



Avokado Odununun Bazı Kimyasal ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kağıt Hamuru Üretimine Uygunluğunun Araştırılması

Gülşah ALTUNIŞIK BÜLBÜL, Ayhan GENÇER^{1*}

¹Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

Öz

Bu çalışmada avokado (*Persea americana* Mill.) odunun bazı kimyasal ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Avokado odunun temel kimyasal bileşenleri holoselüloz, α -selüloz ve lignin sırasıyla %73.29, 55.05 ve 14.85 olarak tespit edilmiştir. Sıcak su, soğuksu, alkol ve %1 NaOH çözünürlük değerleri ise sırasıyla %2.64, 1.51, 4.5, 19.75 bulunmuştur. Kağıt hamuru üretiminde, özellikle kimyasal yöntem kullanıldığında, yüksek α -selüloz ve düşük lignin oranı önemlidir. Sonuçlara göre avokado odunun kimyasal bileşenleri bakımından mevcut meyve ağaçları ve bazı yapraklı ağaç odunları ile benzer özelliklerdedir. Lignoselülozik bir hammaddeden kağıt üretiminde lif morfolojisi önemli olup, kağıdın temel sağlamlık özelliklerini belirlemektedir. Avokado odunun lifleri orta uzunlukta olup, literatürde bulunan bazı meyve ağaçları ve kağıt hamuru üretiminde kullanılan yapraklı ağaç odunlarının lifleri ile benzer özellikte olduğu görülmektedir. Buna göre avokado odunu kağıt hamuru üretiminde kullanılabilir özelliktedir.

Anahtar Kelimeler: Avokado (*Persea americana* Mill.) odunu, Morfolojik özellikler, Kimyasal özellikler, Kağıt hamuru

Determination of Some Chemical and Morphological Properties of Avocado Wood and Researching Its Suitability for Pulp Production

Abstract

In this study some chemical and morphological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) wood have been studied. The main chemical constituents of avocado wood holocellulose, α -cellulose and lignin were determined as 73.29%, 55.05 and 14.85%, respectively. High α -cellulose and low lignin ratios are important in pulp production, especially when chemical method is used. Hot water, cold water, alcohol and 1% NaOH solubility values were found to be 2.64%, 1.51, 4.5, 19.75, respectively. According to the results, avocado wood is found close to other fruit trees and some hardwood species in terms of chemical components of wood. In the production of paper from a lignocellulosic raw material, fiber morphology is important and determines the basic strength properties of the paper. The fibers of avocado wood are of medium length, and it is seen that the fibers of some fruit trees and woods used in pulp production are similar to the fibers presented in previous studies. Thus, avocado wood can be used in pulp production.

Keywords: Avocado (*Persea americana* Mill.) wood, Morphological properties, Chemical properties, Paper pulp

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ayhan GENÇER (Dr.); Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye. Tel: +90 (378) 223 5000, Fax: +90 (378) 223 5000, E-mail: ayhangencer61@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0758-5131

Geliş (Received) : 09.12.2020
Kabul (Accepted) : 16.02.2021
Basım (Published) : 15.04.2021

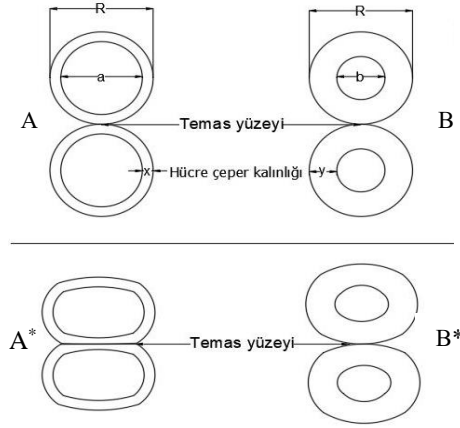
1. Giriş

Odunun yapısı karmaşık, ama birbiri ile bağlantısı olan hücre ve dokulardan oluşmuştur. Bu karmaşık yapı içerisinde bulunan hücrelerin her birinin görevi farklıdır. Ağaç, hayat faaliyetlerini bu görev bölüşümü sayesinde yerine getirirken her yıl yeni odun dokusu oluşturur. Yeni odun dokusu oluşurken kambiyum hücreleri bitkinin hayatı boyunca belirli zamanlarda bölünerek sekonder floem (kabuk) ve sekonder ksilem (odun) gövdeye ilave ederek çap yönünde büyümeyi (çap artımı) sağlar (Merev, 2003). Bu bölünme ile kambiyumda farklı hücreler meydana gelmektedir. Bunlardan, parانشim hücreleri su ve besin depolamakla görevlidir. Lifler destek elemanlarıdır ve odunun yapısına katılışı verirler. Traheitler ve traheler su iletimi ve mekanik destek elemanlarıdır. Bu hücrelerin odunda bulunuşu ve oranları, odunun yapraklı ağaç (YA) odunu veya iğne yapraklı ağaç (İYA) odunu olmasına göre değişiklik göstermektedir. Traheit ve libriform lifleri ağaç boyuna yönünde uzanmış boyları çaplarının 50-100 katı kadar uzun olan hücrelerdir. İYA traheitleri 1-11mm arasında olup, ticari önemi olan ağaçlarda 2-5 mm dir. YA libriform lifleri kısa olup, 1-2 mm civarındadır. Trahe hücreleri geniş, kısa ve ince çepelidir. Çapları 20-500 µm arasında olabilir. Boyları oldukça değişken olup geniş varyasyonludur. Parانشim hücreleri genellikle küçük olup boyları 20-200 µm arasındadır. Kağıt üretimi bakımından, bu hücreler arasında traheit ve libriform liflerinin boyutları ve oduna katılım oranları diğerlerinden daha fazla önemlidir. Çünkü, kağıt safihasının çok önemli bir kısmı İYA odunlarının traheit liflerinden, YA odunlarının libriform liflerinden oluşmaktadır (Rydholm, 1965).

