

**ANADOLU KESTANESİ ODUNUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ
VE KAĞIT YAPIMINA UYGUNLUĞU**

Hediye CEYHAN AKGÜN

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Mühendislik Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN
2005**

KABUL:

Hediye Ceyhan AKGÜN tarafından hazırlanan " ANADOLU KESTANESİ ODUNUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ VE KAĞIT YAPIMINA UYGUNLUĞU" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 24/06/2005



Başkan: Prof.Dr. Hüdaverdi EROĞLU (Z.K.Ü)



Üye: Doç.Dr. Ahmet TUTUŞ (K.S.Ü)



Üye: Yrd.Doç.Dr. Ayhan GENÇER (Z.K.Ü)

ONAY:

Yukarıdaki imzaların , adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

12/7/2005



Prof.Dr. İhsan TOROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Mühendislik Tezi

ANADOLU KESTANESİ ODUNUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ VE KAĞIT YAPIMINA UYGUNLUĞU

Hediye Ceyhan AKGÜN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Hüdaverdi EROĞLU

Haziran 2005, 82 sayfa.

Anadolu Kestanesi Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgesi'nde yayılış gösteren bir ağaç türüdür. Mukavemet değerleri yüksek, mantar ve böcek tahribatına karşı dirençli odunu gemi yapımı ve su ile temas eden yerlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Odunun ihtiva ettiği tanen ekstraktı dericilikte kullanılır.

Bu çalışmada Anadolu Kestanesi odununun kimyasal bileşimi standartlara uygun şekilde belirlenmiş ve lif analizleri yapılarak kestane odununun kağıt hamuruna uygunluğu incelenmiştir.

Holoselüloz oranı %68, selüloz oranı %53,35, lignin oranı %25,23, soğuk su çözünürlüğü % 15,59, sıcak su çözünürlüğü %17,85, alkol çözünürlüğü %19,84 ve %1'lik NaOH

ÖZET (devam ediyor)

çözünürlüğü %32,90 olarak bulunmuştur. Ortalama lif uzunluğu 0,96475 mm, ortalama lif genişliği 24,5875 μm ve ortalama lümen genişliği 11,5625 μm olarak bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Anadolu Kestanesi, odunun kimyasal bileşimi, lif analizi.

Bilim kodu: 502.06.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

CHEMICAL COMPOSITION OF SWEET CHESTNUT WOOD AND SUITABILITY FOR PULPING

Hediye Ceyhan AKGÜN

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Industrial Engineering**

Thesis Advisor: Prof. Hüdaverdi EROĞLU

June 2005, 82 pages.

Sweet Chestnut is a tree species spreading through Black Sea, Marmara and Aegean Regions. Its wood having high strength values and resistance against destruction by fungi and insects is widely used in building ships and in places in contact with water. Tannin extract of the wood is used in leather industry.

In this study, chemical composition of the wood of Anatolian Chestnut was determined according to the standards and by carrying out fiber analyses, suitability of the chestnut wood for pulping was investigated.

ABSTRACT (continued)

Holocellulose amount as 68%, cellulose amount as 53,35%, lignin amount as 25,23%, solubility in cold water as 15,59%, solubility in hot water as 17,85%, solubility in alcohol as 19,84%, solubility in 1% NaOH as 32,90%, length of fiber 96,475 μm , width of fiber 2,458 μm , width of lumen 1,156 μm .

Keywords: Sweet Chestnut, chemical composition of wood, fiber analysis.

Science code: 502.06.01

TEŞEKKÜR

Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne yüksek lisans tezi olmak üzere sunulan “Anadolu Kestanesi odununun kimyasal bileşimi ve kağıt yapımına uygunluğu” konulu bu çalışmada ülkemizin önemli ağaç türlerinden biri olan kestane odununun kimyasal yapısı belirlenmiş ve kağıt yapımına uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmanın kağıtçılık üzerine ilgisi olan herkese faydalı olabilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma konusunun seçiminde ve çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU'na ve yaptığım tüm çalışmalarda bizzat yakından ilgilenerek çalışmaya yön veren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e sonsuz teşekkürler.

Ayrıca örnek temininde yardımcı olan Tire Orman İşletme Şefi Fahri KİRAZ'a, laboratuvar çalışmaları sırasında yardımcı olan tüm arkadaşlara, elektron mikroskopunda (SEM) çalışabilmem için yardımcı olan E.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Elektron Mikroskobu Laboratuvarı Sorumlusu sayın Prof. Dr. Bilge Hakan ŞEN'e, tezin her aşamasında yardımcı olan arkadaşım Öğr.Gör. Yılmaz CİVİROĞLU'na ve çalışma boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
 BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER.....	 1
 1.1 GİRİŞ.....	 1
1.2 <i>Castanea sativa</i> 'nın BOTANİK VE EKOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	2
1.3 <i>Castanea sativa</i> 'nın ANATOMİK,KİMYASAL VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	7
1.4 ODUNUN YAPISI.....	8
1.4.1 Odunun Makroskopik Yapısı.....	8
1.4.2 Odunun Anatomik Yapısı.....	10
1.4.3 Odunun Ultramikroskopik Yapısı.....	14
1.4.3.1 Odunun Hücre Çeperinin Yapısı.....	15
1.4.4 Odunun Kimyasal Yapısı.....	17
1.4.4.1 Selüloz.....	20
1.4.4.2 Hemiselüloz.....	24
1.4.4.3 Lignin.....	28
1.4.4.4 Ekstraktif Maddeler.....	30
1.4.4.5 İnorganik Maddeler.....	34
1.5 ODUNU OLUŞTURAN LİFSEL YAPIDAKİ HÜCRELERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ.....	34
1.5.1 Lifsel Hücrelerin Morfolojik Özelliklerinin Kağıtçılık Açısından Değerlendirilmesi.....	36

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.5.1.1 Keçeleşme Oranı.....	36
1.5.1.2 Katılık Katsayısı (Rijidite).....	37
1.5.1.3 Elastiklik Katsayısı.....	37
1.5.1.4 Muhlstep Sınıflaması.....	38
1.5.1.5 Runkel Sınıflaması.....	38
1.5.1.6 F Faktörü.....	38
1.6 ODUNUN KAĞITÇILIK AÇISINDAN BİLİNMESİ GEREKLİ BAZI NİTELİKLERİ.....	40
1.6.1 Odunun Rutubeti.....	40
1.6.2 Hacim-Yoğunluk Değeri.....	42
1.6.3 İlkbahar ve Yaz Odunu.....	43
1.6.4 Öz Odun-Diri Odun.....	44
1.6.5 Odunun Sağlamlığı.....	45
1.6.6 Reaksiyon Odunu.....	46
1.6.7 Çevresel Etkiler.....	48
1.6.8 Budaklar.....	49
1.6.9 Reçine Kanalları.....	49
1.6.10 Kabuk.....	50
1.6.11 Mantarların Yaptığı Çürüklük ve Renk Bozuklukları.....	53
1.6.12 Bakterilerin Oduna Etkisi.....	55
1.6.13 Ağaç Gövdesi İçindeki Değişiklikler.....	56
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT.....	57
2.1 ARAŞTIRMADA KULLANILAN MATERYALİN SEÇİMİ.....	57
2.2 RUTUBET TAYİNİ.....	58
2.3 KİMYASAL ANALİZLER.....	58
2.3.1 Soğuk Su Çözünürlüğü.....	58
2.3.2 Sıcak Su Çözünürlüğü.....	58
2.3.3 Alkol-Benzen Çözünürlüğü.....	59
2.3.4 %1'lik NaOH Çözünürlüğü.....	59

