
SERİ

B

CİLT

39

SAYI

4

1989

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

D E R G İ S İ



ODUNSU LİFLER VE TANIMI

Prof. Dr. Yılmaz BOZKURT¹⁾
Yard. Doç. Dr. Nurgün ERDİN¹⁾

Kısa Özet

Bu makalede, kağıt ve selüloz yapımında kullanılan ve bu bakımdan önemli olan ağaç türlerine ait liflerin çeşitli özellikleri incelenmiştir. Ağaç türü, ilkbahar ve yaz odunu oranları, yıllık halka genişliği, ağaç yaşı, reaksiyon odunu ve hücre çeperinin kimyasal yapısının selüloz üretimine etkisi ile hücre çeper morfolojisinin kağıt özellikleri üzerine etkisi açıklanmış, odunsu liflerin mikroskop yardımı ile tanınabilmesi için bir teşhis anahtarı ile önemli ağaç türleri liflerinin anatomik özellikleri verilmiştir.

1. GİRİŞ

Lif terimi çok genel anlamda bir ifade olup, kağıt hamuru (selüloz) içerisinde bulunan tüm hücreleri kapsamaktadır. Bu hücrelerin çoğunluğunu; iğne yapraklı ağaçlarda traheidler, yapraklı ağaçlarda ise libriform lifleri, lif traheidleri, traheidler ve bazı uzun traheler meydana getirmektedir.

Ağaç materyal masif olarak kullanımının dışında kaplama levha, yonga levha, lif levhadan başka kağıt yapımında da değerlendirilmekte ve odunsu liflerin kaynağını teşkil etmektedir. Ancak, odunsu liflerin elde edilmesinde iki faktör önemlidir. Bunlardan biri hacim ağırlık değeri, yani bir metreküp ıslak haldeki odunda bulunan lif ağırlığı, diğeri odundan elde olunan liflerin kalitesidir. Lif kalitesinin üretilecek kağıdın özellikleri üzerinde önemli etkisi vardır. Örneğin; kuvvetli bir kraft kağıdında lif özellikleri ile yazı kağıdındaki özellikler farklıdır. Bununla beraber lif yapısı ve kalitesi, her ağaç türünde ayrı olduğu gibi belli bir ağaç içinde de değişiklikler göstermektedir. Ayrıca, hammaddenin ucuz fiyatla temini, hücrelerin (liflerin) özelliklerinden daha fazla önem taşımaktadır. Odunsu liflerden başka, kağıt yapımında kullanılan bitkiler arasında; mısır (*Zea mays*), şeker kamışı (*Saccharum officinarum*), bambu (*Cepha-*

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri.

lostachyum pergracile), buğday (*Triticum sp.*), pirinç (*Oryza sativa*) esparto (*Stipa tenacissima*), kenevir (*Cannabis sativa*), manila (*Musa textilis*), pamuk (*Gossypium sp.*), Jüt (*Corchorus sp.*), keten (*Linum usitatissimum*), ananas (*Ananas sp.*), rami (*Boehmeria nivea*) sayılabilir.

2. SELÜLOZ ÜRETİMİNDE ODUN ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

Odun hammaddesi kullanan selüloz endüstrisinde hacim ağırlık değeri önemlidir. Çünkü ağaç hammaddesi metre-küp ile alınmakta, ancak çıkan selüloz (kağıt hamuru) veya kağıt ton ile satılmaktadır. Belli bir hacimden elde olunan lif ağırlığı miktarı ise ağaç türü, yoğunluk, yaz odunu oranı, ağaç yaşı, ağaçtan alındığı yer ve kusur oranı ile ilgili olarak değişmektedir.

Lif randımanı, kullanılan ağaç hammaddesinin özelliklerinden başka kullanılan üretim metodu ile de ilgilidir. Mekanik odun hamuru üretiminde randıman % 90 olduğu halde, bazı kimyasal metodlarda % 50'ye kadar düşmektedir. Hangi metod kullanılırsa kullanılsın elde edilen lifin kalitesi odunun anatomik yapısına bağlıdır. Diğer bir deyişle lif kalitesi, odunu meydana getiren hücre tipleri, hücrelerin morfolojik karakteri ve hücre çeperinin kimyasal yapısı ile ilgilidir.

2.1 Ağaç Türü

Ağaç türü hulanabilirlik bakımından düşünüldüğünde daha az önem taşımaktadır. Çeşitli türdeki ağaçlar karıştırılarak arzu edilen kalitede selüloz elde etmek mümkün olabilmektedir. Bundan başka herhangi bir ağaç türü odununun selüloz özellikleri ile elde olunacak lif kalitesine, kullanılan üretim metodunun değiştirilmesiyle tesir etmek mümkün olmaktadır. Örneğin; çamlarda, ladin veya göknara uygulanan methoddan başka bir selüloz üretim metodu ile çalışmak gerekmektedir. Çünkü çamlarda reçine vardır. Ayrıca, çamlardan elde olunan lifler uzun ve kuvvetlidir. Bunlardan elde olunan kağıt, daha kaba fakat yüksek yırtılma direncine sahip olmaktadır. Diğer taraftan ladin ve göknar liflerinden daha katlanabilir, daha düzgün yüzeyli, hatta yüksek çekme ve patlama direncine sahip kağıt elde olmaktadır.

Kağıt ihtiyacının hergün gittikçe artması yapraklı ağaç odunundan da yararlanma ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu maksatla kullanılan metodlarda değişiklik yapılması gereği vardır. Çünkü yapraklı ağaç lifleri iğne yapraklılardan daha kısadır. Yapraklı ağaç selülozu, iğne yapraklı selülozun kullanıldığı birçok maksatlarda değerlendirildiği gibi, kağıt makinelerinde karıştırılarak da kullanılmaktadır. Yoğunluğu düşük yapraklı ağaçlardan kavak tercih edilmekte ise de son zamanlarda akçaağaç ve meşe de giderek artan miktarlarda kullanılmaktadır.

2.2 Yoğunluk

Bir ağaç türünde yoğunluğun değişmesi hem randımanı, hem de selüloz kalitesini etkilemektedir. Selüloz randımanında yoğunluk yerine, tam kuru ağırlığın yaş hacme oranı olan hacim ağırlık değeri kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, çamlardan sülfat selülozu elde etmede hacim eğrlik değeri ile selüloz randımanı arasında doğrusal bir ilişki vardır ve her iki ton ağaç hammaddesinden bir ton selüloz elde olmaktadır. Böylece randıman, ağaç türü ile kullanılan üretim metoduna bağlı olarak değişmektedir.

