4.8), 25 °SR'e dövülmüş (Tablo 4.9) ve 35 °SR'e dövülmüş (Tablo 4.10) liflerinden elde edilen kağıtların optik özellikleri tespit edilmiştir.

Tablo 4.8: Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların optik özellikleri.

	DÖÇ1	DÖÇ2	DÖÇ3	DÖÇ4	DÖÇ5	DÖÇ6	K1	K2	S1	S2
Parlaklık (%)	11,23	10,22	9,95	9,73	9,51	8,71	23,02	21,76	24,46	24,24
Opaklık (%)	99,97	99,97	99,95	99,98	99,96	99,98	99,21	99,36	99,56	99,37

Tablo 4.9: 25 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların optik özellikleri.

	DÖÇ1	DÖÇ2	DÖÇ3	DÖÇ4	DÖÇ5	DÖÇ6	K1	K2	S1	S2
Parlaklık (%)	11,29	10,11	10,23	9,72	9,48	8,80	20,73	19,77	22,84	22,85
Opaklık (%)	99,99	99,95	99,91	99,94	99,96	99,96	98,44	98,66	99,45	99,13

Tablo 4.10: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kâğıtların optik özellikleri.

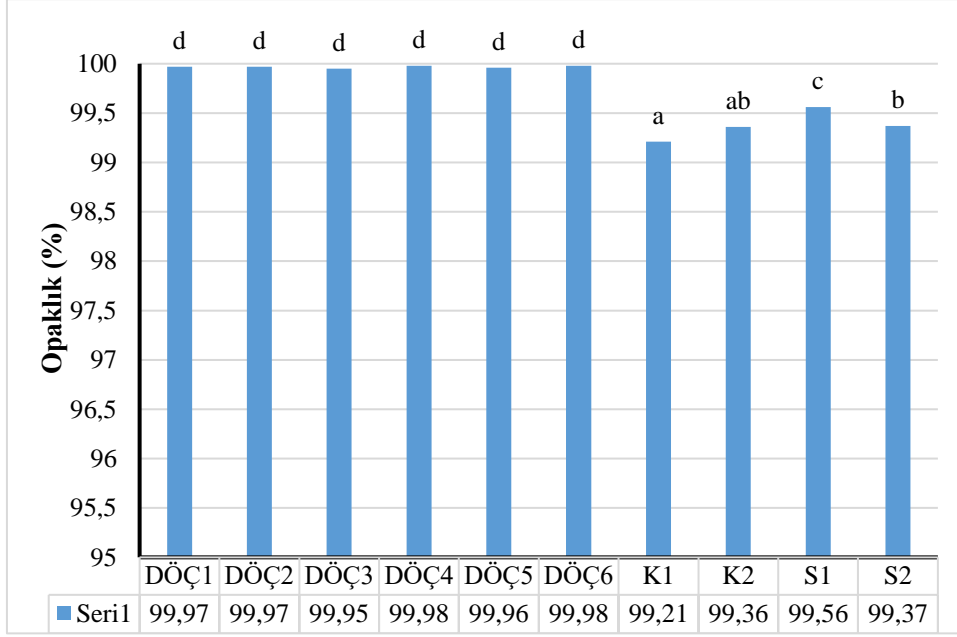
	DÖÇ1	DÖÇ2	DÖÇ3	DÖÇ4	DÖÇ5	DÖÇ6	K1	K2	S1	S2
Parlaklık (%)	11,04	10,16	10,03	9,33	9,68	8,64	19,16	19,20	21,61	21,84
Opaklık (%)	99,90	99,92	99,96	99,88	99,70	99,93	97,64	98,25	99,18	98,67

4.5.1 Opaklık

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının opaklık değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.29-4.31’de verilmiştir.

Şekil 4.29’da görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek opaklık değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek opaklık miktarı %99,98 ile DÖÇ4 ve DÖÇ6 pişirmelerinde, en düşük değer ise %99,95 ile DÖÇ3 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın opaklık değerlerinin istatistiki olarak anlamlı olmayan bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir ($P>0,05$).

