

## Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilmesi

Ahmet Tutuş<sup>a</sup>, Mustafa Çiçekler<sup>a,\*</sup>, Arif Ayaz<sup>a</sup>

**Özet:** Bu çalışmada kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarından kağıt hamuru ve kağıt üretim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Optimum pişirme parametrelerini belirlemek için kayısı odunu yongalardan sodyum borhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) ilaveli Kraft yöntemiyle 12 adet pişirme deneyi yapılmıştır. Pişirme koşullarında değişkenler  $\text{NaBH}_4$  (%0, 0.1, 0.3, 0.5) oranı ve pişirme süresidir (130, 150, 170 dk).  $\text{NaBH}_4$ ' ün kağıt hamurunun toplam verimi, kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, ilave edilen  $\text{NaBH}_4$  oranına bağlı olarak toplam hamur veriminin %34.05 oranında arttığı, kappa numarasının ise %31.25 azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre optimum değerler, %0.5  $\text{NaBH}_4$  kullanılan ve pişirme süresi 170 dakika olan pişirmeden elde edilmiştir. Bununla birlikte, kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, beyazlık ve parlaklık sırasıyla %52.72, %19.61, %13.11, %22.28 ve %25.32 oranında artış göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kayısı, Sodyum borhidrür, Kağıt, Kağıt hamuru

## Evaluation of apricot (*Prunus armeniaca* L.) wood on pulp and paper production

**Abstract:** In this study, pulp and paper production conditions from apricot (*Prunus armeniaca* L.) wood were investigated. 10 cooking experiments were performed in order to determine optimum pulping condition. Variables in the cooking conditions were sodium borohydride ( $\text{NaBH}_4$ ) ratio (0, 0.1, 0.3, 0.5%) and cooking time (130, 150, 170 min). Pulps were produced from Apricot wood with Kraft-  $\text{NaBH}_4$  method and effects of  $\text{NaBH}_4$  on pulp yield and obtained papers' physical and optical properties were investigated. Obtained results show that, depending on ratio of added  $\text{NaBH}_4$ , total pulp yield increased 34.05% and kappa number decreased 31.25%. According to these results, optimum cooking condition was determined as 0.5%  $\text{NaBH}_4$  charge and 170 min cooking time. However, in parallel with increasing ratio of  $\text{NaBH}_4$ , breaking length, burst index, tear index, whiteness and brightness of obtained paper values increased about 52.72%, 19.61%, 13.11%, 22.28% ve 25.32%, respectively.

**Keywords:** Apricot, Sodium borohydride, Paper, Pulp

### 1. Giriş

#### 1.1. Kayısı hakkında genel bilgiler

Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) anavatanının Çin'e kadar uzandığı ve Anadolu topraklarına girişinin iki bin yıldan fazla bir geçmişi olduğu bilinmektedir (Asma, 2000; Gülcan, 2001; Özçağırın vd., 2003; Eriş ve Barut, 2000).

Kayısı odunu 2-10 m yüksekliğinde ve 10-50 cm çapında, dikensi ve tüysüz bir ağaçtır. Yapraklar uzunca ve mızraklı, kenarları dişli, ucu sivri veya küttür. Çiçekler beyaz veya pembe renkli olup, yapraklardan daha önce meydana gelirler. Meyvelerin üzeri tüylü olup, sarımsı-turuncu renkte eriksidir. Kayısı 2-5 yıldan itibaren meyve vermeye başlar. 10. yıldan itibaren tam verime geçer. En yüksek verim 15-40 yaşları arasındadır (Kayısı, 2015).

Gövde, dal, çekirdek kabukları yakacak olarak; kuru yaprakları hayvan yemi olarak kullanılır. 40 yaşını geçen ağaçlarda verimin düşmesi ile halk bu ağaçları keserek yerine yeni genç ağaçların dikilmesini tercih etmektedir.

Fidanlar dikilmeden önce kök ve taç budaması yapılır. Kök budamasın da; yaralı, kırılmış, birbirine girmiş kökler ayıklanır (Sobutay, 2003).