Yoğunluktaki değişimler selüloz kalitesini de etkilemektedir. Bu değişimler hücre büyüklüklerindeki farklılıklar ile bunların oranlarından, özellikle ilkbahar ve yaz odunu oranlarından meydana gelmektedir. Örneğin: çamlar ve Douglas göknarında, ladin ve göknara nazaran daha fazla oranda yaz odunu vardır.

2.3 İlkbahar ve Yazodunu Oranları

Bazı ağaç türlerinde yıllık halka içinde ilkbahar ve yazodunu oranları farklıdır. Bunlar gerek selüloz randımanı, gerekse kalite üzerinde etkili olmaktadır. İğne yapraklı ağaçlarda selüloz randımanı, yazodunu oranı arttıkça yükselmektedir. Yazodunu oranının artması yoğunluğun artmasına neden olmakta, buna karşılık ilkbahar odunu oranının artması yoğunluğu azaltıp, randımanı düşürmektedir. Selüloz kalitesi her iki tabakada da farklıdır. Çünkü her iki tabakada hücre çeper kalınlıkları ve hücre çapları değişiktir. Bu değişimler selüloz ve kağıta direnç ile yüzey kalitesini etkilemekte ayrıca, selülozun saflığı, ağırtılması ve kağıt levha üretimi üzerine tesir etmektedir.

2.4 Yıllık Halka Genişliği ve Ağaç Yaşı

Yıllık halka genişliği, yetiştirme yeri, ağaç türü, ağaçta bulunduğu yer ile ilgili olarak değişmektedir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi yıllık halka genişliğinin aynı tür içinde ağaçlar arası ve hatta aynı gövdede değişimi ağacın yaşı ile ilgili bulunmaktadır. Ağaç yaşı ile birlikte kambiyumun yaşı arasında da farklar vardır. Ağaçlarda kambiyum; ilk yaşlarda genç, daha sonraları yaşlı, ağacın alt kısmında yaşlı, yukarıki kısımlarda ise daha gençtir. Yıllık halka genişledikçe iğne yapraklı ağaçlarda yoğunluk azalmakta, halkalı traheli yapraklı ağaçlarda artmaktadır.

2.5 Reaksiyon Odunu

Reaksiyon odunu, iğne yapraklı ağaçlarda basınç odunu, yapraklı ağaçlarda çekme odunu şeklinde ortaya çıkan normal odundan farklı özellikte bir odundur. Kağıt yapımında arzu edilmemektedir. Çünkü kimyasal yolla elde olunan selülozun mukavemet özelliklerini azaltıcı etki yapmaktadır. Reaksiyon odununun yoğunluğu fazla olduğundan, selüloz randımanı normal odundan daha yüksektir. Bununla beraber basınç odunundan elde olunan selüloz (kağıt hamuru) daha düşük direnç özelliklerindedir. Bundan başka, kimyasal selüloz elde etmede, basınç odunu fazla miktarda lignin içerdiğinden daha uzun pişirme ve ağırtma sürelerine ihtiyaç göstermektedir.

Yapraklı ağaçlarda meydana gelen çekme odununda ise daha yüksek selüloz, daha az lignin ve hemiselüloz vardır. Bu sebeple çekme odunu normal odundan daha kolay pişirilir ve ağırtılır. Bu gibi materyalden yüksek miktarda saf selüloz elde edilebilir ve mekanik odun hamuru kalitesi de yüksektir. Fakat kağıt yapısında çok düşük dirençler söz konusudur.

3. SELÜLOZ KALİTESİ ÜZERİNE KİMYASAL YAPININ ETKİSİ

Bilindiği üzere odunsu hücre çeperinin kimyasal yapısı selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Kimyasal metotla kağıt hamuru üretiminde lignin arzu edilmez. Lignin en çok hücre çepe-

rinde orta l melerde bulunmaktadır. Bu kısım üretim metodunun uygulanması sırasında tahrip edilir. Böylece odunda mevcut önemli miktarda lignin, iŐlem sonunda aĉıĉa  kmaktadır. Liflerde sekonder çeperde geri kalan lignin ise aĉartma iŐlemleri sırasında uzaklaŐtırılır. Ancak, liflerde ligninin kalması bazı sorunlar yaratabilir. Lignin bulunan lifler serttir ve hemiselülozun lifler arası yüzeylerde yapışma etkinliĉini azaltır. Böylece kaĉdın düşük direnĉli ve yüksek opaklıkta olmasına neden olur. Diĉer taraftan, lignini çok olan lifler kuruduktan sonra fazla daralmaz ve h ylece bu liflerden yapılan kaĉt iyi bir boyutsal stabiliteye sahip olur. Mekanik odun hamuru üretiminde ise h ere iĉi ve dıŐı lignin, liflerde kalır ve sadece aĉartma esnasında bir miktar lignin çıkarılabilir. Bununla beraber fazla mekanik odun hamuru içeren kaĉt, düşük direnĉli olur, zamanla esmerleŐir ve daĉılır.

Kimyasal yolla selüloz üretiminde prensip, liflerde sadece selülozun kalmasını saĉlamaktır. Çünkü selüloz lif direncine, liflerin birbirine baĉlanması ve kaĉt levha özelliklerine olumlu yönde etkili olmaktadır. Selüloz, hemiselüloz ile birlikte bulunduĉu takdirde randımanı artırmaktadır.

PiŐirmeden sonra kalan hemiselülozik madde liflerin yüzeyinde ve mikrofibriller arasında jel halinde bulunur. Hemisel lozik jel maddesi, kaĉt yapımında lifler arasında sert bir film oluŐmasına neden olur. Bu suretle kaĉda dıŐardan bir g c etki yapıĉında, iç kısımda ona karşı koyan bir lif direnci meydana gelmektedir. Hemiselüloz miktarının az olması halinde lif çeperleri arasındaki baĉm hemiselülozik jel yerine, selülozun selüloza baĉlanması Şeklinde bir sonuç yaratmaktadır ki, bu durumda gerilim daĉılımı etkilenererek kaĉdın çekme direnci azalır. Ayrıca, h ere çeperinde mikrofibriller arası hemiselülozik materyal liflerin esnek olmasını saĉlar. Bu durum odun hamurunun d ĉ lmesinde önemli bir rol oynamakta ve hemiselülozlar iç kısımda plastiklik  zelliĉi kazandırıcı bir etki yapmaktadır. Hemisel lozik maddelerin bu üstün özellikleri nedeniyle ligninin tamamen çıkarılması ve hemiselüloz miktarının liflerde mümkün olduĉu kadar fazla kalmasının temini için uygun pişirme metodu kullanılmalıdır. Burada pişirme süresi ve pişirme eriyiĉinin önemi büyüktür.