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3.5 Holoselüloz Tayini.....	60
2.3.6 Selüloz Tayini.....	61
2.3.7 Lignin Tayini.....	61
2.4 LİF ANALİZLERİ	62
 BÖLÜM 3 BULGULAR.....	 64
 3.1 ODUNUN RUTUBETİ VE HÜCRE ÇEPERİ BİLEŞENLERİNİN MİKTARLARI.....	 64
3.2 ÇÖZÜNÜRLÜK DEĞERLERİ.....	65
3.3 LİF ANALİZLERİ.....	65
3.4 ANADOLU KESTANESİ'NİN(<i>Castanea sativa</i>) ANATOMİK ÖZELLİKLERİ.....	 66
3.5 LİFSEL HÜCRELERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	 75
 BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	 76
 KAYNAKLAR.....	 78
BİBLİYOGRAFYA.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 <i>Castanea sativa</i> ağacı.....	3
1.2 <i>Castanea sativa</i> yaprakları.....	3
1.3 <i>Castanea sativa</i> tomurcukları.....	4
1.4 <i>Castanea sativa</i> çiçekleri	4
1.5 <i>Castanea sativa</i> 'nın kupula içindeki meyveleri.....	5
1.6 Yaşlı bir <i>Castanea sativa</i> gövdesi.....	5
1.7 Odunun enine kesiti.....	9
1.8 Hücre çeperini oluşturan birimler.....	14
1.9 Selüloz mikrofibrillerinde kristal ve amorf bölgeler.....	14
1.10 Hücre çeperinin ince yapısı.....	16
1.11 Odunun yapısındaki bileşikler.....	19
1.12 Selüloz formülü.....	21
1.13 Hemiselülozların yapısında bulunan şeker birimleri.....	25
1.14 Lignini oluşturan birimler.....	29
3.1 <i>Castanea sativa</i> 'da ilkbahar ve yaz odunu traheleri.....	66
3.2 <i>Castanea sativa</i> 'da traheler ve öz ışınları.....	66
3.3 <i>Castanea sativa</i> 'da trahelerde basit perforasyon.....	67
3.4 Traheler içinde tül oluşumu.....	67
3.5 Trahe ve içinde tül teşekkülü.....	68
3.6 Liflerin ve trahelerin görünüşleri.....	68
3.7 Liflerin ve çeperlerinin görünüşü.....	69
3.8 Lif çeperlerinin görünümü.....	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Odundaki hücrelerin bazı ağaç türlerindeki dağılımı.....	13
1.2 Bazı odun hücrelerinin boyutları.....	13
1.3 İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında bulunan başlıca hemiselülozlar.....	26
1.4 Türkiye’de yetişen bazı ağaç türleri odunlarının alkol-benzen karışımında çözünen ekstraktif miktarları.....	31
1.5 Lifsel hücrelerin morfolojik nitelikleri ile kağıdın fiziksel direnç özellikleri arasındaki ilişkiler.....	39
1.6 Bazı ağaç türlerinin hacim-yoğunluk değerleri.....	43
1.7 Farklı kağıt hamuru üretim tipleri için kabul edilebilir kabuk miktarı toleransları.....	52
3.1 Odunun rutubet ve hücre çeperi bileşenleri miktarları.....	64
3.2 Odunun çözünürlük değerleri.....	65
3.3 Lif ölçümleri sonuçları.....	70
3.4 Liflere ait kağıtçılık açısından bilinmesi gereken oranlar.....	75

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Odun doğada bol bulunması ve sürekli yenilenebilir özelliği ile önemli hammadde kaynakları arasında yer almaktadır. Önemli bir ekonomik değere sahip olan odun, gelişmemiş ülkelerde yakıt olarak kullanıldığı gibi kağıt, lif ve yonga levha, kereste, doğrama, mobilya endüstrisinde ana hammadde olarak kullanılmaktadır. Bunların yanında; yapıştırıcılar, boyalar, cilalar, plastikler, şekerler, reçineler, duvar kaplamaları, kontrplaklar, yağlar, dezenfektanlar, alkoller, temizlik kağıtları, ilaçlar, odun kömürü, sabunlar, çatı kaplama materyali, patlayıcılar, hayvan yemleri, mürekkepler vb. ürünlerde de odun hammaddesi kullanılmaktadır (Hafizoğlu, 1982). Örneğin, Baytop (1984) ve Tüzün (1991) yaptıkları çalışmalarda Kestane (*Castanea sativa* Mill.)nin çiçek, kabuk, yaprak ve meyvelerinin tıbbi amaçlarda kullanıldığını bildirmişlerdir. Kestane odunu kalori değerlerinin yanında uçucu yağlar bakımından da değişik alanlarda kullanılmaya elverişlidir. Ayrıca % 5 tanen ihtiva eden kestane odununun, tanen üretiminden geri kalan kısımları kağıt ve levha yapımında kullanılır (Fortnoire, 1971).

Dünyada 1980 yılında 4,44 milyar insan yaşarken ormanlık alan 3,61 milyar hektar, odun tüketimi 2,93 milyar m³ düzeyinde olmuştur. 2000 yılında ise nüfus 6,18 milyar, ormanlık alan 3,25 milyar hektar ve odun tüketimi 4,09 milyar m³ olmuştur (Diesen, 1998; Eroğlu ve Usta'dan, 2004).

Türkiye'deki mevcut orman alanı 20.712.894 hektar olup bu alanın ancak % 39,4'ü verimli orman niteliğindedir. Bunun % 54'ü ibreli, % 46'sı yapraklı ağaçlardan oluşur. Genel ormanlık alanın 11.075.594 hektarı ibreli koru ormanı, 3.207.717 hektarı yapraklı koru ormanı, 33.501 hektarı ibreli baltalık ve 6.396.082 hektarı yapraklı baltalık ormandır. 1997 yılında ülkemizde 13.033.000 m³ endüstriyel, 18.300.000 m³'ü yakacak olmak üzere

toplam 31.333.000 m³ odun üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretimin 2.981.000 m³'ü özel ormanlardan sağlanmıştır. Aynı dönemde 11.530.000 m³'ü endüstriyel odun, 18.300.000 m³'ü yakacak olmak üzere toplam 29.830.000 m³ odun tüketilmiştir. Belirtilen yıl için 2.000.000 m³ odun dış alımı yapılmış, tüketilmeyerek bir sonraki yıla 2.000.000 m³ odun devretmiştir. Görüldüğü üzere orman amenajman planında öngörülen miktardan fazla odun üretimi yapıldığından gelecekte sektör için meydana gelecek odun hammaddesi sıkıntısı büyük olacaktır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Gelişen teknoloji ile birlikte birçok alanda odun tüketimi artmış ancak mevcut orman varlığı bu talebi karşılayamaz duruma gelmiştir. Gelecekte bu sıkıntı daha da artacaktır. Bu sıkıntının artmaması için ormanlardan planlı bir şekilde yararlanılması ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Alınacak tedbirler; ağaçlandırma çalışmaları ile ormanların kalitesini ve verimini arttırmak, odunun mekanik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini bilerek uygun türlerin yerinde kullanılmasını sağlamak, odunun yakacak olarak tüketilmesini engelleyerek yakacak odunun kağıt üretiminde kullanılmasını sağlamak, kağıt üretiminde odunun yanı sıra alternatif olarak yıllık bitkiler (saman, pamuk sapı, ayçiçeği sapı vb.) ve atık kağıt kullanımını arttırmak olabilir.

