

Muz Yalancı Gövde Atıklarından NH₄OH-KOH Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretim Olanaklarının Araştırılması

Meryem ONDARAL¹, Evren ERSOY KALYONCU¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşlem Teknolojileri Bölümü, Arsin/Trabzon/Türkiye

Sorumlu yazar: mondaral@ktu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7767-4853>

ersoy@ktu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4538-7187>

Geliş Tarihi: 05.04.2022

Kabul Tarihi: 29.06.2022

Öz

Artan nüfus talepleri nedeniyle kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi hızla büyümektedir. Bu talepleri karşılamak için, çevresel kaygılara bağlı olarak, kağıt hamuru ve kağıt üretiminde alternatif hammaddelerin ve yeni teknolojilerin kullanımı artmıştır. Bu çalışmada, muz bitkisinin (*Musa sapientum*) meyve hasadı sırasında büyük miktarlarda oluşan muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile kağıt hamuru üretim olanakları araştırılmıştır. Pişirme çözeltisinin muz yalancı gövde atığına oranı, maksimum pişirme sıcaklığı ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi sırasıyla 6, 165 °C ve 60 dakika olarak sabit tutulmuştur. Çalışmada %20 ve %22 olmak üzere iki farklı alkali oranı kullanılmış olup, pişirme çözeltisindeki NH₄OH ve KOH oranları sistematik olarak değiştirilerek hamur ve kağıt özelliklerindeki değişim gözlemlenmiştir. Artan KOH ve NH₄OH oranlarına bağlı olarak hamurların kappa numaralarının azaldığı ancak bu azalışın yeterli delignifikasyon sağlayacak şekilde olmadığı görülmüştür. Üretilen hamurların viskozite değerleri korunmuş ancak lignin içeriğinin yüksek olmasından dolayı hamurların parlaklık değerleri düşük olmuştur. Bununla birlikte, muz yalancı gövde atıklarının NH₄OH-KOH yöntemi ile kopma indisi (60,95 Nm/g), yırtılma indisi (14,94 mNm²/g) ve patlama indisi (4,28 kPa.m²/g) değerleri yüksek kağıtların üretildiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların ambalaj endüstrisi için uygun olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar kelimeler

NH₄OH-KOH kağıt hamuru üretimi; Muz yalancı gövde atığı; Kağıt hamuru ve kağıt üretimi; Tarımsal atık; Ambalaj endüstrisi

Investigation of the NH₄OH-KOH Pulping Possibilities of Banana Pseudo-stem Wastes

Abstract

The pulp and paper industry has been growing fast due to the increasing population demands. In order to meet these demands, the use of alternative raw materials and new technologies for pulp and paper manufacture has increased depending on environmental concerns. In this study, pulp production possibilities of the banana plant (*Musa sapientum*) were investigated by the NH₄OH-KOH method from banana pseudo-stem wastes formed in large quantities during fruit harvest. The liquid to banana pseudo-stem ratio, the maximum cooking temperature, and the cooking time at the maximum temperature were kept constant as 6, 165 °C, and 60 min., respectively. In the study, two different alkaline ratios, 20%, and 22%, were used and the changes in pulp and paper properties were observed by systematically changing the NH₄OH and KOH ratios in the cooking liquor. It was observed that, the kappa numbers of the pulps decreased due to the increasing KOH and NH₄OH ratios, but sufficient delignification could not be achieved. The brightness values of the produced pulps were low due to the lignin content of the pulps, while the viscosity values were preserved. Although, it has been determined that papers with values high tensile index (60,95 Nm/g), tear index (14,94 mNm²/g), and burst index (4,28 kPa.m²/g) were produced by the NH₄OH-KOH method from banana pseudo-stem wastes. According to the results obtained, it was thought that the papers produced from banana pseudo-stem wastes by the NH₄OH-KOH method could be suitable for the packaging industry.

Keywords

NH₄OH-KOH pulping; Banana pseudo-stem waste; Pulp and paper production; Agricultural waste; Packaging industry

1. Giriş

Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde, yüksek verimli kağıt hamuru üretmek için genellikle hammadde olarak yüksek selüloz oranına sahip olan odun kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ve nüfus artışı ile beraber kağıt ve kağıt ürünlerinin kullanım miktarının artması, hammaddeye olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Son yıllarda, odun dışı yıllık bitkilerden ve tarımsal ürün atıklarından elde edilen doğal lifler, kolay elde edilebilirliği, kaynakların bolluğu, düşük maliyetli olması gibi avantajlı özellikleri nedeniyle önemli hammadde kaynakları olarak görülmektedir (Khan *et al.* 2014). Yıllar içerisinde bu alternatif hammadde kaynaklarının kullanımları önemli ölçüde artmıştır (Huang 2006). Tarımsal atık olarak ifade edilen şeker kamışı, buğday sapı, çavdar sapı ve kendir gibi yıllık bitkiler kağıt hamuru ve kağıt üretiminde hammadde olarak kullanılmıştır. Tarımsal bitki atıklarının yıllık olarak üretilmesi, süreklilik arz etmesi, yeterli lif kaynağına sahip olmaları kağıt hamuru üretiminde tercih edilme nedenleri arasındadır. Ayrıca tarımsal bitki atıklarının gözenekli yapısı ve düşük lignin içeriğine sahip olması, kağıt hamuru üretiminde daha düşük miktarda kimyasal kullanılmasına imkan vermesi, tercih edilmesinde önemli bir husustur (Gümüşkaya vd. 2003, Bilek vd. 2019, Zhou 2014).

Kağıt yapımında alternatif hammadde olarak kullanılacak doğal liflerden biri de muz yalancı gövde atığıdır (Hussain and Tarar 2014). Dünya üzerinde yaklaşık 9 milyon hektarlık alanda muz meyve hasadı yapılmaktadır (Jeenusha and Amritkumar 2020). Musaceae familyasından olan muz bitkisi gerçek gövde, yalancı gövde ve yaprak olarak üç kısımdan oluşmaktadır (Sözer ve Yaldız 2011). Yalancı gövde kısmı meyve hasadının ardından kesilerek atılmaktadır (Li *et al.* 2010, Khan *et al.* 2014, Ortega *et al.* 2016). Hasat sonrasında ortaya çıkan bu yalancı gövde atıkları toprak üzerinde bırakılmakta ya da yakılarak imha edilmektedir (Khan *et al.* 2014, Ortega *et al.* 2016). Bu durum çevre ve ekonomi için sorun oluşturmaktadır. Çevresel sorunlar ve lifsel hammadde kaynağına ihtiyacı olan sektörler göz önünde bulundurulduğunda, muz yalancı gövde atığının hammadde olarak değerlendirilmesi bu anlamda önem arz etmektedir. Kağıt endüstrisinde