Odunda bu esas bileŐikler yanında ayrıca yabancı maddeler de bulunmaktadır. Yabancı maddeler ekstraksiyon yolu ile odundan çıkarılırken ana bileŐiklerde azalma olmamaktadır. Yabancı maddelerin esas kaynaĉı gövdenin iç kısmında bulunan öz odundur. Bu nedenle iĉne yapraklı aĉa lardan  am, sedir ve Douglas göknarında fazla miktarda yabancı madde olarak reĉine mevcut olup, kimyasal kaĉt hamuru üretiminde sülfat metodunun uygulanması gerekmektedir. Fazla reĉineli materyalin kullanılması randımanı düŐürmekte ve çeşitli aĉa  türlerinde mevcut diĉer birçok yabancı madde, üretim esnasında tahrip edilmektedir. En önemli problem üretim sonunda kaĉt hamurunda kalan yabancı maddelerdir. Çünkü bunlar renk ve parlaklık üzerine etkili olmakta, aĉartma için ilave masraflara gerek duyulmaktadır. Ayrıca, aĉartmadan sonra da kaĉt hamurunda kalan yabancı maddeleri deĉerlendirmek çok g c olmakta. fakat az miktarda olduklarından kaĉt özelliklerini etkileyici oranda bulunmadıkları bilinmektedir.

Kaĉt  zellikleri üzerine kimyasal yapının etkisi, liflerin morfolojik karakterlerinden daha az önemlidir. Bu husus özellikle iĉne yapraklı aĉa lardan elde olunacak kimyasal kaĉt hamuru için önem taşımaktadır. Çünkü iĉne yapraklı aĉa  liflerinde  eperin kimyasal yapısı daha az deĉiŐme göstermekte, buna karŐın yapraklı aĉa lardan elde olunan kimyasal veya yarı kimyasal kaĉt hamuru, daha fazla miktarda hemiselüloz oranı içermektedir. Bunun kaĉt direnci üzerinde olumlu etkisi bulunmakta, ancak bu etki de h relerin morfolojik karakteristiklerinden daha önemli sayılmamaktadır.

4. KAĞIT ÖZELLİKLERİNE HÜCRE ÇEPER MORFOLOJİSİNİN ETKİSİ

Kağıt ince ve düzgün bir materyal olup, levha yüzeyine paralel yerleşmiş çeşitli açılar altındaki liflerden oluşmaktadır. Kağıdın içinde çok sayıda lif çapraz yönde üst üste yerleşmiş ve birbiriyle bağlanmıştır. Her bir lifin direnç, yoğunluk, boşluk hacmi (porozite), yüzey kalitesi v.b. özellikleri, kağıdın karakteristiğini oluşturan esas faktörlerdir. Ayrıca liflerin şekli ve dağılışı, yani düzgün, eğik ya da kıvrık bulunuşları ve bunların birbirlerinin yüzeyleri ile bağlanma kabiliyetleri de kağıt özelliklerini etkilemektedir.

Selüloz ve kağıt özelliklerinde fiziksel karakteristikler üç lif özelliğine bağlı bulunmaktadır. Bunlar; çeper kalınlığı, lif boyu ve lif direncidir.

4.1 Çeper Kalınlığı

Çeper kalınlığı, kağıt hamuru randımanında olumlu etki yapmaktadır. Selüloz ve kağıt karakteri üzerine ise lifin çeper kalınlığı ile çeper kalınlığının hücre çapına oranı etkili olmaktadır. Örneğin çamlarda bulunan kalın çeperli yaz odunu hücreleri, etkili olan kuvvetlere karşı gelmekte ve enine kesit şeklini muhafaza etme eğilimi göstermektedir. Bu gibi hücreler son derece yüksek opaklıkta, kaba, poröz ve yırtılma direnci yüksek kağıt elde olunmasını sağlamaktadır. Bununla beraber liflerin birbiriyle temas alanları azaldığından patlama, çekme ve katlanma direnci önemli derecede düşmektedir. Diğer taraftan ince çeperli lifler kolayca çöktüklerinden yoğun, sıkı ve iyi yapışmış kağıtlar eldesinde önemlidirler. Fakat bunların yırtılma direnci düşük olup, diğer dirençleri yüksektir. Bu nedenle iğne yapraklı ağaçtan elde olunacak kağıt hamurunda optimum yaz odunu oranı % 20 olmalıdır. Hammadde olarak kullanılacak iğne yapraklı ağaçlarda ise yaz odunu oranının % 15-50 arasında olması arzu edilmektedir. Yapraklı ağaçlarda odun yoğunluğu ve kağıt hamuru karakteristikleri esas itibarıyla yıllık halka içinde bulunduğu yere bakılmaksızın liflerin ortalama çeper kalınlığı ile ilgili bulunmaktadır. Diğer lif özelliklerinin etkisi iğne yapraklılardaki gibidir.

Düşük yoğunluktaki ağaçlar yüksek yoğunluktakilere nazaran kağıt hamuru üretiminde daha çok arzu edilirler. Yapraklı ağaçlar, en fazla çift çeper kalınlığının, lümen çapına oranı (Runkel oranı < 1) birden küçük olması halinde kağıt yapımında tercih edilirler.

4.2 Lif Uzunluğu

Lif boyunun daha önceleri kağıt yapımında en önemli faktör olduğu zannediliyordu. Ancak yapılan araştırmalar özellikle lif uzunluğunun çapa oranının kağıt özellikleri üzerine, sadece lif boyunun dikkate alınmasından daha etkili olduklarını ortaya çıkarmaktadır.