Kağıt üretiminde hammadde olarak odunun, orman ağacı, meyve ağacı, çalı veya süs bitkisi olması önemli değildir. Çünkü odun oluşumu için gerekli üç ana bileşen selüloz, hemiselülozlar ve lignin odunsu bitkilerin hepsinde mevcuttur. Bu nedenle odunun yapısı hemen odunsu bitkilerin hepsinde aynı olup, sadece bazı oranlarda değişiklikler mevcuttur. Kağıt hamurunun kalitesini belirleyen faktörler odun liflerinin morfolojik özellikleri ve odunun kimyasal bileşenleridir. Başka bir ifade ile hammaddenin kaynağı değil, teknik özelliklerinin uygunluğu esastır. Ayrıca, ekonomik olarak kullanılabilmesi için yeterli miktarda olması gerekir. Bu durumda orman ağaçları ve plantasyon ormanları öne çıkmaktadır. Ancak, dünyanın artan gıda ihtiyacı dolayısıyla meyve bahçeleri profesyonel bir yaklaşımla oldukça geniş alanlara yayılmaktadır. Artan nüfusa oranla bu alanlar da artacaktır. Meyve bahçelerinde bakım ve gençleştirme aşamalarında önemli bir odun hammaddesi arzı oluşmaktadır. Bu nedenle, endüstriyel kullanımda meyve odunlarına talep artmaktadır. Örneğin, bir çalışmada 100 ha elma bahçesinde her yıl yapılan bahçe bakımından geriye kalan budama artıklarının yakılarak enerjiye dönüştürülmesi durumunda 10 yılda elde edilen toplam gelirin net bu günkü değeri (Net Present Value) €5644 olduğu belirtilmiştir (Dyjakon vd., 2020). Kayısı odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelendiği bir çalışmanın sonucuna göre mobilya üretiminde kullanılabilmesi belirtilmiştir (Çavuş, 2020). Gül odunundan yapılan bir çalışmada kimyasal özelliklerinin kağıt hamuru üretiminde kullanılan odun türlerine benzerlik gösterdiği ve lif özelliklerinin de kağıt üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Özcan ve Dönmez 2018). Diğer bir çalışmada ise biberiye saplarının kimyasal özelliklerinin YA özelliği gösterdiği ancak liflerinin kağıt üretimine uygun olmadığı ve kompozit levha üretiminde kullanılması önerilmiştir (Odabaş Serin vd., 2017). Bazı asli orman ağaçlarının lifleri, çeşitli tarım artıkları ve fındık kabuğu kullanılan bir çalışmada fındık kabuğunun MDF üretiminde alternatif hammadde olabileceği belirtilmiştir (Akgül vd., 2017). Hırnik, zeytin ve yenedünya ağaçları gövde odunlarının hava kurusu yoğunluk değerleri bakımından "ağır ağaçlar" sınıfında yer aldığı, yüksek yoğunluk değerlerine sahip her üç meyve ağacının gövde odunlarının tornacılıkta, oymacılıkta ve oyuncak üretiminde ve diğer orman endüstri sanayisinde artan hammadde ihtiyacına alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır (Topaloğlu vd., 2019).

Kağıt liflerin su maharetiyle bir elek üzerinde bir araya gelerek oluşturdukları yaş safihasının kurutulması sonucu oluşan bir malzemedir (Eroğlu, 1990). Bu safihasının oluşabilmesi ve süzülüp kurutulması için belli bir lif uzunluğu gereklidir. Kağıt sağlamlığı, özellikle yırtılma direnci liflerin kendi aralarında yaptıkları bağların sayısı ve lif uzunluğu ile doğru orantılıdır. Ancak, kağıdın sağlamlık özelliklerini sadece lif uzunluğu ile ilişkilendirmek yanıltıcı olur. Çünkü, safiha oluşumu sırasında lif genişliği ve çeper kalınlığının oransal ilişkisine bağlı olarak bağ oluşumu değişmektedir. Bu oransal ilişki kağıdın fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Kağıt formasyonu oluşturan hidrojen bağlarının oluşması için liflerin belirli bir mesafeye kadar bir birlerine yaklaşmaları şarttır. Bu durum Şekil 1'de enine kesitleri temsili olarak çizilen lif resimlerinde gösterilmiştir. Şekil 1'de aynı lif genişliğinde (R) olduğu var sayılan A ve B liflerinin lümen çapları (a, b) ve çeper kalınlıkları (x, y) farklı alınmıştır. İnce çepelri lifler (A) delignifikasyon sırasında yassılaşılarak kurdele şeklini alırken (A*) bir birine yaklaşan liflerin temas alanı artar. Buna bağlı olarak bağ sayısı ve kağıdın sağlamlığı da artmaktadır. Kalın çepelri lifler (B) ise yassılaşmayıp veya çok az yassılaşmış (B*) silindirin teğet değme noktası kadar bir bağlanma alanı oluştururlar. Bu durumda temas alanı ve bağ sayısı az olur buna bağlı olarak da kağıdın sağlamlığı azalmaktadır.



Şekil 1. Liflerin kağıt safihası oluştururken enine kesitlerindeki temasın temsili resmedilmesi

Çok ince çeperli liflerin kullanılması sonucu temas alanı ve bağ sayısı artarken çok yüksek yırtılma direnci beklenmemelidir. Çünkü yırtılma bağ sayısından bağımsız olarak çeperden olabilir. Bu durum çok kalın liflerde de yırtılma yerine çıkma şeklinde olup, yırtılma direncini düşürmektedir. Bu nedenlerle çoğunlukla liflerin morfolojik özellikleri ve kağıdın sağlamlığı arasında doğrusal bir ilişki kurulamaz. Bu nedenlerle üretilecek kağıdın özelliklerine uygun hammadde seçilmelidir. Bu yüzden mevcut potansiyel odun kaynaklarının kimyasal ve morfolojik özelliklerinin bilinmesi önemlidir.