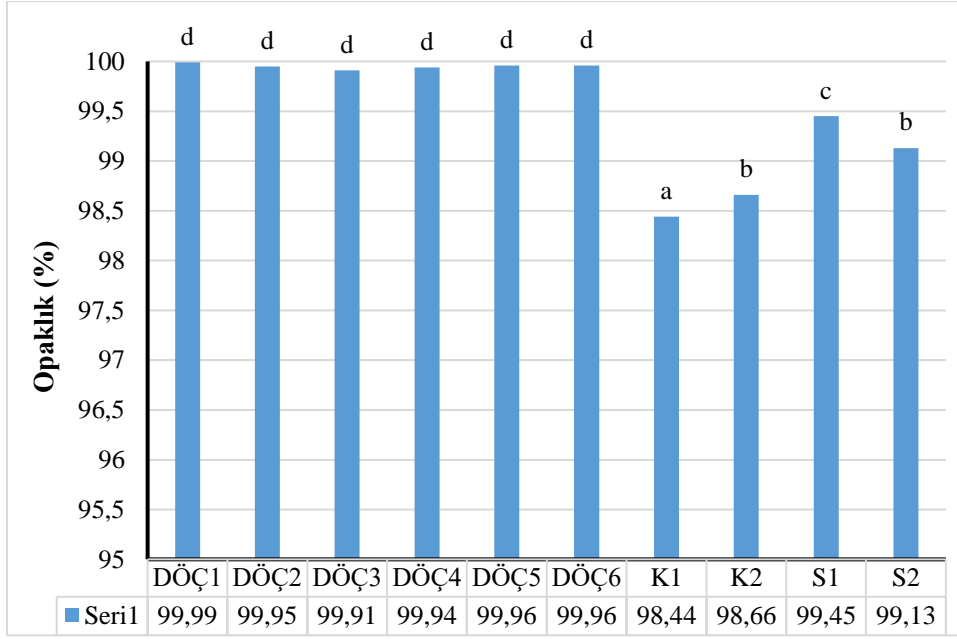
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek opaklık miktarı değeri %99,56 ile S1 pişirmesinde en düşük opaklık miktarı değeri %99,21 ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.29: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.30'da görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek opaklık değerleri tespit edilmiştir. DES pişirmeleri içerisinde en yüksek opaklık değeri %99,99 ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise %99,91 ile DÖÇ3 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın opaklık değerlerinin istatistiki olarak anlamlı olmayan bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir ($P>0,05$).

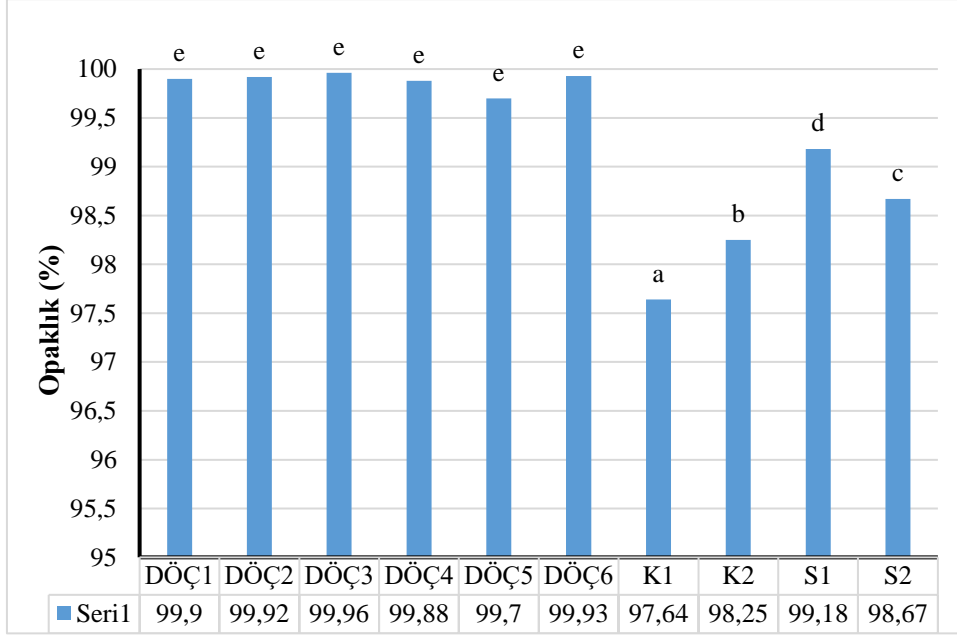
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek opaklık miktarı değeri %99,45 ile S1 pişirmesinde, en düşük opaklık miktarı değeri %98,44 ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.30: 25 SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.31’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha yüksek opaklık değerleri tespit edilmiştir. DES pişirmeleri içerisinde en yüksek opaklık %99,99 ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise %99,92 ile DÖÇ2 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın opaklık değerlerinin stabil kaldığı görülmüştür ($P>0,05$). Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek opaklık değeri %99,18 ile S1 pişirmesinde, en düşük opaklık değeri %97,64 ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.

