

Fıstıkçamı ve yalancı akasya türlerinde öz odun - diri odun kısımlarında hücreler arasındaki morfolojik farklılıkların belirlenmesi

Ferhat Özdemir^{a,*}, Ahmet Tutuş^a, İbrahim Bektaş^a, Mustafa Çiçekler^a

Özet: Bu çalışmada, diri odun ve öz odun arasında lif morfolojisindeki farklılıklar fıstıkçamı (*Pinus pinea*) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*) ağaçlarından elde edilen test örnekleri üzerinde araştırılmıştır. Bu amaç için, lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ve çeper kalınlığı ölçülmüştür. Ölçümler öz odun ve diri odun örnekleri üzerinde ayrı ayrı yapılmıştır. Odun örneklerinin maserasyon işlemi yapılmasında klorit yöntemi kullanılmıştır. Öz odun ile diri odun arasındaki farklılıklar T testi ile belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, fıstıkçamı ve yalancı akasya öz odun ve diri odunlarının lif uzunlukları istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0.001$) bulunmuştur. Fıstıkçamı ile yalancı akasya, öz odun ve diri odunu için lif genişliği, çeper kalınlığı ve lümen çapı arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Diri odun, Öz odun, Lif morfolojisi, Fıstıkçamı

Determination of differences in morphology between sapwood and heartwood cells of *Pinus pinea* and *Robinia pseudoacacia*

Abstract: In this study, the differences between sapwood and heartwood in fiber morphology on the samples prepared from *Pinus pinea* and *Robinia pseudoacacia* were investigated. For this aim, cell length, cell width, lumen width, wall thicknesses were measured. The measurements were made on sapwood and heartwood wood, separately. In the maceration process, chlorite method was used. The differences between sapwood and heartwood wood were determined with T test. According to obtained findings, cell length of sapwood wood and heartwood wood of the *Pinus pinea* and *Robinia pseudoacacia* were different significantly. But, the same differences were insignificant for cell width, wall thickness and luminal diameter.

Keywords: Sapwood, Heartwood, Fiber morphology, *Pinus pinea*

1. Giriş

Günümüzde nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelere bağlı olarak orman ürünlerine talep her geçen gün artmaktadır. Ağaç malzemeyi avantajlı kılan özellikler; ucuz, yenilenebilir doğal bir malzeme olması, estetik, teknolojik, mekanik ve akustik gibi farklı özellikleri bir arada taşıyor olmasıdır. Bu özellikleri sebebiyle ağaç malzeme diğer endüstriyel ve yapı malzemelerinden farklılık arz etmektedir. Ağaç malzeme yapısal özelliklerine göre mobilya, liflevha, kağıt vb. gibi farklı kullanım alanlarında değerlendirilmektedir.

Ağaçların büyümesi kambiyumda teşekkül etmiş ve yıllık halkanın oluşmasına neden olan ksilem hücreleri ile ilgilidir. Bu hücrelerle beraber yaşayan paranzim hücreleride vardır. Paranzim hücrelerinin protoplazmalarının ölmesi ile ksilemin fizyolojik bakımından görevi sona erer ve öz odun tabakası oluşur. Tamamen ölü hücrelerden oluşan ve bazı ağaçlarda koyu renkli olan bu tabakaya öz odun adı verilir. Ancak dış tabakada belirli sayıda daima yaşayan yıllık halkalardan oluşan bir tabaka vardır ki buna da diri odun tabakası denir (Bozkurt, 1992). Öz odunu ekstraktif maddeler içerir ve organik bir yapıya sahiptir. Öz odunu genelde koyu renkli olmakla beraber ladin, göknar, kavak ve bazı diğer ağaç türlerinde açık renkte olabilmektedir. Öz

odun oluşumu ile ekstraktif maddeler depo edilir, rutubet azalır, nişasta taşınması durur, yapraklı ağaçlarda trahelerinde tüller teşekkül eder, odunun doğal dayanıklılığı artar ve emprenye edilme kabiliyeti azalır (Bozkurt, 1992). Diri odun ile öz odun arasındaki konsantrasyon farkı element türünden element türüne ve türden türe değişmektedir (Meerts, 2000). Öz odun oluşumu toprak, iklim ve yetiştirme yerine göre farklılıklar göstermektedir. (Bozkurt, 1992). Ağacın özelliği üzerine ağaç türü yetiştirme yeri koşulları, yaşı, çapı, öz odun-diri odun oranı, kimyasal ve morfolojik özellikleri etkili olmaktadır.

