

Karaçamın Yaşına Bağlı Olarak Lif ve Kağıt Özelliklerinin Değişimi

*Abdullah İSTEK, Hüdaverdi EROĞLU, Sezgin Koray GÜLSOY

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Böl. 74100, Bartın

*Sorumlu Yazar: aistek@karaelmas.edu.tr

Geliş Tarihi: 22.04.2008

Özet

Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* var. *yaltırıkiana*) odununun lifsel özelliklerinden traheid uzunluğu, traheid çapı, lümen genişliği ve çift çeper kalınlığının ağaç yaşına göre değişimi incelenmiştir. Aynı zamanda, lifsel özelliklerin kâğıtçılık açısından değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerden elastiklik oranı, keçeleşme oranı, runkel sınıflandırması, rijidite katsayısı, Muhlstep sınıflaması ve F faktörü değerleri hesaplanmıştır. 149 yaşındaki ağacın morfolojik özellikleri 90 yaşına kadar iyileştiği ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu yaştan sonraki artışların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Kâğıtçılık açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda ağaç yaşı artıkça bu liflerden elde edilecek kâğıtların direnç özelliklerinin daha iyi olacağı, ancak kâğıt formasyonunun ve homojenliğinin düşebileceği anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Pinus nigra* Arn., Camiyanı karaçamı, Karaçam, Lif morfolojisi, Yıllık halka, Kağıt özellikleri, Ağaç yaşı

Fiber and Paper Properties Changes in Relation to age of Black Pine

Abstract

In this study, among the morphological properties of the Anadolu black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* var. *yaltırıkiana*) tracheid length, tracheid diameter, lumen length and double wall thickness were investigated depending on its age. In order to determine the importance of the fiber properties according to the age of the tree in terms of papermaking; elasticity ratio, felting ratio, runkel classification, rigidity coefficient, Muhlstep classification and F factor were calculated. As a result, it was determined that fiber length of the *P.nigra* increases from the pith towards to the bark depending on the age and this increase was significant statistically. Morphological characteristics of the Anadolu black pine are similar to those of softwood fibers. It's obvious that as the age of the wood increases, on the other hand, it is understood that paper formation and homogeneity of paper may be diminished.

Key words: *Pinus nigra* Arnold., Camiyanı black pine, Black pine, Fiber morphology, Annual ring, Paper properties, Tree age

Giriş

Karaçam 30 m boylanabilen silindirik ve düzgün gövdeli birinci sınıf bir orman ağacı olup, Anadolu'da dört farklı varyetesi bulunmaktadır. Bu çalışmada Zonguldak Yenice-Geyikböğüren, ve Sinop Boyabat Karageriş bölgelerinde lokal olarak yetişen *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* var. *yaltırıkiana* kullanılmıştır. Bu varyete Camiyanı karaçamı olarak da bilinmektedir (Alptekin, 1986). Türkiye'ye özgü endemik bir tür olan Camiyanı karaçamın diri odunu sarımsı-kırmızı-beyaz, öz odunu kırmızımsı renkte ve yıllık halka sınırları belirgindir. Traheid hücreleri ilkbahar odununda kare ve köşeli, yaz odununda ise yuvarlak, oval ve dikdörtgen şeklindedir. Boyuna reçine kanalları yaz odununda yer alıp çevresi ince epitel hücrelerle çevrilidir (Gündüz ve ark., 2007).

Odun liflerinin boyutsal özellikleri ağacın yaşına, cinsine, yetişme yeri koşullarına ve iklime göre büyük değişiklikler göstermektedir. Aynı ağaç türü içinde normal odun-reaksiyon odunu, genç-yaşlı odun, ilkbahar-yaz odunu gibi kısımlar arasında lif özellikleri bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır (Kırcı, 2000). Liflerin morfolojik özelliklerden lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı, lif çeper alanı ve lif enine kesit alanının farklı şekillerde birbirine oranı liflerin kâğıtçılık yönüyle uygunluğu hakkında bir ön fikir vermektedir. Bu verilerden yararlanılarak liflerin keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı, Runkel sınıflaması, F faktörü ve Muhlstep oranı hesaplanmaktadır (Bostancı, 1987; Dinwoodie, 1965).