Avokado (*Persea americana* Mill.) Lauraceae familyasına aittir. Yetiştiriciliği yapılan bakımlı bahçelerde 10-15 m boy ve 40-60 cm çap yapması meyve verimi açısından ideal kabul edilmektedir. Doğal ortamda karışık meşcerelerde 25-30 m uzunlukta olabilir. Meksika ve Orta Amerika'ya özgü bir tür olmakla beraber daha çok Akdeniz iklimi gösteren birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilen türleri mevcuttur. Ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Demirkol, 2001; Bayram vd., 2006). Hemen hemen Güney Amerika kıtasının tamamında üretimi yapılmakla beraber, İspanya, Afrika, Avustralya, Yeni Zelanda ve Küba'da geniş üretim sahaları mevcuttur (Zentymer, 1987). Avokado dal odunu hava kurusu özgül ağırlığının (0,44-0,54-0,64 g/cm³) düşükten orta yoğunluğa değiştiği belirtilmiştir (Fuentes-Talavera vd., 2011). Bu özellikteki odunlar orta yoğunlukta olup, esnek liflidirler (Kırcı, 2000) kağıt hamuru üretiminde değerlendirilebilirler. Ayrıca, bu çalışmada ülkemizde yetiştirilen çeşitli meyve ağacı odunlarının ve endüstriyel öneme sahip yaygın türlerin bazı kimyasal ve anatomik özellikleri hakkında literatür çalışması yapılmıştır. Çalışma konusu olan avokado odununun kimyasal ve morfolojik özellikleri tespit edilerek, literatürle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan odun örneği Antalya ili Gazipaşa ilçesinde 4-5 m rakımda meyve üretimi yapılan bir bahçeden sıklık bakımı sırasında, faydalı ömrünü tamamladığı için kesilen 15 yaşındaki avokado (*Persea americana* Mill.) ağaçlarının ana gövdesinden alınmıştır. Maserasyon işleminde saf su, sodyum klorit (NaClO₂) ve asetik asit (CH₃COOH) kullanılmıştır. Kalıcı preparatlar gliserin kullanılarak hazırlanmıştır.

2.2. Metot

Morfolojik ölçümlerin yapılması amacıyla kibrit çöpü ölçülerine benzer şekilde yongalanan avokado odunu örnekleri maserasyon yöntemi (Wise ve Jahn, 1952) ile bireysel lifler haline getirilmiştir. Bu liflerden rastgele örnek alınarak kalıcı preparatlar hazırlanmıştır. Işık mikroskobu altında incelen preparatlardan çekilen fotoğraflar Şekil 2'de görülmektedir. Bu preparatlardan yapılan lif ölçümlerinden avokado odununun Elastiklik Oranı, Runkel Sınıflandırması, Keçeleşme Oranı ve Katılık Katsayısı aşağıda belirtilen formüllerle hesaplanmıştır.

$$\text{Elastiklik Oranı} = (\text{Lümen Çapı} \times 100) / \text{Lif Genişliği}$$

$$\text{Runkel Sınıflandırması} = (\text{Lif çeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı}$$

$$\text{Keçeleşme Oranı} = \text{Lif Uzunluğu} / \text{Lif Genişliği} \text{ (Kırcı, 2000)}$$

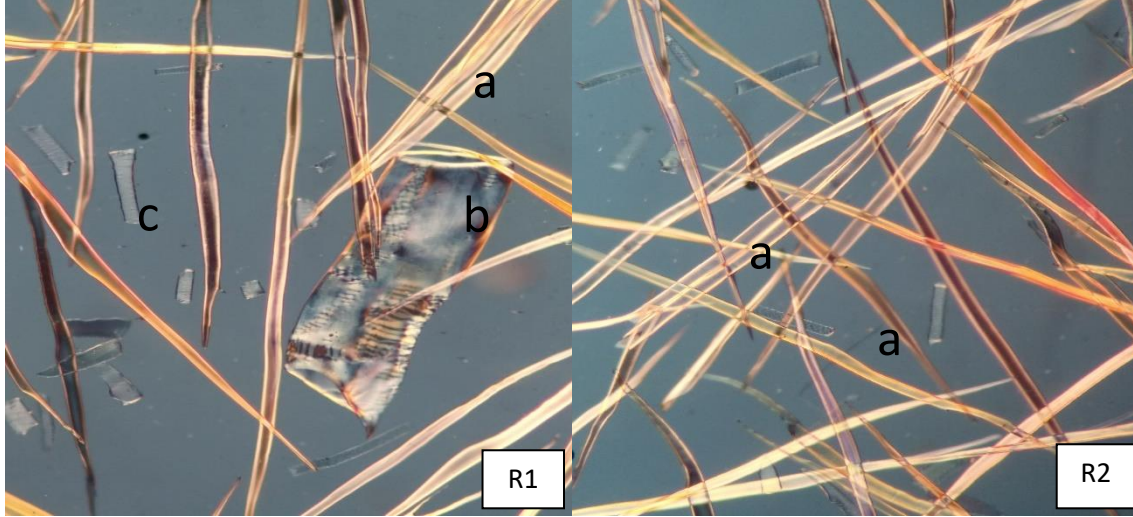
$$\text{Katılık Katsayısı} = (\text{Lif Çeper Kalınlığı} \times 100) / \text{Lif Genişliği} \text{ (Eroğlu, 2003)}$$