Ülkemizde fıstıkçamı (89000 ha) ve yalancı akasya (64600 ha) yetişmektedir (Anonim, 2012). Fıstıkçamı türünün odunu sarıçam ve karaçam kadar değerli değilse de, reçine üretimi ve bazı yerel ihtiyaçların giderilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, direk, travers, kaplama, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, mobilya, doğrama, gemi-tekne yapımı, lif ve yonga levha, reçine üretiminde de kullanılmaktadır (Yalıtık ve Efe, 2000). Bunun yanında güzel bir park ağacı olması sebebiyle özellikle Akdeniz yörelerinde kurak ve sıcak yazlara çok iyi uyum sağlamaktadır. Ancak esas yararlanma şekli yenen yağlı tohumları olan yan ürünleridir (Anşin ve Özkan, 1997). Odun özellikleri incelendiğinde kurutmada dönüklüğe eğilimli olduğu, sert olmasına rağmen iyi işlenebildiği,

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ferhatozd@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 14.05.2014, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.11.2014

📄 **Citation** (Atıf): Özdemir, F., Tutuş, A., Bektaş, İ., Çiçekler, M., 2015. Fıstık çamı ve yalancı akasya türlerinde öz odun - diri odun kısımlarında hücreler arasındaki morfolojik farklılıkların belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(1): 60-64.

yapıştırma ve yüzey işlemlerinin iyi olduğu bilinmektedir. Öz odun dayanıklı olup mantar ve böceklerle karşı dirençlidir. Ancak çivi tutma kabiliyeti iyi olmamakla birlikte güç empenye edilmektedir (Bozkurt, 1992).

Yalancı akasya, dünyada, meşcere kuruluşu ve ağaçlandırması yapılan yapraklı ağaç türleri arasında okaliptüs ve melez kavaktan sonra 3. sırada gelmektedir (Toplu, 2000).

Diri odun çok dar, 2-5 yıllık halka genişliğinde, beyaz ile sarı renktedir. Öz odun ise sarımsı yeşil ile sarımsı kahverengindedir. Daha sonra koyulaşmaktadır. Yıllık halkalar çok belirgindir. Tipik halkalı trahelidir. İlkbahar odunu traheleri büyük, çıplak gözle görülebilir. Enine kesitte traheler içinde fazla miktarda bulunan tüller beyaz renkte görünürler (Bozkurt, 1992).

Yaz odunu traheleri küçük fakat boyuna paranzimlerle çevrildikleri için barizdir. Yaz odununun sonuna doğru kısa diyagonal veya teğet sıralar teşkil ederler. Öz ışınları az belirgindir. Sadece radyal yüzeylerdeki aynacıklar çıplak gözle görülebilir. Parlak, dekoratif, çok sert ve ağır odunu vardır. Halkalı traheli bir düzen vardır. İlkbahar odunu traheleri yuvarlak ile oval biçimde, çoğunlukla tek tek veya ikisi bir arada, iki ila üç sıralı bir halka teşkil ederler. Traheler çok büyük olup teğet çapları 200-300 mikron arasındadır. Yaz odununa geçiş yavaştır. Yıllık halkanın ortasındaki traheler 150 mikron, yaz odunu başındaki traheler ise 50 mikron çaptadır. (Bozkurt, 1992).

Yalancı akasya odunu çit, tel ve tahkimat direkleri, travers, alet sapları ve gemi yapımında kullanılır. Haber verme (cazlama) özelliği yüksek olduğu için maden direği olarak ve tornacılıkta yararlanılır (Bozkurt, 1992).