Kağıt tabakalarında iyi bir gerilim dağılımını sağlamak için yeterli yüzeyel bağlanmayı temin edecek lif boyunun minimum olması önemlidir. Çok kısa boylu liflerden yapılan kağıt, lifler arasında yetersiz yapışma alanlarına sahip bulunmakta ve böylece kağıdın direnç özellikleri düşüktür. Ancak ağaç içinde bütün lifler uzun olmamakta, kısa lifler de bulunmaktadır. Çünkü ağaçta liflerin boyu özden kabuğa ve gövde boyunca aşağıdan yukarıya doğru farklılık göstermektedir. Hatta bir yıllık halka içinde de farklılık olmakta, ilkbahar odununda kısa, yaz odununda uzun lifler bulunmaktadır. Son olarak uzun lifli iğne yapraklı ağaç kağıt hamurunda, kısa lifli yapraklı ağaçlara nazaran daha yüksek direnç değerleri elde olduğunu belirtmekte yarar vardır.

4.3 Lif Direnci

Lif direnci, lif yönüne paralel çekme direnci ile eğilmede meydana gelen makaslama direnci olmak üzere iki önemli direnç olarak ele alınmakta ve kağıt özelliklerine doğrudan etkili olmaktadır. Dövme yapılmadan önce liflerin % 40'ı tam boyda olmadığı halde dövme işleminden sonra bu miktar çok fazlalaşmaktadır. Bununla beraber liflerin birbirleriyle yapışması ile kağıtta meydana gelen çekme direncinin, münferit lif direncinden daha önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Hatta dövme işleminin hafif yapılması halinde lifler arası bağlanma önemli bir faktör olmaktadır. Ancak dövme işlemine devam edilmesi halinde kritik noktalardan sonra dirençte yine azalma olmaktadır. Bu nedenle kağıdın maksimum direnci, kağıdı meydana getiren münferit liflerin ortalama direncine bağlı kalmaktadır. Yani kağıdın direnci, münferit liflerin çekme direnci ile liflerin birbirleriyle bağlanması sonucu meydana gelen makaslama direnci arasındaki ilişkiye bağlıdır. Bir kağıt tabakasının yırtılması en zayıf lifin veya kağıdın kopmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre kağıdın gramajı arttıkça, çekme ve patlama direncinin gelişmesinde münferit liflerin direncinin önemli bir rol oynadığı anlaşılmıştır. Ayrıca lif direnci hücre çeper alanı ile son derecede ilişki içerisindedir. Burada hücre çeper kalınlığı ile mikrofibril açısı da önemlidir. Hatta mikrofibril açısı lif direnci için en önemli özelliktir. Mikrofibril açısı arttıkça, lif direncinde azalma olmaktadır. Bilindiği gibi hücrede, sekonder çeper S₁, S₂ ve S₃ olmak üzere üç tabaka ve çok sayıda lamelden oluşmaktadır. En geniş tabaka S₂ olduğuna göre bu tabakadaki mikrofibril açısı çok daha fazla önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak kağıt özellikleri, odunun ve münferit hücrelerin tüm özelliklerinin bileşik etki ile kağıt hamuru üretiminde uygulanan metodlara bağlı olarak değişmektedir.

5. LİFLERİN TANIMI

Lifler, odun parçacıklarının masere edilmesiyle incelenirler. Maserasyon için kilbit çözüne yakın ölçülerde hazırlanan ve yarma suretiyle elde olunan parçacıklardan yararlanır ve üç basit metod kullanılır. Bunlardan biri Franklin Metodu, diğeri Schultze Metodu ve sonuncusu ise Jeffrey Metodudur. Masere edilmiş materyal, önce soğuk su altında yıkanır. Birbirinden ayrılmak üzere alkol ile kuvetli bir şekilde tüp içinde sallanır. Şayet kağıt hamurundan veya kağıtan lif tanımı yapılacaksa o takdirde az miktarda kağıt hamuru veya küçük parçalara ayrılmış kağıt, su içine batırılır ve bir deneme tüpünde kuvetlice sallanarak liflerine ayrılır. Bundan başka, kağıt parçacıklarını liflere ayırmak için % 1'lik potasyum hidroksit (KOH) de kullanılmaktadır.

Masere edilmiş liflerin iyi bir şekilde mikroskop altında incelenebilmesi için metilen yeşili veya sulu safranin eriyiği ile muamele etmek gerekmektedir. Daha sonra temiz bir lâm üzerine az miktarda lif alınır, iğne uçlu pinset yardımı ile yeknesak bir dağılım temin edilir, bir damla su veya alkol damlatıldıktan sonra lâmel ile örtülür.

Gerek iğne yapraklı, gerekse yapraklı ağaç liflerinin tanımında önemli özelliklerden faydalanarak teşhisleri yapılabilmektedir.

Iğne yapraklı ağaçlarda incelenen özellikler:

- Traheidlerin uzunluk ve çapları
- Traheidler arası geçitlerin sıralanışı
- Traheidlerde spiral kalınlaşma bulunuşu

- Traheidlerin öz ışınları ile karşılaşma yeri geçitleri
 - Karşılaşma yeri geçit tipleri
 - Bir enine sıradaki geçit sayısı
 - Traheid boyunca karşılaşma yeri geçitlerinin sıra sayısı
 - Geçit ağzı açısı
- Öz ışını traheidi olup olmadığı

Yapraklı Ağaçlarda İncelenen Özellikler:

- Traheler
 - Trahelerin uzunluk ve çapları
 - Perferasyon tablası tipleri (basit, merdivenimsi v.b.)
 - Traheler arası geçit tipleri
 - Öz ışını karşılaşma yeri geçitleri
 - Yatık veya dik hücrelerde geçit tipleri
 - Traheler arası geçit tipine benzeyen ya da benzemeyen
 - Geçitlerin dağılımının yeknesak ya da kenarlarda oluşu
 - Spiral kalınlaşma oluşu
 - Trahelerle lifler arası geçitler
 - Trahe uçlarının düz, eğik ya da kuyruklu oluşu
- Vaskular ve vasisentrik traheidlerin bulunuşu
- Lifler
 - Lif boyları
 - Geçit şekli kenarlı ya da basit
 - Spiral kalınlaşmalı veya bölmeli
 - Çeper kalınlığının lif çapına oranı

Dünya üzerine kağıt yapımında en çok kullanılan ağaç türleri liflerinin tanımı ikili teşhis metoduna göre yapılarak aşağıda açıklanmıştır.