yüksek selüloz ve düşük lignin oranları hammadde için istenen özelliklerdir. Muz yalancı gövde atıkları yüksek selüloz oranı ile yüksek mekanik özelliklere sahip kağıt ve karton üretimi için kağıtçılık sektöründe hammadde olarak önem arz etmektedir (Manish and Deepak 2011, Singh and Bandyopadhyay 2013, Khan *et al.* 2014, Ramesh *et al.* 2014, Pothan *et al.* 2010). Muz lifinin para kağıdı, çek kağıdı, yazı kağıdı, yiyecek paketlenme ve yağlı kağıt üretiminde kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Goswami *et al.* 2008; Jeenusha and Amritkumar 2020). Balda vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, muz lifinden yapılan kağıtların 100 yıldan fazla raf ömrüne sahip olduğunu belirtmişlerdir. Muz yalancı gövde atığı lifinin ambalaj sektöründe kullanımı yönünde çalışmalar yapılmıştır. (Sakare *et al.* 2020). Ambalaj sektörü gelişen teknoloji, perakende alışverişin ve alışveriş merkezlerinin sayısının artması ile çok hızlı gelişen bir sektör olmuştur. Çevre kirliliği ve küresel ısınma ile birlikte bütün sektörlerde olduğu gibi ambalaj sektöründe de doğadaki dengeyi korumak için çeşitli düzenlemeler yapılmış, doğada biyolojik olarak bozunabilen ve geri dönüştürülebilir alternatif ambalaj malzemeleri önem kazanmıştır. Jeenusha ve Amritkumar (2020) tarafından yapılan çalışmada tarım esaslı atık materyallerin çevreye dost ambalaj materyali olarak sürdürülebilir bir kaynak olması nedeni ile ambalaj sektörünün dikkatini çekmiştir. Ambalaj sektörünün artan talebini karşılamak, selülozik lif kaynağına ihtiyacı olan endüstrilerin ihtiyacını karşılamak ve çevreye dost ambalaj malzemesi üretmek adına tarımsal atıkların değerlendirilmesi, ambalaj sektörü ve selülozik lif esaslı sektörler için anlamlı olacaktır. Odun olmayan hammadde kaynaklarının hamurlaştırma işleminde yaygın olarak kraft, soda veya soda AQ prosesleri kullanılmaktadır. Hamurlaştırma işleminden sonra ortaya çıkan siyah çözeltilerde silisden dolayı viskozite sorunu oluşmakta, siyah çözeltilerin geri kazanımında zorluk ortaya çıkmakta ve eleklerde tıkanmalar oluşmaktadır (Gençer 2003). Pişirme sonrası ortaya çıkan siyah çözeltilerin geri kazanımında önemli bir maliyet gerektirmemesi sebebiyle atık olarak uzaklaştırılmasında çevresel yönden sorun oluşmaktadır (Huang *et al.* 2007-a). Yapılan araştırmalarda yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretim

proseslerinde NH₄OH ve KOH kimyasallarının kullanımı ile pişirme işlemi sonrasında azot ve potasyumca zengin siyah çözelti elde edilmiş ve bitki üretiminde gübre olarak kullanılabilirliği denenmiştir (Huang *et al.* 2002). Endüstriyel kağıt hamuru üretiminde maliyetin önemli olması sebebi ile pişirme kimyasalı olarak sulu amonyakın potasyum hidroksit ile birlikte kullanımı, hem pişirme süresini kısaltmada hem de etkili delignifikasyon işlemine olanak sağlamış olacaktır (Huang 2007).

Bu çalışmada, muz yalancı gövde atıklarının NH₄OH-KOH pişirme prosesi ile hamurlaştırma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla NH₄OH ve KOH konsantrasyonlarına bağlı olarak, üretilen hamurların verim, kappa numarası ve viskozite değerleri tespit edilmiş, hamurlardan elde edilen kağıtların kopma indisi, patlama indisi ve yırtılma indisi gibi mekaniksel direnç özellikleri ile optik özellikleri tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, Mersin-Türkiye’de bir muz plantasyon alanından temin edilen muz yalancı gövde atıkları hammadde olarak kullanılmıştır. Muz yalancı gövde

atıkları musluk suyu ile yıkanarak temizlendikten sonra yaklaşık bir hafta boyunca açık havada kurutulmuştur. Örnekler pişirme işleminden önce yaklaşık 3-4 cm uzunluğunda küçük parçalara kesilmiş ve tam kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

Ersoy Kalyoncu ve Ondaral (2021) tarafından yapılan çalışmada muz yalancı gövde atığının kimyasal bileşimi %77,5 holoselüloz, %65,8 α- selüloz ve %12,7 lignin olarak belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kağıt hamuru üretimi

Tüm pişirme denemeleri 15 L kapasiteli, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, dijital sıcaklık kontrollü ($\pm 1^\circ\text{C}$ hassasiyet) elektrikle ısıtılan ve dakikada iki kez devir yapan laboratuvar tipi döner kazanda gerçekleştirilmiştir. Her pişirme işleminde 200gr tam kuru hammadde kullanılmıştır. Çözelti/sap oranı, pişirme sıcaklığı ve pişirme süresi sırasıyla 6/1, 165°C ve 60 dk. olarak bütün pişirmelerde sabit tutulmuştur. Alkali oranı muz yalancı gövde atığının tam kuru ağırlığına göre Na₂O cinsinden hesaplanmış olup, değişken parametre olarak %20 ve %22 seçilmiştir. Amonyum hidroksit (NH₄OH) ve potasyum hidroksit (KOH) oranları karşılaştırma yapabilecek şekilde kendi aralarında değiştirilmiştir. Pişirme şartları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Muz yalancı gövde atıklarının NH₄OH-KOH yöntemi için uygulanan pişirme planı (AO: alkali oranı, T: pişirme sıcaklığı, t: pişirme süresi, t₁: maksimum sıcaklığa çıkış süresi, Ç/S: Çözelti/Sap)

Pişi.No	AO (%)	T (°C)	t (dak.)	t ₁ (dak.)	Çözelti/Sap (mL/g)	NH ₄ OH (%)	KOH (%)
1	20	165	60	60	6/1	15	13
2	20	165	60	60	6/1	13	16
3	20	165	60	60	6/1	11	19
4	20	165	60	60	6/1	5	28
5	22	165	60	60	6/1	17	13
6	22	165	60	60	6/1	15	16
7	22	165	60	60	6/1	13	19
8	22	165	60	60	6/1	7	28

Her pişirme işleminin ardından üretilen hamurlar 200 mesh’lik elek üzerine aktarılarak lignin içeren siyah çözülden uzaklaştırmak için yıkanmıştır. Yıkama işleminin ardından hamur laboratuvar tipi disintegratörde 10 dak. boyunca liflendirilmiştir.