Kağıt hamuru kalitesi üzerine bireysel liflerin kalitesi ile (Lindholm,1993) lif boyutları (lif boyu, lif çapı, çeper kalınlığı, lümen genişliği) etkili olmaktadır (Kırcı, 2006). Genç odun, yaşlı odun, diri odun ve öz odun liflerinde kağıt özelliklerini direk olarak etkilemektedirler. Öz odun ve diri odun kısımlarının içerdiği ekstraktif madde miktarı, lif morfolojisi, kimyasal yapı, (Eroğlu ve Usta, 2004) çözünürlük değerlerinde ki (Bierman, 1996) farklılıklar kağıt hamuru üretiminde farklı özellikler ortaya çıkarmaktadır. Bu da üretilen kağıdın özellikleri üzerinde çok önemli etki yapmaktadır. Bu nedenle ağaç malzemenin heterojen yapısının anlaşılması kağıt hamuru üretimi için önemlidir.

Son yıllarda kağıt sanayinde yaşanan hammadde kıtlığı yeni hammadde arayışları ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Daha önceki çalışmalarda fıstıkçamı ve yalancı akasya diri ve öz odununun kağıt hamuru üretimine etkileri konusunda yeterli araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, fıstıkçamı (*Pinus pinea L.*) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*) öz ve diri odununa bağlı olarak lif morfolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek ve kağıt üretimine uygunluğunu araştırmaktır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada kullanılan odun örneklerinden fıstıkçamı İzmir Orman Bölge Müdürlüğü Bergama Orman İşletme Şefliği Kozak Bölgesi'nden, yalancı akasya ise Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü Ahır Dağı mevki güney yönünden temin edilmiştir. Numuneler üç farklı ağacın dip kısmından 130 cm yükseklikten alınan 5 cm'lik kalınlığında ki seksiyondan hazırlanmıştır.

Fıstıkçamı rakım 620 m, güney bakı, boy 6.50 m, çap 31 cm, yaş 29 iken yalancı akasya rakım 1600 m, güney bakı, boy 6.75 m, çap 20 cm, yaş 21 olarak alınmıştır.

Fıstıkçamı ve yalancı akasya öz ve diri odun parçaları kibrit çöpü büyüklüğünde ufak parçalara ayrılmıştır. Maserasyon işlemi uygulamasında liflerin serbest hale getirilmesi için sodyum klorit ve asetik asit kullanılmıştır. Klorit yöntemi olarak bilinen bu yöntem Spearing ve Isenberg (1947) tarafından geliştirilmiştir. Maserasyon işlemi 80 °C de yapılmış ve 1 saat ara ile 5-6 defa kimyasal ilavesi yapılmıştır. İşlem tamamlanması ile mekanik bir karıştırıcı ile lifler bireysel hale getirilmiş, yıkanmış ve preparatlar hazırlanmıştır. Lamel kapatılmış ve sonra preparatlar kurutulmuştur. Lif ölçümleri Olympus BX51 binoküler ışık mikroskobu ve video kamera yardımı ile bilgisayar ortamında yapılmıştır ve değerlendirmede kendi programı kullanılmıştır. Boy ölçümleri 4X, çap ve lümen ölçümleri 10X planachromat objektif ile yapılmıştır. Kalibrasyon ise ölçüme başlamadan önce preparat cetvel ile bilgisayar üzerinden yapılmıştır. Fıstıkçamı ve yalancı akasya ağaçları öz ve diri odunu için 80'er örnek üzerinde ölçüm yapılmıştır. Fıstıkçamında traheid yalancı akasyada ise lif ölçümü yapılmış olup trahe ve boyuna paranzim hücreleri ölçülmemiştir. Elde edilen veriler SPSS programında istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Öz odun ile diri odun arasında ki farkları belirlemek için T testi (independent sample T test) kullanılmıştır. Liflerin kağıtçılık açısından değerlendirilmesinde kullanılan keçeleşme oranı, rijidite, runkel sınıflandırması, elastikiyet katsayısı, muhlstep sınıflandırması ve F faktörü aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır (Kırcı, 2006).