Kimyasal özellikleri belirlemek için odun örnekleri TAPPI T 264 cm-07 (2007)'e göre kibrit çöpü şeklinde hazırlanıp Willey değirmende odununu haline getirilmiştir. Odununu sarsıntılı elekte sırasıyla 40-60-80 mesh'lik

eleklerde elenmiş ve 60 mesh'lik elekte kalan örnekler kimyasal analizlerde kullanılmıştır. Holoselüloz tayini Klorit (Wise ve Jahn, 1952), α -selüloz tayini Rowell (2005), lignin tayini TAPPI T 222 om-02 göre % olarak hesaplanmıştır. Alkol çözünürlüğü TAPPI T 204 cm-97, soğuk ve sıcak su çözünürlükleri TAPPI T 207 cm-99 ve %1'lik NaOH çözünürlüğü TAPPI T 212 om-02 standardına göre yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Morfolojik değerlendirmede avokado odunun maserasyonundan elde edilen liflerden oluşturulan kalıcı preparatlar edilen bazı morfolojik özellikler ve bunlardan türetilen değerlerden faydalanılmıştır. Avokado odunundan elde edilen kalıcı preparatlar Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2 Avokado (*Persea americana* Mill.) odunundan hazırlanmış prepratların ışık mikroskobu yardımı ile görüntüsü (: a libriform lifi, b: Trahe hücresi, c: Parانشim hücresi, Altunışık Bülbül 2019)

Hamur kalitesine etkilerinden dolayı libriform liflerinin oduna katılma oranı önemlidir. Şekil 2 (R1-R2) de avokado odunundan rastgele hazırlanmış kalıcı preparatlardan ışık mikroskobu yardımı ile fotoğraflanmış hücreler görülmektedir. Şekilde, kağıt hamuru veriminde etkili olan libriform liflerinin sayısal çoğunluğu dikkat çekmektedir.

Tablo 1'de avokado odunun ölçülen lif boyutları ve bunlardan türetilmiş değerler görülmektedir.

Tablo 1 Avokado odununun lif boyutları ve bunlardan türetilen değerler

Lif Boyutları		Türetilen Değerler	
Lif Uzunluğu	(mm)	1,06	Elastiklik Katsayısı 63,0
Lif Genişliği	(μ m)	25,78	Katılık Katsayısı 19,0
Lümen Genişliği	(μ m)	16,18	Runkel Oranı 0,59
Çeper Kalınlığı	(μ m)	4,80	Keçeleşme Oranı 41,0

Tablo 1'de avokado odununa ait lif uzunluğu, lif genişliği lümen genişliği ve çeper kalınlığı sırasıyla 1,06 mm, 25,78, 16,18, 4,80 μ m dir. Avokado odununun Elastiklik Katsayısı, Katılık Katsayısı, Runkel Oranı ve Keçeleşme Oranı sırasıyla 63,0, 19,0, 0,59 ve 41,0 olarak belirlenmiştir. Elastiklik Katsayısı 50-75 arasında olan lifler çeper kalınlıkları biraz fazla olmasına karşın lümenleri geniş olduğundan direnç özellikleri iyi olan kâğıtlar verirler. Runkel Oranı 1'den küçük olan lifler kağıt yapımında kolayca yassılaşılarak yüksek oranda bağ alanı oluştururlar. YA odunu liflerinin Keçeleşme Oranı 70'in altındadır. Bu oranın düşmesi kağıdın direnç özelliklerinin düşmesi anlamına gelir (Kırcı,2000). Katılık katsayısının artması ile kağıdın kopma ve patlama dirençleri azalmaktadır (Eroğlu, 2003). Tablo 1'deki türetilen değerlere göre avokado odunundan düzgün yüzeyli yazı baskı kâğıtları elde edilebilir. Tablo 2'de avokado odunun lif boyutlarının bazı meyve ağaçları ve endüstriyel ağaçlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 2. Avokado odunun lif boyutlarının bazı meyve ağaçları ve endüstriyel ağaçlarla karşılaştırılması

Odun türü	Lif U. (mm)	Lif G. (µm)	Lümen G. (µm)	Çeper K. (µm)	Yöre	Kaynak
Avokado	1,06	25,78	16,18	4,80	Antalya	Tespit
Avokado	0,97	35,60	21,30	7,20	-	Silva vd., 1994
Dışbudak	1,15	24,60	14,90	3,60	-	Güler ve ark., 2012
Hırnık	0,94	16,59	6,17	5,21	Artvin	Topaloğlu vd., 2019
İncir	0,83	22,05	16,05	5,44	Aydın	Odabaş Serin ve Kılıç
İncir	0,88	20,44	16,58	3,86	K.Maraş	Penezoğlu 2020a
İncir	0,95	21,40	12,50	4,50	Batı Karadeniz	Yaman, 2014
Kara dut	1,28	23,00	14,20	3,60	Hindistan	Walia, 2013
Kayısı	0,70	12,91	5,87	3,52	Malatya	Gençer vd., 2018
Kivi	1,59	35,97	22,30	6,84	Trabzon	Yaman ve Gençer, 2005
Kızılağaç	1,20	26,46	17,32	4,57	Trabzon	Tırak Hızal ve Erdin 2016
Lemas limonu	0,75	13,74	6,36	3,69	Mersin	Tutuş vd., 2018
Nar	0,74	20,95	11,65	4,65	Antalya	Gulsoy vd., 2015
Titrek kavak	1,10	23,90	11,40	6,30	Bartın	Gulsoy ve Tüfek, 2013
Trabzon hurması	1,10	26,20	14,27	5,98	Kahramanmaraş	Tutuş ve vd., 2014
Yabani kiraz	0,96	19,35	11,26	4,04	-	Yaman, 2002
Yabani kiraz	1,10	19,70	10,43	4,64	Bartın	Gençer ve Gül Türkmen, 2016
Yaygın fındık	1,04	22,20	13,66	4,30	Bartın	Gençer ve Özgül, 2016
Yaygın fındık	1,06	23,80	14,08	4,80	-	Merev, 1998
Yenidünya	1,16	17,00	6,74	5,12	Trabzon	Topaloğlu vd., 2019
Zeytin	0,83	15,80	11,50	4,32	Aydın	Odabaş Serin ve Kılıç
Zeytin	0,78	12,30	8,17	4,12	Kahramanmaraş	Penezoğlu 2020b
Zeytin	1,11	25,12	14,36	5,38	Artvin	Topaloğlu vd., 2019
Ak meşe	1,35	18,60	7,40	5,60	Bartın	Gulsoy vd., 2005
Okalıptus	0,69	20,78	6,42	7,18	Mersin	Gürboy ve Özden 1994