1.2 *Castanea sativa*'nın BOTANİK VE EKOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Angiospermae'lerin Fagaceae familyasına dahil olan Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) geniş yapraklı bir orman ağacıdır (İzbirak, 1935). 20-25 m. boya, 1,5-2,0 m çapa ulaşabilen, dolgun gövdeli, dağınık ve geniş tepeli bir ağaçtır. Kabuk önce düzgün, zeytinimsi esmer olup üzerinde açık renkli mantar kabarcıkları vardır. Sonraları esmer gri renkli ve parçalı kabuğa sahiptir. Sürgünleri pseudo-terminal tomurcukludur, dıştan ve az sayıda (2-3 pullu) pullarla örtülmüş olan tomurcuklar sürgünlere iki sıralı sarmal (almaçlı) dizilmiştir. Kuvvetli sürgünler hafif oluklu ve köşelidir. Tomurcuklar sivri yumurta biçiminde, sapsız, kahverengi kırmızıdır (Yaltırık ve Efe, 1994). Uzunlukları 8-18 cm, genişliği 3-6 cm olan yapraklar uzun mızrak gibi, sivri uçlu, kenarları keskin kaba dişlidir. Dişleri kama biçiminde sonuçlanır. Üst yüzü parlak yeşil, çoğu kez çıplak, alt yüzü ise soluk yeşil, önce gri tüylü daha sonra çoğunlukla çıplaktır. Orta damar yüzde çıkık olup belirgindir. Birbirine paralel 12-20 çift yan damar bulunur. Kulakçıklar dar şerit biçimindedir ve kısa sürede düşerler (Anşın, 1993). Erkek çiçeklerin uzunlukları 10-20 cm olup, dik şamdan gibi kedicikler halindedir. Dişi çiçekler erkek çiçeklerin dibinde

bulunmakta, ender olarak ayrı ayrı kısa sürgünlerde de yer almaktadır (Kayacık, 1965). Üzerinde sık ve batıcı dikenleri bulunan kupula içinde genelde üç tane meyve bulunur. Üstten basık yarım küre şeklindeki meyvelerin kabuğu sert, parlak kızıl kahve renktedir (Yaltırık, 1982).



Şekil 1.1 *Castanea sativa* ağacı.



Şekil 1.2 *Castanea sativa* yaprakları.



Şekil 1.3 *Castanea sativa*'nın tomurcukları



Şekil 1.4 *Castanea sativa* çiçekleri.



Şekil 1.5 *Castanea sativa*'nın kupula içindeki meyveleri.



Şekil 1.6 Yaşlı bir *Castanea sativa* gövdesi.

Anadolu Kestanesi'nde boy büyümesi önce yavaş, 10. yaştan itibaren hızlanmakta sonra da 40-50. yaşlarda tekrar yavaşlamaktadır. Buna karşı çap artımı uzun süre devam etmektedir. Ömürleri uzun olup 800-1000 yıl yaşayabilir. Sürgün verme yeteneği fazladır. Kuvvetli kazık kök oluşturur (Anşin, 1993).

Genel yayılışı Güney Avrupa, Balkan Yarımadası ve Anadolu'dur. Kafkas ülkeleri, Anadolu'nun kuzey ve kuzeybatısı, Yunanistan, Arnavutluk, Doğu ve Güney Yugoslavya, İtalya, Alpler ve İspanya'ya yayılmıştır (Davis, 1982).

Ülkemizde Kestane Marmara Bölgesi ve Kuzey Anadolu ormanlarında özellikle Yapraklı (*Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*) ormanlarında karışıklığa girer. Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde ise (Tire, Söke, Antalya-Zerk Harabeleri yakını gibi) lokal olarak bulunur veya kültürü yapılmaktadır (Yaltırık ve Efe, 2000).

Anadolu Kestanesi sıcak seven bir ağaçtır. Işık isteği mutedildir. Toprak isteği oldukça yüksek olup, derin, mineral besini fazla olan toprak ister. Toprağın gevşekliğine engel olmayacak derecede balçık içeren ve potas içeriği az olmayan, besin maddeleri bakımından orta verimlilikte topraklar isteklerine en uygun topraklardır (Saatçioğlu, 1969; Yaltırık, 1982).

Türkiye'deki kestane (*Castanea sativa* Mill.)lerde doğu-batı boylamları arasında önemli genetik farklar vardır. Türkiye'nin batısındaki kestaneler İtalyan kestaneleri ile genetik olarak benzerlik gösterir (Villani and Pigliucci, 1991).

Anadolu Kestanesi günümüzde Kestane Mürekkep hastalığı (*Phytophthora cambivora*) ve Kestane Kanseri (*Endotia parasitica*) hastalığı tehdidi altında olup, bu hastalıklar nedeniyle nesli yok olma riski ile karşı karşıyadır. Bu hastalıklar üzerinde uzun süredir çalışılmakta ancak kesin bir çözüme ulaşılamamıştır (Anşin, 1993; Saatçioğlu, 1969).

1.3 *Castanea sativa*'nın ANATOMİK, KİMYASAL VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Anadolu Kestanesi'nin odunu sarı renk grubuna girmektedir. Öz odunu ile diri odunu arasında belirgin bir renk farkı yoktur. Diri odun çok dar, gri-kahverengimsi beyaz, öz odun taze halde gri-sarı ile soluk kahverengidir. Kesimden sonra koyulaşmaktadır. Odunda tanen kokusu vardır. Öz odun hava değişikliklerinden etkilenmez, biyolojik zararlara karşı dayanıklıdır (Merev, 1984; Bozkurt ve Erdin, 1986).

Yıllık halkalar halkalı büyük traheli olduğundan belirgindir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi ilkbahar odunu traheleri yaz odunu trahelerinden daha büyük, enine kesitleri oval, 2-6 teğet sıralıdır ve tüllerle tıkalıdır (Şekil 3.4 ve 3.5). Tüller, paranşim hücrelerinin trahe lümen boşluklarına dolması ile oluşur. Bazı ağaç türlerinde yaralanma ile oluşanları mevcuttur. Bunlar hasarlı bölgenin su kaybını önlemek için önemli aktiviteye sahiptir. Bakteri ve mantar arızı ile öz odunundan diri oduna geçişte oldukça yüksek oranda oluşumları mevcuttur. Tüller odunun kullanım yerine göre zararlı veya yararlı olabilir. Örneğin, emprenye işlemine yavaş ve zor penetrasyon açısından zararlıdır. Ancak, Kırmızı meşede öz odunda yüksek oranda tül oluşumu fiçî, tank, varil yapımında arzu edilen bir durumdur. Tüllerin traheleri doldurması ile sızdırmazlık sağlanır. Beyaz meşede tül oluşumu yoktur. Bu yüzden varil yapımında kullanılmaz. Diğer taraftan emprenyesi kolaydır.

Küçük yaz odunu traheleri genellikle radyal veya diyagonal sıralıdır. Bazen çatallaşma görülür. İlkbahar odunu trahelerinin radyal çapları 500 mikron, teğet çapları 300 mikron kadardır. Yaz odunu traheleri 30-40 mikron teğet çaptadır. 1 mm²'deki trahe sayısı 40-50 adettir (Merev, 1984). İlkbahar odunu traheleri etrafında vasisentrik traheidler bulunur. Perforasyon tablası genelde basit perforasyondur (Şekil 3.3). Bunun yanında merdiven şeklinde perforasyona da rastlanır (Bozkurt, 1992). Boyuna paranşim hücreleri çıplak gözle görülebilecek şekilde ve az sayıda, lifler arasında apotraheal dağınık, trahelerle paratraheal kümeli düzende bulunur (Merev, 1984). Özışınları tek sıralıdır. Çoğunlukla 5-30 hücre yüksekliğinde ve homoselüler yapıdadır. Öz ışıını ve boyuna paranşim hücrelerinde kum kristalleri, küçük boyutlu kalsiyum oksalat kristalleri ve iğne şeklinde kristaller vardır (Merev, 2000). Esas dokuyu libriform lifleri ve lif traheidleri oluşturur. Bunun yanında vasisentrik traheidler mevcuttur. Kestane odununun yoğunluğu $D_0=0.59 \text{ g/cm}^3$, $D_{12}=0.63 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Odunda %1-10 arasında tanen bulunur (Bozkurt, 1992; Eroğlu, 1988; Fengel and Wegener, 1984).