Odunsu liflerinin Mikroskop Yardımı ile Tanım Anahtarı

- | | |
|--|----|
| 1. İğne yapraklı ağaç traheidleri var | 2 |
| 1. Yapraklı ağaç tipi lifler ve traheler var | 12 |
| 2. İlkbahar odunu traheidlerinde spiral kalınlaşmalar var | |
| Douglas göknarı - <i>Pseudotsuga menziesii</i> | |
| 2. İlkbahar odunu traheidlerinde spiral kalınlaşma yok | 3 |
| 3. Karşılaşma yeri geçitleri, pencere tipi veya pinoid tipte | 4 |
| 3. Karşılaşma yeri geçitleri, piccoid, cupressoid veya taxodioid tipte | 5 |
| 4. Karşılaşma yeri geçitleri pinoid, 2 adetten fazla sayıda ve iki sıralı | |
| Kızılcam - <i>Pinus brutia</i> | |
| Halep çamı - <i>Pinus halepensis</i> | |
| Fıstık çamı - <i>Pinus pinca</i> | |
| Güney A.B.D. çamları - <i>Pinus taeda</i> , <i>P. palustris</i> , <i>P. elliotii</i> , <i>P. echinata</i> | |
| 4. Karşılaşma yeri geçitleri pencere tipi, iki veya daha az sayıda | |
| Sarıçam - <i>Pinus sylvestris</i> | |
| Karaçam - <i>Pinus nigra</i> | |
| Amerikan çamları - <i>Pinus strobus</i> , <i>P. lambertiana</i> , <i>P. resinosa</i> | |

5. Öz ışını karşılaşma yeri yakınında küçük kenarlı geçitler var, karşılaşma yeri geçitleri Piceoid ile Cupressoid tipte 6
5. Küçük kenarlı geçitler yok veya nadir, karşılaşma yeri geçitleri taxodioid ile cupressoid tipte 9
6. İlbahar odunu traheidlerinde karşılaşma yeri geçitleri enine yönde, üç ve daha fazla sayıda, traheid boyları ortalama 4.5 mm den az
Melez-Larix spp.
6. İlbahar odunu traheidlerinde karşılaşma yeri geçitleri enine yönde, üç ve daha az sayıda 7
7. Karşılaşma yeri geçitleri cupressoid tipte, porus traheid eksenine ile 45° den fazla açı yapmakta.
Hemlock-Tsuga canadensis
7. Karşılaşma yeri geçitleri piceoid tipte, porus eksenine 45° den fazla açı yapmakta 8
8. Karşılaşma yeri geçitleri enine yönde çoğunlukla tek adet
Batı tsugası-Tsuga heterophylla
8. Karşılaşma yeri geçitleri enine yönde çoğunlukla fazla sayıda, ortalama traheid uzunluğu 4 mm den az
Lâdin türleri-Picea spp.
9. Ortalama traheid boyu 4 mm den fazla, kenarlı geçitler üç veya daha fazla sıralı, karşılaşma yeri geçitleri enine yönde, 2 den fazla sayıda 10
9. Ortalama traheid boyu 4 mm den az, kenarlı geçitler 3 den fazla sıralı, karşılaşma yeri geçitleri enine yönde 2 den fazla sayıda 11
10. Karşılaşma yeri geçitleri taxodioid tipte, büyük, ortalama traheid boyu 5 mm den fazla
Sekoya-Sequoia sempervirens
10. Karşılaşma yeri geçitleri cupressoid ile taxodioid tipte, küçük, ortalama traheid boyu 5 mm'den az
Bataklık servisi-Taxodium distichum
11. Karşılaşma yeri geçitleri taxodioid tipte, enine yönde çoğunlukla 2 adet, karşılaşma yeri yüksekliği 250 μ dan fazla
Göknaar-Abies spp.
11. Karşılaşma yeri geçitleri cupressoid tipte, karşılaşma yeri yüksekliği 200 μ 'dan fazla
Su sediri-Calocedrus decurrens
12. Bütün trahelerde perferasyon merdivenimsi 13
12. Trahelerde merdivenimsi perferasyon sadece yaz odunu hücrelerinde var veya hiç yok 16
13. Merdivenimsi bölmeler 15'den fazla, traheler arası kenarlı geçitler karşılıklı
Lâle Ağacı-Liriodendron tulipifera
13. Merdivenimsi bölmeler 15'den fazla 14
14. Trahelerde spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler küçük, diyağonal sıralı 15
14. Trahelerde spiral kalınlaşma uçlarda, kenarlı geçitler büyük ve yatık, 1-3 sıralı
Sığla Ağacı - Liquidambar spp.
15. Trahelerde kenarlı geçitler küçük, az sayıda, trahe uçlarındaki kuyruklar kısa ile orta uzunlukta
Kızılağaç-Alnus spp.
15. Trahelerde kenarlı geçitler çok sayıda ve çok küçük, trahe uçlarındaki kuyruklar kısa
Huş-Betula spp.

16. Merdivenimsi perferasyon yaz odunu trahelerinde var. 1-3 bölmeli 17
 16. Merdivenimsi perferasyon yok 19
17. Traheler hem büyük ($>200 \mu$), hem küçük ($<20 \mu$) çaplı, vasisentrik traheidler görülür
Kestane-Castanea sativa
17. Trahe büyüklükleri fazla değil ve en büyüğü 200μ 'dan az çaplı 18
 18. Traheler arası geçitler oval, az sayıda, küçük, karşılaşma yeri geçitleri aynı büyüklükte ve biçimde, şekil bakımından kenarlı geçitlere benzer, trahelerde kuyruk bulunmaz
Çınar-Platanus spp.
 18. Traheler arası geçitler köşeli, çok sayıda, trahe uçları ince kuyruklu
Kayın-Fagus spp.
 19. Spiral kalınlaşma bütün trahelerde veya sadece yaz odunu trahelerinde var 20
 19. Trahelerde spiral kalınlaşma yok 23
20. Trahelerin çapları iki farklı büyüklüktedir. Büyükler 170μ 'dan daha fazla çapta, vasisentrik traheidler görülür, karşılaşma yeri geçitleri enine uzun
Karaağaç-Ulmus spp.
20. Traheler farklı büyüklükte, en büyük trahe çapı 170μ 'dan küçük 21
 21. Spiral kalınlaşmalar dar aralıklı ($>10 \mu$) 22
 21. Spiral kalınlaşmalar geniş aralıklı ($<10 \mu$)
Akcağaç-Acer spp.
22. Karşılaşma yeri geçitleri her sırada 5-8 adet, trahe kuyrukları kısa
İhhamur-Tilia spp.
22. Karşılaşma yeri geçitleri tek sırada 5 adetten az sayıda, trahe kuyrukları ince uzun
Kiraz-Prunus avium
 23. Traheler büyük ve küçük çaplı olabilir
 Büyükler 170μ 'dan fazla çapta 24
 23. Traheler küçük çaplı ($<170 \mu$) 28
24. Belirgin kenarlı geçitleri olan vasisentrik traheidler var 25
 24. Vasisentrik traheidler yok 27
 25. Az sayıda kalın çeperli yaz odunu traheleri görülür
Kırmızı meşe-Quercus cerris, Q. rubra
 25. Çok sayıda ince çeperli, küçük çaplı yaz odunu traheleri görülür 26
26. Kalın çeperli libriform lifleri çok sayıda görülür
Ak meşeler-Quercus petraea, Q. robur
26. Küçük yaz odunu trahelerinde merdivenimsi perferasyon var, libriform lifleri ve lif traheidleri ince çeperli
Kestane-Castanea spp.
 27. Karşılaşma yeri geçitleri büyük, sık, oval veya düzensiz, küçük çaplı traheler ince çeperli, perferasyonları basit
Ceviz-Juglans spp.
 27. Karşılaşma yeri geçitleri küçük, geniş aralıklı, küçük traheler kalın çeperli, vasisentrik traheidler var
Dişbudak-Fraxinus spp.