DÖÇ kağıt hamurlarının geleneksel yöntemlerle elde edilen kağıt hamurlarına oranla kağıtların opaklık değerlerindeki değişime bakarak dövme işlemine daha iyi cevap veremediği, hatta DÖÇ kağıtların opaklıklarının dövme işleminden etkilenmediği görülmüştür.



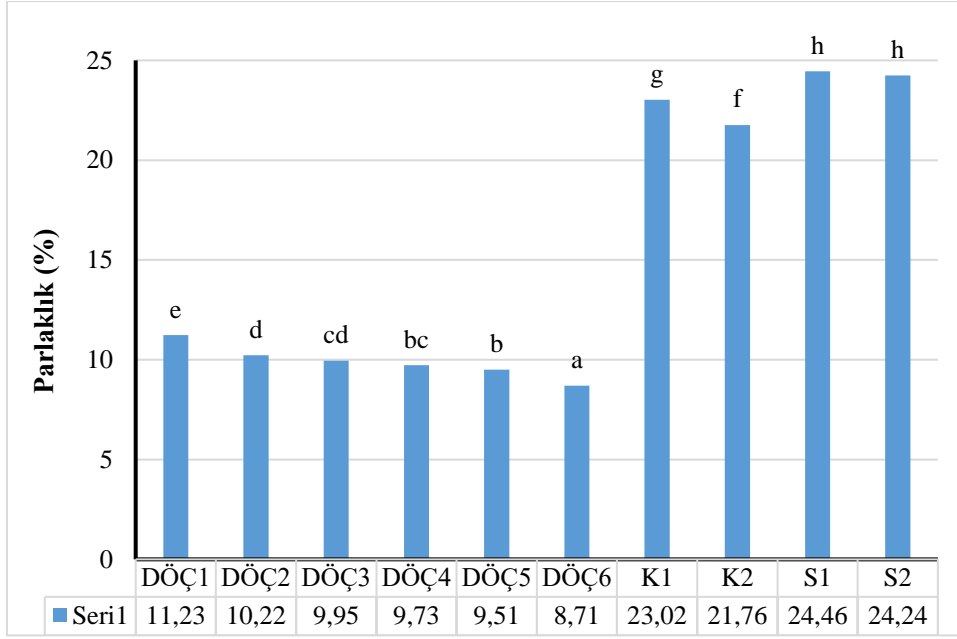
Şekil 4.31: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

4.5.2 Parlaklık

DÖÇ ve geleneksel pişirme yöntemleri ile elde edilen dövülmüş (25 °SR ve 35 °SR) ve dövülmemiş kağıt hamurlarının deneme kağıtlarının parlaklık değerleri üzerine pişirme yöntem ve koşullarının etkileri Şekil 4.32-4.34’de verilmiştir.

Şekil 4.32’de görüldüğü gibi dövülmemiş kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük parlaklık değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek parlaklık miktarı %11,23 ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise %8,71 ile DÖÇ6 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın parlaklık değerlerinin azaldığı görülmüştür ($P < 0,05$).