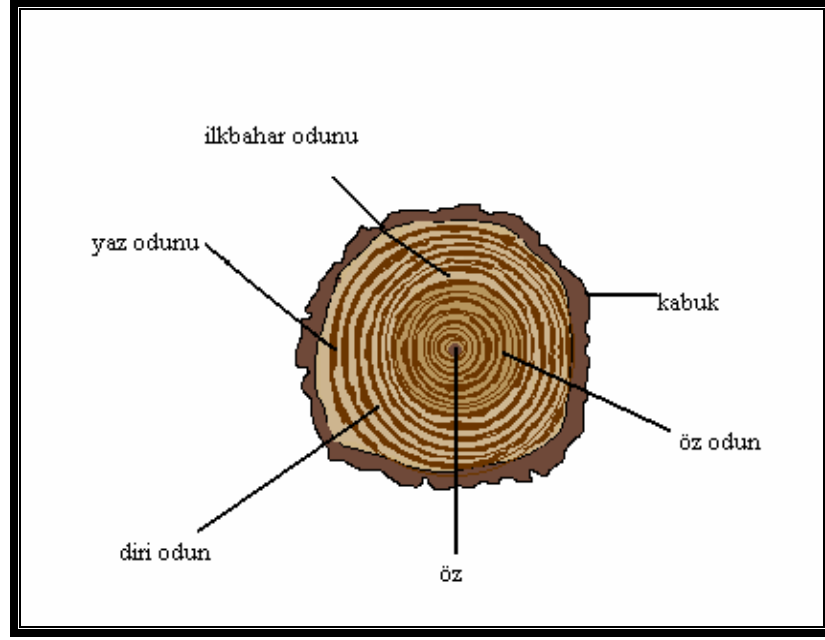
Anadolu Kestanesi odunu oldukça sert, yarıлма düşenci yüksek, kolay eğilip bükülebilir, şok ve çarpma direnci yüksek olduğundan pencere-kapı doğraması ve parke yapımında kullanılır. Kurutulması güç olup çatlama ve bükülme riski vardır. Kurutma sırasında kollapslar oluşur. Diri odunun emprenyesi kolay ancak öz odunun emprenyesi çok zordur. İçerdiği tanen nedeniyle metallerle temasta koyu renk oluşturur. Çivileme ve vida tutması iyi olduğundan mobilya endüstrisinde çok kullanılır. Ahşap tekne ve yat yapımında iskeleti oluşturan armuz, posta ve kaplamanın tabii olarak eğri büyümüş kestane odunundan yapılması ve bu odundaki iç gerilmenin ve zorlanmanın az olması bunu vazgeçilmeyen bir unsur haline getirmektedir (Yazıcı, 1998). Sivrikaya (2003), yaptığı çalışmada kestane odununun Tanalit-C ile emprenye edilmiş panellerinde zayıf retensiyondan dolayı deniz suyunda az da olsa *Teredo navalis* tahribatı görüldüğünü bildirmiştir. Kaygın (2002), ahşap tekne yapımında, iç mekanlarda ve suya maruz kalan yerlerde meşeden sonra kestane daha uygun olacağını belirtmiştir.

1.4 ODUNUN YAPISI

1.4.1 Odunun Makroskopik Yapısı

Odun üretimi yönünden en önemli orman ağaçları Gymnospermae'ler (iğne yapraklı ağaçlar, yumuşak odunlu ağaçlar “soft wood”) ve Angiospermae'ler (yapraklı ağaçlar, sert odunlu ağaçlar “hard wood”) olarak iki grupta sınıflandırılırlar. İğne yapraklı ağaçlar sınıfına Çam, Gökmar, Ladin gibi ağaç cinsleri, yapraklı ağaçlar sınıfına da Meşe, Kestane, Kayın, Kavak gibi ağaç cinsleri girmektedir.

Bir gövdenin enine kesiti normal olarak dairesel yapıda olup, kabuk, odun ve öz olmak üzere üç kısma ayrılır (Şekil 1.7). Öz normal olarak gövdenin merkezinde yer alır ve bazı türlerde çok küçük olmasına rağmen gözle görülebilir. Öz kısmının rengi ve şekli türlere göre değişir.



Şekil1.7 Odunun enine kesiti.

Gövdenin en dış tabakası kabuk olup, dış görünüşü yaşa ve türe göre değişir. Kabuk renk bakımından iki kısımdan oluşur. Dış kısım daha koyu renkli ve fizyolojik fonksiyonunu kaybetmiş ölü hücrelerden oluşur. Son oluşan periderm tabakası ile kambiyum arasında kalan açık renkli kısım ise fizyolojik olarak aktif olan canlı kabuktur. Bunlardan birincisine ölü dış kabuk, ikincisine de canlı iç kabuk adı verilir. Dış kabuk koyu renkli, kuru ve mantarımsıdır. İç kabuğun dış tabakaları zamanla dış kabuk haline gelir. Dış kabuk depolama işine iştirak etmez ve zamanla dökülür. Kabuk kimyasal olarak suberin, ekstraktif maddeler ile selüloz, lignin ve hemiselülozdan oluşur. Genel olarak kabukta %18-23 selüloz, %17-43 lignin ve %15-35 hemiselüloz bulunur (Eroğlu ve Usta, 2000).

Ilıman bölgelerde büyüme yazın yavaş ve baharda hızlı gerçekleşir. Bu karakteristiktir. Bu büyüme sonunda yılın farklı mevsimlerinde şekillenen odunsu oluşumda şerit gibi birbirini izleyen yıllık halka denilen izler oluşur. Bir yıllık halka yaz odunu ve ilkbahar odunu olmak üzere iki kısımdan oluşur. Yaz odunu hücreleri daha yüksek yoğunlukta, radyal çapları daha küçük, kalın çeperli ve küçük lümenlidir (Haygreen and Bowyer, 2003).

Birçok türde gövdenin enine kesitinde düzenli bir renk dağılımı yoktur. Orta kısımlar kenarlardan daha koyudur. Bu koyu renkli kısımlar öz odun açık renkli kısımlar da diri odun olarak adlandırılır. Koyu renk genel olarak çam, meşe, kestane, karaağaç gibi türlerde

görülür. Birçok türde ise makroskopik olarak renk farkı görülmez. Genç yaşlarda gövdeye eklenen halkalar iletim, destek ve depolama görevi görürler. Diri odun denen bu halkalar fizyolojik olarak aktiftir ve bir kısmı canlı dokulardan oluşmuştur. Yıllar geçtikçe gövde çapı artar ve öze yakın dokular ölür. Öz odun denen bu kısım ölü olup yalnızca mekanik destek sağlar. Yani ağacın gövdesi genişledikçe yaşlı halkalar besin depo etmeye ve iletim görevine iştirak etmemeye başlar. Diri odun birkaç yıllık halkadan oluşabileceği gibi yüz halkadan fazla da olabilir. Genç yaşta diri odun daha geniş, yaşlandıkça daha dar bir yer kaplar. Öz odun gövdeden yukarı gittikçe genişler. Öz odun ve diri odunun kimyasal bileşimleri farklı olabilir. İğne yapraklı ağaçlarda öz odunu daha fazla ekstraktif madde içerir. Genelde yaz odununda selüloz % 1-2 daha fazla, hemiselüloz oranı ise % 1 daha azdır. Dal odununda selüloz daha az, lignin, pentozan ve çözünürlük oranları daha yüksektir. Lignin oranı iğne yapraklı ağaçlarda % 28-34, yapraklı ağaçlarda % 18-27 arasında değişir. Selüloz oranı ise iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda % 50 civarındadır. Hemiselüloz oranı iğne yapraklı ağaçlarda % 20, yapraklı ağaçlarda % 30 kadardır. Çam, ladin, melez gibi bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde reçine kanalları bulunur (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.4.2 Odunun Anatomik Yapısı

Odun gövdesinin üç temel fizyolojik fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar;

1. ağacı taşımak ve mekanik etkilere karşı dayanım sağlamak,
2. su ve mineral maddeleri köklerden dallara, yapraklarda meydana gelen besin maddelerini gövde ve dallardan gerekli noktalara taşımak,
3. bazı rezerv maddelerini depolamaktır (Kırcı, 2000).