Türkiye'de 6 kayısı bölgesi bulunmaktadır. Bu bölgeler Malatya-Elazığ-Erzincan bölgesi, Kars-Iğdır bölgesi, Akdeniz ( Mersin, Muş, Antalya ) bölgesi Marmara bölgesi, Ege bölgesi ve İç Anadolu bölgesidir. Bu bölgeler içerisinde Malatya, Elazığ, Erzincan bölgesi dışındaki bölgelerin üretimleri sofralık tüketime yöneliktir. Birinci bölgedeki kayısıların çoğunluğu kurutulmakta ve bu bölge dünya kuru kayısı üretiminin yaklaşık % 85-90'ını karşılamaktadır. Halen dünyada en yaygın olarak Anadolu'da özellikle Malatya ve çevresinde bulunur (Faostat, 2015).

#### 1.2. Kraft (Sülfat) Metodu

Kraft yönteminde, sodyum sülfür ve sodyum hidroksit in karışımı kağıt hamuru elde etmek için kullanılmaktadır. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminkinden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Bunun sonucunda, soda

✉ <sup>a</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): mcicekler@ksu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 28.01.2015, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.01.2016



**Citation** (Atıf): Tutuş, A., Çiçekler, M., Ayaz, A., 2016. Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 17(1): 61-67.

DOI: [10.18182/tjf.29700](https://doi.org/10.18182/tjf.29700)

yönteminden elde edilen kağıttan daha iyi kalitede kağıtlar elde edilir. Odundan kağıt hamuru elde etmek için sülfürlerin kullanımı ile ilgili ilk patent ise 1870-1871 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989).

### 1.3. Borlu bileşiklerin kağıt hamuru üretiminde kullanılması

Günümüzde hidrojen taşıma ortamı olarak büyük bir önem kazanmış olan borlu bileşiklerin mevcut kullanım alanları:

- Özellikli arıtım kimyasalları,
- Selüloz ağartma,
- Metal yüzeylerin temizlenmesi,
- Fotoğrafçılık ve metal yüzey işlemlerinde değerli metal kazanma,
- Atık sulardan ağır metalleri giderme olarak sıralanabilir.

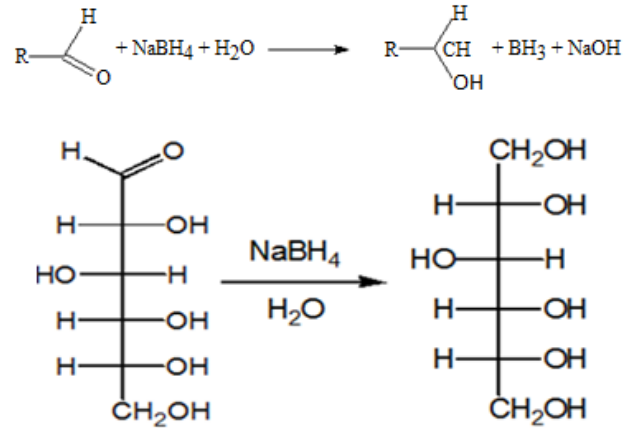
Kağıt hamuru üretimi ile ilgili araştırmalarda bu zamana kadar kullanılan indirgen kimyasallardan birinin de  $\text{NaBH}_4$  ve sodyum perborat olduğunu belirtmektedir. Bunların sudaki çözeltileri biraz alkalin olup alkalin koşullarda oldukça stabildir (Hafizoğlu, 1982).

$\text{NaBH}_4$ 'ün en önemli tüketicisi Avrupa'daki kağıt endüstrisidir.  $\text{NaBH}_4$  tüketiminde yıllık %4 artış beklenen bir üründür (Örs vd., 2002).

Ligninin renk gruplarına etkisi nedeniyle  $\text{NaBH}_4$  lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılmaktadır. Soda pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen  $\text{NaBH}_4$ , karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve dolayısıyla kağıdın fiziksel direnç özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir.

Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir. Ayrıca, pişirme esnasında katalizör görevi görerek işlem sıcaklığı ve pişirme süresinin kısa tutulmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004).