Elenmiş hamur verimi, elek artığı ve toplam verimi belirlemek için yarık açıklığı 0,15 mm olan laboratuvar tipi sarsıntılı hamur eleğinde elenmiştir. Elenen hamurlardaki fazla su sıkılarak uzaklaştırılmış olup rutubet dağılımını dengelemek ve sonraki

işlemlerde kullanılmak üzere ağzı kapalı polietilen torbalarda 4 °C'de 24 saat boyunca bekletilmiştir. Üretilen hamurların rutubet değerleri TAPPI T 210 cm-86 (1991) standardına göre belirlenmiştir. Elenen hamur örneklerinin kappa numarası ve viskoziteleri sırasıyla TAPPI T 236 om-13 (2013) ve SCAN-CM 15:88 (1998) standartlarına göre belirlenmiştir.

2.2.2. Test Kâğıtlarının Hazırlanması ve Karakterizasyonu

Muz yalancı gövde atığından elde edilen ve disintegratörde açılan kağıt hamurlarından test kağıdı üretilmeden önce hamurların serbestlik

dereceleri Schopper Riegler aleti kullanılarak belirlenmiştir. Tappi T 205 sp-12 (2018) standartına göre Frank'ın Rapid Köthen laboratuvar tipi deneme kâğıdı makinasında yaklaşık 60 g/m² gramajda test kâğıtları hazırlanmıştır. Kağıt hamurlarından elde edilen test kağıtları TAPPI T 402 sp-13 (2013) standardına göre sıcaklığı 23±1 °C ve bağıl nemi %50±2 olan kondisyon odasında 24 saat boyunca kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanan test kağıtlarına Çizelge 2'de verilen mekanik ve optik testler yapılmıştır. Her ölçüm için 10 farklı test kağıdı kullanılmıştır.

Çizelge 2. Test kâğıtlarına uygulanan mekanik ve optik testler ve standartları

Mekanik ve Optik Özellikler	Standartlar
Kopma indisi (N.m/g)	TAPPI T 494 om-13 (2013)
Patlama indisi (kPa m ² /g)	TAPPI T 403 om-15 (2015)
Yırtılma indisi (mN.m ² .g)	TAPPI T 414 om-12 (2012)
ISO Parlaklığı (%)	ISO/DIS 2470 (2016)
Sarılık	ASTM E313 (2020)
Renk (L*, a*, b*) değerleri	TAPPI T 527 om-19 (2019)

Kâğıt örneklerinin kopma testleri Karl-Frank-800 pendulum tipi kopma cihazı, patlama testleri Mullen patlama test cihazı, yırtılma testleri ise Elmendorf-1650 tipi yırtılma cihazı ile yapılmıştır. Kâğıtların parlaklık, sarılık ve L*, a*, b* renk değerleri UV spektrometresi (Konica-Minolta cm-2600d, Osaka, Japonya) ile ölçülmüştür.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Hamur özelliklerinin değerlendirilmesi

Çizelge 3'te muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemiyle 8 farklı pişirmeden üretilen kağıt hamurlarının elenmiş verim, elek artığı, kappa numarası ve viskozite değerleri verilmektedir. Şekil 1'de ise bu hamurların NH₄OH ve KOH değişim oranlarına bağlı olarak hamur özelliklerindeki değişimin grafiksel ifadesi görülmektedir.

Şekil 1'den de görüldüğü üzere alkali oranı %20 olarak alınan pişirmelerde KOH oranının arttırılması ve NH₄OH oranının azalmasına bağlı olarak hamurların elenmiş verim değerleri düzenli olarak

azalış göstermiştir. KOH oranının %28'e arttırılması ve NH₄OH oranının %5'e azaltılması ile elek artığı, diğer hamurlara oranla azalmış ve %50,19 değeri (Piş. No 4) ile en yüksek elenmiş verim değeri elde edilmiştir. Sarkar (2021) bir çalışmada odunsu özellikte olmayan lifsel hammaddenin NH₄OH-KOH pişirmesi ile %48-50 aralığında hamur verimi elde edilmiştir.

Alkali oranının %22'ye arttırılması ile verim değerlerinde kısmen artış görülmüş olsa da KOH oranının %28'e arttırılması ve NH₄OH oranının %7'ye azaltılması ile elek artığı %4,69 ve elenmiş verim değeri %47,57 olarak belirlenmiştir. Sabit %28 KOH oranında toplam alkali oranının artışına bağlı olarak elenmiş verim değerinde %5,22'lik kayıp olduğu görülmüştür. Alkali oranı ile kağıt hamurunun verimi birbiri ile ters orantılıdır (Genco vd. 1990, Shinagawa and Shouji 1994, Jahan *et al.* 2005, Akgül ve Temiz 2006, İstek ve Gönteki 2009, Rahmati *et al.* 2010, Biswas *et al.* 2011).

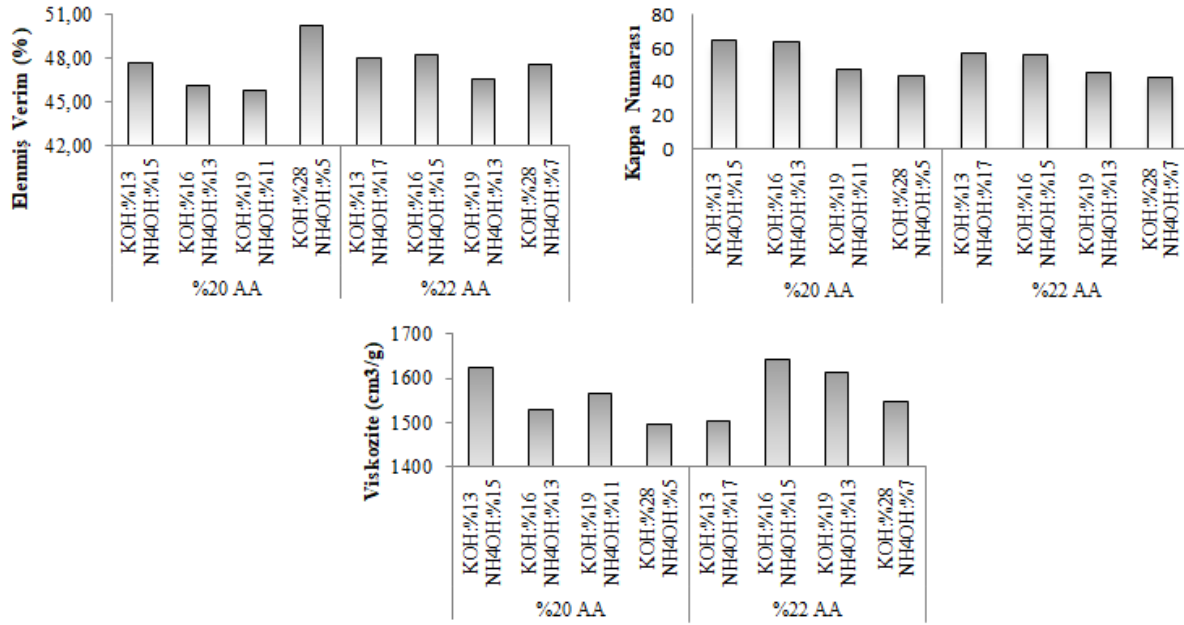
Çizelge 3. Muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının özellikleri (AO: alkali oranı)

