



## Kahramanmaraş Koşullarında Yetişen Trabzon Hurma Ağacı (*Diospyros kaki*)’nin Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi

Ahmet TUTUŞ<sup>1</sup>, Mustafa ÇİÇEKLER<sup>1,\*</sup>, Ferhat ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Ufuk YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

\*İletişim yazarı: mcicekler@ksu.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ekolojik koşullarında yetişen Trabzon Hurması bitkisinin (*Diospyros kaki*) kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilebilme olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla, *Diospyros kaki*'nin lif morfolojisi belirlenmiş ve ortalama lif uzunluğu 1100.02 µm, lif genişliği 26.20 µm, lümen genişliği 14.23 µm ve lif çeper kalınlığı 5.99 µm olarak tespit edilmiştir. Kağıt hamurunun kalitesine etki eden parametreler elde edilen lif boyutlarına dayanılarak hesaplanmıştır. Bu parametrelerden Elastiklik katsayısı 54.30, Keçeleşme oranı 41.98, Runkel oranı 0.84 ve Rijidite katsayısı 22.85 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, *Diospyros kaki*'nin kağıt üretimine uygun olduğu göstermiş ve kağıt hamuru üretimi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, *Diospyros kaki* odunundan NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirme sonucu elde edilen kağıt hamurunun toplam verimi NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılmadan elde edilen toplam verimden % 11.16 oranında daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirme sonucu elde edilen kağıt hamurundan üretilen kağıtların parlaklık değeri, kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılmadan elde edilen kağıt hamurlarından üretilen kağıtlara göre sırasıyla %12.19, %16.25, %33.04 ve %40.60 oranında artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Diospyros kaki*, Lif Morfolojisi, Kağıt Hamuru, Kağıt Üretimi

## Evaluation of *Diospyros kaki* Grown in Kahramanmaraş in Pulp and Paper Production

### Abstract

In this study, evaluation probability of *Diospyros kaki* grown in Kahramanmaraş in pulp and paper production was investigated. For this purpose, fiber morphology of *Diospyros kaki* was determined and average fiber length, fiber width, lumina diameter, wall thickness were found to be 1100.02 µm, 26.20 µm, 14.23 µm, 5.99 µm, respectively. Parameters that affect quality of pulp were calculated based on fiber morphology. Elasticity coefficient, felting power, Runkel's proportion, and rigidity coefficient were found to be 54.30, 41.98, 0.84 and 22.85, respectively. These results showed that *Diospyros kaki* is suitable for pulp production and then pulp was produced. Test papers were produced from obtained pulp and, physical and optical properties were examined. According to obtained results, it was observed that total yield of *Diospyros kaki* pulp used NaBH<sub>4</sub> was increased about %11.16. Brightness, breaking length, burst and tear index of *Diospyros kaki* pulp used NaBH<sub>4</sub> were also increased about %12.19, %16.25, %33.04 and %40.60, respectively.

**Keywords:** *Diospyros kaki*, Fiber Morphology, Pulp, Paper Production

## **1. GİRİŞ**

20. yüzyılın ikinci yarısında özellikle dünya nüfusunun artmasıyla ve teknolojiadaki hızlı gelişmelere bağlı olarak orman ürünlerine olan talep gittikçe artmaya başlamıştır. Günümüzde kullanım alanı oldukça çeşitlenen ve çağdaş dünyanın en çok tükettiği endüstriyel ürünler arasında ilk sıralarda yer alan kağıt, icat edildiği günden bugüne uygarlığın gelişim sürecinde çok önemli bir yere sahip olmuştur (Yaman ve Gencer, 2005).

Türkiye’de 2012 verilerine göre yıllık 5.023 milyon ton kağıt tüketilmektedir. Bu tüketime karşılık ülkemizde üretilen kağıt miktarı 2.659 milyon tondur (FAOSTAT, 2014). Bu düzeydeki bir tüketimin karşılanmasında, selüloz ve kağıda olan talebin yıldan yıla arttığı düşünüldüğünde, hammadde temini bakımından bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu tür sorunların çözümünde, selüloz ve kağıt üretimine uygun lif özelliklerine sahip yerli odunsu türlerin kullanılma olanaklarının yetersiz ve sınırlı olduğu durumlarda; kağıt hamuru dışalımı ve/veya geniş plantasyonları kurulmuş hızlı gelişen yabancı (egzotik) türlerden hammadde kaynağı olarak yararlanılmaktadır.