Kâğıt hamurları uzun lifli ve kısa lifli hamurlar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

Uzun lifli hamurların kağıdın direnç özelliklerini olumlu yönde etkilemekle beraber, formasyon bozukluklarına neden olabileceği belirtilmektedir. Bununla beraber, kısa lifli hamurlarda formasyonun iyi kâğıtlar verdiği vurgulanmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004). Lif uzunluğu ve hamur konsantrasyonu aynı kalmak şartıyla lif kabalığı arttıkça kâğıdın homojenliği azalmaktadır (Kerekes and Schell, 1995). Kâğıt direnci bireysel lif direnci ile lifler arası bağ direncine bağlıdır. Lif çeper kalınlığı bireysel liflerin sağlamlığı üzerine etkilidir. Lif uzunluğu ise lifler arası (lif-lif) bağ direncini artırmaktadır. Lif yüzey alanının artması ise iç bağlanma direncini artırmaktadır. Lifler arası bağdaki artış elde edilecek olan kâğıdın yoğunluğunu artırmakta, su alma ve şişme değerlerini iyileştirmektedir (Biermann, 1996). Lif uzunluğu artması kâğıdın patlama, kopma ve yırtılma direncilerini artırmaktadır (Horn and Setterholm, 1990).

Yapılan birçok araştırmada kâğıdın direnç özelliklerini etkileyen faktörlerin başında lif uzunluğunun geldiği belirtilmektedir. Dolayısıyla, iğne yapraklı odun liflerinin yapraklı odun liflerine göre daha sağlam kâğıtlar verdiği vurgulanmaktadır (Horn, 1973). Kâğıt üretiminde kullanılan liflerin yoğunluğu, uzunluğu ve direnci kâğıdın fiziksel özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir. Lif yoğunluğu hamur verimi üzerinde etkili olurken, lif kabalığı kâğıdın özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Kalın çeperli lifler daha yoğun olduğundan hamur verimi yüksek olup, opak, kaba ve hacimli kâğıtlar verirler. Yırtılma dirençleri yüksektir. Ancak, kâğıt yapımı sırasında iyi ezilmediklerinden lifler arası zayıf bağ oluşturmaları nedeniyle patlama, kopma ve katlama dayanımları oldukça düşük kâğıtlar vermektedir (Panshin and De Zeeuw, 1980). Kalın çeperli liflerden üretilen kâğıtlar hacimli, kaba yüzeyli ve porozitesi yüksektir. Buna karşın, ince çeperli liflerden üretilen kâğıtlar daha yoğun ve düzgün yüzeylidir. Geniş lümenli liflerin geçirgenlikleri yüksek olması nedeniyle, bu liflerin hamurları daha kolay dövülecektir (Eroğlu, 2003).

Bu çalışmanın amacı, karaçam odununun lifsel özellikleri ile ağaç yaşının ilişkisini

belirlemek ve bu ilişkinin kâğıt özelliklerine etkisini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* var. *yaltirikiana*) odun örnekleri Karabük Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Yenice Orman İşletme Şefliği'nden temin edilmiştir. Bölgenin rakımı 1300 olup, alınan örnek bölgenin iklim, toprak, yükselti ve ağaç özelliklerini temsil edecek şekilde seçilmiştir. 70 cm çapında ve 149 yıllık halkaya sahip olan ağaç örneğinden 1.30 cm yüksekliğinden 1 m ara ile 3 tekerlek alınmıştır. Bu tekerleklerin özden kabuğa doğru 1., 15., 30., 45., 60., 75., 89., (öz-diri odun sınırı) 90., 109., 130., 146. yıllık halkalar titiz bir şekilde birbirinden ayrılmıştır. Elde edilen kısımlar kibrit çöpü büyüklüğünde parçalanarak deney örnekleri hazırlanmıştır.

Yöntem

Camıyanı karaçamı odununun yıllık halkaları sayılarak ölçümlerin yapılacağı yıllık halkalar numaralandırılmıştır. İnceleme yapılacak yıllık halkalar dikkatli bir şekilde birbirinden ayrılmıştır. Liflendirme işlemi klorit yöntemi ile yapılmıştır (Wise and Jahn, 1952). Lifler iyice yıkandıktan sonra mikserle 3 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen lif süspansiyonu buchner hunisinde filtre kâğıdıyla süzülerek filtre kâğıdı üzerinde kalan lifler küçük tüplere alınarak üzerlerine gliserin ilave edilerek koruma altına alınmıştır.