Piş. No	AO (%)	KOH (%)	NH ₄ OH (%)	Elenmiş verim (%)	Elek artığı (%)	Kappa numarası	Viskozite (cm ³ /g)
1	20	13	15	47,65	7,87	65,12	1622,37
2	20	16	13	46,12	5,96	64,29	1530,42
3	20	19	11	45,77	6,73	47,88	1564,12
4	20	28	5	50,19	3,98	43,95	1495,10
5	22	13	17	48,00	2,98	56,93	1502,08
6	22	16	15	48,21	8,44	55,96	1641,13
7	22	19	13	46,55	4,38	45,98	1613,59
8	22	28	7	47,57	4,69	42,57	1546,86

Hammadedeki polisakkaritler, yapılarındaki glikozidik bağların alkali hidrolizi ve soyulma reaksiyonu gibi degradasyon reaksiyonları ile degrade olmaktadır (Kleppe 1970, Kocurek *et al.* 1989, Vaaler and Moe 2001). KOH oranının artışı ile karbonhidratlar soyulma reaksiyonu ve alkali hidrolizi gibi degradasyon reaksiyonları ile parçalanmakta ve böylece hamur verimi azalmaktadır. Tüm bu durum KOH'ın güçlü bir alkali olarak tamamen iyonize olurken, NH₄OH'ün zayıf bir alkali olarak kısmen iyonize olması ile alakalıdır (Yoo *et al.* 2017)

Amonyanın, lignin için yüksek seçiciliğe sahip olması, karbonhidratı orijinal formda muhafaza etmesi ve hemiselüloz ile çok az etkileşime girmesi gibi bir dizi avantajlı özellikleri bulunmaktadır (Jannah *et al.* 2019). Şekil 1'den de görüleceği üzere NH₄OH oranının sabit tutulup KOH oranının arttırılmasına bağlı olarak hamurların kappa numarası değerlerinin giderek azalma seyirinde olduğu görülmektedir. Bu durum kuvvetli alkali özellikteki KOH oranının artışı ile delignifikasyon oranının artması sonucu olmuştur. Gençer ve Eroğlu (2017) tarafından buğday saplarından KOH-hava yöntemi ile yapılan bir çalışmada, KOH oranının artışı ile kappa numarasının azaldığı belirlenmiştir. Ancak Çizelge 3'deki kappa değerleri incelendiğinde üretilen tüm

hamurların genel olarak kappa numaralarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Farhana (2015) yapmış olduğu bir çalışmada muz bitkisi lifinin düşük lignin içermesine rağmen delignifikasyonunun zor olduğunu belirtmiştir. Kappa numarasının yüksek olması, pişirme işlemleri ile ligninin yeterince uzaklaştırılmadığını göstermektedir. Kappa numarası sadece lignini değil aynı zamanda permanganat oksidasyonuna duyarlı karbonhidrat yapılarını, özellikle de ksilana bağlı heksenuronik asit gruplarını yansıtır (Li and Gellerstedt 1997). Muz yalancı gövdesindeki ksilan içeriği, tam kuru kütle için %25'ine kadar olabilir. (Cordeiro *et al.* 2004, De Freitas *et al.* 2021), Hammade olarak kullanılan ksilanca zengin muz yalancı gövde atığının NH₄OH-KOH yöntemi ile hamurlaştırma işlemi sırasında sulu amonyanın lignini uzaklaştırmak amacıyla lignin-karbonhidrat yapılarını parçalaması sırasında sınırlı oranda hemiselüloz degradasyonu oluşması sonucu açığa çıkan heksenuronik asit gruplarının da yüksek kappa numarası değerlerinde etkisi olduğu düşünülebilir. Kappa numarası, hamur içerisindeki lignin miktarını gösteren bir parametre olup bu çalışmada elde edilen hamurların kappa numaraları 15'den fazla olduğu için zor ağırtılabilir hamurlar sınıfına girmektedir (Bostancı 1987).



Şekil 1. NH₄OH-KOH hamurlarının NH₄OH ve KOH değişim oranlarına bağlı olarak elenmiş verim, kappa numarası, viskozite değerlerindeki değişim

Pişirmelerdeki KOH ve NH₄OH oranlarının, üretilen kağıt hamurlarının kappa numarası değerlerindeki değişime etkileri kıyaslanacak olursa, KOH oranının sabit %13 olduğu pişirmelerdeki NH₄OH oranında yapılan 2 birimlik artış ile kappa numarasında 8,19 birimlik azalış, KOH oranının sabit %16 olduğu pişirmelerdeki NH₄OH oranında yapılan 2 birimlik artış ile kappa numarasında 8,33 birimlik azalış gözlenmiştir. KOH artışına bağlı olarak kappa numarasında görülen azalış seyri %19 KOH oranından sonra yavaşlamaya başlamış, KOH oranının sabit %19 olduğu pişirmelerdeki NH₄OH oranında yapılan 2 birimlik artış ile kappa numarasında 1,9 birimlik azalış ve KOH oranının sabit %28 olduğu pişirmelerdeki NH₄OH oranında yapılan 2 birimlik artış ile kappa numarasında sadece 1,38 birimlik azalış görülmüştür. Pişirme çözeltilerindeki NH₄OH oranının sabit tutulup artan KOH oranına bağlı olarak kappa numarasındaki değişim gözlemlendiğinde; NH₄OH oranının sabit %15 olduğu pişirmelerdeki KOH oranında yapılan 3 birimlik artış ile kappa numarasında 9,16 birimlik azalış, NH₄OH oranının sabit %13 olduğu pişirmelerdeki KOH oranında yapılan 3 birimlik artış ile kappa numarasında 18,31 birimlik azalış olduğu görülmüştür.

Pişirme çözeltisi içerisindeki KOH ve NH₄OH oranlarının değişimi sonucu kappa numaralarında

görülen en fazla azalış, %20 alkali oranı ile üretilen hamurlarda görülmüştür. Kappa numarası artırılabilir kağıt hamurlarında 25-30, torbalık kağıt hamurunda 45-50 ve oluklu mukavva kağıt hamurunda 60-90 arasındadır (URL-1). Alkali oranı %22 ve %20 olan bütün pişirmeler içerisinde KOH oranı %19 olan pişirmelerdeki hamurların kappa numaraları torbalık kağıt hamurlarda aranılan değerleri karşıladığı görülmektedir.

Kağıt hamurlarının viskozite değeri selüloz zincirlerinin polimerizasyon derecesini ve liflere verilen kimyasal hasarı belirlemede kullanılan bir değer olmakla birlikte yüksek olması istenmektedir. Viskozite değeri yüksek kağıt hamurlarından direnç özellikleri iyi kağıt yapılabileceği anlamına gelmektedir (Tutuş ve Çiçekler 2019). Çalışmada yüksek viskozite değerlerine sahip hamurlar elde edilmiş olup, kağıtların yüksek direnç özellikleri de bu durumu desteklemektedir.