Bir subtropik iklim bitkisi olan Trabzon Hurması (*Diospyros kaki*) ülkemizde en çok Akdeniz Bölgesi’nde yetiştirilmektedir. Kışın yapraklarını döken bir ağaç türü olduğundan daha serin bölgelerde, özellikle Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde de yetiştirilebilmektedir. Türkiye’de en fazla Trabzon Hurması üretimi Hatay, Adana, Mersin, Ordu, Artvin, Samsun, Kastamonu, Kocaeli illerinde yapılmaktadır.

Ülkemiz borlu bileşikler bakımından da oldukça zengin olup dünya bor kaynaklarının %73’ü memleketimizde bulunmaktadır. Borlu bileşiklerden sodyumborhidrür ilavesi ile üretilen kağıt hamurlarının polisakkarit bileşenlerindeki karbonil grupları hidroksil gruplarına indirger. Ayrıca, pişirme esnasında lignin ile reaksiyona girerek kinoid yapıları da indirger, böylece kondenzasyon reaksiyonlarını azaltarak delignifikasyonu hızlandırdığından işlem sıcaklığı ve pişirme süresinin daha kısa tutulmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu ve Deniz, 2007; Tutuş, 2004).

Ayrıca, sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) mükemmel bir indirgeme ajanıdır ve selüloz ve hemiselüloz yapısındaki karbonil gruplarını alkol gruplarına indirger. Bu esnada kendisi de ortama hidrojen pompalayarak sodyum borata dönüşür. Bu yüzden borhidrür reaksiyon ortamında giderek tükenen, kağıt hamurunun verimini ve delignifikasyonunu artırıcı bir katkı maddesidir.

Bu çalışma kapsamında, Trabzon Hurması odunlarının kimyasal ve morfolojik özellikleri tespit edilmiş ve Kraft-Sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) yöntemiyle kağıt hamuru pişirme deneyleri yapılarak kağıt hamuru ve kağıt üretimine uygunluğu araştırılmıştır.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada kullanılan Trabzon Hurması odun örnekleri Kahramanmaraş ilinden temin edilmiştir.

## 2.2. Yöntem

Hava kurusu hale getirilen örneklerin kimyasal analizlerde kullanılacak yeterli miktarı TAPPI T 257 om-85 standart yöntemine göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülerek 40 mesh (425 $\mu$ ) ve 60 mesh (250 $\mu$ )'lik sarsıntılı eleklerde elenmiştir. 40 mesh'lik elekten geçen ve 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapaklı cam kavanozlara konulmuş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin rutubet miktarları TAPPI T 246 om-88 standardına uygun olarak 103 $\pm$ 2oC'de kurutularak belirlenmiştir (Anonim, 1992).

Rutubeti belirlenmiş örnekler aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur:

- Holoselüloz oranı: Wise' nin klorit metodu (Wise, 1962).
- Selüloz oranı: Kurschner ve Hoffer, 1969
- Alfa selüloz oranı: TAPPI T 203 os-71 (Anonim, 1992).
- Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88 (Anonim, 1992).
- Kül oranı : TAPPI T 211 om-85 (Anonim, 1992).
- Toluen-Aseton-Etanol çözünürlük oranı : ASTM D1107 - 96(Anonim, 2007).
- Soğuk ve sıcak suda çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).
- % 1 lik NaOH ' de çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).

Diospyros kaki odunlarının morfolojik kısımlarının yapısına katılan liflerin uzunluk, lümen çapı ve lif genişliği gibi özellikleri kağıt üretimi yönünden önemlidir. Preparatların hazırlanmasında, lifleri bireysel hale getirmek için klorit maserasyon metodu kullanılmıştır. Masere edilen liflerden preparatlar hazırlanmıştır. Lif morfolojisine ait ölçümlerde Olympus BX-51 ekranlı mikroskop kullanılarak; lif uzunluğu, lümen çapı ve lif genişlikleri belirlenmiştir. Diospyros kaki lif boyutlarının ölçümü TAPPI T 232 cm-85 standardına bağlı kalınarak yapılmıştır.

Herhangi bir bitkisel materyalin kağıt üretimi için uygunluğunun belirlenmesinde liflerin selüloz içeriği ve selülozun kolay elde edilmesinin yanı sıra lif boyutları ve bu boyutlara dayanılarak hesaplanan oranlar (boyutlar arası ilişki) son derece önemlidir. Elde edilecek kağıt özelliklerini etkileyen lif boyutları ve bu boyutlar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Göksel, 1986; Tank ve vd., 1990, Yaman ve Gencer, 2005).