Morfolojik özellikler mikrometre taksimatlı oküleri bulunan Olympus CX21 ışık mikroskobu kullanılarak ölçülmüştür. Lif uzunluğu ve trahe uzunluğu X10'luk objektifte, lif genişliği, lümen genişliği ve çift çeper kalınlığı ise X40'luk objektifte ölçülmüştür. Her bir yıllık halkanın lifsel özelliklerini belirlemek için 100'er adet lif uzunluğu ölçülerek ortalaması alınmış, 50'şer adet de diğer özellikler için ölçüm yapılarak ortalama değerleri verilmiştir. Morfolojik özelliklerin kâğıt yapımına uygunluğunu belirlemek amacıyla kullanılan ölçütler aşağıdaki gibidir.

Elastiklik oranı: (Lümen çapı/lif genişliği) x 100

Keçeleşme oranı: Lif Uzunluğu/Lif genişliği

Runkel sınıflaması: Lif Çeper Kalınlığı/Lümen Çapı

Rijidite (katılık katsayısı): (Hücre Çeper Kalınlığı/Lif Çapı)x100

F faktörü: (Lif Uzunluğu/Hücre Çeper Kalınlığı) x 100

Muhlstep Sınıflaması: (Hücre Çeper Alanı/Lif Enine Kesit Alanı)x100

Elde edilen verilerin varyans analizi yapılarak ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Karaçam odun liflerin morfolojik özelliklerini ile ağaç yaşı arasındaki ilişkinin 0,95 (P<0.05) güvenle anlamlı olup olmadığını belirlemek için Tukey testi yapılmıştır.

Bulgular ve Değerlendirme

Karaçamı odununun lifsel özellikler ile ağaç yaşı arasındaki ilişkileri gösteren veriler Tablo 1’de görülmektedir. Tablo 1’de görüldüğü gibi karaçam odununun en kısa lif 1. yıllık halkada 1,05 mm, en uzun lif ise 109. yıllık halkada 4,73 mm olarak tespit edilmiştir. 89. yıllık halkaya kadar traheid lif uzunluğunun arttığı, bu yaştan sonra meydana gelen artışların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Ortalama traheid genişliği 46,11 µm olarak tespit edilmiştir. Ağaç yaşının artmasıyla traheid genişliği arttığı, bu artışların 45. yıllık halkadan sonra istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. En geniş traheid 90. yıllık halkada 52,60 µm, en dar traheid ise 1. yıllık halkada 18,30 µm bulunmuştur.

Tablo 1. Karaçam odununun lifsel özelliklerinin yaşa bağlı değişimi

Yıllık Halkalar	Traheid Uzunluğu (mm)	Traheid Genişliği (µm)	Lümen Çapı (µm)	Çift Çeper Kalınlığı (µm)
1.	1,05±0,32 ^a	18,30±4,6 ^a	11,70±3,4 ^a	6,60±1,5 ^a
15.	2,75±0,35 ^b	36,50±9,0 ^b	27,20±5,6 ^b	9,30±2,5 ^b
30.	3,58±0,40 ^c	42,70±9,5 ^{bc}	29,20±8,1 ^b	13,50±3,6 ^{cd}
45.	3,88±0,61 ^{cd}	46,90±7,8 ^{cd}	31,60±8,0 ^{bc}	15,30±4,4 ^e
60.	4,25±0,51 ^{def}	51,60±7,6 ^d	35,90±6,9 ^{cd}	15,70±4,2 ^{de}
75.	4,71±0,55 ^g	53,20±5,8 ^d	38,60±6,3 ^d	14,60±3,0 ^{de}
89.	4,61±0,81 ^f	49,00±4,8 ^{cd}	36,10±5,7 ^{cd}	12,90±2,5 ^{bcd}
90.	4,67±0,66 ^g	52,60±7,1 ^d	37,90±5,7 ^d	14,70±2,7 ^{de}
109.	4,73±0,57 ^g	52,40±6,3 ^d	38,00±4,5 ^d	14,40±2,9 ^{de}
130.	4,13±0,58 ^{de}	52,10±6,9 ^d	38,30±6,1 ^d	13,80±3,5 ^{bc}
146.	4,47±0,84 ^{efg}	51,90±8,9 ^d	39,30±5,6 ^d	12,60±3,1 ^{bc}

± : Standart sapma, a: Sütunlardaki aynı harfleri taşıyan veriler istatistik olarak farklı değildir (P<0.05).