Keçeleşme oranı	: Lif Uzunluğu / Lif Genişliği
Rijidite (katılık katsayısı)	: (Hücre Çeper Kalınlığı / Lif Çapı) x100
Runkel sınıflaması	: Lif Çeper Kalınlığı / Lümen Çapı
Elastiklik oranı	: (Lümen Çapı / Lif Genişliği) x100
Muhlstep Sınıflaması	: (Hücre Çeper Alanı / Lif Enine Kesit Alanı) x100
F faktörü	: (Lif Uzunluğu / Hücre Çeper Kalınlığı) x100

3. Bulgular

Fıstıkçamı ve yalancı akasyanın morfolojik analizi maserasyon yöntemi kullanılarak yapılmış olup lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği, çeper kalınlığı ve lümen çapı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1' de fıstıkçamı öz odunu lif uzunluğu 2.819 mm, fıstıkçamı diri odunu lif uzunluğu 3.382 mm, yalancı akasya öz odunu lif uzunluğu 1.358 mm, yalancı akasya diri odunu lif uzunluğu 1.537 mm'dir. Yine lif genişliği ise fıstıkçamı öz odununun 41.14 µm, fıstıkçamı diri odunu 41.71 µm, yalancı akasya öz odunu lif genişliği 25.06 µm, yalancı akasya diri odunu lif genişliği 26.46 µm olarak belirlenmiştir. Fıstıkçamı öz odunu çeper kalınlığı 5.68 µm, fıstıkçamı diri odunu çeper kalınlığı 5.38 µm, yalancı akasya öz odunu çeper kalınlığı 4.51 µm, yalancı akasya diri odun çeper kalınlığı 4.66 µm olarak belirlenmiştir. Lümen çapı, fıstıkçamı öz odunu 29.78 µm, fıstıkçamı diri odunu

lümen çapı 30.95 µm, yalancı akasya öz odunu lümen çapı 16.05 µm, yalancı akasya diri odunu lümen çapı ise 17.14 µm olarak belirlenmiştir.

Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların lif boyutları ile ilgili önceki çalışmalarda; karaçam lif uzunluğu 3.89 mm, lif genişliği 46.11µm, lümen çapı 33.07 µm ve çif çeper kalınlığı 13.04 µm (İstek vd. 2008a), sahilçamı; lif uzunluğu 2.89 mm, lif genişliği 47.48 µm, lümen çapı 35.89 µm, çift çeper kalınlığı 11.58 µm (İstek vd. 2008b), ak söğüt odunu lif boyutları ise şöyledir; lif uzunluğu 1.194 mm, lif genişliği 24.10 µm, lümen çapı; 16.10 µm, çift çeper kalınlığı; 8.00µm (Alkan vd., 2003); kara kavak lif boyutları ise; lif uzunluğu 1.249 mm, lif genişliği 27.17 µm, lümen çapı 17.70 µm, çift çeper kalınlığı 9.96 µm olarak belirtilmiştir.

İğne yapraklı ağaçların lif uzunluğu 3-5 mm ve lif genişliği 30-50 mikron arasında; yapraklı ağaçların lif uzunluğu 0.8-1.5 mm, lif genişliği 15-30 mikron arasında değişmektedir (Akgün, 2005). Bu verilere göre; fıstıkçamı öz ve diri odunu ile yalancı akasya öz ve diri odunu lif uzunluğu ve lif genişliği belirtilen lif aralığındadır.