Keçeleşme Oranı = Lif Uzunluğu (L) / Lif Genişliği (D)

Elastiklik Katsayısı = Lumen Genişliği (d) x 100 / Lif Genişliği (D)

Rijidite Katsayısı = Lif Çeper Kalınlığı (W) x 100 / Lif Genişliği (D)

Mühlstep Oranı = Lif Çeper Alanı (D2-d2) x 100 / Lif Enine Kesit Alanı (D2)

Runkel Oranı = 2 x Lif Çeper Kalınlığı (W) / Lümen Genişliği (d)

"F" Faktörü = Lif Uzunluğu (L) x 100 / Lif Çeper Kalınlığı (W)

## Trabzon Hurması Odunlarından Kraft-NaBH4 Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Yöntemler

Pişirme işlemleri 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 bar basınca dayanıklı, dakikada 4 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosu ile sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi kesintili döner silindirik kazanda yapılmıştır. Kazana hammaddenin doldurulması ve boşaltılması el ile yapılmış olup her pişirmede tam kuru 400 gram Diospyros kaki yongası kullanılmıştır. Pişirme sıcaklığı seyri kumanda tablosundan

ayarlandıktan sonra kazan üzerindeki termometre ile de kontrol edilerek + 2 °C hassasiyetle çalışılmıştır.

Aşağıda Çizelge 1'deki pişirme şartlarında 4 adet pişirme deneyi yapılmıştır. Her pişirme sonunda elde edilen hamur 200 meshlik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmıncaya kadar yıkanmıştır. Yıkama ile kimyasal maddeler uzaklaştırıldıktan sonra laboratuvar tipi hamur disintegratöründe belli bir konsantrasyonda 10 dakika süreyle açılıp, yarık açıklığı 0.15 mm olan sarsıntılı kağıt hamuru eleğinde elenerek pişmeyen kısımlar ayrılmıştır. Elenen kısım rutubet dağılımı homojen olacak şekilde %20-25 kuru madde oranına kadar suyu uzaklaştırılıp, karıştırıldıktan sonra polietilen torbalara alınarak rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir. Daha sonra hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm-86 standart metoduna göre belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır (Anonim, 1992).

### Çizelge 1. Kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirme koşulları

Aktif Alkali oranı (%)	28
Sülfidite (%)	30
Toplam Titre Edilebilir Alkali Oranı (%)	36
NaBH <sub>4</sub> (%)	0, 0.3, 0.5, 0.7
Sıcaklık (°C)	155
Süre (Dakika)	90
Çözelti/Yonga oranı	5/1

Elek üzerinde kalan pişmemiş kısımlar ise alınıp kurutulduktan sonra tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tayin edilmiştir. Elenmiş verim ve elek artığı miktarları toplanıp tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak toplam verim tespit edilmiştir.

### Trabzon Hurması Yongalarından Elde Edilen Kağıt Hamurlarından Kağıt Üretimi ve Üretilen Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerinin Araştırılması

Diospyros kaki odunlarından elde edilen kağıt hamurları 50 ±5 SRO derecesine kadar Hollander Dövme Cihazı'nda kademeli olarak dövülmüştür. Dövülmüş hamurların, rutubetleri belirlenerek 70-75 gr/m<sup>2</sup> gramajları arasında olacak şekilde yarı otomatik Regmed RK-21 cihazında kağıt haline dönüştürülmüştür. Her bir pişirmeden elde edilen hamurlar için 10 adet test kağıdı yapılmış ve aşağıda standartlara bağlı kalınarak fiziksel ve optik özellikleri belirlenmiştir.

- Kopma Uzunluğu : H.E Messmer, Testometric 220M (Anonim, 1998)
- Yırtılma İndisi : Elmendorf Tearing Tester (Anonim, 1998)
- Patlama İndisi : B.F. Perkins & Son, Mullen Tester (Anonim, 1998)
- Parlaklık : Datacolor Elrepho (Anonim, 1998)

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### Trabzon Hurması Odununun Kimyasal Analizi ve Lif Morfolojik Özelliklerine Ait Bulgular

Bu çalışmada kullanılan Diospyros kaki'nin kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir. Holoselüloz oranı yapraklı ağaç odunundaki holoselüloz oranıyla yaklaşık olarak aynıdır. Bunun nedeni iğne yapraklı ağaç odunları ile karşılaştırıldığında yüksek hemiselüloz ve düşük lignin içeriğinin olmasıdır. Yüksek NaOH çözünürlüğü oranını, düşük molekül

ağırlığına sahip karbonhidratlar ve diğer çözümler alkali maddelerden kaynaklanmakla birlikte, *Diospyros kaki*'deki mantar çürüklük oranının fazlalığı da etkilemektedir.