Traheid lümen çapı ortalama 33,07 µm, en geniş lümen çapı 146. yıllık halkada 39,30 µm, en dar lümen çapı ise 1. yıllık halkada 11,70 µm olarak ölçülmüştür. Lümen çapındaki değişimin traheid genişliğine ve ağaç yaşına bağlı doğrusal olarak değiştiği, ancak 60. yıllık halkadan sonra 0,95 güvenle istatistiksel olarak bu değişimlerin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Çift çeper kalınlığı, traheid genişliğinden lümen çapının çıkarılmasıyla elde edildiğinden bu iki değere bağlı olarak değişmektedir. Karaçam odunu traheid liflerinin ortalama çift çeper kalınlığı 13,04 µm dir. Çift çeper kalınlığı yaşa bağlı olarak artmıştır. Çift çeper kalınlığındaki artışların 75. yıllık halkadan sonra 0,95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Pinus nigra odununun ağaç yaşına bağlı olarak değişen lifsel özelliklerin kâğıtçılık açısından önemini ortaya koymak için yapılan değerlendirmede kullanılan ölçütlerin sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Karaçam odun liflerinin keçeleşme oranı ortalama 82,63 olarak hesaplanmıştır. Tablo 2.’de görüldüğü gibi keçeleşme oranının ağacın yaşıyla arttığı ancak, bu artışın doğrusal olmadığı görülmektedir. Keçeleşme oranı en yüksek 109. yıllık halkada 90,32, en düşük 1. yıllık halkada 57,60 olduğu tespit edilmiştir. Keçeleşme oranı 70’den yüksek olması, kâğıdın sağlamlığı, yırtılma, kopma ve çift katlama dirençlerinin yüksek olacağını göstermektedir (Kırcı, 2000; Bektaş ve ark., 1999).

Tablo 2. Karaçam odununun yaşa bağlı morfolojik özelliklerinin kâğıtçılık açısından değerlendirilmesi

Yıllık halka	Keçeleşme oranı	Elastiklik oranı	Runkel sınıflaması	Rijidite katsayısı	F-Faktörü	Muhlstep sınıflaması
1.	57,60	63,93	0,56	28,21	319,39	72,13
15.	75,45	74,52	0,34	17,10	592,26	50,96
30.	83,93	68,38	0,46	23,12	530,96	63,23
45.	82,75	67,38	0,48	24,21	507,32	65,25
60.	82,27	69,57	0,44	21,87	540,76	60,85
75.	88,44	72,56	0,38	18,91	644,52	54,89
89.	94,08	73,67	0,36	17,87	714,73	52,65
90.	88,76	72,05	0,39	19,39	635,24	55,89
109.	90,32	72,52	0,38	18,95	657,36	54,96
130.	79,23	73,51	0,36	18,02	598,26	52,98
146.	86,11	75,72	0,32	16,03	709,37	48,55

Elastikiyet katsayısının lümen çapının lif genişliğine oranı olup 50–75 arasındaki değerlerde olan hücreler kısmen kalın çeperlidir. Bu değer 0,5–0,7 g/cm³ yoğunluğa sahip odunlardan elde edildiği belirtilmektedir. Bu lifler kâğıt yapımı sırasında kısmen ezildiğinden iyi nitelikli kâğıtlar verecektir (Bostancı, 1987; Bektaş ve ark., 1999). Karaçam odun hücrelerinin morfolojik özelliklerinden elastikiyet katsayısı ortalama 71,26 olarak tespit edilmiştir. Bu ortalama değer karaçamın hücrelerinin yoğun, lümen boşluklarının kısmen dar ve kalın çeperli liflere sahip olduğunu göstermektedir. Liflerin hücre maddeleri fazla olduğundan verimi yüksek, opak, kaba ve hacimli kâğıtlar verebileceğini göstermektedir (Panshin and De Zeeuw, 1980). Elastikiyet katsayısı Kızılçamda 62,31 (Bektaş ve ark., 1999) ve Sahil çamında 74,78 (İstek ve ark., 2008) olduğu belirtilmiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi Runkel sınıflaması ortalama 0,41 olarak hesaplanmıştır. Runkel sınıflaması en yüksek 1. yıllık halkada 0,56, en düşük ise 146. yıllık halkada 0,32 olarak tespit edilmiş olup ağaç yaşının artmasıyla bu değer düşüyor görülmüştür. Runkel değeri Sahil çamında 0,34 (İstek ve ark., 2008), Kızılçamda 0,58 (Bektaş ve ark., 1999), Doğu ladininde 0,54 (Topçuoğlu, 1985) ve Toros karaçamında 0,36 (Bozkurt, 1971) olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere kıyasla karaçamın Runkel değeri yönüyle Türkiye’de yetişen çam türlerinin karakteristik özelliklerini taşımaktadır.