Odunun morfolojik yapısında bulunan değişik elemanlar bu fonksiyonları gerçekleştirecek biçimdedirler. İğne yapraklı ağaç odunlarında desteklik görevi gören traheidler aynı zamanda mineral maddeler, su ve besi suyunun taşınmasını da sağlar. Depolama görevini gören elemanlar parankim hücreleridir. Parankimatik yapılı epitel hücreler reçine salgılama fonksiyonlarına sahip olup, mekanik yaralanma, böcek, mantar ve bakteri hasarlarına karşı odunu korurlar.

Yapraklı ağaç odunları iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha çeşitli elemanlara sahiptir. Ayrıca odunun anatomik yapıları daha karmaşıktır. Yapraklı ağaç odununda desteklik görevi gören lif hücreleri bulunur. Bunlar libriform lifleri, lif traheidleri, vasisentrik traheidler ve vasküler traheidlerdir. Bu dört hücre tipinin hepsi bir ağaç türünde bulunmazlar (Kırcı, 2000).

Yapraklı ağaç odunlarında besi suyu iletim görevini gören, iğne yapraklı ağaç odunlarında bulunmayan trahe adı verilen hücreler bulunur. Traheler üst üste dizilmiş boru şeklinde olan, diğer hücre tiplerinden daha büyük çapı olan hücrelerdir. Traheler yapraklı ağaç ve iğne yapraklı ağaç liflerinden daha kısadır. Çapları büyük olduğundan odunun enine kesitinde büyük delikler şeklinde görülürler. Trahelerin büyüklükleri ve yerleşim düzenleri yapraklı ağaçların sınıflandırılmasında dikkate alınmaktadır. İlkbahar odununda büyük çaplı traheler, yaz odununda ise küçük çaplı traheler yoğunlaşmış şekildedir. Bu tip odun türleri halkalı traheli olarak adlandırılır. Bazı yapraklı ağaç türleri ise yıllık halka geçişlerinde bile üniform büyüklükte dağılım gösteren bir yapıya sahiptir. Bu tip odunlar da dağınık traheli olarak adlandırılmaktadır. Yapraklı ağaçların çoğu dağınık trahelidir. Ancak kuzey ılıman bölgelerde yetişen meşe, dişbudak ve kestane gibi bazı türler halkalı traheli grubuna girerler (Haygreen and Bowyer, 2003).

Üst üste dizilmiş trahelerin uç kısımlarındaki çeperler kısmen ya da tamamen kaybolur ve iki trahe arasında perforasyon tablası oluşur. Perforasyon üç şekilde olabilir. Basit perforasyonda tek, geniş ve yuvarlak bir açıklık bulunur. Bileşik perforasyonda birden fazla delik bulunur. Skalaraform (merdiven şeklinde) perforasyonda ise uzun delikler ile bunlar arasındaki çubuklardan oluşur. Uç kısımların çeperleri yatay ya da eğik olabilir.

Diri odunun öz oduna dönüşümü sonucunda traheler iletim yapamadıklarından tül teşekkülü denilen bir oluşumla tıkanabilir. Tül teşekkülü bitişik bir paranşim hücresinin, bir geçit çifti arasından trahe lümeni içine doğru büyümesidir. Tül teşekkülü aynı zamanda mekanik zarar, mantar ve virüs etkisiyle de oluşabilmektedir. Tül oluşumu meşe, kayın ve kestane türlerinde görülebilir.

Trahelerle birlikte bazı yapraklı ağaçlarda bulunan başka bir hücre tipi de vasküler ve vasisentrik traheidlerdir. Bunlar trahelere benzerler ancak traheden farklı olarak uçlarında perforasyon yoktur. Çok sayıda kenarlı geçitleri ve spiral kalınlaşma vardır. Vasisentrik

traheidler daha çok ilkbahar odunu trahelerine yakın olarak bazı halkalı dağınık traheli meşe, dişbudak ve kestane türlerinde bulunurlar. Masere edilmiş odunda kıvrık şekliyle ve sahip olduğu çok sayıda geçitlerle kolayca ayırt edilirler.

Odun hücre tiplerinden paranşim hücreleri tipik prizmatik hücreler olup basit geçitler içerirler. Gövdedeki bulunuş yerine göre düşey, radyal veya özişını paranşimi adını alırlar. Düşey paranşim her odunda bulunmaz. Traheidler arasında band şeklinde görülürler. Genellikle paranşim hücreleri yapraklı ağaçlarda daha çok bulunur. Bazı türlerde çıplak gözle ya da büyüteçle görülebilirler. Trahelere yakın olanlara “ paratraheal” uzak olanlara da“ apotraheal” adı verilir.

Özişını paranşimleri kısmen veya tamamen özişınlarını oluştururlar. Özişınları yapraklı ağaçlarda yalnızca özişını paranşim hücrelerinden, iğne yapraklı ağaçlarda ise özişını paranşim hücreleri, özişını traheidleri ve reçine kanallarından oluşur. Teğet kesitte özişını hücreleri tek, çift veya çok sıralı hücrelerden oluşur. Genelde iğne yapraklı ağaçlarda tek sıralı, yapraklı ağaçlarda aynı türde değişik sıralı özişınları bulunur.

İğne yapraklı ağaç odunlarının yaklaşık % 90-96’ sını oluşturan traheidler, hemen hemen tamamı düşey olarak dizilmiş hücre tipleridir. Bazı türlerde yatay dizilmiş özişını traheidleri vardır. Düşey traheidler boyuna traheidlerdir. Yatay traheidler de enine traheidlerdir. Boyuna traheidler iğne yapraklı ağaçların hacimce % 90’ dan fazlasını oluşturur. Çapları dar, boyları uzun (çaplarının 75-200 katı)dur.

İlkbahar odunu ve yaz odunu traheidleri birbirinden farklıdır. İlkbahar odunu traheidleri ince çeperli, geniş lümenli, enine kesiti kare veya çokgendir. Yaz odunu traheidleri ise kalın çeperli, dar lümenli, enine kesiti dikdörtgen şeklindedir. Yaz odunu traheidleri % 10 kadar daha uzundur.

Sadece yapraklı ağaçlar ve yıllık bitkilerde bulunan lifler yaz odunu traheidlerine benzeyen hücre tipleridir. Uçları kapalı, çoğunlukla sivri, bazen çatallı olabilir. Lifler, lif traheidleri ve libriform lifleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Lif traheidleri kenarlı geçitlere, libriform lifleri ise basit geçitlere sahiptir. Ayrıca libriform lifleri daha kısa ve ince çeperli olup, küçük büyültmelerde görülmesi zor olan lümenlere sahiptir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Odundaki hücrelerin (lifler, paraşimatik hücreler, traheler) bazı ağaç türlerindeki dağılımı Çizelge 1.1’deki gibidir.

Çizelge 1.1 Odundaki hücrelerin bazı ağaç türlerindeki % dağılımı.