28. Karşılaşma yeri geçitleri büyük, yatık sıralı, 4-6 sıra yüksekliğinde
Söğüt-Salix spp.

28. Karşılaşma yeri geçitleri büyük, yatık sıralı, 2-4 sıra yüksekliğinde
kavak-Populus spp.

6. ÖNEMLİ AĞAÇ TÜRLERİNDE LİFLERİN ANATOMİK ÖZELLİKLERİ

Dünya üzerinde çok sayıda ağaç türü odunu, son zamanlarda kağıt yapımında önem kazanmıştır. Ancak bu ağaç türlerinin liflerinin tanınması için liflerin morfolojik ve anatomik yapılarının bilinmesine gerek vardır. Bu nedenle az da olsa bazı ağaç türlerinin kağıt yapımında kullanılan liflerinin özellikleri ayrı ayrı aşağıda açıklanmıştır.

6.1 İğne Yapraklı Ağaçlar

Çamlar-Pinus spp.

Pinus brutia: Traheidlerin boyu ortalama 4.5 mm uzunlukta, çapları 40-50 μ , kenarlı geçitler tek sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pinoid tipte, tek sırada 2-3 adettir.

Pinus nigra: Traheidler ortalama 4.0 mm uzunlukta, traheid çapı ortalama 40-50 μ , kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde, 1-2 adettir.

Pinus strobus: Traheidler ortalama 3.0 mm uzunlukta, teğet çapı ortalama 25-45 μ , kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde, tek sırada 1-2 adet (çoğunlukla 1 adet), karşılaşma yeri geçitlerinin bulunduğu kısımlar 150 μ 'dan az yükseklikte.

Pinus sylvestris: Traheidler ortalama 3.0 mm uzunlukta, traheid çapı ortalama 40-45 μ , kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde, tek yönde 1-2 adet, karşılaşma yerinin yüksekliği 120 μ veya daha fazla olup, bu alanın yakınında küçük kenarlı geçitler görülür (Şekil 1/A).

Douglas göknarı-Pseudotsuga menziesii

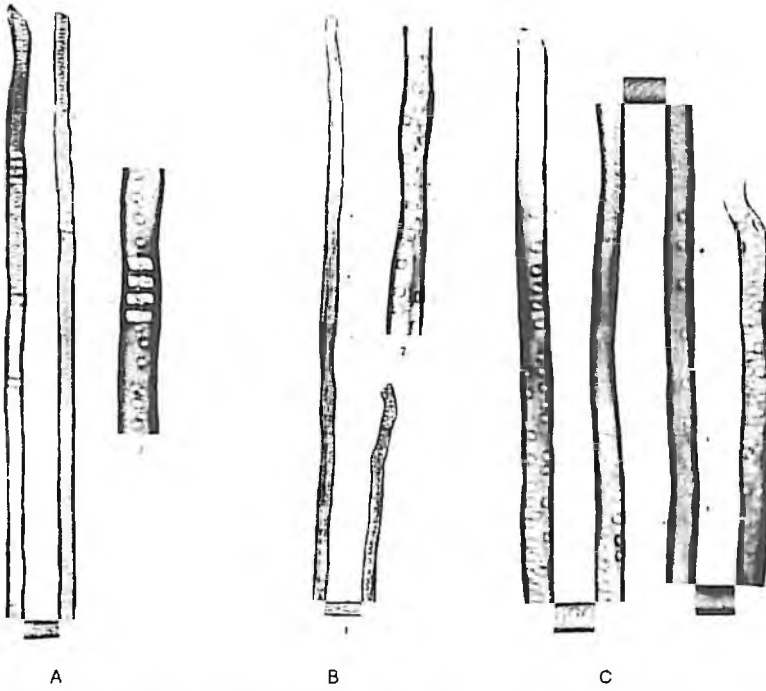
Traheidler ortalama 4.5 mm uzunlukta, çaplar ortalama 35-45 μ , traheidlerde yatık spiral kalınlaşmalar var, kenarlı geçitler tek sıralı, geniş traheidlerde bazen iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri küçük, Piceoid tipte, tek sırada 1-3 adettir.

Göknar-Abies spp.

Traheidler ortalama 3.1 mm uzunlukta, ilkbahar odunu traheidleri ince çeperli, yaz odunu traheidleri kalın çeperli, ortalama traheid çapı 41 μ , kenarlı geçitler tek sıralı nadiren çift sıralı, karşılaşma yeri geçitleri taxodioid tipte, tek yönde 1-3 adet (Şekil 1/B).

Lâdin-Picea spp.

Traheidler ortalama 2.88 mm uzunlukta, teğet çapı 20-30 μ , kenarlı geçitler tek sıralı, sadece çok geniş traheidlerde yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri piceoid tipte, enine yönde 1-3 sıralıdır (Şekil 1/C).