**Çizelge 2.** *Diospyros kaki*'nin kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşenler	%
Holoseülüz	70.75
Selüloz	39.46
$\alpha$ -Selüloz	36.45
Lignin	29.82
Kül	0.42
Toluen-Aseton-Etanolde Çözünürlük	4.45
% 1 NaOH çözünürlüğü	13.27
Sıcak su çözünürlüğü	3.54
Soğuk su çözünürlüğü	2.08

*Diospyros kaki* için belirlenen kimyasal analiz sonuçları daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında elde edilen değerlerin literatürde tespit edilen değerlerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin ve yıllık bitkilerin kimyasal bileşimleri

Yıllık Bitki ve Odun Türleri	KİMYASAL BİLEŞENLER					ÇÖZÜNÜRLÜK				Kaynaklar
	Holoseülüz (%)	Selüloz (%)	Alfa Selüloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)	Alkol-benzen (%)	%1'lik NaOH	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	
Trabzon hurması	70.8	39.46	36.45	29.82	0.42	-	13.27	3.54	2.08	Tespit
İbrelî Ağ.	63-74	55-61	-	25-32	0.2-0.5	1-5.8	8-10	1-5	0.5-4	Kırcı, 2006
Yapraklı Ağ.	72-82	38-55	-	18-26	0.2-0.7	1-6.2	12-25	1-8	0.2-4	Kırcı, 2006
Haşhaş sapı	79.8	40.90	51.69	19.18	4.66	-	30.35	10.40	5.10	Tutuş ve ark, 2011
Pamuk sapı	75.6	45.48	39.82	18.24	2.52	6.05	30.9	14.25	11.65	Ezici, 2010
Pamuk sapı	72.2	-	41.6	19.3	2.40	6.10	42.9	17.8	16.7	Akgül, 2007
Buğday sapı	77.1	52.27	39.62	18.33	7.12	5.48	40.9	12.25	7.65	Tutuş, 2003
Çavdar sapı	74.1	51.5	44.4	15.4	3.20	9.20	39.2	13.0	10.2	Usta ve Eroğlu, 1987
Mısır sapı	64.8	45.6	35.6	17.4	7.50	9.50	47.1	14.8	-	Eroğlu ve ark., 1992
Tütün sapı	67.6	-	37.5	19.5	7.30	6.50	42.9	19.1	15.8	Tank ve ark., 1985
Göl kamışı	77.9	50.3	47.5	18.7	3.90	4.00	28.3	3.80	3.30	Kırcı, 1996
Kenaf	81.2	54.4	37.4	14.5	4.10	5.00	34.9	12.8	11.7	Doğan, 1994

*Diospyros kaki* gövdesinin temel odun dokusunu lifler oluşturmaktadır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre bu liflerin ortalama lif uzunluğu; 1.100 mm, ortalama lif genişliği; 26.20  $\mu$ m, ortalama lümen genişliği; 14.27  $\mu$ m ve ortalama lif çeper kalınlığı; 5.98  $\mu$ m olarak tespit edilmiştir. Belirlenen lif boyutları ve bu boyutlar kullanılarak yukarıda verilen eşitlikler çerçevesinde hesaplanan değerler Çizelge 4 ve Çizelge 5'de ayrı ayrı verilmiştir.

**Çizelge 4.** *Diospyros kaki*'ye ait lif boyutlar

	Ölçüm Sayısı	Ortalama
Lif Uzunluğu (mm)	100	1.100±0.152
Lif Genişliği (µm)	100	26.20±3.52
Lümen Genişliği (µm)	100	14.27±2.53
Çeper Kalınlığı (µm)	100	5.98±0.95

**Çizelge 5.** *Diospyros kaki* lif boyutları arasındaki parametreler

Parametreler	Değer
Elastiklik Katsayısı	54.30
Runkel Sınıflandırması	0.84
Keçeleşme Oranı	41.98
Rijidite	22.85
Mühlstep	70.52
F Faktörü	183.73