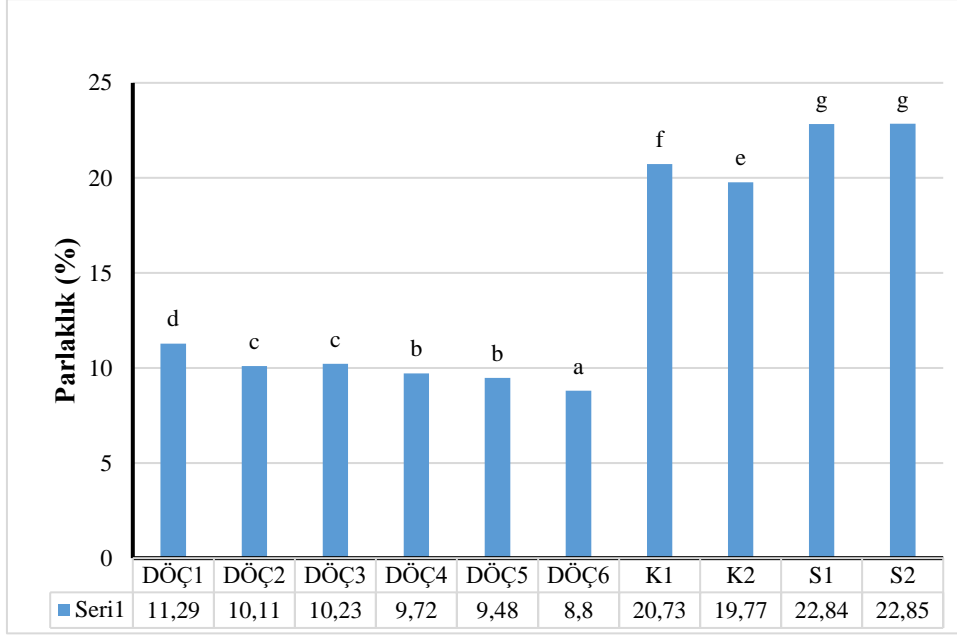
Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek parlaklık miktarı değeri %24,46 ile S1 pişirmesinde en düşük parlaklık miktarı değeri %21,76 ile K2 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.32: Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.33’de görüldüğü gibi 25 °SR kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük parlaklık değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek parlaklık miktarı %11,29 ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise %8,8 ile DÖÇ6 pişirmelerinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın parlaklık değerlerinin azaldığı görülmüştür ($P<0,05$).

Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek parlaklık miktarı değeri %22,85 ile S2 pişirmesinde, en düşük parlaklık miktarı değeri %19,77 ile K2 pişirmesinde elde edilmiştir.