Hamurların viskozite değerleri NH₄OH ve KOH değişim oranlarına bağlı olarak değerlendirilecek olursa (Şekil 1), %20 alkali oranı ile yapılan pişirmelerde viskozite değerleri önce azalış, sonra artış ve sonra tekrar azalış göstermiş olup; %22 alkali oranı ile yapılan pişirmelerde ise önce artış, sonra azalış şeklinde değişim göstermiştir. Aynı KOH oranında yapılan pişirmelerden üretilen hamurların viskozite değerlerinde, NH₄OH oranının artışına

bağlı olarak artış görülmüştür. Amonyakın etkisi ile çözünerek siyah çözeltiye karışan lignin ile birlikte bir miktar hemiselüloz da çözünmektedir. Sulu amonyak, lignindeki C-O-C bağlarını ve ligninkarbonhidrat komplekslerindeki eter ve ester bağlarını parçalayarak lignin ile seçici olarak reaksiyona girer. Bu nedenle lignoselülozik materyalden lignin uzaklaşması sırasında sınırlı oranda karbonhidrat bozunması ve hemiselüloz kaybı gözlenir (Kim and Lee, 2007, Kim and Lee 2005; Elumalai *et al.* 2014, Jannah *et al.* 2019). Ksılan doğada en bol bulunan hemiselüloz türüdür ve tarımsal atıklarda yüksek oranda bulunur (Gírio *et al.* 2010, De Freitas *et al.* 2021). Lewin ve Roldan (1971)'a göre amonyak molekülleri kristalen

formdaki selüloza kolayca nüfuz ederek selüloz zincirleri arasındaki mesafeyi arttırır ancak selülozu çözecek kadar etkili olmaz. Viskozite değerlerinin artışı, bazı çözünen ksılanların lif yüzeyine kısmen çökmesinden veya ortamdan uzaklaşan hemiselüloz ile degradasyona uğramayan, korunan selülozun oransal olarak artışından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.2. Kâğıtların mekanik özellikleri

NH₄OH-KOH yöntemiyle üretilen kağıtların pişirme çözeltisinde kullanılan NH₄OH ve KOH oranlarının değişimlerine bağlı olarak değişen kopma, patlama ve yırtılma indisi değerleri Çizelge 4'te yer almaktadır.

Çizelge 4. Kağıdın direnç özellikleri üzerinde NH₄OH ve KOH konsantrasyonunun etkisi (AO: alkali oranı, SD: serbestlik derecesi)

Piş. No	AO (%)	KOH (%)	NH ₄ OH (%)	SD (°SR)	Kopma indisi (N.m/g)		Yırtılma indisi (mN.m ² /g)		Patlama indisi (kPa.m ² /g)	
					Ort.	Std. sp.	Ort.	Std. sp.	Ort.	Std. sp.
1	20	13	15	20,0	52,84	4,37	14,28	0,33	4,28	0,43
2	20	16	13	21,0	54,04	3,13	14,17	0,99	4,52	0,28
3	20	19	11	18,0	51,06	1,29	14,42	0,76	4,34	0,18
4	20	28	5	18,0	51,03	2,35	14,76	0,51	4,31	0,62
5	22	13	17	22,5	61,65	3,32	14,94	2,69	4,28	0,51
6	22	16	15	21,0	60,95	3,09	14,90	1,00	4,48	0,29
7	22	19	13	20,0	54,01	2,42	15,16	1,68	3,78	0,50
8	22	28	7	19,0	51,73	1,40	16,47	0,30	3,74	0,31

Çizelgedeki değerler incelenecek olursa, tüm değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Çizelge 4'deki değerler genel olarak değerlendirilecek olunursa, kâğıt hamurlarının serbestlik derecelerinin artışına bağlı olarak kopma indisi, patlama indisi değerleri giderek azalış gösterirken, yırtılma indisi değerleri giderek artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Artan alkali oranına bağlı olarak kâğıtların kopma indisi değerlerinde belirgin artış olduğu görülmüştür. Artan alkali oranına bağlı olarak patlama indisi değerleri kıyaslanacak olursa, KOH oranlarının %19 ve %28'de sabit tutulup NH₄OH oranlarında yapılan 2 birimlik artışın her iki patlama

indisi değerlerinde de yaklaşık %13 oranında azalışa neden olduğu görülmüştür. Yırtılma indisi değerlerinde artan alkali oranına bağlı olarak görülen en fazla değişim, KOH oranının %28 olarak sabit tutulduğu NH₄OH oranının 2 birimlik artışı ile üretilen 4 ve 8 numaralı hamurların kâğıtlarından yaklaşık %12 oranında bir artış elde edilmiştir.

Çizelge 5'de hammadde olarak muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kâğıtlara ait mekanik direnç özelliklerini gösteren referans değerleri ile çeşitli bitkisel saplar, yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan kraft yöntemi ile üretilen kağıtların mekanik direnç özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. Muz yalancı gövde atığından KOH-NH₄OH yöntemi ile ve bazı yaygın lignoselülozik hammaddelerden kraft yöntemi ile üretilen kağıtların mekanik direnç özelliklerinin karşılaştırılması

Hammadde türü/Yöntem	Kopma indisi (N.m/g)	Yırtılma indisi (mN.m ² /g)	Patlama indisi (kPa.m ² /g)	Kaynak
Sarıçam/Kraft	97,70	7,80	3,70	Yurdakurban ve Gençler, 2019
Titrek kavak/Kraft	74,49	3,82	2,60	Yurdakurban ve Gençler, 2019
Ticari bagas/Kraft	59,80	6,08	4,20	Nassar ve arkadaşları, 2021
İthal odun hamuru/Kraft	74,50	12,40	5,50	Nassar ve arkadaşları, 2021
Buğday samanı/Kraft	61,50	4,76	4,74	Tripathi ve arkadaşları, 2013
Bagas/Kraft	43,60	6,06	3,13	Tripathi ve arkadaşları, 2013
Muz yalancı gövde atığı/ NH ₄ OH-KOH	60,95	14,94	4,28	Tespit (6 nolu pişirme)

Çizelge 5 incelendiğinde, muz yalancı gövde atığından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların kopma indisi değeri sarıçam ve titrek kavak odunlarından kraft yöntemi ile üretilen kağıtların kopma indisi değerlerinden daha düşük olsa da diğer hammaddelerin kraft yöntemi ile üretilen kağıtlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Kraft yöntemi ile üretilen kağıtların diğer yöntemle üretilen kağıtlardan özellikle yırtılma dirençleri yönünden daha iyi olduğu için tercihen ambalaj kağıdı olarak kullanılmaktadır (Hatıl 2019). Çizelgedeki yırtılma indisi değerleri kıyaslandığında ise muz yalancı gövde atığından NH₄OH-KOH yöntemi ile çalışmamızda üretilen kağıtların en yüksek yırtılma indisi değerini verdiği görülmektedir. Çizelgedeki patlama indisi değerleri incelendiğinde ise ithal odun hamuru ve buğday samanının kraft yöntemi ile üretilmiş kağıtlarından sonra en yüksek patlama indisi değeri muz yalancı gövde atığından NH₄OH-KOH yöntemi ile çalışmamızda üretilen kağıttan elde edildiği görülmüştür.