Çizelge 4'deki verilere göre *Diospyros kaki*'nin ortalama lif uzunluğu (1.100 mm) kağıt hamuru endüstrisinde değerlendirilen yapraklı ağaç türlerinin bir çoğu ile benzer olduğu görülmektedir. *Populus canescens* L. ve *Populus nigra* L.'nin ortalama lif uzunluğu sırasıyla 1.257 mm ve 1.208 mm, *Populus tremuloides* Michx.'da 1.320 mm, *Populus grandidentata* Michx.'da 1.330 mm, *Populus trichocarpa* Torr. & Gray,'da 1.380 mm, *Betula lenta* L.'da 1.520 mm, *Betula alleghaniensis* Britton'da 1.380 mm, *Betula papyrifera* Marsh.'da 1.350 mm, *Betula populifolia* Marsh.'da 1.260 mm'dir. Geçmişte lif uzunluğunun kağıt özelliklerini etkileyen en önemli faktör olduğu düşünülmekteydi, fakat yapılan araştırmalar özellikle lif uzunluğunun lif genişliğine oranının (keçeleşme) sadece lif uzunluğunun dikkate alınmasından daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (Panshin ve Zeeuw, 1970; Sarıbaş, 1989).

Aşağıda Çizelge 6'da bazı ağaç türlerine ait lif boyutları arasındaki parametreler verilmiştir.

**Çizelge 6.** Bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlara ait lif boyutları arasındaki parametreler

Ağaç Türü	Keçeleşme Oranı	Rijidite Oranı	Runkel Sınıf.	Elastiklik Kats.	Mühlstep Sınıf.	F Faktörü	Kaynaklar
<b>Trabzon Hurması</b>	41.98	22.85	0.84	54.30	70.52	183.73	Tespit
<b>Karaçam</b>	82.63	20.33	0.41	71.26	57.49	586.38	İstek ve ark., 2008
<b>Sahilçamı</b>	61.80	17.14	0.34	74.78	50.45	512.00	İstek ve ark., 2008
<b>Doğu Ladini</b>	-	16.70	0.54	-	-	-	Topçuoğlu, 1985
<b>Toros Karaçamı</b>	-	13.00	0.36	-	-	--	Bozkurt, 1971
<b>Toros Sediri</b>	-	-	-	-	-	410.54	Erdin, 1983
<b>Ak Söğüt</b>	49.53	16.59	0.49	66.80	55.37	298.45	Alkan ve ark., 2003
<b>Kara Kavak</b>	45.96	18.32	0.56	65.14	57.56	250.75	Alkan ve ark., 2003
<b>Doğu Çınarı</b>	53.12	32.03	1.78	35.89	87.11	165.82	Alkan ve ark., 2003

Çizelge 6 incelendiğinde, *D. kaki*'nin yapraklı ağaç türleri ile uyum içinde olduğu, iğne yapraklı ağaç türlerine göre ise direnç özelliklerini belirten keçeleşme oranı ve elastiklik katsayısı gibi parametrelerin düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise yapraklı ağaç türü olan *D. kaki*'nin iğne yapraklı türlere göre daha kısa liflere sahip olmasıdır.

Keçeleşme oranı, kağıt fiziksel özelliklerinde yırtılma mukavemeti hakkında fikir vermektedir (Göksel, 1986; Bostancı, 1987). *D. kaki*'nin keçeleşme oranı 41.98'dir. Sarıbaş (1989), *P. canadensis* ve *P. nigra*'da sırasıyla 48,72 ve 43,58 tespit etmiştir.

Elastiklik katsayısı ile kopma uzunluğu arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu, katsayısının yükseldikçe kopma uzunluğunun da arttığı ifade edilmektedir (Bostancı, 1987). *D. kaki*'nin elastiklik katsayısı 54.30'dur. Elastiklik katsayısı IV gruptur ve *D. kaki* 50-70 arasında olduğu için II. gruptadır. Bu gruba giren liflerin lümen genişliği ve çeper kalınlığı

orta değerde olduğu için, böyle lifler yarı çökme (yassılaşma) gösterebilmekte, iyi yüzey teması ve lifler arası bağlantı sağlayabilmektedir (Yaman ve Gencer, 2005).

Rijidite katsayısı ise elastiklik katsayısının tersi bir durum oluşturmaktadır. (Göksel, 1986). *D. kaki*'de bu değer 22.85'dir. Tank (1968), *Fagus orientalis* Lipsky, *Carpinus betulus* L. ve *Carpinus orientalis* Miller'de Rijidite katsayısı, sırasıyla 37, 30 ve 42 olarak tespit etmiştir. Yapılan birçok araştırma rijidite katsayısının yırtılma faktörü üzerine pozitif, katlanma mukavemeti üzerine ise negatif etki yaptığını belirtmiştir (Bozkurt, 1971; Yaman ve Gencer, 2005).