Rijidite (katılık) katsayısı ortalama 20,33 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yüksek olması kâğıdın kopma, yırtılma, patlama ve çift katlama direncini olumsuz yönde etkilemektedir (Bektaş ve ark., 1999). Rijidite değeri en düşük 146. yıllık halkada 16,03, en yüksek 1. yıllık halkada 28,21 tespit edilmiştir. Yaşa bağlı olarak katılık katsayısı doğrusal olmayan bir azalma göstermiştir. Katılık katsayısı Kızılçamda 18,15 (Bektaş ve ark., 1999), Sahil çamında 17,14 (İstek ve ark., 2008), Toros karaçamında 13,00 (Bozkurt, 1971), Doğu ladininde 16,70 (Topçuoğlu, 1985) olduğu belirtilmektedir.

Karaçam odun liflerinin F faktörü ortalama 586,38, en yüksek 146. yıllık halkada 714,73 ve en düşük 1. yıllık halkada 319,39 bulunmuştur. F faktörünün artmasıyla elde edilecek kâğıtların esnekliği artmaktadır (Casey, 1961). F faktörü Kızılçamda 606,66 (Bektaş ve ark., 1999), Toros Sediri için 410,34 (Erdin, 1983) ve Sahil çamında 512,00 (İstek ve ark., 2008) olduğu belirtilmektedir. Bu değerlere göre, karaçam liflerinin esnekliğinin iyi olduğu ve iğne yapraklı türlerin karakteristik özelliğini taşıdığı görülmektedir. Ağacın yaşı arttıkça lif uzunluğunun artması nedeniyle F faktörü de artmaktadır. Sonuç olarak, ağacın yaşının artmasıyla bu liflerden üretilecek kâğıtlar daha esnek olacağını göstermektedir.

Muhlstep sınıflaması liflerin morfolojik özelliklerinin kâğıdın fiziksel özelliklerini nasıl etkileyeceği hakkında ön bilgi vermektedir. İnce çeperli liflerin kâğıt yapımı sırasında kolayca ezilerek kâğıdın

yoğunluğunu artıracığı ve direnç değerlerini yükselteceği belirtilmektedir (Casey, 1961). Karaçam liflerinin ortalama Muhlstep değeri 57,49, en yüksek 1. yıllık halkada 72,13 ve en düşük 146. yıllık halkada 48,55 olarak hesaplanmıştır. Muhlstep değeri ağacın yaşına bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Kızılçamda 61,2 (Bektaş ve ark., 1999) ve Sahil çamında ise 50,45 (İstek ve ark., 2008) olduğu belirtilmektedir.

Sonuçlar

Lignoselülozik maddelerin lifsel özelliklerinin bilinmesi, bu liflerden elde edilecek kağıtların fiziksel, optik ve direnç özellikleri hakkında ön fikir vermektedir. Uzun ve ince çeperli hücrelerin birbiriyle bağ yapma özellikleri iyi olduğundan bu liflerden üretilen kağıtların yoğunluğu yüksek olacaktır. Böylece kağıtların su alma ve şişme değerlerini ile bazı direnç özelliklerini iyileştirecektir. Lif uzunluğu ve birim alandaki miktarı aynı kalmak kaydıyla, lif kabalığı arttıkça bu liflerden yapılacak kağıtların homojenliği azalacaktır (Panshin and De Zeeuw, 1980; Casey, 1961; Eroğlu, 2003).

Karaçam odun liflerinin elastikiyet oranı ile keçeleşme oranı ağaç yaşının artmasıyla arttığı, dolayısıyla bu liflerden üretilen kağıtların fiziksel ve direnç özelliklerinin daha iyi olabileceği anlaşılmaktadır. Runkel değeri lif kabalığının en basit göstergelerinden olup lif kalınlığı, lümen genişliği ve hücre maddesi yoğunluğu ile ilişkilidir. Bu değer 1'den düşük olması karaçam odun liflerinin ince çeperli ve geniş lümenli olduğunu göstermektedir. Bu liflerden üretilen kağıtların kolay ezilerek iyi bağ yapabileceği ve direnç özellikleri yüksek kağıtlar verebileceği anlamına gelmektedir. Muhlstep değeri ağacın yaşına bağlı olarak dalgalı bir değişim göstermiştir. Lifler ince çeperli olduğundan kağıt yapımı sırasında kolayca ezilerek kağıdın yoğunluğunu artıracığı ve direnç değerlerinin kısmen yüksek olacağını göstermektedir.