U:Uzunluğu, G: Genişliği, K:Kalınlığı

Kağıt hamuru üretimi bakımından liflerin en önemli morfolojik özelliklerinden biri lif uzunluğudur. IAWA (1989)'a göre lif uzunluğu 0,90-1,60 mm arasında olan odunlar orta uzunluğa sahiptir. Avokado odunun lif uzunluğu 1,06 mm'dir ve orta uzunluktaki lif sınıfına dahildir. Bu lif grubu hem uzun lif hem kısa liflerin yerine kullanılabilirdiği için kâğıt üretimi açısından ayrı bir önem arz etmektedir. Eroğlu (1990) çok uzun liflerin kâğıt üretimi sırasında topaklanma yaptığını, çok kısa liflerin ise elekte süzülme problemine neden olduğunu belirtmiştir. Topaklanma kağıtta formasyon bozukluğuna ve homojen yapının bozulmasına sebep olur. Bu durumda kağıtta mekanik kayıplar meydana gelmektedir. Çok kısa liflerden elde edilen kağıtların ise mekanik dirençlerinin zayıf olduğu bilinmektedir. Tablo 2'deki çeşitli meyve ağaçları ve endüstriyel öneme sahip bazı ağaç türlerinin lif uzunluklarının ortalaması 1,01 olup avokado odunun lif uzunluğu ortalama değere yakın olması dikkat çekmektedir. Bu durumda avokado odunu morfolojik kağıt üretimi bakımından Tablo 2'deki türler ile rekabet edebilir. Tablo 3'te avokado odunun bazı kimyasal bileşenleri ve çözünürlük oranları görülmektedir.

Tablo 3. Avokado odunun kimyasal bileşenleri ve bazı çözünürlük değerleri

Kimyasal Bileşenler (%)		Çözünürlük Değerleri (%)	
Holoselüloz	73,29	Sıcak su	2,64
Hemiselülozlar	15,12	Soğuk su	1,51
α -selüloz	55,05	Alkol	4,50
Lignin	14,85	%1 NaOH	19,75

Odunun temel bileşenlerini holoselüloz ve lignin oluşturmaktadır. Holoselüloz, odundan ligninin uzaklaştırılmasından sonra geriye kalan toplam karbonhidrattır. Kimyasal yöntemle üretilmiş bir hamurdan elde edilen kağıdın en önemli bileşeni α -selülozdur. Kullanılan kağıt hamuru yöntemine ve bu yöntemdeki pişirme

şartlarına göre hamurda kalan karbonhidrat miktarı değişmektedir (Casey, 1960). Kimyasal yöntemlerde kağıt hamuru üretiminde α -selüloz oranı yüksek türler kullanılması hamur verimini de arttırmaktadır.

Lignin odunun temel bileşenlerinden biridir. Ancak, yapısı YA ve İYA da farklı olmakla birlikte, aynı ağaç türünde de izole edildiği yonteme göre farklılıklar göstermektedir. Odun hücrelerini birbirine bağlayan orta lamel ve primer çeperin ana bağlayıcı maddesidir. Lignin orta lamelde mikrofibrilleri içinde barındırırken, ağırlıkça orta lamelin %71 ini oluşturur. Buradan fibrillerin içine doğru penetre olarak primer çeperden sekonder tabakada miseller arası boşlukları doldurarak S1-S2-S3 tabakasına doğru oransal olarak azalarak yayılır (Casey, 1960). Lignin, liflerin birbirine bağlanarak odunu oluşturmasında çimento görevi yapmaktadır. Odunun lignin oranı yükseldikçe kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde delignifikasyon işleminde kimyasal madde sarfiyatı da yükselmektedir. Avokado oduna ait holoselüloz, α -selüloz ve lignin oranları, ekstraktif madde ve %1 NaOH çözünürlüğü literatürdeki bazı meyve ağaçları ve endüstriyel ağaçlarla karşılaştırılarak Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Avokado odunun bazı kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerlerinin bazı meyve ağaçları ve endüstriyel ağaçlarla karşılaştırılması