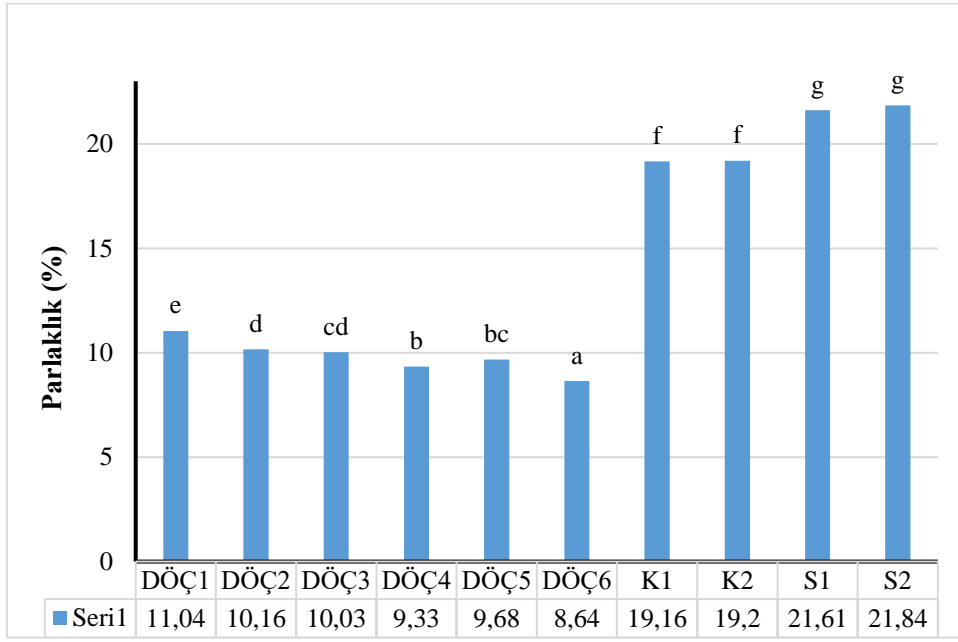


Şekil 4.33: 25 SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

Şekil 4.34’de görüldüğü gibi 35 °SR’e kadar dövülen kağıt hamurlarında DÖÇ pişirmelerinden elde edilen örneklerde geleneksel yöntemlerle elde edilen örneklere göre daha düşük parlaklık değerleri tespit edilmiştir. DÖÇ pişirmeleri içerisinde en yüksek parlaklık %11,04 ile DÖÇ1 pişirmesinde, en düşük değer ise %8,64 ile DÖÇ6 pişirmesinde elde edilmiştir. DÖÇ pişirme koşullarında kullanılan kolin klorür mol oranının artırılması ile kağıdın parlaklık değerlerinin azaldığı görülmüştür ($P<0,05$). Geleneksel yöntemlerle üretilen kağıt hamurlarının parlaklıklarının dövme işlemi ile beklendiği gibi azaldığı görülmüştür. Ancak, DÖÇ kağıt hamurlarının parlaklıklarının dövme işlemine neredeyse hiç cevap vermediği görülmüştür.

Örneğin, K1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın parlaklığı %23,02’den, kağıt hamurunun 25 °SR’e kadar dövülmesi ile %20,73’e, kağıt hamurunun 35 °SR’e kadar dövülmesi ile ise %19,16’ya düştüğü görülmüştür. Buna karşın, DÖÇ1 pişirmesinde dövülmemiş kağıt hamurundan elde edilen kağıdın parlaklık değerinin %11,23, 25 °SR liflerden elde edilen kağıtların parlaklığının %11,29, 35 °SR liflerden elde edilen kağıtların parlaklığının ise %11,04 olduğu tespit edilmiştir.

Geleneksel yöntemlerde ise en yüksek parlaklık değeri %21,84 ile S2 pişirmesinde en düşük parlaklık değeri %19,16 ile K1 pişirmesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.34: 35 °SR kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine pişirme yöntemlerinin etkisi.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Derin ötektik çözücüler (DÖÇ) çevreye dost ve lignoselülozik maddeleri çözebilen kimyasallardır. Bu çalışmada, karakavak (*Populus nigra* L.) yongalarından DÖÇ kullanılarak kağıt hamuru üretim olanakları araştırılmıştır. Kağıt hamuru ve kağıt özelliklerini karşılaştırmak için, geleneksel kağıt hamuru üretim yöntemlerinden soda ve Kraft yöntemleri ile de kağıt hamuru üretilmiştir. DÖÇ kullanılarak kağıt hamuru üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

DÖÇ pişirmelerinden elde edilen kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinin (DÖÇ5 (5K:10EG, 190 °C pişirme sıcaklığı) ve DÖÇ6 (6K:10EG, 190 °C pişirme sıcaklığı) pişirmeleri hariç), elek artıklarının, toplam verimlerinin ve viskozitelerinin soda ve Kraft pişirmelerinden elde edilenlerle karşılaştırılabilir değerlerde olduğu görülmüştür. DÖÇ kağıt hamurlarının çeşitli solventlerle yıkanması ile elenmiş verim ve toplam verimlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu azalmaya karşın DÖÇ1 (4K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) ve DÖÇ3 (6K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmelerine ait yıkama sonrası kağıt hamuru toplam verimlerinin geleneksel yöntem kağıt hamurlarınınkinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Kağıt hamuru elenmiş verimleri açısından DÖÇ4 (4K:10EG, 190 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin, toplam verimleri açısından DÖÇ3 (6K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin, kappa numarası açısından DÖÇ2 (5K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) ve viskozite açısından DÖÇ6 (6K:10EG, 190 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin en iyi sonuç veren DÖÇ pişirmesi olduğu tespit edilmiştir.

DÖÇ kağıt hamurlarının dövülmesi esnasında 25 °SR ve 35 °SR serbestlik derecelerine soda ve Kraft kağıt hamurlarına göre daha kısa sürede ulaştıkları, yani dövmeye daha hızlı cevap verdikleri görülmüştür. Bu kağıdın dövülmesi esnasında hem zamandan hem de enerji tüketiminden tasarruf sağlanması anlamına gelmektedir.