Kağıt hamuru verimini artırmak üzere  $\text{NaBH}_4$  esaslı reaksiyonları, geniş bir şekilde çalışılmıştır. Bu işlemde pişirme çözeltilisine  $\text{NaBH}_4$  doğrudan ilave edilerek indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarmaktadır. Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına bağlıdır.  $\text{NaBH}_4$  güçlü bir indirgendir. Aşağıda Şekil 1'de görüldüğü gibi  $\text{NaBH}_4$  pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme sırasında verimde meydana gelen azalmaları önler. Oluşan bu reaksiyon sadece selüloz değil aynı zamanda hemiselülozda da görülmektedir. Soyulma reaksiyonu pişirme sırasında sıcaklığın 80-100 °C'ye ulaşmasıyla başlar. Sıcaklığın 150 °C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1.  $\text{NaBH}_4$ 'ün aldehit gruplarını hidroksil grubuna indirgeme reaksiyonu

Akgül vd., (2007), yaptıkları çalışmada  $\text{NaBH}_4$ 'ün toplam verim ve viskoziteyi artırdığını kappa numarasını ise düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Toplam verim %46.3'ten %47.7'ye, viskozite 980'den 1016'ya yükselmiş ve kappa numarası 37.3'ten 27.2'ye düşmüştür.

Bu çalışma kapsamında, her geçen gün azalan odun hammadde kaynaklarına alternatif olarak kayısı odunu yongaları kullanılmış ve Kraft-  $\text{NaBH}_4$  yöntemiyle kağıt hamurları elde edilmiş ve elde edilen hamurların verim, kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri yönünden karşılaştırılması yapılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada Malatya ilinin Battalgazi ilçesinden temin edilmiş olan kayısı odunları kullanılmıştır. Deneme ağaçlarının seçimi sırasında, ağaçlarda yapı bakımından ekstrem özellikler bulunmamasına ve böcek zararına uğramış, çürük, budaklı gibi anormal gelişme göstermiş ağaçların alınmamasına dikkat edilmiştir.

### 2.1. Kayısı odununun kimyasal içeriğinin belirlenmesi

Kağıt üretiminde kullanılacak hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi elde edilecek kağıt hamurunun verim özelliklerini belirlemede önemli bir yer tutar. Selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması pişirme koşullarının belirlenmesinde bir göstergedir. Diğer taraftan hemiselülozların oranı ve çeşidi kağıt hamurunun sağlamlığını ve dövülme niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler (Eroğlu, 1980).

Bu amaç doğrultusunda kayısı odunundan elde edilen yongalar içerisinde kağıt yapımına uygun olmayan kısımlar temizlendikten sonra yongalar kesici bir aletle 3-4 cm uzunluğunda kesilmiştir. Hava kurusu hale getirilen örneklerin kimyasal analizlerde kullanılacak yeterli miktarı TAPPI T 257om-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 ağız kapaklı cam kavanozlara konulmuş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin rutubet miktarları TAPPI T 246om-

88 standardına uygun olarak 103±2 °C'de kurutularak belirlenmiştir (Anonim, 1992).

Rutubeti belirlenmiş örnekler aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur:

- Holoselüloz oranı: Wise' nin klorit metodu (Wise, 1962).
- Selüloz oranı: Kurschner - Hoffer metodu (Kürschner and Hoffer, 1969).
- Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88 (Anonim, 1992).
- Alfa selüloz oranı: TAPPI T 203 os-71 (Anonim, 1992).
- Kül oranı : TAPPI T 211 om-85 (Anonim, 1992).
- Toluen- -Etanol çözünürlük oranı : ASTM D1107-96 (Anonim, 2013)
- 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).

## 2.2. Kayısı odunu yongalarından Kraft- NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru ve kağıt üretiminde uygulanan yöntemler

Kraft-NaBH<sub>4</sub> yönteminde; kayısı odunu yongalarına uygulanacak pişirme koşulları aşağıda Çizelge 1'de verilmiştir. Yongalar boyutları yaklaşık olarak 4-6 mm kalınlığında, 2-4 cm genişliğinde ve 4-6 cm uzunluğundadır.