Lif boyutları kullanılarak fıstıkçamı öz ve diri odunu ile yalancı akasya öz ve diri odununun lif boyut analizleri metot kısmında verilen formüller ile hesaplanmıştır. Buna göre keçeleşme oranı, rijidite oranı, runkel oranı, elastiklik katsayısı, Mühlstep oranı ve F faktörü hesaplanmış olup sonuçlar Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2'deki verilerde fıstıkçamı öz odunu keçeleşme oranı 68.5, fıstıkçamı diri odunu keçeleşme oranı 81.1, yalancı akasya öz odunu keçeleşme oranı 54.2, yalancı akasya diri odunu keçeleşme oranı 58.1 olarak belirlenmiştir. Keçeleşme oranı ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda kızılçamda 110.00 (Bektaş vd., 1999), karaçamda 82.63 (İstek vd., 2008a), sahilçamı keçeleşme oranı 61.80 (İstek vd., 2008b) uludağ göknarı öz ve diri odununda 66.56 ve 71.76 (Ataç, 2009) ve karaçam öz odunu ve diri odununda 43.34 ve 57.14 (Ataç, 2009) olduğu belirlenmiştir. Bazı yapraklı ağaçlarda keçeleşme oranı ise şöyle bulunmuştur. Ak söğüt keçeleşme oranı 49.53, kara kavak odunu keçeleşme oranı 45.96, doğu çınarı odunu keçeleşme oranı 53.12, adi dişbudak keçeleşme oranı 50.61 olarak bulunmuştur (Alkan vd., 2003). Keçeleşme oranı 70'in altına düşmesiyle kağıdın direnç özelliklerinin

düşmeye başlayacağı kabul edilmektedir. Keçeleşme oranının yüksek olması kağıdın sağlamlığı, yırtılma, kopma ve çift katlama dirençlerini olumlu etkiler (İstek vd., 2008a).

Çalışmamızda ise rijidite katsayısı değeri; fıstıkçamı öz odunu için 13.8, fıstıkçamı diri odunu için 12.9, yalancı akasya öz odunu için 18.0, yalancı akasya diri odunu için 17.6 olarak bulunmuştur. Önceki çalışmalarda rijidite katsayısı iğne yapraklılardan kızılçamda 18.15 (Bektaş vd., 1999), karaçamda 20.33 (İstek vd., 2008a), sahilçamında 17.14 (İstek vd. 2008b), karaçam öz ve diri odununda 7.00 ve 14.00 (Ataç, 2009), doğu ladininde 6.70, toros karaçamında 13.00 (Bozkurt, 1971)' bulunmuştur. Bazı yapraklı ağaçlarda ise şöyledir; ak söğüt odununda 16.59, kara kavak odununda 18.32, doğu çınarı odununda 32.03, adi dişbudak odununda 25.51 olarak bulunmuştur (Alkan vd., 2003). Rijidite katsayısı iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlar için 10-20 arasındadır. Bu değer yüksek olması kağıdın kopma, yırtılma, patlama, ve çift katlama direncini olumsuz yönde etkiler (Bektaş vd., 1999).

Fıstıkçamı öz odunu runkel oranı 0.38, fıstıkçamı diri odunu runkel oranı 0.35, yalancı akasya öz odunu runkel oranı 0.56, yalancı akasya diri odunu runkel oranı 0.54 olarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda bazı iğne yapraklı ağaçlarda runkel oranı; kızılçamda 0.58 (Bektaş vd., 1999), karaçamda 0.40 (İstek vd. 2008a), sahilçamında 0.34 (İstek vd., 2008b), karaçam öz ve diri odununda 0.19 ve 0.38 (Ataç, 2009), uludağ göknarı öz ve diri odununda 0.33 ve 0.26 (Ataç, 2009), doğu ladininde 0.54 (Topçuoğlu, 1985), ve toros karaçamında 0.36 (Bozkurt, 1971) bulunmuştur. Bazı yapraklı ağaçlarda ise saplı meşe öz ve diri odununda 2.6 ve 2.93 (Ataç, 2009), Uludağ göknarı öz ve diri odununda 0.96 ve 1.23 (Ataç, 2009), ak söğüt runkel oranı 0.56 (Alkan vd. 2003), kara kavak runkel oranı 0.56 (Alkan vd. 2003), doğu çınarı runkel oranı 1.78 (Alkan vd. 2003), adi dişbudak runkel oranı 1.04 (Alkan vd. 2003) olarak belirlenmiştir. Runkel oranı 1'den büyük olan lifler kalın çeperli, runkel oranı 1'e eşit olan lifler orta kalın çeperli ve runkel oranı 1'den küçük olan lifler ince çeperli olup kağıt yapımına uygundur (Göksel, 1986). Çalışmamızda kullanılan fıstıkçamı ve yalancı akasya öz ve diri odunu runkel oranı 1'den küçük olup kağıt yapımına uygun lif özelliklerine sahiptir.