Odun türü	Lif hücreleri	Paraşimatik hücreler	Traheler
Gökmar	90-94	6-10	-
Melez	91-94	9-10	-
Ladin	93-95	5-7	-
Çam	88-93	7-12	-
İ.Y.türler ortalaması	93	7	
Huş	60-65	10-11	20-25
Kayın	37-40	20-32	31-35
Kavak	56-60	10-13	26-30
Meşe	44	16	40
Kestane	57	17	26
Y.türler ortalaması	50	20	30

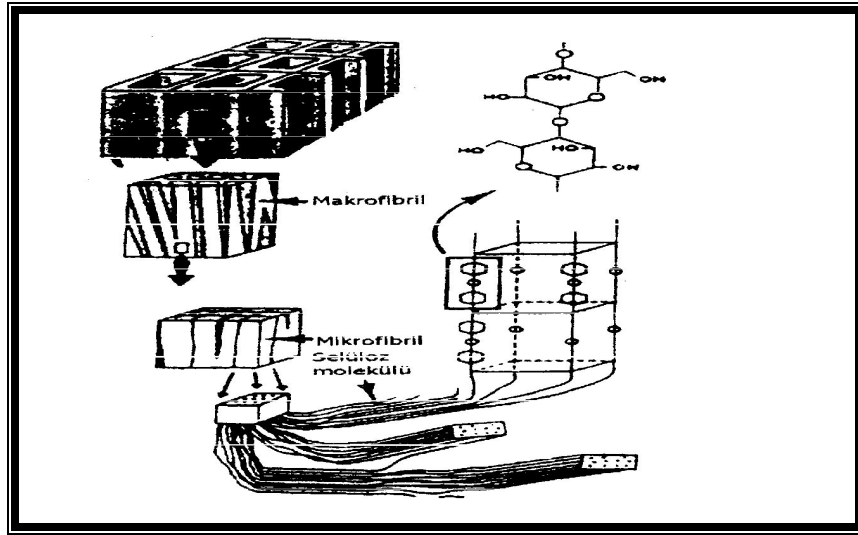
Tabloya göre iğne yapraklı ağaç odunlarının hacim olarak % 93’ünü traheidler, % 7’sini paraşimatik hücreler; yapraklı ağaç odunlarının % 50’sini odun lifleri, % 20’sini paraşimatik hücreler ve % 30’unu traheler oluşturur (Kırcı, 2000). Çizelge 1.2’de odunsu hücrelerin boyutları verilmiştir.

Çizelge 1.2 Bazı odun hücrelerinin boyutları (Kırcı, 2000).

Hücre tipi	Lümen çapı (µm)	Çeper kalınlığı(µm)	Hücre boyu(mm)
Trahe	10-500	1,6-20	0,1-2,0
Traheid	4-80	2-12	0,7-11
Libriform lileri	5-50	2-7	0,1-7
Paraşim hücreleri	5-100	2-4,5	0,02-0,2

1.4.3 Odunun Ultramikroskopik Yapısı

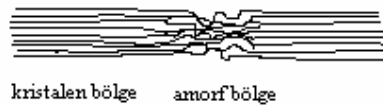
Odunun iskeleti selüloz molekül zincirlerinden oluşur. Polimerizasyon derecesini 10.000 kabul edersek böyle bir selüloz makro molekülünün uzunluğu 5 mikrondur, ışık mikroskobu ile görülebilir. Ancak genişliği az olduğundan selüloz molekülleri görülmezler. Hücre çeperini oluşturan birimler Şekil 1.8’de verilmiştir.



Şekil 1.8 Hücre çeperini oluşturan birimler (Kırcı, 2000).

Hücre çeperini oluşturan birimler şu şekilde büyükten küçüğe sıralanabilir; lif, fibril, makrofibril, mikrofibril, selüloz zinciri, molekül, atom.

Genellikle selüloz molekülleri mikrofibril eksenine paralel olarak dizilirler. Bunun yanında birbirlerine de belli oranda paralel dizilirler. Birbirlerine paralel olarak dizildikleri ve hidrojen bağlarıyla sıkıca bağlandıkları bölgelere kristalen bölge ya da kristalitler adı verilir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Selüloz mikrofibrillerinde kristal ve amorf bölgeler.

Moleküllerin kısmen düzensiz olduğu, birbirine paralel olmadığı ve hidrojen bağlarıyla sıkıca bağlanmadığı bölgelere de parakristalen bölge ya da amorf bölgeler adı verilir.

Kristalitlerin uzunluğu 600 Å, genişliği 100 Å, kalınlığı ise 30 Å kadardır. Selüloz moleküllerinin uzunluğu 50.000 Å kadar olduğundan selüloz molekülleri birçok kristalen ve amorf bölge boyunca uzanırlar. Kristalen bölgeler, amorf bölgelere göre daha fazladır (Eroğlu ve Usta, 2000).

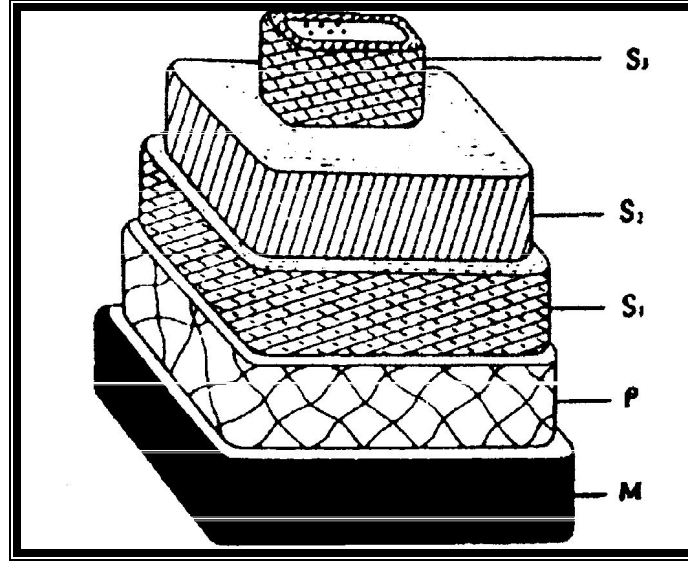
1.4.3.1 Odunun Hücre Çeperinin Yapısı

Hücre çeperinin temel bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bunlar büyük molekülü kompleks bileşikleridir. Selüloz hücre çeperinin iskeletini, hemiselüloz ve lignin ise bu iskeleti çevreleyen boşlukları dolduran ara maddeyi oluşturur. Selüloz sistemi glukoz anhidrit birimlerinden ($C_6H_{10}O_5$) oluşan zincir şeklindeki selüloz moleküllerinden oluşur. Bir selüloz molekülünde ortalama 10.000 glukoz birimi bulunur.

Hücre çeperi tabakalardan oluşmuştur (Şekil 1.10). Bu tabakalar oluşum zamanı, yapı ve kimyasal bileşimleri yönünden birbirinden farklıdır. En belirgin fark mikrofibrillerin yönelişindedir.

Orta Lamel (M)

Bu tabaka hücreleri birbirine bağlayan amorf yapıya sahiptir. Orta lamel bitişik hücreler arasında yer aldığı için bir tabakaya ilişkin değildir. Başlangıçta hücreleri birbirinden ayıran bir çeper olan orta lamel hücrenin gelişme evresinde pektin içerir. Odunlaşma evresinde ise lignince zengin hale gelir. Gelişmiş bir hücrenin orta lamelinin esas bileşeni lignindir. Orta lamelin kalınlığı 0,5-1,5 mikron civarındadır.



Şekil 1.10 Hücre çeperinin ince yapısı.

Primer Çeper (P)

Hücrenin en dış tabakasıdır. Bu ince tabaka amorf yapıdaki ara maddelerle bunların arasına dağınık olarak yerleşmiş olan mikrofibril ağından oluşur. En önemli kısmı ara maddelerdir. Tabakanın selüloz miktarı % 12'nin altındadır. Primer çeper ve orta lamel ince tabakalar olduğu için genellikle birlikte ele alınırlar (Hafızoğlu, 1982).

Sekonder Çeper (S)

Hücre çeperindeki payı % 90'dan fazladır. Sekonder çeperin yaklaşık yarısı selülozdan oluşur. Bu miktar tüm hücre çeperindeki selülozun % 95'idir. Sekonder çeperin lignin oranı % 20 civarı olup, bu tabakanın kalın ve oduna katılımının fazla olması sebebiyle odundaki ligninin % 70-80'i sekonder çeperdedir.