Bu çalışmada karaçam odun liflerinin yaşa bağlı morfolojik özellikleri ile kağıtçılık açısından önemi ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular ışığında, karaçam odununun lif morfolojisi yönüyle iğne yapraklı türlerin karakteristik özelliklerini göstermektedir.

Uzun lifli, geniş lümenli ve normal çeperli traheid hücrelerine sahiptir. Ağacın yaşına bağlı olarak liflerin özelliklerinin iyileştiği ve bu iyileşmenin 90. yıllık halkaya kadar hızlı bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Morfolojik özelliklerdeki artışın istatistiksel olarak %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ağaç yaşının artması ile lifsel özelliklerdeki artışlar doğrusal bir değişim göstermemiştir. Kağıtçılık açısından bu özellikler değerlendirildiğinde ağaç yaşının artmasıyla morfolojik özelliklerin iyileştiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, ağaç yaşı arttıkça bu liflerden üretilen kağıtların fiziksel, optik ve direnç özelliklerinin daha iyi olacağı anlaşılmıştır.

Kaynaklar

Aytekin, Ü., 1986. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *Pallasiana* Lamb. Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 36(2):132-150.

Bektaş, İ., Tutuş, A., Eroğlu, H., 1999. Türkiye'de Doğal olarak yetişen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunlarının Lif Morfolojisinin Kağıt Yapımına Uygunluğunun Araştırılması, J. of Agriculture and Forestry, 23(3):589-597

Biermann, C.J., 1996. Handbook of Pulping and Papermaking, Second Edition, Academic press, California, 754 p.

Bostancı, Ş., 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, K.T.Ü Yayın No:114, Trabzon, 516s.

Bozkurt, Y., 1971. Doğu Ladini (*Picea orientalis* Carr.) ile Toros Karaçamının (*Pinus nigra* var. *caramanica* Loud.)'dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler, İ.Ü. Orm.Fak. dergisi, Seri A. 21(1): 70-93.

Casey, J.P., 1961. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Vol. 2. Second Edition. Wiley Interscience Publisher Inc. New York, 581-1249p.

Dinwoodie, J.M., 1965. The Relationship between Fiber Morphology and Paper Properties, A Review of Literature, Tappi, 48(8):440-447.

Erdin, N. 1983. Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Odununun Anatomik Yapısı ve Özgül Ağırlığı Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 33(2):232-239

Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi, Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, Cilt I-II, Trabzon, 839s.

Eroğlu, H., 2003. Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği, Z.K.Ü. Yayın No:27, Bartın, 144s.

Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D.S., 2007. The effects of treatment on physical and

technological properties and surface roughness of Anadolu Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica*) wood, Bioresource Techn. 99:2275-2280

Horn, R.A., Setterholm, V.C., 1990. Fiber Morphology and New Crops. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), Advances in new crops, Timber Press, Portland, OR., 270-275pp.

İstek, A., Tutuş, A., Gulsoy, S.K., 2008. Sahil Çamı Odunun Lif Morfolojisi ve Kâğıt Özellikleri Üzerine Ağaç Yaşının Etkisi, KSÜ Fen Bilimleri Dergisi, (*Baskıda*).

Kerekes, R.J., Schell, C.J., 1995. Effect of Fiber Length and Coarseness on Pulp Flocculation, Tappi Journal, 78(2): 133-139.

Kırcı, H., 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü. Orm. Fak. Yayın No:63, Trabzon, 274s.

Panshin, A.J., De Zeeuw, C., 1980. Textbook of Wood Technology, Fourty edition, McGraw-Hill series in forest resources, New York, 721p.

Topçuoğlu, A., 1985. Doğu Ladini (*Picea orientalis* Carr.) Odununun İç morfolojisi Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Teknik Bülteni Seri No: 134, Ankara, 77s.

Wise, L. E., Jahn. E. C., 1952. Wood Chemistry, Second Edition. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1344p.