Çizelge 1. Fıstıkçamı, yalancı akasya öz ve diri odunu lif boyut analizi

Odon Türü	Fıstıkçamı				Yalancı akasya				
	Traheid Boyu (mm)	Traheid Genişliği (µm)	Çeper Kalınlığı (µm)	Lümen Çapı (µm)	Lif Uzunluğu (mm)	Lif Genişliği (µm)	Çeper Kalınlığı (µm)	Lümen Çapı (µm)	
Öz Odun	\bar{X}	2.819	41.14	5.68	29.78	1.358	25.06	4.51	16.05
	s	299	4.72	0.99	5.24	153	3.23	0.77	1.66
Diri Odun	\bar{X}	3.382	41.71	5.38	30.95	1.537	26.46	4.66	17.14
	s	361	3.33	0.74	3.23	138	3.99	0.84	5.04
T testi P değerleri	0.000	NS	NS	NS	0.000	NS	NS	NS	NS

x: aritmetik ortalama, s: standart sapma NS: nonsignificant

Çizelge 2. Fıstıkçamı, yalancı akasya öz ve diri odunu mikrografik ölçümler

Odon Türü	Keçeleşme Oranı	Rijidite Oranı	Runkel Oranı	Elastiklik Katsayısı	Mühlstep Katsayısı	F Faktörü
Fıstıkçamı Öz Odunu	68.5	13.8	0.38	72.4	47.6	49650
Fıstıkçamı Diri odunu	81.1	12.9	0.35	74.2	44.9	62898
Yalancı Akasya Öz Odunu	54.2	18.0	0.56	64.0	59.0	30147
Yalancı Akasya Diri Odunu	58.1	17.6	0.54	64.8	58.0	32987

Elastikiyet katsayısı oranı 50–75 arasındaki değerlerde olan hücreler kısmen kalın çeperlidir. Bu değerlerin 0.5–0.7 g/cm³ yoğunluğa sahip odunlardan elde edildiğini belirtmektedir. Bu lifler kağıt yapımı sırasında kısmen ezildiğinden iyi nitelikli kağıtlar vermektedir (Bostancı, 1987; Bektaş vd. 1999). Çalışmamızda kullanılan odunların elastikiyet katsayısı fıstıkçamı öz odunu 72.4, fıstıkçamı diri odunu 74.2, yalancı akasya öz odunu 64.0 ve yalancı akasya diri odunu 64.8 olarak belirlenmiştir. Fıstıkçamı öz ve diri odunu ile yalancı akasya öz ve diri odunu ise 50-75 arasında elastikiyet katsayısına sahip olup çeper kalınlıkları fazla ve lümenlerinin geniş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elastikiyet katsayısının artması kağıdın fiziksel direnç özelliklerini iyileştirir. Elastikiyet katsayısı önceki çalışmalarda; kızılçamda 62.31 (Bektaş vd. 1999), karaçamda 71.26 (İstek vd. 2008a), sahilçamında 74.78 (İstek ve ark. 2008b), karaçam öz ve diri odununda 68.50 ve 72.40 (Ataç, 2009), Uludağ göknarı öz ve diri odununda 76.75 ve 80.00 (Ataç, 2009) olduğu belirtilmiştir. Bazı yapraklı ağaçların elastikiyet katsayısı ak söğüt elastiklik oranı 66.80, kara kavak elastikiyet katsayısı 65.14, doğu çınarı elastikiyet katsayısı 35.89, adi dişbudak elastikiyet katsayısı 48.91 olduğu belirtilmiştir (Alkan vd., 2003).