Sekonder çeper mikrofibrillerin sıralanış biçimi bakımından S_1 , S_2 ve S_3 tabakalarına ayrılmıştır. Birinci tabaka (S_1) oldukça ince ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Tabaka belli bir açı ile sağa ve sola yönelmiş 2-6 mikrofibril sırasından oluşur. S_1 ve primer çeper tabakaları kağıt hamuru yapımında liflerin şişmesini ve hidratlanmasını engeller. Ancak pişirme ve dövme işlemi ile bu tabakalar parçalanır ve liflerin su alarak şişmesi ve esnek bir yapı kazanması sağlanır.

Sekonder çeperin ikinci tabakası (S_2) en kalın tabakadır. Hücre çeperi içinde en fazla miktarda selüloz bu tabakada bulunur. Bu yüzden bir lifin teknik bakımından en önemli tabakasıdır. Dolayısıyla S_2 tabakası bir lifin birçok özelliğini de tayin eder. Hücre çeperinin yaklaşık % 80-90'ını oluşturan S_2 tabakasının kalınlığı 1,4 - 4,0 mm arasındadır. Bu tabakayı diğer tabakalardan kolaylıkla ayıran özellik tabakanın daha tekdüze olmasıdır. Tabaka içindeki mikrofibriller yoğun olarak bir aradadır ve lif eksenine paralele yakın bir şekilde spiraller oluşturarak lifi kuşatmışlardır.

Hücre çeperinin en ince tabakası olan S_3 yaklaşık 0,4 mm kalınlıktadır. Bu tabaka da lamellerden meydana gelir. Mikrofibriller bu lamellerde sırayla sağa ve sola yönelerek S_1 tabakasına benzer bir yapı oluşturur. Kimyasal yapısı diğer tabakalara göre farklı olan S_3 tabakası asit ve bazlara karşı diğer tabakalardan daha dayanıklıdır. Bu yüzden pişirme çözeltisinin hücre içerisine girmesini zorlaştırır (Hafizoğlu, 1982; Kırıcı, 2000).

Kabarcıklı (siğilli) Tabaka (W)

Bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda hücre çeperinin iç yüzeyinde ince bir tabaka daha bulunur. Bu tabaka küçük kabarcıklarla onları örten amorf bir membrandan meydana gelir. Bu tabakaya daha çok traheid, trahe ve odun liflerinde rastlanır. Tabakanın hücrenin ligninleşmesi sırasında hücre sıvısı artıklarından oluşabileceği ileri sürülmüştür. Kabarcıklı tabaka çözücü ve diğer kimyasallara karşı oldukça dayanıklıdır (Hafizoğlu, 1982).

1.4.4 Odunun Kimyasal Yapısı

Oldukça karmaşık bir kimyasal yapıya sahip olan odun düzenli bir yapı göstermeyip, basit fiziksel karışımlar biçiminde bulunmayan çok sayıda kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. Odunun büyük bir kısmı yüksek molekül ağırlığındaki maddelerden oluşur. Odunda bileşenler aşağıdaki şekilde kimyasal bir sınıflandırma ile belirli gruplara ayrılabilir.

Karbonhidratlar: Odundaki karbonhidratlar polisakkaritlerce temsil edilir. Odunun $\frac{3}{4}$ ' ünü oluştururlar. Bu grupta selüloz, hemiselüloz, nişasta, pektik maddeler ve suda çözünen polisakkaritler bulunur. Odunun ağırlıkça yarısını selüloz oluşturur.

Fenolik Maddeler: Odunun yaklaşık % 20-30' unu oluşturan fenolik maddelerin en önemli kısmı lignindir. Ayrıca fenolik maddelerin bir kısmı su veya organik çözücülerde çözünebilen tanenler, flobafenler, renkli maddeler ve lignanları içerir.

Terpenler: Terpenler ve terpenoit bileşikler hem uçucu hem de uçucu olmayan bileşiklerden oluşur. Terpenler daha çok iğne yapraklı ağaçlarda bulunur. Yapraklı ağaçlarda hemen hemen yok denecek kadar az bulunur. Bunlar içinde en önemlileri monoterpenler, steroller, terpen alkoller ve kolofanı oluşturan reçine asitleridir.

Alifatik Asitler: Tüm ağaçlarda yüksek yağ asitleri esterler şeklinde bulunur. Az miktarda da serbest olarak bulunurlar. Asetik asit polisakkaritlerle esterleşmiş olarak % 1-5 oranında bulunur.

Alkoller: Homolog dizi oluşturan bu gruba alifatik alkoller (yağ alkoller), steroller ve terpen alkoller girer. Hem serbest halde hem de esterleşmiş olarak bulunurlar.

Aldehitler: Terpen yapısındaki aldehitler odunda az miktarda bulunur.

Hidrokarbonlar: Odunda az miktarda bulunan hidrokarbonların en önemli grubu alifatik hidrokarbonlardır.

Alkaloidler: Bazı ağaç türlerinde bulunan alkaloidler genellikle düşük miktarlarda bulunur.

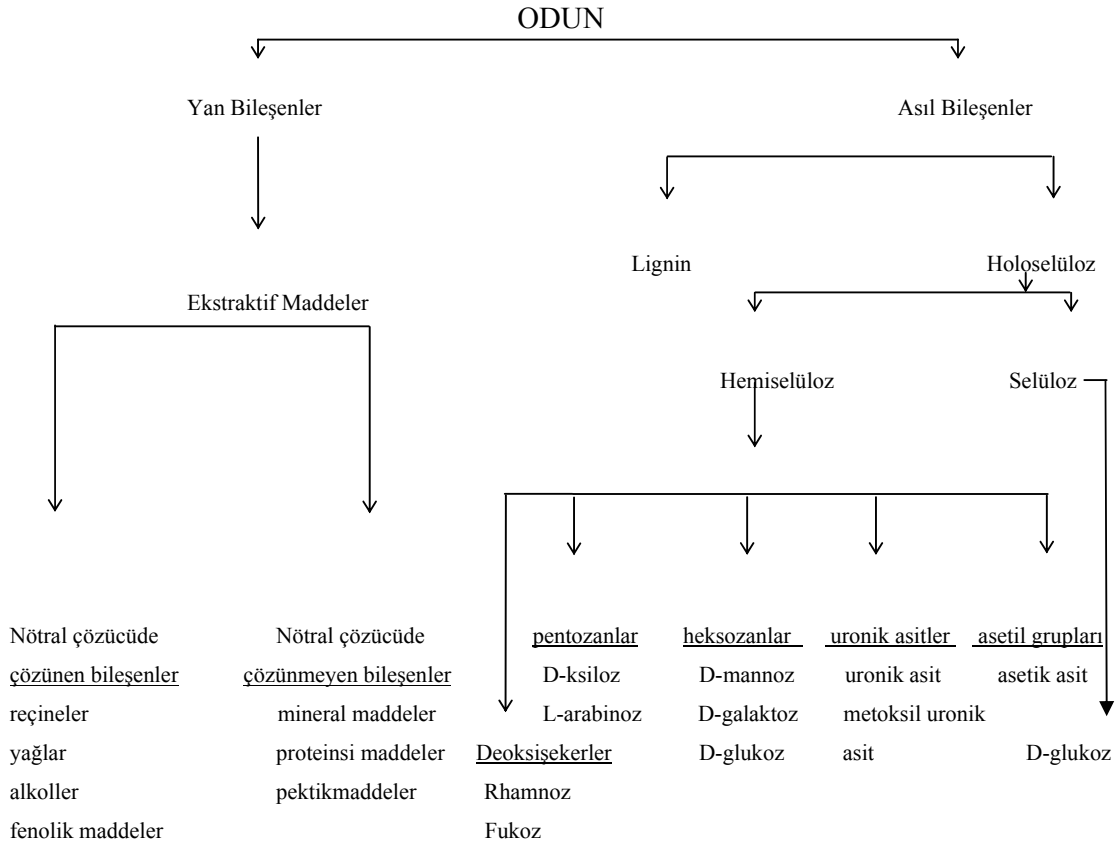
Proteinler: Gelişen dokularda önemli miktarda olsa da odunlaşmış dokularda % 1 kadardır.