Diospyros kaki için belirlenen kimyasal analiz sonuçları daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında elde edilen değerlerin literatürde tespit edilen değerlerle uyum gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).

### Pişirme Koşullarının Toplam Hamur Verim Üzerine Etkisi

Aktif Alkali Oranı: %28, Sülfidite Oranı: %30, Toplam Titre Edilebilir Alkali Oranı %36, pişirme süresi: 90 dk ve sıcaklık: 155 oC olarak sabit tutulup NaBH<sub>4</sub> oranı: %0, 0.3, 0.5 ve 0.7 olarak arttırılarak toplam 4 adet pişirme deneyi yapılmış ve her bir deneye ait elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim yüzdeleri Çizelge 7' de verilmiştir.

**Çizelge 7.** D. kaki'den Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde elde edilen elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim değerleri

PİŞİRME KOŞULLARI								
Pişirm No	Aktif Alkali Oranı (%)	Sülfidite Oranı (%)	Sıcaklık (oC)	Süre (dk.)	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)
1	28	30	155	90	-	34.38	2.15	36.53
2	28	30	155	90	0.3	34.86	2.47	37.33
3	28	30	155	90	0.5	35.92	2.84	38.76
4	28	30	155	90	0.7	37.56	3.05	40.61

NaBH<sub>4</sub>'ün güçlü bir indirgen olması ve pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek soyulma reaksiyonunu durdurması ile elenmiş verimde ve dolayısıyla toplam verimde yaklaşık %11.16'lık bir artış meydana gelmiştir. Sonuç olarak katalizör olarak pişirme ortamına ilave edilen NaBH<sub>4</sub> karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun verimini arttırmıştır (Hafizoğlu, 1982, Tutuş, 2008).

### Pişirme Koşullarının Kağıt Fiziksel ve Optik Özellikleri Üzerine Etkisi

Bütün hamurlar 50±5 SRo derecesine kadar laboratuvar tipi hollander de dövülmüştür. 70-75 (gr/m<sup>2</sup>) gramajında kağıtlar üretilmiş ve elde edilen kağıtların bazı fiziksel ve optik özelliklerine ait sonuçlar aşağıdaki Çizelge 8'de verilmiştir.

**Çizelge 8.** D. kaki'den elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme No	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama (kPa.m <sup>2</sup> /gr)	İndisi	Yırtılma İndisi (mNm <sup>2</sup> /g)	ISO Parlaklık (%)
1	0	3069	3.42		3.30	21.90
2	0.3	3126	3.52		3.28	22.56
3	0.5	3358	3.96		3.68	23.05
4	0.7	3568	4.55		3.65	24.57

Fiziksel özelliklerden kopma uzunluğu ve patlama indisi, optik özelliklerden ise parlaklık değerinde en yüksek değerler NaBH<sub>4</sub> oranının %0.7 olduğu 4. pişirmede gözlemlenmiştir. Yırtılma indisinde ise NaBH<sub>4</sub> oranı %0.5 olan 3. Pişirme ve %0.7 olan 4. pişirmede birbirine yakın değerler çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Kraft pişirme yönteminde NaBH<sub>4</sub> kullanımının elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özelliklerinde dikkate değer bir artış meydana getirdiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 9.** Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerine ve yıllık bitkilere ait toplam verim, fiziksel ve optik özellikler

Ağaç Türü	Toplam Verimi (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /gr)	Yırtılma İndisi (mNm <sup>2</sup> /g)	ISO Parlaklık (%)	Kaynak
Trabzon Hurması	40.61	3069	3.42	3.30	21.90	Tespit
Okalıptüs	46.28	5860	3.54	5.24	27.52	Ayata, 2008
Kavak	53.29	3620	2.13	-	29.60	Gültekin, 2013
Sarıçam	47.26	7220	5.88	-	26.27	Gültekin, 2013
Kızılçam	44.12	6740	4.95	-	25.69	Gültekin, 2013
Haşhaş sapı	39.44	4600	2.46	6.02	18.03	Tutuş ve ark., 2011
Buğday Sapı	57.29	5616	3.55	4.55	31.53	Çiçekler, 2012

Çizelge 9 incelendiğinde, D. kaki'nin yapraklı ağaç türleri ile uyum içinde olduğu, iğne yapraklı ağaç türlerine göre ise kopma uzunluğu ve patlama ve yırtılma indisi değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise yapraklı ağaç türü olan D. kaki'nin iğne yapraklı türlere göre daha kısa liflere ve daha düşük keçeleşme oranına sahip olmasıdır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sülfat yönteminde pişirme ortamına belirli oranlarda ilave edilen NaBH<sub>4</sub>, karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini, fiziksel direnç özelliklerinden kopma uzunluğu ve patlama indislerini ve optik özelliklerden parlaklık değerini artırmıştır.