Dövülmemiş DÖÇ kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların uzama, TEA, patlama indisi hariç diğer sağlamlık değerlerinin soda ve Kraft kağıt hamurlarından elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtlarda yırtılma indisi açısından DÖÇ1 (4K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı), diğer tüm kağıt sağlamlık

değerleri açısından DÖÇ2 (5K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin en iyi sonuç veren DÖÇ pişirmesi olduğu tespit edilmiştir.

25 °SR'e kadar dövülen DÖÇ kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların tüm sağlamlık değerlerinin soda ve Kraft kağıt hamurlarından elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmüştür. 25 °SR liflerden elde edilen kağıtlarda kopma indisi açısından DÖÇ3 (6K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin, diğer kağıt sağlamlık özellikleri açısından DÖÇ1 (4K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin en iyi sonuç veren DÖÇ pişirmesi olduğu sonucuna varılmıştır.

35 °SR'e kadar dövülen DÖÇ kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların tüm sağlamlık değerlerinin soda ve Kraft kağıt hamurlarından elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmüştür. 35 °SR liflerden elde edilen kağıtlarda kopma indisi, TEA, patlama indisi açısından DÖÇ3 (6K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin, uzama değerleri açısından DÖÇ4, yırtılma indisi değerleri açısından DÖÇ1 (4K:10EG, 180 °C pişirme sıcaklığı) pişirmesinin en iyi sonuç veren DÖÇ pişirmesi olduğu tespit edilmiştir.

Dövülmemiş ve 25°SR'e ve 35 °SR'e dövülmüş DÖÇ kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hacimlilik ve hava geçirgenliği değerlerinin soda ve Kraft kağıt hamurlarından elde edilenlere benzer değerler taşıdığı, opaklık değerlerinin daha yüksek, parlaklık değerlerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, DÖÇ kullanılarak karakavak yongalarından kağıt hamuru ve kağıt üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. DÖÇ ile elde edilen kağıt hamurlarının ve kağıtlarının bazı özelliklerinin soda ve Kraft yöntemi ile elde edilenlerle karşılaştırılabilir seviyede olduğu tespit edilmiştir. DÖÇ'lerin çevreye dost ve zehirli olmayan, doğal, organik, geri dönüştürülebilir ve biyo-bozunur özelliklere sahip yeşil kimyasallardır. DÖÇ'ler lignini ve hemiselülozları çözme yeteneğine sahiptir. Bu yüzden, DÖÇ'ler gelecekte gerek kağıt hamuru üretim endüstrisinde, gerekse katma değeri yüksek (value-added) ürünlerin elde edilmesinde önemli bir kullanım potansiyeline sahip çözücülerdir. Pişirme sonrası elde edilen DÖÇ siyah çözeltisindeki lignin, ksilan veya ekstraktif maddeler gibi değerli maddelerin çözeltiden ayrıştırılarak karakterize edilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ile ilgili çalışmalar yürütülebilir.

KAYNAKLAR

- Abbott, A.P., Glen, C., Davies, D.L., Rasheeda, R.K. ve Tambryrajaha, V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chemical Communications*, 1: 70-71.
- Abbott, A.P., Boothby, D., Capper, G., Davies, D.L. ve Rasheed, R.K. (2004). Deep eutectic solvents formed between choline chloride and carboxylic acids: versatile alternatives to ionic liquids. *Journal of the American Chemical Society*, 126 (29): 9142-9147.
- Abbott, A. (2010). *Deep Eutectic Solvents*. In: Leuven Summer School on Ionic Liquids.
- Abbott, A.P., Ahmed, E.I., Harris, R.C. ve Ryder, K.S. (2014). Evaluating water miscible deep eutectic solvents (DESs) and ionic liquids as potential lubricants. *Green Chemistry*, 16 (9): 4156–4161.
- Abougor, H. (2014) Utilization of Deep Eutectic Solvent as a Pretreatment Option for Lignocellulosic Biomass. PhD Thesis, Tennessee Technological University.
- Alkan, Ç. (2004). Türkiye'nin Önemli Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaç Odunlarının Migrografik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 126 s.
- Anon, (1994). *Türkiyede Kavakçılık Poplar Cultivation in Turkey*. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, İzmit.
- Anon, (1999). *Outlines for National Reports on Activities Related to Poplar and Willow Cultivation Exploitation and Utilization*. National Poplar Commission of Turkey period: 1996- 1999.
- Aribert, M. (1954). *La Fabrication du Papier et des Pâtes à Papier*, EFP, Grenoble, 34 pp.
- Bozkurt, Y. (1992). *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, Yayın No: 3652/415.
- De Dios, S.L.G. (2013). Phase Equilibria for Extraction Processes with Designer Solvents. PhD Thesis, University of Santiago, De Compostela, 139 p.
- EUFORGEN. (2009). Distributions Map, http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/Distribution_Maps 2007
- Francis, R.C., Hanna, R.B., Shin, S.J., Brown, A.F. ve Riemenschneider, D.E. (2006). Papermaking characteristics of three Populus clones grown in the north-central United States. *Biomass and Bioenergy*, 30(8-9): 803-808.
- Francisco, M., van den Bruinhorst, A. ve Kroon, M.C. (2012). New natural and renewable low transition temperature mixtures (LTTMs): screening as solvents for