Odun türü	H (%)	α -selüloz /selüloz*	Lignin (%)	E. (%)	%1 A.Ç.	Yöre	Kaynak
Avokado	73,29	55,05	14,85	4,51	19,75	Antalya	Tespit
Ak meşe	68,00	42,40*	24,50	6,60	22,30	Bartın	Gülsoy vd., 2005
Ak dut	85,90	53,08*	21,30	11,1	14,80	Ankara	Gündüz vd., 2009
Armut	76,10	37,90	22,80	-	-	Karabük	Tümen, 1999
Ceviz	-	40,80*	29,10	4,40	-	-	As vd., 2001
Elma	71,00	-	29,00	3,23	33,61	Isparta	Şahin ve Arslan, 2013
İğde ^o	81,50	51,30	23,05	39,5	14,40	Balıkesir	Akgül ve Akça, 2014 ^o
İncir	72,20	38,47	22,71	1,00	19,62	Aydın	Odabaş Serin ve Kılıç
İncir	64,43	41,78	16,18	7,92	24,53	Kahramanmaraş	Penezoğlu, 2020a
Kara dut	69,15	45,00	21,42	2,60	18,00	Hindistan	Walia, 2013
Kayısı	80,06	49,50*	30,03	5,88	27,40	Malatya	Tutuş vd., 2016a
Kayısı	79,50	42,33	16,43	9,32	-	Malatya	Gençer vd., 2018
Kiwi	-	38,38*	26,27	6,24	41,62	Karadeniz	Nemli, 2003
Lemas limonu	83,17	47,36	23,92	1,23	14,40	Mersin	Tutuş vd., 2016b
Nar	73,50	39,92	25,90	2,53	-	Antalya	Gulsoy ve ark., 2015
Portakal	80,50	50,70	20,80	13,7	14,30	Mersin	Kesik vd., 2017
Söğüt	89,20	49,00*	23,20	3,20	-	-	As vd., 2001
Titrek kavak	82,68	49,03	16,69	3,22	15,34	Bartın	Gülsoy vd., 2013
Trabzon hurması	70,80	36,45	29,82	-	13,27	Kahramanmaraş	Tutuş vd., 2014
Turunç	81,18	48,84	19,73	7,94	14,92	Akdeniz	Tutuş vd., 2016
Yabani kiraz	77,20	39,65	17,00	8,55	25,15	Bartın	Gençer ve Gül Türkmen, 2016
Yaygın fındık	82,07	41,33	15,89	2,83	18,48	Bartın	Gençer ve Özgül, 2016
Zeytin	70,40	39,80	25,00	4,88	20,40	Aydın	Odabaş Serin ve Kılıç
Zeytin	58,60	36,00	25,30	17,0	28,30	Kahramanmaraş	Penezoğlu, 2020b

H: Holoselüloz, E: Ekstraktif madde, %1 A.Ç.: %1 NaOH Çözünürlüğü, (°): Kaynağında alt-üst değer şeklinde yazılmış olup burada aritmetik ortalama hesaplanarak yazılmıştır. Not: Bu çalışmada ekstraktif madde miktarı alkol çözünürlüğü ile tayin edilmiştir. Ekstraktif madde tayininde Tablo 4’teki kaynaklardan bazıları alkol bazıları ise farklı çözücüler kullanmış olup, tabloda belirtilmemiştir.

Tablo 4’te yer alan meyve ağaçları ve endüstriyel kullanımı yaygın olan bazı türlerle karşılaştırıldığında avokado odunun α -selüloz oranı en yüksek, lignin oranı en düşük değeri almaktadır. Kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde α -selüloz oranı yüksek olması hamur verimine olumlu katkı sağlamaktadır. Lignin oranının düşük olması kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde delignifikasyon işleminde kimyasal madde tüketimi ve enerji sarfiyatı bakımından bir avantajdır. Bu özellikleri ile avokado odunu kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretimine uygundur.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada avokado odununun bazı morfolojik ve kimyasal özellikleri belirlenerek, kağıt hamuru üretimine uygunluğu hakkında ön fikir edinilmeye çalışılmıştır. Sonuçların karşılaştırılması için diğer meyve ağaçları odunlarının bazı kimyasal ve morfolojik özellikleri literatürden alınarak bir araya getirilmiştir. Yararlanılan kaynaklar ve avokado odununun kimyasal ve morfolojik yönden orman endüstrisinde kullanılan okaliptüs, titrek kavak, ak meşe ve söğüt gibi yaygın kullanılan ağaçların odunları ile benzer özellikte olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde yapraklı ağaç ormanları karışık meşçerelerden oluşmaktadır. Yapacak odun dışında kalan kısım tasnif edilmeden karışık olarak ster yapılarak satılır. Kağıt fabrikaları tarafından satın alınan yapraklı ağaç odunları kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde yongalanarak karışık halde pişirilmektedir. Bu kati bir zorunluluktan değil, tür tasnifinin ekonomik olmadığından kaynaklanmaktadır. Zaman içerisinde fabrikalarda deneyim kazanılarak hangi türlerin bir arada pişirilmesinin uygun olacağı belirlenmekte ve hazırlanan pişirme cetvelleri sayesinde önemli bir sorun yaşanmamaktadır. Aynı türden meyve bahçelerinin budama artıkları ve/veya kesilen yaşlı bireylerden elde edilen odun miktarı tek başına bir kağıt fabrikasının hammadde ihtiyacını karşılamayabilir. Bu nedenle yapraklı ağaç odunları ve/veya diğer değişik meyve ağacı odunlarının kağıt hamuru üretiminde bir arada pişirilmesi gerekebilir. Değişik meyve türlerinin kimyasal ve morfolojik özelliklerinin önceden bilinmesi karışık pişirilmeleri durumunda hangi türlerin bir arada kullanılabileceği hakkında ön bilgi verecektir. Özellikle lignin oranı çok yüksek türlerle düşük olanlar bir arada kullanılırsa, düşük olana göre pişirme şartı ayarı yapılması durumunda yüksek olan yongalar liflenmez bu durumda pişmemiş yongalar nedeni ile veya lignin oranı düşük yongaların aşırı pişmesi ile elenmiş verimi düşer. Öngörülen bu olumsuzluklarla karşılaşmamak için bu literatür bilgilerinin ortaya konulması önemlidir. Hammadde arzı değerlendirilerek Tablo 4 deki ağaç türü odunlarının lignin oranı birbirine yakın olanların bir arada pişirmeleri uygun olabilir. Ayrıca, bu çalışmalar sayesinde morfolojik özellikleri birbirine benzer olan türlerin de bir arada pişirme imkanı doğacaktır. Bu yolla farklı ağaç türlerinin odunlarından benzer özelliklerde hamur elde etme imkanı olacaktır. Bundan sonra yapılan çalışmalarda meyve ağaçlarının kağıt hamuru üretiminde pişirme tablolarının oluşturulmasının kullanıcılar için faydalı olacağı kanaatindeyiz.