Ambalaj sektöründe kraft yöntemi ile üretilen kağıtların kullanıldığı göz önünde bulundurulacak olunursa, muz yalancı gövde atığından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların özellikle yırtılma ve patlama indisi özellikleri bakımından ambalaj sektöründe değerlendirilebileceği öngörülmektedir. Liflerin morfolojik özelliklerinin kağıt özellikleri üzerinde önemli oranda olumlu etkisi bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin 1989). Muz yalancı gövde atığı, 2,7 mm lif uzunluğu ve 22.84 µm lif

genişliği ile kağıt üretilen çoğu hammaddeden olumlu yönde fark gösterdiği bilinmektedir (Ersoy Kalyoncu ve Ondaral 2021) Lif uzunluğu, lif özellikleri arasında en önemli parametrelerden biridir ve kağıdın çekme, patlama ve yırtılma mukavemeti özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ciolacu 2013). NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların mekanik özelliklerinin yüksek olması hammaddenin holoselüloz içeriği ile de ilişkilendirilebilir. Hammaddedeki yüksek holoselüloz içeriği, yüksek kağıt mukavemeti özellikleri ile ilişkilidir (Shakhes *et al.* 2011). Ersoy Kalyoncu ve Ondaral'ın (2021) yaptıkları çalışmada muz yalancı gövde atığının holoselüloz içeriğinin referans olarak verilen tarımsal lignoselülozik materyallerin çoğundan daha yüksek olduğu ve yapraklı ağaç (YA) odununa daha yakın değer verdiği tespit edilmişlerdir.

3.3. Kağıtların optik özellikleri

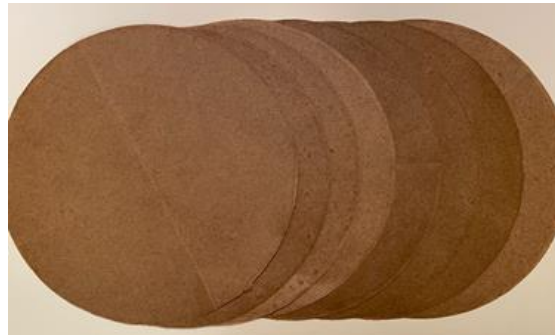
Üretilen hamurlara ait deneme kağıtlarının optik özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir. Kağıtların parlaklık değerleri kağıdın ışığı yansıtma kapasitesi, sarılık indeks değerleri ise kağıttan yansıyan sarı rengin yüzdesi olarak ifade edilir (Çetinkaya 2011). Kağıtların parlaklık özellikleri hamurların yüksek değerlerdeki kappa numaraları ile ilişkili olacak şekilde (Çizelge 3) birbirine benzer değerlerde olup oldukça düşüktür. Alkali oranının %20'den %22'ye arttırılmasıyla parlaklık değerlerinde etkili bir artış görülmemiştir.

Çizelge 6. NH₄OH- KOH yöntemi ile üretilen kâğıtların optik özellikleri

Hamur numarası	AO (%)	KOH (%)	NH ₄ OH (%)	Parlaklık (ISO) (%)	Sarılık (E313)	L*	a*	b*
1	20	13	15	12,71	47,89	49,97	5,78	13,80
2	20	16	13	12,64	48,27	50,08	5,96	13,96
3	20	19	11	12,69	46,53	51,54	5,95	13,55
4	20	28	5	15,78	45,13	54,26	5,65	13,87
5	22	13	17	12,34	47,17	49,98	5,73	13,53
6	22	16	15	12,71	46,15	50,80	5,74	13,34
7	22	19	13	13,46	46,19	50,84	5,85	13,38
8	22	28	7	16,42	43,97	55,15	5,73	13,48

NH₄OH-KOH yönteminin proses kinetiği diğer geleneksel alkali pişirme yöntemlerinden farklı sonuç göstermektedir (Huang 2007-b). Üretilen hamurların lignin içerikleri önemli ölçüde yüksek olduğu için parlaklık değerleri düşük kâğıtlar üretilmiştir. %16,42 değeri ile en yüksek parlaklık değeri ve 43,97 ile en düşük sarılık değeri %28 KOH oranı ve %7 NH₄OH oranı ile 8 numaralı pişirmeden elde edilmiştir. Kağıtların üç boyutlu renk modellemesi L^* , a^* , b^* renk değerleri ile ölçülmektedir. L^* parametresi ışıklılık olarak ifade edilmekte olup parlaklık değerleri ile bağlantılıdır. $L=0$ siyah, $L=100$ tam beyaz anlamına gelmektedir (Çetinkaya 2011). a^* parametresi kırmızı-yeşil rengi tanımlar. Pozitif a^* değerleri kırmızılığı ve negatif a^* değerleri yeşilliği gösterir. b^* parametresi sarı-mavi rengi tanımlar,

pozitif b^* değerleri sarılığı ve negatif b^* değerleri maviliği gösterir (Good 2002). Tüm kağıtlara ait pozitif a^* ve pozitif b^* değerleri artan alkali oranı ve değişen KOH ve NH₄OH oranlarına rağmen neredeyse birbirinin aynısıdır. Çalışmada üretilen test kağıtlarının optik özellikleri yazı-baskı kağıdı için istenilen özelliklerde değildir. Ambalaj sektöründe sarılık değerinin çok düşük olması ve parlaklık değerinin yüksek olması aranan bir özellik olmadığı gibi, yaygın olarak kullanılan kraft torba kağıdının koyu renkli olması, NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların kraft kağıtlarına renk benzerliği göstermesi (Şekil 2) göz önünde bulundurulduğunda, muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların bu sektörde değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

**Şekil 2.** Muz yalancı gövde atığından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen test kağıtları

4. Sonuç

Muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde artan KOH ve azalan NH₄OH oranlarına bağlı olarak hamurların

kappa numaralarının azaldığı ancak bu azalışın yeterli delignifikasyon sağlayacak şekilde olmadığı görülmüştür. Muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıt hamurlarında

her ne kadar istenilen delignifikasyon oranı sağlanamamış ve yüksek parlaklık değerlerine sahip kağıtlar üretilmemiş olursa da, üretilen kağıtların yüksek mekanik direnç özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Pişirme işleminde NH₄OH'ın daha seçici bir delignifikasyon işlemi sağladığı, sulu amonyağın etkisi ile hamurların viskozite ve verim değerlerinin korunduğu görülmüştür. Pişirme çözeltilisindeki yüksek KOH oranının delignifikasyon işleminde daha etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre muz yalancı gövde atıklarından NH₄OH-KOH yöntemi ile üretilen kağıtların ambalaj endüstrisi için uygun olabileceği öngörülmüştür.