Kraft- NaBH<sub>4</sub> pişirme işlemi 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı, dakikada 4 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner kazanda yapılmıştır. Pişirme işlemi sonrası kağıt hamurları 200 mesh elek üzerinde siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmış ve 0.15 mm yarıklı elekte elenmiştir.

Daha sonra hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm-86 standart metoduna göre belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır. Elek üzerinde kalan pişmemiş kısım da aynı şekilde kurutularak tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tespit edilmiştir.

Elenmiş hamurlar hollander dövme cihazında 50±5 °SR serbestlik derecesine kadar dövülmüştür. Schopper ölçümleri ISO 5267/1 standardına göre yapılmıştır. Her bir pişirmeden 70 (g/m<sup>2</sup>) gramajında Rapid Köthen kağıt makinesinde ISO 5269/2 standardına göre 10 adet deneme kağıtları üretilmiştir. Fiziksel özellikler Tappi T 220 sp-96,

parlaklık ISO 2469 ve opaklık Tappi T 425 om-96 standartlarına göre belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Kayısı odununun kimyasal bileşimine ait bulgular

Bu çalışmada kullanılan kayısı odununun kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir.

Yüksek NaOH çözünürlüğü oranını, düşük molekül ağırlığına sahip karbonhidratlar ve diğer çözünür alkali maddelerden kaynaklanmakla birlikte, kayısı odunundaki mantar çürüklük oranının fazlalığı da etkilemektedir. Aynı zamanda yapraklı ağaç türü olan kayısı odununun kimyasal bileşimi literatürdeki yapraklı ağaçlar ile uyum içindedir.

Çizelge 3'te bazı yıllık bitki ve ağaç türlerinin kimyasal bileşimi verilmiştir. Kayısı odununun holoselüloz içeriği (%80) genel olarak yıllık bitki ve iğne yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, kayısı odunundaki yüksek hemiselüloz içeriğidir. Diğer kimyasal bileşimler de yapraklı ağaçlar ile benzer özellikler göstermektedir.

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

Pişirme koşulları	Oranlar
Aktif alkali oranı (%)	22
Sülfidite (%)	30
NaBH <sub>4</sub> (%)	0, 0.1, 0.3, 0.5
Sıcaklık (°C)	160
Süre (dakika)	130, 150, 170
Maksimum sıcaklığı çıkış süresi (dakika)	40
Çözelti/yonga oranı	5/1

Çizelge 2. Kayısı odununun kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşenler	%
Holoselüloz	80.06
Selüloz	49.50
α-Selüloz	56.41
Lignin	30.03
Kül	0.48
Toluen-aseton-etanolde çözünürlük	5.88
% 1 NaOH çözünürlüğü	27.40
Sıcak su çözünürlüğü	7.74
Soğuk su çözünürlüğü	4.20

Çizelge 3. Bazı yıllık bitki ve ağaç türlerinin kimyasal bileşimi

Yıllık bitki ve odun türleri	Kimyasal bileşenler					Çözünürlük				Kaynak
	Holoselüloz (%)	Selüloz (%)	Alfa Selüloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)	Ekstraktifler (%)	% 1'lik NaOH	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	
Kayısı odunu	80.1	49.50	56.41	30.03	0.48	5.88	27.40	7.74	4.20	Tespit
Trabzon hurması	70.8	39.46	36.45	29.82	0.42	4.45	13.27	3.54	2.08	Tutuş vd.,2014
Buğday sapı	77.1	52.27	39.62	18.33	7.12	5.48	40.9	12.25	7.65	Tutuş ve Eroğlu, 2003
Pamuk sapı	72.2	-	41.6	19.3	2.40	6.10	42.9	17.8	16.7	Akgül, 2007
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 vd., 1992
Tütün sapı	67.6	-	37.5	19.5	7.30	6.50	42.9	19.1	15.8	Tank vd., 1985
Kenaf	81.2	54.4	37.4	14.5	4.10	5.00	34.9	12.8	11.7	Doğan, 1994
İbrelî ağaç	63-70	55-61	-	25-32	0.2-0.5	1-5.8	8-10	1-5	0.5-4	Kırcı, 2006
Yapraklı ağaç	72-82	38-55	-	18-26	0.2-0.7	1-6.2	12-25	1-8	0.2-4	Kırcı, 2006