Teşekkür

Fotoğrafların çekimindeki katkılarından dolayı; Prof. Dr. Barbaros YAMAN'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. **Akgül, M., Akça, M. (2014).** İğde ağacı odunu (*Elaeagnus angustifolia* L.) ve kabuğunun kimyasal analizi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 568-573, 22-24 Ekim 2014, Isparta.
2. **Akgül, M., Uner, B., Çamlıbel, O., Ayata, Ü. (2017).** Manufacture of Medium Density of Fiberboard (MDF) Panels from Agribased Lignocellulosic Biomass, *Wood Research*, 62(4), 615-624.
3. **As, N., Koç, K. H., Doğu, A. D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, E. S. (2001).** Türkiye'de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 71-88.
4. **Bayram, S., Arslan, M. A., Turgutoğlu, E. (2006).** Türkiye'de Avokado Yetiştiriciliğinin Gelişimi, Önemi ve Önerilen Bazı Çeşitler, *DERİM*, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, *TAGEM JOURNALS*, 23 (2), 1-13.
5. **Casey, J. P. (1960).** *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, Vol. 1, Second Edition. Wiley Interscience Publisher Inc., New York, 580 pages.
6. **Çavuş, V. (2020).** Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Apricot Wood (*Prunus armeniaca* L.), *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 457-464, DOI: 10.24011/barofd.729707
7. **Demirkol, A. (2001).** Bazı Avokado Çeşitlerinin Antalya Koşullarında Gösterdiği Ağaç Özellikleri ve İklim Koşullarından Etkilenme Durumları, *BAHÇE*, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 30 (1), 95 – 07, ISSN 1300-8943,
8. **Dyjakon, A., den Boer, J., Gebresenbet, G., Bosona, T., Adamczyk, F., (2020).** Economic analysis of the collection and transportation of pruned branches from orchards for energy production, *DREWNO*, Vol:63,125-140.
9. **Eroğlu, H. (1990).** *Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2.Baskı, Yayın No:90, Trabzon. 623 s
10. **Eroğlu, H. (2003).** *Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği Ders Notları*, ZKÜ BOF Üniversite Yayın No:27, Fakülte Yayın No:13, 144s.
11. **Fuentes-Talavera, F.J., Silva-Guzmán, J.A., Rodríguez-Anda, R., Lomeli-Ramírez, M.G., Sanjuán-Deñas y H.G. (2011).** Richter Strength properties and natural durability of Avocado (*Persea americana*

- Mill.) branch wood, Madera y Bosques 17(1), 37-47. (F.J. Fuentes-Talavera1, J.A. Silva-Guzmán, R. Rodríguez-Anda, M.G. Lomeli-Ramírez, R. Sanjuán-Dueñas y H.G. Richter)
12. **Gençer, A. (2015).** The utilization of Kiwi (*Actinidia deliciosa*) pruning waste for kraft paper production and the effect of the bark on paper properties. *DREWNO* 58(194) DOI: 10.12841/wood.1644-3985.084.08
 13. **Gençer, A., Aksoy, H. (2017).** Yabani kızılçık (*Cornus australis* L.) odunundan kâğıt üretimi ve kabuğun kâğıt özelliklerine etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 186-191.
 14. **Gençer, A., Gül Türkmen, H. (2016).** Yabani Kiraz Diri Odunu ve Öz Odunundan Kağıt Üretim Şartlarının Belirlenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 18(1), 23-31.
 15. **Gençer, A., Özgül, U. (2016).** Utilization of common hazelnut (*Corylus avellana* L.) prunings for pulp production. *Drvna industrija* 67(2), 157-162.
 16. **Gençer, A., Özgül, U. (2015).** Yaygın fındık (*Corylus avellana* L.) odunundan soda yöntemi ile kâğıt hamuru üretim parametrelerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2), 159-163.
 17. **Gençer, A., Şirin, G., Gül, H., Özgül, U. (2013).** Determination of the Product Conditions of Pulp and Paper From White Mulberry (*Morus alba* L.) by Kraft Method, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 15, Sayı: 1-2, ISSN: 1302-0943, EISSN: 1308-5875.
 18. **Gençer, A., Özgül, U., Onat, S. M., Gündüz, G., Yaman, B., Yazıcı, H. (2018).** Chemical and morphological properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 20(2), 205-209.
 19. **Gulsoy, S. K., Tufek, S. (2013).** Effect of mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on kraft pulp and paper properties, *Ind. Eng. Chem. Res.* 52(6), 2304-2308.
 20. **Güler, C., Şahin, H.İ., Çiçek, E. (2012).** Farklı Dikim Aralıklarında Yetişen Dar Yapraklı Dişbudak (*Fraxinus angustifolia*) Odunlarının Bazı Anatomik ve Morfolojik Özellikleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 35-40.
 21. **Gülsoy S K, Kılıç Pekgözlü A., Aktaş, A. C. (2015).** Utilization of the pomegranate tree (*Punica granatum* L.) in the paper industry, *Turk J Agric For* 39: 295-299 © TÜBİTAK doi:10.3906/tar-1404-105.
 22. **Gülsoy, S K., Eroğlu, H., Merve, N. (2005).** Chemical and Wood Anatomical Properties of Tumorous Wood in a Turkish White Oak (*Quercus robur subsp. robur*) *IWA Journal*, Vol. 26 (4), 2005: 469-476
 23. **Gündüz, G., Yıldırım, N., Şirin, G. Onat, S. M. (2009).** Ak Dut Ağacının Anatomik, Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(1), 131-149.
 24. **Gürboy B., Özden, Ö. (1994).** *E. camaldulensis* ve *E. grandis* Odununun Hacim-Ağırlık Değerleri Ve Lif Morfolojisi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt volüm 44, sayı 1, 101-109
 25. **IWA Committee (1989).** IWA list of microscopic features for hardwood identification *IWA Bulletin* n.s., 10, 219-332.
 26. **Kesik, H. İ., Kaymakçı, A., Olgun, Ç., Çağatay, K., Tor, Ö. (2017).** Portakal (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck) Odununun Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri, *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmalar Sempozyumu*, 1627-1633, 10-12 Nisan, 2017.
 27. **Kırcı, H. (2000).** *Kâğıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No:63, Trabzon, 274s.
 28. **Merve, N. (1998).** *Odun Anatomisi Cilt 1A. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Angiospermae Taksonlarının Odun Anatomisi*. Genel Yayın NO: 189, Fakülte Yayın No.: 27, KTÜ, Trabzon. 396 sayfa.
 29. **Merve, N. (2003).** *Odun Anatomisi*. KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No:209, Fakülte Yayın No:31, Trabzon, 246 sayfa.
 30. **Nemli, G., Kırcı, H., Serdar, B., Ay, N. (2003).** Suitability of kiwi (*Actinidia sinensis* Planch.) prunings for particleboard manufacturing, *Industrial Crops and Products*, 17, 39-46.
 31. **Odabaş Serin, Z., Ateş, N., Cavunt, A. (2017).** Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) saplarının kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygunluğunun değerlendirilmesi, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 18(2), 155-159.
 32. **Odabaş Serin, Z., Kılıç Penezoğlu, M. (2020b).** Aydın ve Kahramanmaraş'ta Yetişen Zeytin (*Olea europaea* L.) Odunun Bazı Özellikleri, *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 396-407.
 33. **OdabaşSerin, Z., Kılıç Penezoğlu, M. (2020a).** İncir (*Ficus carica*) Odunun Kimyasal, Fiziksel ve Morfolojik Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 843-849.
 34. **Özcan, K., Dönmez, İ.E. (2018).** Isparta Güneykent bölgesinde yetişen gül odununun (*Rosa damascena* Mill.) kimyasal bileşimi ve lif özellikleri, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19(4), 442-446.
 35. **Rowell, R.M. (2013).** *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Second Edition, Ed. Rowell, R.M., Peterson R., Tshabalala, M.A., CRC press, USA. 33-74
 36. **Rydholm, S. A. (1965).** *Pulping processes*. Vol. 1, 1st Ed., Interscience Publishers, California, 1269 pages.
 37. **Şahin, H.T., Arslan, M.B. (2013).** Properties of Orchard Pruning and Suitability for Composite Production, *Science and Engineering of Composite Materials*, 20(4), 337-342.
 38. **TAPPI T 203 cm-99 (1999).** Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp. Atlanta, GA, USA.
 39. **TAPPI T 204 cm-97 (1997).** Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, GA, USA.
 40. **TAPPI T 207 cm-99 (1999).** Water solubility of wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.