Mühlstep sınıflandırması değeri liflerin morfolojik özelliklerinin kağıdın fiziksel özelliklerini nasıl etkileyeceği hakkında ön bilgi vermektedir. Küçük çeperli liflerin kağıt yapımı sırasında kolayca ezilerek kağıdın yoğunluğunu artıracak ve direnç değerlerini yükselteceği belirtilmektedir (Casey, 1961). Çalışmamızda kullanılan odunların Mühlstep değerleri fıstıkçamı öz odunu 47.6, fıstıkçamı diri odunu 44.9, yalancı akasya öz odunu 59.0 ve yalancı akasya diri odunu 58.0 olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bazı ağaçların Mühlstep değeri ise şöyledir; Kızılçam 61.2 (Bektaş vd., 1999) karaçam 57.49 (İstek vd., 2008a), sahil çamı 50.45 (İstek vd., 2008b) ve toros sediri 41.34 (Erdin, 1983). Bazı yapraklı ağaçların Mühlstep oranları ise; ak söğüt 55.37, kara kavak 57.56, doğu çınarı 87.11, adi dişbudak 76.07 olduğu belirtilmiştir (Alkan vd., 2003).

F faktörü elde edilecek kağıtların esnekliği hakkında bilgi vermektedir (Casey, 1961). Çalışmada kullanılan odunların F faktörü ise (Çizelge 2) fıstıkçamı öz odunu

49650 fıstıkçamı diri odunu 62898, yalancı akasya öz odunu 30147, yalancı akasya diri odunu 32987 olarak bulunmuştur. F faktörünün artmasıyla elde edilecek kağıtların esnekliği artacaktır. F faktörü bazı İY ağaçlarda örneğin kızılçamda 606.66 (Bektaş vd. 1999), karaçamda 586.38 (İstek vd. 2008a), toros sedirinde 410.34 (Erdin, 1983), sahilçamında 512 (İstek vd. 2008b) olarak bulunmuştur. Bazı yapraklı ağaçlarda ise F faktörü; ak söğüt 298.45 (Alkan vd. 2003), kara kavak 250.75, doğu çınarı 165.82, adi dişbudak 198.33 olduğu belirtilmiştir (Alkan vd., 2003).

Kağıdın direnç özellikleri üzerine trahe ve traheidlerin etkisi önemlidir (Tutuş vd., 2010). Lifsel hücrelerin morfolojik özellikleri ile kağıdın fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler aşağıda Çizelge 3’de verilmiştir. Bu çizelge ile kağıt mukavemetlerinde en etkili morfolojik özellik lif uzunluğu olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, fıstıkçamı öz ve diri odunu ile yalancı akasya öz ve diri odunun lif morfolojisindeki farklılıkları incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre:

1. Öz odun ile diri odun arasında yapılan karşılaştırmada, diri odundan elde edilen lif uzunlukları öz odunundan daha yüksektir. Bu fark fıstıkçamında, yalancı akasyadan daha yüksektir.
2. Hücre genişliği ve çeper kalınlığı öz odun ile diri odun arasında, fıstıkçamı ile yalancı akasyada önemli derecede farklılık göstermemiştir.
3. Keçeleşme oranı fıstıkçamında yalancı akasyaya göre daha yüksek bulunmuştur.
4. Elastiklik katsayısı en yüksek fıstıkçamı diri odununda belirlenmiştir.
5. Rijidite katsayısı ve runkel oranı fıstıkçamında hem özodunda hemde diri odunda yalancı akasyaya göre daha yüksek tespit edilmiştir. Her iki ağaç türünde de ise öz odunu diri oduna göre daha yüksek bulunmuştur.
6. Mühlstep katsayısı yalancı akasyada, F faktörünün ise fıstıkçamında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Lif morfolojik özellikleri ile kağıdın fiziksel direnç özellikleri arasındaki ilişkiler