Teşekkür

Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne laboratuvarlarında çalışma imkanı sağladığı için teşekkür ederiz. Ayrıca, Hammadde temini için Prof.Dr. Sedat Ondaral'a ve Prof.Dr. Hüseyin Kırcı'ya çalışmaya katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Açıklama

Bu makale "5. International İstanbul Scientific Research Congress, 14-15 Ağustos 2021" kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

5. Kaynaklar

Akgül, M. ve Temiz, S., 2006. Determination of kraft-NaBH₄ pulping conditions of Uludağ fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(13), 2493-2497.

ASTM E313, 2020. Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates.

Balda, S., Sharma, A., Capalash, N. ve Sharma, P., 2021. Banana fibre: a natural and sustainable bioresource for eco-friendly applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23, 1389-1401. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02041-y>

Bilek, S., Melikoğlu, A, Y. ve Cesur, S., 2019. Tarımsal atıklardan selüloz nanokristallerinin eldesi, karakteristik özellikleri ve uygulama alanları. *Akademik Gıda* 17(1), 140-148, DOI: 10.24323/akademik-gida.544980.

Biswas, D., Misbahuddin, M., Roy, U., Francis, R.C. ve Bose, S. K., 2011. Effect of additives on fiber yield improvement for kraft pulping of kadam (*Anthocephalus chinensis*). *Bioresource Technology*, 102(2), 1284-1288.

Bostancı, Ş., 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. No:14, KTÜ, Orman Fakültesi, 245-258.

Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 1989. Odunsu lifler ve tanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 39(4), 1-16.

Çetinkaya, İ., 2011. Kağıdın Fiziksel Özelliklerinin Dijital Baskı Kalitesine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 108.

Ciolacu, F., 2013. in "Pulp Production and Processing: From Papermaking to High-Tech Products", edited by Valentin I. Popa, published by De Gruyter, 217-252.

Cordeiro, N., Belgacem, M. N., Torres, I. C. ve Moura, J. C. V. P., 2004. Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. *Industrial Crops and Products*, 19(2), 147-154.

De Freitas, C., Terrone, C.C., Masarin, F., Carmona, E.C. ve Brienzo, M., 2021. In vitro study of the effect of xylooligosaccharides obtained from banana pseudostem xylan by enzymatic hydrolysis on probiotic bacteria. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 33, 101973 <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101973>.

Elumalai, S., Roa-Espinosa, A., Markley, J.L., ve Runge, T.M., 2014. Combined sodium hydroxide and ammonium hydroxide pretreatment of post-biogas digestion dairy manure fiber for cost effective cellulosic bioethanol production. *Sustainable Chem. Processes* 2, 12. doi: <https://doi.org/10.1186/2043-7129-2-12>

Farhana, B. M. P., 2015. The effect of chemical treatment on the pulp and paper properties of banana (*Musa sp.*) stem and its effect on blending with secondary fibers, Master of science, Universiti Sains Malaysia, Malaysia, 46.

Gençer, A., (2003). Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) KOH-Hava yöntemiyle kağıt Hamuru Üretimi ve Atık Suların Gübre Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 171.

Gençer, A. ve Eroğlu, H., 2017 Manufacturing of Pulp from Wheat Straw (*Triticum aestivum* L.) by KOH-Air Method. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 63-68, DOI:10.24011/barofd.322619.

- Genco, J., Busayasakul, N., Medhora, H.K. ve Robbins, W., 1990. Hemicellulose retention during kraft pulping. *Tappi Journal*, 73(4), 223-233.
- Gírio, F. M., Fonseca, C., Carvalheiro, F., Duarte, L. C. ve Marques S., 2010. *Bioresour. Technol.*, 101, 4775, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088>
- Good, H., 2002. Measurement of color in cereal products. *Cereal Foods World*, 4, 5–6.
- Goswami, T., Kalita, D. ve Rao, P.G., 2008. Greaseproof paper from Banana (*Musa Paradisica* L.) pulp fibre. *Indian journal of chemical technology*, 15, 457-461.
- Gümüşkaya, E., Serin, Z., Ondaral, S. ve Ustaömer, D., 2003. Buğday (*Triticum Aestivum* L.) sapı soda-oksijen kağıt hamurunun kimyasal ve kristal yapısı ile optik özellikler arasındaki ilişkiler. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2 (14-20).
- Huang, G., Shi X.J. ve Langrish T. A.G., 2007 (a). A new pulping process for wheat straw to reduce problems with the discharge of black liquor. *Bioresource Technology*, 98, 2829–2835.
- Huang, G., Shi J. X., Langrish ve T. A. G., 2007 (b). *Bioresour. Technol.*, 98, 1218 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.002>
- Huang, G., Zhang C. ve Fang Y., 2002. Cleaner production of wheat straw. *Journal of Process Engineering*, 2(6), 547-52.
- Huang, G., Zhang, C. ve Chen, Z., 2006. Pulping of Wheat Straw with Caustic Potash-Ammonia Aqueous Solutions and Its Kinetics. *Chinese J. Chem. Eng.*, 14(6), 729-733.
- Hussain, I. ve Tarar, O. M., 2014. Pulp and paper making by using waste banana stem. *Journal of Modern Science and Technology*, 2(2), 36-40.
- ISO/DIS 2470, 2016. Paper, Board and Pulps-measurement of Diffuse Blue Reflectance Factor (ISO Brightness).
- İstek, A., Gönteki, E., 2009. Utilization of sodium borohydride (NaBH₄) in kraft pulping process. *Journal of Environmental Biology*, 30(6) 951-953, www.jeb.co.in
- Jahan, M.S., Chowdhury, D.A.N., Islam, M.K. ve Mun, S.P., 2005. Kraft pulping of sapwood – A sawmill waste. *Journal of Korea Tappi*, 37(5), 41- 49.
- Jannah, A. M., Amalia, D.U., Hana ve N. S., 2019. Biobutanol Production from Bagasse Using Ammonia Pretreatment and Acid Hydrolysis Method. 1st International Symposium of Indonesian Chemical Engineering (ISICChem) 2018. doi:10.1088/1757-899X/543/1/012053.
- Jeenusha, K.S. ve Amritkumar, P., 2020. Production of Biodegradable Food Packaging Material from *Musa* (Banana plant) leaves by Ecofriendly methods. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)* e-ISSN: 2319-2402, p-ISSN: 2319-2399. Volume 14, Issue 4 Ser. II (April. 2020), PP 01-05, www.iosrjournals.org
- Kalyoncu, E.E. ve Ondaral, M., 2021. Muz yalancı gövde atığının kağıt hamuru ve kağıt üretimine uygunluğunun kimyasal ve morfolojik açıdan değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 22(2), 143-150.
- Khan, M. Z. H., Sarkar, M. A. R., Al Imam, F. I., Khan, M., Zaid, H., ve Malinen, R.O., 2014. Paper making from banana pseudo-Stem: characterization and comparison. *Journal of Natural Fibers*, 11, 199-211, <https://doi.org/10.1080/15440478.2013.874962>
- Kim, T. H. ve Lee, Y. Y., 2005. Pretreatment of corn stover by soaking in aqueous ammonia. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 121-124, 1119–1132.
- Kim, T. H. ve Lee, Y. Y., 2007. Pretreatment of corn stover by soaking in aqueous ammonia at moderate temperatures. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 137, 81–92.
- Kleppe, P.J., 1970. Kraft pulping. *Tappi*, 53(1), 35-47.
- Kocurek, M.J., Grace, T.M. ve Malcolm, E., 1989. Alkaline Pulping. ISBN: 0919893716, 637, TAPPI/CPPA, Atlanta.
- Li, J. ve Gellerstedt, G., 1997. The contribution to kappa number from hexenuronic acid groups in pulp xylan. *Carbohydr Res*, 302, 213–218.
- Lewin, M. ve Roldan, E.G., 1971. The Effect of Liquid Anhydrous Ammonia in the Structure and Morphology of Cotton Cellulose. *J. Polym. Sc.*, No. 36, Part C, 213-231.
- Li, K., Fu S., Zhan H., Zhan Y. ve Lucia L. A., 2010. Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem. *Bioresources*, 5(2), 576-585.
- Manish, K. ve Deepak, K., 2011. Comparative study of pulping banana stem. *International Journal of fiber & textile research*, 1(1), 1-5.