Sekil 1: (A) Sarıçam tracheidi. (1) İlkbahar odunu tracheidi. (a) tracheidler arası kenarlı geçitler, (b) karşılaşma yeri (45 X). (2) bir tracheid kısmı. (c) öz ışını-tracheid geçitleri, (d) öz ışını paransim geçitleri (pencere tipi), (e) tracheidler arası kenarlı geçitler (90 X). (B) Gökmar tracheidi. (1) İlkbahar odunu tracheidi, (a) tracheidler arası kenarlı geçitler, (b) karşılaşma yeri (90 X). (2) bir tracheid kısmı. (c) öz ışını paransim geçitleri, (d) tracheidler arası geçitler (45 X). (C) Ladin tracheidi. (a) tracheidler arası kenarlı geçitler, (b) karşılaşma yeri, (c) öz ışını tracheidi geçitleri, (d) öz ışını paransim geçitleri (90 X).

Melez-Larix spp.

Traheidler ortalama 3.5 mm uzunlukta. çaplar 35-50 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, geniş traheidlerde iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri piceoid ve bazen taxodioid tipte. tek sırada 2-3 adettir.

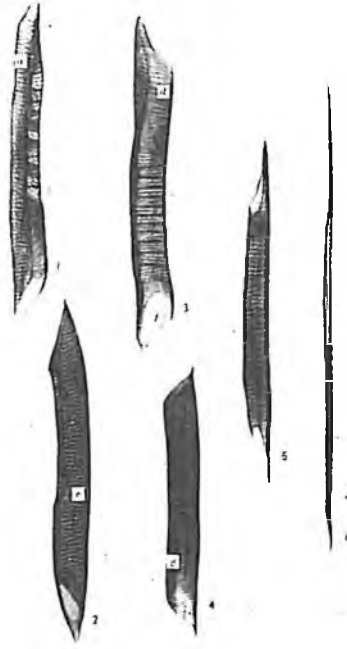
Sedir-Cedrus libani

Traheidler ortalama 3.0 mm uzunlukta. çaplar ortalama 35-40 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, geniş traheidlerde iki sıralı, torus dişli, karşılaşma yeri geçitleri çoğunlukla cupressoid tipte. tek sırada 1-2 adettir.

6.2 Yapraklı Ağaçlar

Akçağaç-Acer spp.

Trahelet 0.40 mm uzunlukta, çapları 100 μ 'dan az. periferasyon basit. spiral kalınlaşmalar var, kenarlı geçitler büyük, köşeli ve sık, diyagonal (alması)-sıralı, karşılaşma yeri geçitleri kenarlı geçitlere benzer, lifler 0.80 mm uzunlukta ve libriform lifleri vardır (Şekil 2).



Sekil 2 : Akçaağaç lifleri. (1-2-3-4) Trahe, (a-c) traheles arası geçitler, (b-e) karşılaşma yeri, (d) spiral kalınlaşma, (f) basit perferasyon, (g) trahe ile boyuna paranzim arası geçitler, (5) trahede spiral kalınlaşma, (6) Lif (90 X).

Ak Meşe-*Quercus petraea-Q.robur*

Traheles 0.40 mm uzunlukta, büyük çaplı (400 μ 'na kadar) ve küçük çaplı (20-30 μ) olmak üzere iki tiptir. Yaz odunu traheleleri ince çeperli, perferasyon basit, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler diyagonal sıralı, karşılaşma yeri geçitleri küçük, enine dar sıralı, lifler 0.9 mm uzunlukta, libriform lifleri, lif traheidleri ve vasisentrik traheidler bulunur. Vasisentrik traheidlerde kenarlı geçitler vardır.

Çınar-*Platanus* spp.

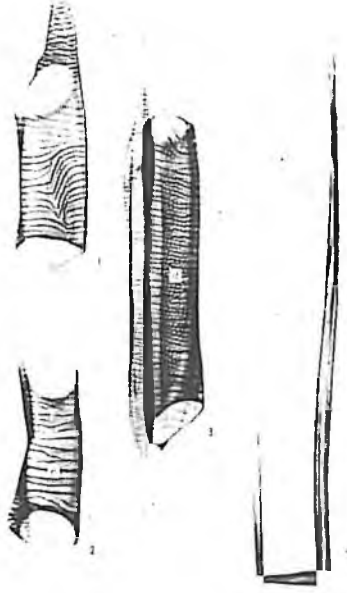
Traheles 0.62 mm uzunlukta, ortalama 75 μ çapta, perferasyon kısmen basit, kısmen 20'ye kadar bölmeli merdivenimsi, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler küçük, yuvarlak, geniş aralıklı, karşılaşma yeri geçitleri kenarlı geçitlere benzer fakat daha küçük, lifler 1.1 mm uzunlukta, çoğunlukla lif traheidleri, az miktarda libriform lifleri bulunur.

Huş-*Betula* spp.

Traheles 0.80 mm uzunlukta, genellikle 100 μ 'dan az çapta, perferasyon merdivenimsi, 20-25 adet ince bölmeli, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler çok küçük ve sık, diyagonal dizilişte, karşılaşma yeri geçitleri kenarlı geçitlere benzer, lifler 1.3 mm uzunlukta, libriform lifleri mevcut.

Ihlamur-Tilia spp.

Traheler 0.45 mm uzunlukta, teğet çapları 70-90 μ , perferasyon basit, yatık spiral kalınlaşmalar mevcut, kenarlı geçitler çok sayıda, nispeten oval, lifler 0.9 mm uzunlukta, libriform lifleri ve lif traheidleri bulunur (Şekil 3).



Sekil 3 : Ihlamur lifler. 1-2-3: Traheler (a) spiral kalınlaşma, (b) basit perferasyon, (c) karşılaşma yeri, (d) traheler arası geçitler. 4: Lif (90 \times).

Karaağaç-Ulmus spp.

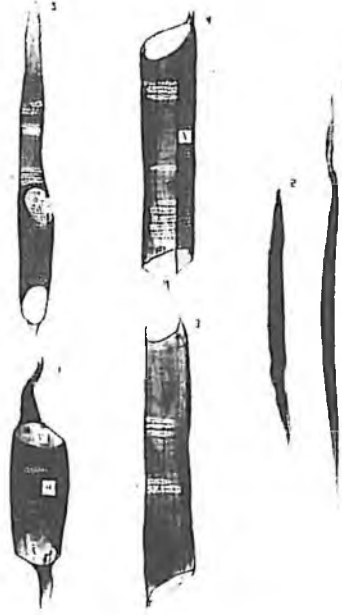
Traheler 0.30 mm uzunlukta, büyük traheler 350 μ , küçük traheler 20-60 μ çapta, perferasyon basit, yaz odununda spiral kalınlaşma var, kenarlı geçitler büyük, yuvarlak, köşeli ve çok sayıda, lifler 1.2 mm uzunlukta, libriform lifleri ve vascular traheidler bulunur.