İlişkiler	Patlama Direnci	Yırtılma Direnci	Çift Katlama Direnci	Kâğıdın Yoğunluğu ^(*)
Lif uzunluğu arttıkça	+	++	+	-
Hücre çeperi kalınlığı arttıkça	-	+	--	--
Hücre çeperi kalınlığı azaldıkça	+	-	++	++
Lif uzunluğu / Lif genişliği arttıkça			+	
Lif kıvrıklığı arttıkça	--	+	+	-

(*) : Porozite, hava geçirgenliği, su tutma kapasitesi ve hacimlilik, yoğunlukla ters orantılıdır.

(+) : Pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir.

(++) : Keskinlikle pozitif etkisi vardır.

(-) : Negatif etkisinin olduğu belirlenmiştir.

(--) : Keskinlikle negatif etkisi vardır.

Kaynaklar

- Anonim, 2012. Orman Atlası, Türkiye Orman Varlığı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. s 18, Ankara.
- Ataç, Y., 2009. Bazı Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaçların Öz ve Diri Odunlarının Kağıt Özellikleri Yönünden İncelenmesi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Akgün, H. C., 2005. Anadolu kestanesi odununun kimyasal bileşimi ve kağıt yapımına uygunluğu, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Alkan, Ç., Eroğlu, H., Yaman, B., 2003. Türkiye’de bazı odunsu angiospermae taksonlarının lif morfolojileri. ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 5 (5): 102-108.
- Anşin, R., Özkan, Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (spermatophyta) Odunsu Taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:167, , Trabzon.
- 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, 754 p., California.
- Bostancı, S., 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Bozkurt, Y., 1992. Odun Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Bozkurt, Y., 1971. Doğu ladini (*Picea orientalis* link. et carr.) ile toros karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* (loud.) rehd.)’dan birer ağaçta lif morfolojisi üzerine denemeler. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A, 21 (1), 70-93.
- Casey, J.P., 1961. Cellulose and Paper Chemistry and Chemistry Technology. Interscience Publishers, INC, New York.
- Erdin, N., 1983. Toros sediri (*Cedrus libani a.richard*) odununun anatomik yapısı ve özgül ağırlığı üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 33 (2): 231-290.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, Trabzon, 839s.
- Göksel, E., 1986. Pamuk saplarının selüloz ve kağıt endüstrisinde kullanım olanakları üzerine araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 36 (1): 38-54.
- İstek, A., Eroğlu, H., Gürsoy, S.K., 2008a. Karaçamın yaşına bağlı olarak lif ve kağıt özelliklerinin değişimi, Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 8 (19): 61-66.
- İstek, A., Tutuş, A., Gülsoy, S.K., 2008b. Sahil çamı odununun lif morfolojisi ve kağıt özellikleri üzerine ağaç yaşının etkisi. Kahramanmaraş Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1):1-5.
- Kırcı, H., 2006. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTU. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 86, Trabzon.
- Lindholm, C.A., 1993. Pulping Technology Lecture Notes Vol: 2 Helsinki University, Otoniemi, Finland.
- Meerts, P., 2000. Mineral nutrient concentrations in sapwood and heartwood: a literature review Ann. For. Sci., 59 (7):713-722
- Spearing, W.E., Isenberg, J.H., 1947. The maceration of woody tissue with acetic acid and sodium chlorite. Science, 105-2721:214.
- Topçuoğlu, M., 1985. Doğu ladini (*Picea orientalis*) odununun iç morfolojisi üzerine araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 134, Ankara.
- Toplu, F., 2000. Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.). Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, 54s. Elazığ.
- Tutus, A., Ates, S., Deniz, İ., 2010. Pulp and paper production from Spruce wood with kraft and modified kraft methods. African Journal of Biotechnology, 9(11):1648-1654.
- Yaltırık, F., Efe, A., 2000. Dendroloji (Gymnospermae-Angiospermae). Yayın No:4265/465, İstanbul.