Ayrıca, NaBH<sub>4</sub> mükemmel bir indirgeme maddesi olduğundan dolayı selüloz ve hemiselüloz yapısındaki karbonil gruplarını alkol gruplarına indirger. Bu esnada kendisi de ortama hidrojen pompalayarak sodyum borata dönüşür. Bu yüzden borhidrür reaksiyon ortamında giderek tükenen, kağıt hamurunun verimini ve delignifikasyonunu artırıcı bir katkı maddesidir.

Trabzon Hurması yongalarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde ortama belirli oranlarda (%0.3, 0.5 ve 0.7) ilave edilen NaBH<sub>4</sub>, karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyonuna karşı koruyarak selüloz ve hemiselülozun degradasyonunu önlediği için toplam hamur verimi ve lif-lif bağ yapma özelliği artmıştır. Ayrıca, lifler daha fazla esnekleşmiş ve hamurun bireysel lif haline gelme özelliği artmıştır.

NaBH<sub>4</sub>'ün hiç kullanılmadığı kontrol örneği, %0.7 NaBH<sub>4</sub> ilaveli kraft pişirme sonucu ile karşılaştırıldığında toplam verim %11.16, optik özelliklerden ISO parlaklık %12.19 oranında artmıştır. Aynı şekilde elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel direnç özelliklerinden kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi sırasıyla %16.25, %33.04 ve %40.60 oranında artış göstermiştir.



Ülkemizde kağıt endüstrisi, odun hammaddesi yetersizliğinden dolayı bir darboğaz içerisinde. Bu nedenle, selüloz ve kağıt üretimine uygun lif özelliklerine sahip yerli odunsu türlerin kullanılma olanaklarının yetersiz ve sınırlı olduğu durumlarda; D. kaki gibi türler hammadde kaynağı olarak kullanılabilir.

Ayrıca, D. kaki'den elde edilen kısa lifli hamurlar ve bunlardan üretilen kağıtların kopma uzunluğu, patlama indisi, parlaklık vb. özellikleri yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle, Trabzon Hurması'ndan elde edilen ağartılmamış ve ağartılmış hamurlar uzun lifli hamurlara belirli oranlarda katılarak her türlü kağıt üretiminde kullanılabilir.

Sonuç olarak, geleneksel kraft yöntemine göre, Kraft-NaBH<sub>4</sub> yönteminde toplam verim %11.16 daha yüksek tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; elenmiş hamur verimi artırıcı pişirme yaklaşımları yanında elde edilen kağıt hamurlarının kimyasal ve bu hamurlardan üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerinde de olumlu etkiler meydana getirdiğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M., 2007. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Soda-Alkol, Soda-AQ, Soda-Alkol-AQ Yöntemleriyle Kağıt Hamuru Ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Düzce Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı, BAP Proje Kod No: 2005.05.03.221, Düzce.
- Alkan, Ç., Eroğlu, H., Yaman, B., 2003. Türkiye'de Bazı Odunsu Angiospermae Taksonlarının Lif Morfolojileri, ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 5 (5): 102-108.
- Anonim, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, 1997. ISO/DIS, 2470; Paper, board and pulp-measurement of blue reflection factor (ISO brightness) Beuth-Verlag, 10772, Berlin.
- Anonim, 1998. Tappi Test Methods. Tappi Pres. Atlanta.
- Anonim, 2007. ASTM D1107-96 (2007), Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood.
- Ayata, Ü., (2008). Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*)'ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bostancı, Ş., 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. K.T.Ü Orman Fak., Yay.No. 114 / 13, Trabzon, 299 s.
- Bozkurt, A.Y., 1971. Doğu Ladini (*Picea Orientalis* Link Et Carr.) İle Toros Karaçamı (*Pinus Nigra* var. *Caramanica* (Loud) Rehd.)'dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler, İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 21 (1): 70-93.
- Çiçekler, M., 2012. Anızların (Buğday Sapları) Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Doğan, H., 1994. Seka'da Kenaf Çalışmaları, Seka Dergisi, Sayı 50, 18-22.
- Erdin, N., 1983. Toros Sediri (*Cedrus libani* A.Richard) Odununun Anatomik Yapısı ve Özgül Ağırlığı Üzerine Araştırmalar, İÜ, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 33 (2): 231-290.
- Eroğlu, H., Usta, M., Kırcı, H., 1992. A Review of Oxygen Pulping Conditions of Some Non-Wood Plant Growing in Turkey, Tappi Pulping Conference, 215-22.
- Ezici, A., C., 2010. Pamuk saplarından (*Gossypium hirsutum* l.) Kraft -NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru ve kağıt üretim koşullarının belirlenmesi, K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Faostat, (2014). Birleşmiş Milletler Dünya Tarım ve Gıda Örgütü İstatistikleri internet sitesi, <http://faostat.fao.org/site/626/DesktopDefault.aspx?PageID=626#ancor:05.06.2014>.
- Göksel, E., 1986. Pamuk Saplarının Selüloz ve Kağıt Endüstrisinde Kullanım Olanakları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Derg. Seri A, 36(1): 38-54.
- Gültekin, G., (2013)., Bazı Yapraklı Ve İğne Yapraklı Ağaçların Diri ve Öz Odunlarının Kimyasal, Anatomik, Morfolojik, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Hafizoğlu ve Deniz, İ. 2007. "Odun Kimyası," KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Hafizoğlu, H., 1982, "Orman Ürünleri Kimyası", KTÜ, Orman Fakültesi, Yayın No:52, Trabzon.