### 3.2. Kayısı odunu yongalarından Kraft- NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarına ait bulgular

Kraft-NaBH<sub>4</sub> yönteminde NaBH<sub>4</sub> oranının etkilerini incelemek için farklı pişirme şartlarında elde edilen 12 adet kağıt hamuruna ait elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim yüzdeleri ile kappa numaraları aşağıda Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, en yüksek toplam verimin NaBH<sub>4</sub> oranının % 0.5 ve sürenin 170 °C olduğu 12 nolu pişirmede olduğu tespit edilmiştir. Kağıt üretiminde kullanılan elenmiş hamur verimi de yine 12 nolu pişirmede en yüksek değerdedir.

Tutuş (2005), yapmış olduğu bir çalışmada buğday saplarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltisine %1.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur veriminin %2.95 oranında %1 NaBH<sub>4</sub> ilavesi ile %3.83 oranında arttığını tespit etmiştir.

Başka bir çalışmada, Aurell ve Hartler (1963), çam odunlarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisine %0.5 oranında ilave edilen NaBH<sub>4</sub>'ün toplam hamur verimini %47 den %50 ye yükselttiğini belirtmektedirler.

İstek ve Özkan (2008), *Populus tremula* L.' den kraft kağıt hamuru üretiminde NaBH<sub>4</sub>'ün etkisi, başlıklı çalışmalarında en yüksek elenmiş verimin %3 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmede olduğunu ve elenmiş verimin %54.3'ten %58'e çıktığını bildirmişlerdir.

Genel olarak pişirme ortamına ilave edilen NaBH<sub>4</sub>, karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve dolayısıyla toplam hamur verimini artırmıştır (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004).

Aynı zamanda, ortama ilave edilen NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça kappa numarasında önemli bir azalma meydana gelmiştir.

Tutuş vd., (2010) yapmış oldukları bir çalışmada NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça kappa numarasının düştüğünü ve elenmiş verim oranının arttığını belirtmişlerdir.

Kızılcım odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle yapılan başka bir çalışmada, Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %25, sıcaklık 170 °C süre 90 dakika ve çözelti/yonga oranı 4/1 olarak sabit tutulup NaBH<sub>4</sub> oranı dört kademedeki değiştirildiğinde (1, 2 ve 3) kappa numaralarının sırasıyla 28.9, 27.4 ve 27.2 olarak tespit edildiği belirtilmiştir (Temiz, 2006).

### 3.3. Kayısı odunu yongalarından elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikler

Kayısı yongalarından yapılan kağıtların dirençlerini ve bir takım özelliklerini anlayabilmek için kağıt numuneleri bazı testlere tabi tutulmuştur. Yapılan 10 adet Kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmesi ile elde edilen 50 ±5 SR° serbestlik derecesinde hamurlara ait optik ve fiziksel özellikleri Çizelge 5'te verilmiştir.

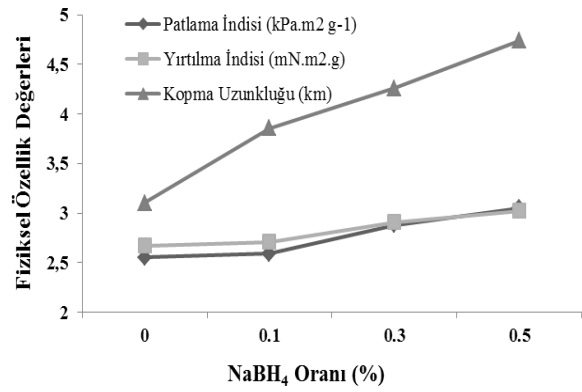
Çizelge 5 incelendiğinde, sürenin ve NaBH<sub>4</sub> oranının genel olarak elde edilen kağıtların bazı fiziksel ve optik özellikleri iyileşmektedir. Aşağıda Şekil 2 ve 3'de NaBH<sub>4</sub>'ün kağıt optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için 3, 6, 9 ve 12 nolu pişirmeler karşılaştırılmıştır.