- lignocellulosic biomass processing. *Green Chemistry*, 14: 2153-2157.
- Gulsoy, S.K. ve Tufek, S. (2013). Effect of chip mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on kraft pulp and paper properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52: 2304-2308.
- Hayyan, M., Hashim, M.A., Hayyan, A., Al-Saadi, M.A., AlNashef, I.M., Mirghani, M.E.S. ve Saheed, O.K. (2013). Are deep eutectic solvents benign or toxic. *Chemosphere*, 90: 2193-2195.
- Hosseinzade, J., Abdolkhani, A., Emaminasab, M., Khodabandehloo, H. ve Ahmadi M. (2016). Investigation the properties of paper made from tension and normal wood of *Populus nigra*. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30 (4): 653-661.
- İstek, A. ve Özkan, İ. (2008). Effect of sodium borohydride on *Populus tremula* L. kraft pulping. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (2): 131-136.
- Jablonský, M., Škulcová, A., Kamenská, L., Vrška, M. ve Šima, J. (2015). Deep eutectic solvents: Fractionation of wheat straw. *BioResources*, 10 (4): 8039-8047.
- Kar, S. (2005). Türkiye'de Yetişen Melez Kavak, Karakavak ve Titrek Kavak Odunlarının Mikrografik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 47 s.
- Kumar, A.K., Parikh, B.S. ve Pravakar, M. (2016). Natural deep eutectic solvent mediated pretreatment of rice straw: bioanalytical characterization of lignin extract and enzymatic hydrolysis of pretreated biomass residue. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (10): 9265-9275.
- Küçükosmanoğlu, F. (2009). Türkiye'deki Bazı Karakavak (*Populus nigra* L.) Klonlarının Morfolojik Çeşitliliği Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 109 s.
- Majova, V., Strizincova, P., Jablonsky, M., Skulcova, A., Vrska, M. ve Romero, A.M. (2017a). Deep eutectic solvents: Delignification of wheat straw. *World Sustainable Energy Days 2017*.
- Majova, V., Jablonsky, M., Strizincova, P., Skulcova, A. ve Vrska, M. (2017b). Replacement of oxygen delignification by use of deep eutectic solvents. *FP1306 COST Action Third Workshop*.
- Mansfield, S.D. ve Weineisen, H. (2007). Wood fiber quality and kraft pulping efficiencies of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx) clones. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 27(3-4): 135-151.
- Pakkanen, H., Alén, R., Lahti, K. ve Vartiainen, T. (2014). Behaviour of aspen (*Populus tremula* L.) during kraft pulping. *University of Jyväskylä*, 1-6.