Kavak-Populus spp.

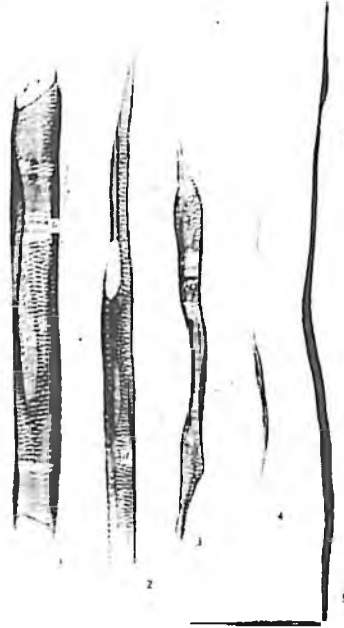
Traheler ortalama 0.65 mm uzunlukta, küçük, teğet çapları 80-100 μ , yaz odunu traheleri 50 μ 'dan küçük, perferasyon basit, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler diyagonal sıralı, karşılaşma yeri geçitleri yatık sıralı, 2-4 sıra yüksekliğinde, libriform lifleri ince çeperli ve 1.3 mm uzunluktadır (Şekil 4).

Kayın-Fagus spp.

Traheler 0.60 mm uzunlukta, çapları 60-80 μ , perferasyon ilkbahar odununda basit, yaz odununda 20 bölmeye kadar merdivenimsi, spiral kalınlaşma yok, trahelerde kuyruk uzun değil, kenarlı geçitler oval ile yuvarlak şekilli, geniş aralıktı ve küçük çaplı, libriform lifleri ve lif traheidleri mevcut ve lifler ortalama 1.0 mm uzunluktadır (Şekil 5).



Şekil 4 : Kavak lifleri. 1-2-3-4: Traheler. (a-f) traheler arası geçitler, (b-d) basit perferasyon, (c-e) karşılaşma yeri. 5-6: Lifler (45 X).



Şekil 5 : Kayır lifleri. 1-2-3: Traheler. (a) basit perferasyon, (b) karşılaşma yeri, (c) liflerle karşılaşma yeri, (d) traheler arası geçitler (e) merdivenimsi perferasyon, 4-5: Lifler (90 X).

Kestane-Castanea spp.

Traheler 0.6 mm uzunlukta, büyük çaplı (200-300 μ) ve küçük çaplı (30-40 μ) olmak üzere iki tiptir. Perferasyon ilkbahar odunu trahelerinde basit, yaz odunu trahelerinde geniş bölmeli merdivenimsi, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler spiral sıralar oluşturur, karşılaşma yeri geçitleri büyük, enine dar sıralı, lifler 1.2 mm uzunlukta, vasisentrik traheidler, libriform lifleri ve lif traheidleri mevcuttur.

Kırmızı Meşeler-Quercus cerris-Q.rubra

Traheler ortalama 0.42 mm uzunlukta, büyük çaplı (200 μ) ve küçük çaplı (35 μ) olmak üzere iki tiptir. Yaz odunundaki traheler ak meşelerden daha büyük, kalın çeperli, perferasyon basit, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler diyagonal sıralı, karşılaşma yeri geçitleri küçük, enine sıralı, lifler ortalama 1.3 mm uzunlukta, vasisentrik traheidler, libriform lifleri ve lif traheidleri mevcuttur.

Kızılağaç-Alnus spp.

Traheler 0.45 mm uzunlukta, çapları 100 μ 'dan az, perferasyon merdivenimsi, 15-25 bölmeli, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler çok sayıda yatık sıralı (karşılıklı), karşılaşma yeri geçitleri kenarlı geçitlere benzer, lifler 1.2 mm uzunlukta, libriform lifleri ve az sayıda lif traheidleri bulunur.

Söğüt-Salix spp.

Traheler, 0.42 mm, küçük, teğet çapları ilkbahar odununda 100 μ 'na kadar, yaz odununda 50 μ 'dan az, perferasyon basit, kenarlı geçitler diyagonal, karşılaşma yeri geçitleri yatık sıralı, 4-6 sıra yüksekliğinde, libriform lifleri ince çeperli ve 1.0 mm uzunluktaadır.

KAYNAKLAR

- AYTUĞ, B. 1959. Türkiye göknar (*Abies Tourn.*) türleri üzerine morfolojik esaslar ve anatomik araştırmalar. İ.Ü. Or. Fak. Dergisi seri A, Cilt IX, Sayı 2.
- CARPENTER, C.H., and L. LENEY. 1952. Paper making fibers. State University of New York College of forestry at Syracuse.
- ERDİN, N. 1985. Toros sediri (*Cedrus libani A. Rich.*) odununun anatomik yapısı ve özgül ağırlığı üzerine araştırmalar. Or. Fak. Yayınları No. 3245/369.
- GÖKER, Y. 1977. Dursunbey ve Elekdağ karaçamlarının fiziksel ve mekanik özellikleri ve kullanım yerleri hakkında araştırmalar. Orm. Gen. Müd. yayınları No. 613/22.
- GÖKSEL, E. 1984. Kızılağaçın lif morfolojisi ve odunundan sülfat selülozu elde etme olanakları üzerine araştırmalar. Orm. Fak. Yayınları No. 3204/364.
- GROSSER, D. 1977. Die hölzer mitteleuropas. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- HASMAN, M. 1955. Büki anatomisi. İst. Üni. Yayınları No. 619/10.

PANSHIN, A.J., CARL DE ZEEUW. 1980. *Textbook of wood technology*. Mc Graw-Hill Book Company. New York.

TOPÇUOĞLU, M.Y. 1985. Dođu lādini (*Picea orientalis* (L.) Carr.) odununun i morfolojisi ūzerine arařtırmalar. *Or. Arař. Tek. Bül. Seri No. 134*.

WAGENFÜHR-SCHEIBER. 1985. *Holzatlas*. Veb Fachbuchverlag Leipzig.