- Ortega, Z., Morón, M., Monzón, M.D., Badalló, P. ve Paz, R., 2016. Production of banana fiber yarns for technical textile reinforced composites. *Materials*, 9, 370, DOI: 10.3390/ma9050370
- Park, J. K. ve Phillips, J. A., 1988. Chem. Eng. Commun., 65,187, <https://doi.org/10.1080/00986448808940253>
- Pothan, L. A., George, C. N. ve John, M. J., 2010. Dynamic mechanical and dielectric behavior of banana-glass hybrid fiber reinforced polyester composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 1131-1145, <https://doi.org/10.1177/0731684409103075>
- Rahmati, H., Ebrahimi, P. ve Sedghi, M., 2010. Effect of cooking conditions and oxygendelignification on Bambusa tulda kraft pulping. *Indian Journal of Chemical Technology*, 17, 74- 77.
- Ramesh, M., Sri Ananda Atreya, T., Aswin, U.S., Eashwar, H. ve Deepa, C., 2014. Processing and mechanical property evaluation of banana fiber reinforced polymer composites. *Procedia Engineering*, 97, 563 – 572, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.284>
- Sakare, P., Bharimalla, A. K., Dhakane-Lad, J. ve Patil, P. G., 2020. Development of greaseproof paper from banana pseudostem fiber for packaging of butter. *J Nat Fibers*, 18, 1974–1982.
- Sarkar, A. M., Farzana, M., Rahman, M. M., Jin, Y. ve Jahan, M. S., 2021. Future cellulose based industries in bangladesh – a mini review. *Cellulose Chemical Technology*, 55 (5-6), 443-459.
- Scan Test Methods, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, s. 1486, Stockholm-Sweden.
- SCAN-CM 15:88, 1988. Viscosity in Cupri-ethylenediamine Solution, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee.
- Shakhes, J., Marandi, M.A.B., Zeinaly, F., Saraian, A. ve Saghafi, T., 2011. Tobacco residuals as promoting lignocellulosic materials for pulp and paper industry. *BioResources*, 6, 4481-4493.
- Shinagawa, S. ve Shouji, K., 1994. Effect of anthraquinone with a surfactant in kraft pulping of douglas fir. *International Pan Pacific Conference Proceedings*, 35-38, California, USA.
- Singh, L. ve Bandyopadhyay, T. K., 2013. Handmade paper from banana stem. *Int J Sci Eng Res*, 4(7), 2074-2079.
- Sözer S. ve Yıldız O., 2011. Muz serası atıkları ve sığır gübresi karışımlarından mezofilik fermentasyon sonucu üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 75-78.
- Tappi 403 om-15, 2015. Bursting Strength of paper. Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi 414 om-12, 2012. Internal Tearing Resistance of Paper (Elmendorf-type method), Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi 494 om-13, 2013. Tensile Breaking Strength and Elongation of Paper and Paperboard (using pendulum-type tester) Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi T 205 sp-12, 2018. Forming Handsheets for Physical Tests of Pulp.
- Tappi T 210 cm-86, 1991. Weighing, Sampling and Testing Pulp for Moisture, TAPPI Test Methods, Tappi Press, Atlanta.
- Tappi T 236 om-13, 2013. Kappa Number of Pulp Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta, 2.
- Tappi T 402 sp-13, 2013. Standart Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Hand Sheets and Related Products. Tappi Test Methods, Tappi Press, Atlanta.
- Tappi T 527 om-19, 2019. Color of Paper and Paperboard.
- Tripathi, S., Singh, S., Gangwar, A., Mishra, O. P., Chakrabarti, S. K., Bhardwarj, N. K. ve Varadhan, R., 2013. Blending of Banana stem with wheat straw and bagasse to enhance physical strength properties of paper. *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association* 25(2):121-125.
- Tutuş, A. ve Çiçekler, M., 2019. Kavak odunu yongalarından modifiye yöntem ile kağıt hamuru ve kağıt üretimi. *International Congress on Agriculture and Forestry Research (AGRIFOR)*, 8-10 Nisan, Marmaris/Turkey.
- Vaaler, D. A. ve Moe, S. T., 2001. Carbohydrate profiles of kraft pulps manufactured with white liquor additives. *In 11th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry*, Nice, France, 279-282.
- Yoo, C.G., Meng, X., Li, M., Pu, Y. ve Ragauskas, A.J., 2017. Effects of organosolv and ammonia pretreatments on lignin properties and its inhibition for enzymatic hydrolysis. *Green Chem.*,19(8), 2006-201
- Yurdakurban, F. ve Gençer, A., 2019. Kraft yöntemiyle aynı pişirme şartlarında sarıçam ve titrek kavak odunu

yongalarından elde edilen kâğıt hamurunun verimi ve kâğıt özelliklerinin karşılaştırılması, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 129-135. <https://doi.org/10.24011/barofd.447207>

Zhou, L., He, H., Jiang, C., Ma, L. ve Yu, P., 2014. Cellulose nanocrystals from cotton stalk for reinforcement of poly(vinyl alcohol) composites. *Cellulose Chemistry and Technology*, 51(1-2), 109- 119.

İnternet kaynakları

1-

https://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_08.04.2016_3COO.pdf (10.07.2021)