Şekil 2 incelendiğinde, NaBH<sub>4</sub> oranındaki artışa paralel olarak kopma uzunluğu, yırtılma indisi ve patlama indisi değerleri de artış göstermektedir.

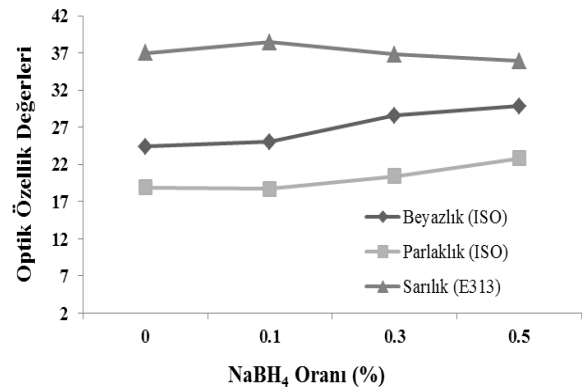
Gökmar odunu üzerine Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile yapılan bir çalışmada, NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 1, 2, 3 olarak dört kademedeki değiştirildiğinde kopma uzunluk değerlerinin sırasıyla 7386, 6211, 5762, ve 5749 m olduğu rapor edilmiştir (Temiz, 2006).

Okalıptüs odunundan Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile yapılan bir çalışmada NaBH<sub>4</sub> ilave edilmeden yapılan pişirme deneyinden elde edilen kağıtların patlama indisi 3.45 kPa.m<sup>2</sup>/g, NaBH<sub>4</sub> oranının %0.5 pişirme deneyi incelendiğinde patlama indisinde 0.85 kPa.m<sup>2</sup>/g lik bir artışın meydana geldiği rapor edilmiştir (Ayata, 2008).

Şekil 3'te NaBH<sub>4</sub>'ün parlaklık, beyazlık ve sarılık üzerine olan etkisi belirtilmiş ve NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça beyazlık ve parlaklık değerleri artmış, sarılık değerleri ise azalmıştır.



Şekil 2. NaBH<sub>4</sub> oranının kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi üzerine etkisi



Şekil 3. NaBH<sub>4</sub> oranının beyazlık, parlaklık ve sarılık üzerine etkisi

Çizelge 4. Pişirme koşulları ve elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri

Pişirme No	Aktif alkali oranı(%)	NaBH <sub>4</sub> oranı (%)	Sülfidite oranı (%)	Süre (dk.)	Elek artığı (%)	Elenmiş verim (%)	Toplam verim (%)	Kappa numarası
1	22	0	30	130	0.205	27.78	27.99	26.0
2	22	0	30	150	0.154	28.08	28.24	24.2
3	22	0	30	170	0.139	28.79	28.93	24.0
4	22	0.1	30	130	0.138	29.29	29.43	22.9
5	22	0.1	30	150	0.120	30.30	30.42	21.1
6	22	0.1	30	170	0.108	32.15	32.25	20.9
7	22	0.3	30	130	0.075	33.90	33.97	18.9
8	22	0.3	30	150	0.086	34.22	34.31	18.7
9	22	0.3	30	170	0.048	36.23	36.27	17.8
10	22	0.5	30	130	0.068	37.95	38.02	16.2
11	22	0.5	30	150	0.043	38.40	38.44	16.2
12	22	0.5	30	170	0.031	38.75	38.78	16.5

Çizelge 5. Kayısı odunundan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme no	Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> .g)	Kopma uzunluğu (m)	Beyazlık (% ISO)	Sarılık E313	Parlaklık (% ISO)	Opaklık (% ISO)
1	2.51	2.46	2998	24.12	37.05	18.21	99.75
2	2.59	2.53	3004	24.40	37.63	18.41	99.80
3	2.55	2.67	3103	24.42	36.96	18.88	99.67
4	2.44	2.66	3487	24.55	37.76	20.65	99.74
5	2.50	2.69	3847	24.90	36.94	18.45	99.79
6	2.59	2.71	3856	25.04	38.47	18.74	99.83
7	2.65	2.83	4027	28.24	37.27	21.32	99.85
8	2.75	2.89	4104	28.33	36.90	21.45	99.88
9	2.88	2.91	4260	28.60	36.79	20.42	99.92
10	3.00	2.99	4443	28.85	35.69	22.12	99.94
11	3.02	3.00	4634	28.28	37.09	21.34	99.92
12	3.05	3.02	4739	29.86	35.93	22.82	99.87

Okalıptüs odunundan Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada % 0.1 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edilen pişirme denemesinden elde edilen kağıtların parlaklık değeri, 25.43, %0.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirme deneyinden elde edilen kağıtların parlaklık değeri ise 25.62 olduğu rapor edilmiştir (Ayata, 2008).