41. **TAPPI T 212om-12 (2012)**. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
42. **TAPPI T 222 om-02 (2002)**. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
43. **TAPPI T 264 cm-07 (2007)**. Preparation of wood for chemical analysis, Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
44. **Tırak Hızal, K., Erdin, N. (2016)**. Radial Variation of Annual Ring Width and Fiber Dimensions from Natural and Plantation Trees of Alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertner) Wood, *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 12(2),1-12.
45. **Topaloğlu, E., Öztürk, M., Ustaömer, D., Serdar, B. (2019)**. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Bazı Meyve Ağaçlarının Odun Anatomisi Özellikleri ve Kağıt Üretimi açısından Değerlendirilmesi, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (2), 142-151.
46. **Topaloğlu, E., Ustaömer, D. (2020)**. Bazı Meyve Ağaçları Gövde Odunlarının Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özelliklerinin Araştırılması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 123-136.
47. **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.
48. **Tutuş, A., Çiçekler, M., Ayaz, A. (2016a)**. Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilmesi, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 61-67.
49. **Tutuş, A., Çiçekler, M., Küçükbey, N. (2016b)**. Pulp and paper production from bitter orange (*Citrus aurantium* L.) woods with soda method. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1):14-18.
50. **Tutuş, A., Çiçekler, M., Bektaş, İ., Odabaş-Serin, Z., Özdemir, F. (2018)**. Investigation of the chemical morphological properties of lamas lemon tree wood growing in the Erdemli, *Proceedings Book of International Erdemli Symposium*, 19-21 April 2018, 894- 899, Erdemli-Mersin, Turkey.
51. **Tümen, İ. (1999)**. Armut Ağacının Fiziksel, Anatomik ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış) ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 84 s.
52. **Vargas, R., J.R. Sanjuán, D., J.A. Silva G., J. Rivera P., F.J. Fuentes T., Richter, H.G. (2006)**. Properties of bleached pulp sheets of avocado wood (*Persea americana* Mill.) pulped by Kraft and Soda processes, *Madera y Bosques* 12(1), 29-36.
53. **Walia, Y.K. (2013)**. Chemical and Physical analysis of *Morus nigra* (Black Mulberry) for its pulpability, *Asian J. of Adv. Basic Sci.:* 1(1), 40-44.
54. **Wise, L.E., Jahn, E.C. (1952)**. *Wood Chemistry*. 2nd Edition, Vol 1-2, Reinhold Publication Co. New York, U.S.A, 1330 pages.
55. **Yaman, B. (2002)**. Türkiye'nin Euro-Siberian (Euxine) Bölgesi'nde Doğal Olarak Yetişen Yabancı Kiraz (*Cerasus aveum* (L.) Moench)'ın Morfolojik, Anatomik ve Palinolojik Özellikleri, Doktora Tezi (yayımlanmamış), ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 133 s.
56. **Yaman, B. (2014)**. Anatomical differences between stem and branch wood of *Ficus carica* L. subsp. carica. *Modern Phytomorphology*.
57. **Yaman, B., Gençer, A. (2005)**. Trabzon Koşullarında Yetiştirilen Kivi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson)'nin Lif Morfolojisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 2, 149-155.
58. **Zentymer, G.A. (1987)**. Avocados around the World. *Avocado Society Yearbook*, 71: 63-77.