## II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu

---

- İstek, A., Tutuş, A. Gülsoy, S.K., 2009. Sahil Çamı Odununun Lif Morfolojisi ve Kağıt Özellikleri Üzerine Ağaç Yaşının Etkisi, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi 12 (1): 1- 5.
- Kırcı, H., 1996. Soda-Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis* L.) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, KTÜ Araştırma Fonu, No: 95.113.002.6, Trabzon.
- Kırcı, H.,2006. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Panshin, A.J., Zeeuw, C., 1970. Textbook of Wood Technology. M.C. Graw-Hill Book Company, London.
- Sarıbaş, M., 1989. Türkiye'nin Euro-Siberien (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (Dış Morfolojik, İç Morfolojik ve Palinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enst., Tek. Bül. No. 148, İzmit, 152 s.
- Tank, T., 1968. Odun ve Lif Özelliğinin Tespitinde Küçük Örneklerin Değerlendirilmesi. İ.Ü. Orman Fak. Derg., Seri B, 18 (1): 182-198.
- Tank, T., Bostancı, Ş., Eroğlu, H., Enercan, S., 1985. Tütün Saplarının Kağıt Yapımında Değerlendirilmesi, Doğa Bilimleri Dergisi, D2, 9, 3.
- Tank, T., Göksel, E., Cengiz, M., Gürboy, B., 1990. Hızlı Gelişen Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Lif ve Kağıt Teknolojisi Yönünden İncelenmesi, İ.Ü. Orman Fak. Derg., Seri A, 40(1): 40-50.
- Topçuoğlu, M., 1985. Doğu Ladini (*Picea orientalis*) Odununun İç Morfolojisi Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 134, Ankara.
- Tutuş, A. 2004 "Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrojen Peroxide and Sodium Borohydride" Proceedings of the 2nd International Boron Symposium, Eskişehir, pp. 345-350.
- Tutuş, A., 2008. Buğday Sapı Kağıt Hamuru Verimi Üzerine NaBH<sub>4</sub>'ün Etkisi. 2. Ulusal Bor Çalıştay, Ankara, 303-310
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Karataş, B., 2011. Pulp and Paper Production by Kraft-Sodium Borohydride method from Poppy Stems. II. International Non-Wood Forest Products Symposium, pp.183-190, Isparta/TURKEY.
- Tutuş, A., Eroğlu, H., (2003). A Practical Solution to Silica Problem in Straw Pulping, APPITA Journal, Vol: 56, Number: 2, pp. 111-115, Australia.
- Usta, M., Eroğlu, H. 1987. Soda-Oxygen Pulping of Rye Straw, Nonwood Plant Fiber Pulping Conference, November, Tappi Press, Progress Report, No. 18, pp.113-118, Washington.
- Yaman, B., Gencer, A., 2005. Trabzon Koşullarında Yetiştirilen Kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. hev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson)'nin Lif Morfolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, s: 149-155, Isparta.