#### 4. Sonuç ve öneriler

NaBH<sub>4</sub>'ün etkisini belirlemek için en yüksek verimin alındığı süre 170 dk sabit tutulup NaBH<sub>4</sub> oranının %0, 0.1, 0.3, 0.5 olduğu 3, 6, 9 ve 12 nolu pişirmelerden elde edilen kağıt hamurlarının verim, fiziksel ve optik özellikleri incelenmiştir. NaBH<sub>4</sub>'ün %0.5 oranında kullanıldığı 12 nolu pişirme ile hiç kullanılmadığı 3 nolu pişirme karşılaştırıldığında toplam verim, kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, beyazlık ve parlaklık sırasıyla %34.05, %52.72, %19.61, %13.11, %22.28 ve %25.32 oranında artış göstermiştir.

Sülfat yönteminde pişirme ortamına belirli oranlarda ilave edilen NaBH<sub>4</sub>, karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve toplam verimi artırmıştır (Çizelge 4).

NaBH<sub>4</sub>'ün karbonhidratlar üzerindeki etkisinden dolayı lifler arası bağlanma özelliğinde iyileşmeler olmuştur. Bu iyileşmeler kopma uzunluğu ve patlama indisinde artışların olmasını sağlamıştır (Şekil 2).

Ayrıca, NaBH<sub>4</sub> mükemmel bir indirgeme maddesidir ve selüloz ve hemiselüloz yapısındaki karbonil gruplarını alkol

gruplarına indirgemektedir. 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 sayede kağıdın parlaklık ve beyazlık değerlerinde iyileşmelere neden olmuştur (Şekil 3).

Çizelge 4 ve 5 incelendiğinde, kayısı odunundan Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri yönüyle en uygun pişirme koşulu aşağıda Çizelge 6'da verilmiştir.

Ülkemiz kağıt endüstrisi odun hammaddesi yetersizliğinden dolayı bir darboğaz içerisinde. Bu nedenle kayısı odunu gibi hammaddelerin değerlendirilmesi hammadde sorununun çözümünde önemli bir rol oynayacaktır.

Çizelge 6. Kayısı odunu yongalarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde kimyasal, fiziksel ve optik özellikler yönüyle en uygun pişirme koşulu

Pişirme koşulları	Değerler
Sülfidite oranı (%)	30
Aktif alkali oranı (%)	22
NaBH <sub>4</sub> oranı (%)	0.5
Sıcaklık (°C)	160
Süre (dakika)	170
Çözelti/yonga oranı	5/1

Ayrıca, kayısı yongalarından elde edilen kısa lifli hamurlar ve bunlardan üretilen kağıtların kopma uzunluğu, patlama indisi, yüzey düzgünlüğü ve baskı kalitesi vb. özellikleri yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle, kayısı yongalarından 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 verim %36.11 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.

### Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından (Proje No: BAP 2013/2-51 LAP) desteklenmiştir.