- Patt, R., Kordsachia, O. ve Fehr, J. (2006). European hardwoods versus *Eucalyptus globulus* as a raw material for pulping. *Wood Science and Technology*, 40 (1): 39–48.
- Procentese, A., Johnson, E., Orr, V., Campanile, A.G., Wood, J.A., Marzocchella, A. ve Rehmann, L. (2015). Deep eutectic solvent pretreatment and subsequent saccharification of corncob. *Bioresources Technology*, 192: 31-36.
- Rowell, R.M. (2005). *Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press, USA.
- Rydholm, S.A. (1965). *Pulping Processes*. First edition, Interscience Publishers.
- Škulcová, A. (2015). Pretreatment of wheat straw using deep eutectic solvents and ultrasound. *EFPRO – CEPI 4th Early Stage Researchers Workshop* 17-19 November 2015, Finland.
- Sarıbaş, M. (1989). Türkiye'nin Euro-Siberin (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (Dış Morfolojik, İç Morfolojik ve Polinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:148, İzmit, s.1–158.
- Sarıbaş, M. (1995). Türkiye'de doğal olarak yetişen kavakların yayılışları üzerinde araştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü Araştırma Dergisi*, 1995/1(22): 1-24.
- Semen, E., Kuo, M., Su, Y.C., Hall, R.B. ve Stokke, D.D. (2001). Physical properties of kraft pulp from four-year-old aspen hybrids and crosses. *Wood and Fiber Science*, 33 (1): 140-147.
- Solár, R., Gajdoš, E., Kačíková, D. ve Kačík, F. (2000). A preliminary study on low and medium temperature uncatalyzed and acid catalyzed organosolv pulping of poplar wood (*Populus tremula* L.) I. Low temperature pulping. *Cellulose Chemistry and Technology*, 34 (3-4): 317-329.
- Toplu, F. ve Küçükosmanoğlu, F. (2003). Karakavak *Populus nigra* L.' nin Türkiye'de Tespit Edilen iki Doğal Yayılışı. *Kavakçılık Araştırma Dergisi*, No:29 Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit.
- URL-1 (2019). <https://ormuh.org.tr/uploads/docs/GYMNOSPERMAE%20Bolum%20%28I%29.pdf>
- URL-2 (2015) http://etm.entechnon.kit.edu/downloads/Bioniqs_Ltd.pdf
- URL-3 (2015). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Choline_chloride.png
- URL-4 (2015). <https://www.koofers.com/flashcards/chem-ch-8-compounds/review>
- Wei, L. ve Fan, Y. (2011). Progress of deep eutectic solvents and their applications. *Huaxue Tongbao*, 74: 333-339.

- Winkler, A. ve Patt, R. (1988). Herstellung von Zellstoffen aus vier verschiedenen Holzarten nach dem ASAM-Verfahren. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 46(9): 341–345.
- Wise, L.E. ve Jahn, E.C. (1952). *Wood Chemistry*. 2nd Edition, Vol 1-2, Reinhold Publication Co. New York, U.S.A.
- Yalçın, F. ve Browicz, G. (1982). *Flora of Turkey*, Volume Seven Edited by P. H. Davies. Edinburgh University Press.
- Yi, C.L., Quinlan, A.T., Yusup, S., Sasaki, M., Uemura, Y. ve Kida, T. (2016). Characterization of natural low transition temperature mixtures (LTTMs) Green solvents for biomass delignification. *Bioresour Tehhnology*, 119: 258-264.
- Xu, G.C., Ding, J.C., Han, R.Z., Dong, J.J. ve Ni, Y. (2016). Enhancing cellulose accessibility of corn stover by deep eutectic solvent pretreatment for butanol fermentation. *Bioresources Technology*, 203: 364-369.
- Zhao, H., Zhang, C. ve Tanisha D.C. (2013). Choline-based deep eutectic solvents for enzymatic preparation of biodiesel from soybean oil. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 85-86: 243-247.

BİBLİYOGRAFYA

Eroğlu H. (1990). Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. K.T.Ü. Orman Fakóltesi, 593 s.

Eroğlu, H., Usta, M., (2004). Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders Kitabı Cilt I, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Bozkurt, A. Yılmaz (1992). Odun Anatomisi . İstanbul Üniversitesi Orman fakóltesi ,257-258 s.

Kırcı, H. (2000). Kâğıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakóltesi, Ders Notları Yayın No:63, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ülkü Burcu GİTTİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Zonguldak / 08.11.1994

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller :
Bilimsel Faaliyet/Yayımlar :
Aldığı Ödüller :

İş Deneyimi

Stajlar :
Projeler ve Kurs Belgeleri :
Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi : Burcu.6767@hotmail.com

Tarih : 01/08/2019 (Tez Savunma Tarihi)