### 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 No: 2005.05.03.221, Düzce.
- Akgül, M., Çöpür, Y., Temiz, S., 2007. A Comparison of Kraft and Kraft-Sodium Borohydrate Brutia Pine Pulp, Building and Environment, 7: 2586-2590.
- Anonim, 1992. TAPPI test methods, standard methods for pulp and paper, technical association of pulp and paper industry. Tappi Press, Atlanta.
- Anonim, 2013. ASTM D 1107-96 1998. Standard test method for ethanol-toluene solubility of wood, Philadelphia, PA., USA.
- Asma, B.M., 2000. Kayısı Yetiştiriciliği. Evin Ofset, Malatya.
- Aurell, R. and Hartler, N., 1963. Sulphate Cooking With the Addition of Reducing Agents-Part II, TAPPI J. 46(4):209-215.
- 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.
- Doğan, H., 1994. Seka'da Kenaf Çalışmaları, Seka Dergisi, 50: 18-22.
- Eriş, A., Barut, E., 2000. Ilıman İklim Meyveleri-1, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- Eroğlu, H. 1980. O<sub>2</sub>-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Eroğlu, H., Usta, M., Kırıcı, H., 1992. A Review of Oxygen Pulping Conditions of Some Non-Wood Plant Growing in Turkey, Tappi Pulping Conference, 215-22.
- Gülcan, R., 2001. Kayısı Araştırmaları (KAYSAR) Ünitesi kapsamında yer alan projelerin tanıtımı, Kayısı Sempozyumu, 5 Nisan 2001, Malatya, s.14-20.

- Hafizoğlu, H. 1982. Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Trabzon, Yayın No:52, 100-101.
- ISO 2469, 2014. Paper, board and pulps, Measurement of diffuse radiance factor (diffuse reflectance factor).
- ISO 5267/1, 1999. Determination of drainability - Part 1: Schopper-Riegler method
- ISO 5269/2, 2004. Pulp – Preparation of laboratory sheets for physical testing, Part 2: Rapid Köthen method.
- Kayısı, 2015. InWikipedia, The Free Encyclopedia. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kayısı>, Accessed: 10.01.2015.
- Kırıcı, H., 2006. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Kocurek, M.A.,1989. Pulp and paper manufacture Alkaline Pulping. Vol.5, Tappi Press, Atlanta, USA.
- Kurschner, K., Hoffer, A., 1969. Cellulose and cellulose derivative: Fresenius Journal of Analytical Chemistry. 92(3): 145-154.
- Örs, N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T. 2002. "Hidrojen Üretimi ve Depolama", TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Proje No: MKTAE.1.02.007.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2003. Ilıman iklim meyve türleri-sert çekirdekli meyveler-Cilt I, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:553, İzmir.
- Sobutay, T., 2003. Kayısı Sektör Araştırması. İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-54.pdf>, Erişim: 12.01.2016.
- Tank, T., Bostancı, Ş., Eroğlu, H., Enercan, S., (1985). Tütün saplarının kağıt yapımında değerlendirilmesi, Doğa Bilimleri Dergisi, (9-3):399-407.
- Temiz, S., 2006. Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle uludağ göknarı (*Abies bornmuelleriana* mattf.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* ten.) odunlarından kağıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Tutuş, A., Ateş, S., Deniz, İ., 2010. Pulp And Paper Production From Spruce Wood With Kraft And Modified Kraft Methods, African Journal Of Biotechnology, 9(11): 1648-1654.
- Tutuş, A., 2004. Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrogen Peroxide and Sodium Borohydrate, Proceedings of the 2nd International Boron Symposium, 23-25 September 2004, Eskişehir, pp. 345-350.
- Tutuş, A., Eroğlu, H., 2003. A Practical solution to silica problem in straw pulping. APPITA Journal, 56(2):111-115,
- Tutuş, A., 2005. The utilization of the boron compounds in pulping and bleaching. Proceedings of I. National Boron Symposium. 28-29 Nisan 2005, Ankara, s.399-404.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, F., Yılmaz, U., 2014. Kahramanmaraş Koşullarında Yetişen Trabzon Hurma Ağacı (*Diospyros kaki*)'nin Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta, s.775-784.

- Faostat, 2015. Fact and figures: Agricultural Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, Accessed: 22.01.2015.
- Usta, M., Eroglu, H., 1987. Soda-Oxygen pulping of rye straw, Nonwood Plant Fiber Pulping Conference, November, Tappi Press, Progress Report, Washington, pp.113-118.
- Wise. E.L., Karl, H.L., 1962. Cellulose and Hemicelluloses in Pulp and Paper Science and Technology. Vol. 1. Pulp. Earl. C.L. (Ed.). McGraw Hill-Book Co.. Newyork.