Polihidrik Alkoller: Polihidrik alkoller odunun miktarda önemsiz bileşiklerindendir.

İki Değerli Asitler: Kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve kalsiyum oksalat ($\text{Ca}(\text{COO})_2$) gibi kalsiyum tuzları şeklinde bulunurlar.

İnorganik Bileşikler: Bu bileşenlerin miktarı ılıman iklim bölgelerinde yetişen ağaç türlerinde % 0,5' den daha azdır (Hafızoğlu, 1982)

Başka bir gruptandırmaya göre odun Şekil 1.11'deki bileşenlerinden oluşur;



Şekil 1.11 Odun yapısındaki bileşikler (Browning, 1967).

1.4.4.1 Selüloz

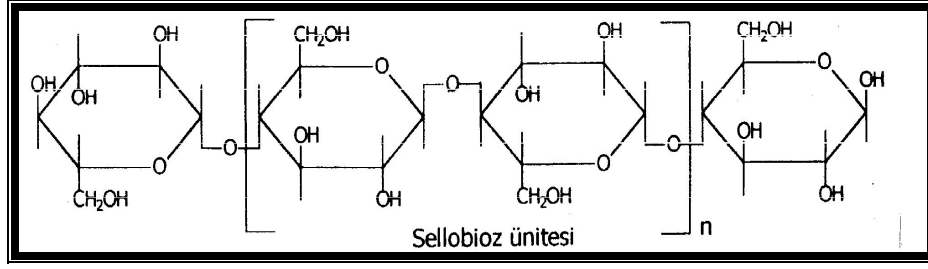
Molekül yapısı bakımından lineer bir polimer olan selüloz zincir biçimindeki moleküllerden oluşur. Selüloz molekülünün yapı taşları 1,4 – β – glykozidik bağlarla birleşmiş glukoz anhidrit birimleridir. Doğal selüloz molekülünde yapı taşlarının sayısı (polimerleşme derecesi = DP) 20.000'e kadar ulaşır. Böylece molekül ağırlığı 1.500.000'i aşar. Pişirme ve ağartma gibi işlemler sonucunda selülozun polimerleşme derecesi oldukça düşer. Örneğin; ağartılmış sülfat selülozunun DP'si 1000-1400, sülfat selülozunun DP'si 1200-1800 arasındadır (Eroğlu, 2000; Casey, 1960).

CROSS ve BEVAN'ın polisakkaritlerin α -, β -, γ - selüloza dağılımının alkalide çözünürlüğe dayanan önerisi son yıllarda mevcut görüşlerce kabul edilmemektedir. Cross ve Bevan'ın bu önerisine göre; 20 °C'de % 17,5'luk NaOH çözeltisinde çözünmeyen kısım alfa-selüloz olarak adlandırılır. Çözünen kısmın nötrleştirilmesi sırasında çökelen kısım beta-selüloz, çökelmeyen kısım ise gamma-selüloz adını almaktadır. Son yıllardaki görüşler odunun sadece alfa- ve gamma- selülozunun bulunduğunu, beta-selülozun pişirme ve ağartma sonucu meydana geldiğini savunmaktadır.

Selülozun en çok bulunduğu maddeler ve bulunma oranları aşağıda verilmiştir;

Pamuk: % 95-99	Kabuk : % 20-30	Odun: %40-50
Romie: % 80-90	Küf mantarı: % 25-30	Bakteri: %20-30
Bambu: % 40-50	At kuyruğu: % 20-25	(Hafızoğlu, 1982).

Önceleri selüloz $C_6H_{10}O_5$ kapalı formülü ile gösterilen ve D- Glukoz birimlerinin zincir şeklinde 1→ 4 glukozidik bağlarla bağlanarak oluşturduğu bir bileşik olarak biliniyordu. Ancak 1920'lerden sonra selülozun anhidro β - glukopranoz ünitelerinden oluşan lineer makro molekül olduğu görülmüştür. Selüloz molekülü kısaca iki mol glukoz ünitesinden bir mol suyun çıkması ve ardışık olarak dizilen birimlerin her birinin 180° dönmesi ile oluşur (Nikitin, 1966). Selüloz molekülü Şekil 1.12'de görülmektedir.



Şekil 1.12 Selüloz formülü.

Selüloz molekülünün yapı taşları olan glukoz birimleri sandalye konformasyonundadır ve hidroksil grupları ekvatorial, hidrojen atomları ise aksiyel durumdadır. Her iki birimden biri diğerine göre 180° lik bir dönüş yapar. Bunun sonucunda gerilimsiz bir lineer yapı ve daha az sterik engeller söz konusu olur. Ayrıca üç nolu karbon atomuna bağlı olan hidroksil grubu, hidrojen bağıyla komşu glukoz biriminin halka oksijenine bağlanır.

Selülozun molekül yapısı selülozun sadece kimyasal özelliklerini değil ayrıca mekanik ve fiziksel özellikleriyle lifsel yapısını da belirler. Selülozda da diğer tüm hidrofilik polimerlerde olduğu gibi elementer fibriller oluşturma eğilimi vardır. Elementer fibrillerde aynı yönde uzanmış olan molekül zincirleri birbirlerine güçlü hidrojen bağlarıyla bağlanmıştır. Elementer fibrillerde selüloz molekülleri tamamen düzenli, kısmen düzenli ve düzensiz kısımlar oluşturur. Düzenli kısımlar kristalit, düzensiz kısımlar ise amorf adını alır. Kristalit ve amorf kısımlar arasında kesin sınırlar bulunmamaktadır. Selüloz zinciri bu amorf ve kristal kısımlar arasından geçerek bu kısımların birbirine kovalent bağlarla bağlanmasını sağlamaktadır.

Günümüzde selülozun kristal yapısı için LIANG ve MARCMESSAULT'un önerdiği model benimsenmiştir. Buna göre, glukoz halkasının üç nolu yerinde bulunan hidroksil grubu komşu glukoz halkasının halka oksijenine ve altı numaralı karbon atomuna bağlı olan hidroksil grubu da komşu selüloz molekülünün köprü oksijenine (iki glukoz molekülünü birbirine bağlayan oksijen köprüsü) bağlanmıştır. Bunlardan ilki molekül içi, ikincisi ise moleküller arası hidrojen bağı olarak adlandırılır. Bu bağlar özellikle kağıtçılık ve lif levha endüstrisinde büyük önem taşımaktadır (Hafizoğlu, 1982).

Hidroksil grupları selüloz molekülüne hidrofilik özellik (suyu seven) kazandırır. Selüloz oda sıcaklığında havadan % 10-12, nemli havadan ise % 10-15 oranında su alır (Eroğlu, 1988).

Selülozun zincir uzunluğu ve molekül ağırlığı hakkındaki bilgilerin, selüloz elyafının fiziksel özellikleri ile ortalama zincir uzunluğu arasındaki ilişki nedeniyle pratik değeri vardır. Genellikle selülozun zincir uzunluğu arttıkça, elyaf o kadar kuvvetli, sıcaklık, kimyasal maddelerin ve biyolojik etkenlerin parçalayıcı etkilerine karşı dayanımı da fazla olur (Casey, 1960).

Selülozun çok moleküllü olması yani değişen zincir uzunluğunda moleküllerden oluşması odun selülozunun analizini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle selülozun zincir uzunluğu ölçümlerinin sonuçları ortalama esasına göre belirtilmelidir. Pamuk selülozundaki çok moleküllülük durumu odun selülozuna göre daha azdır fakat pamuk selülozunda da çeşitli uzunluklarda moleküller bulunur. Odun selülozundan farkı yaklaşık 1400 polimerizasyon derecesine kadar kısa zincirli maddelerin bulunmasıdır (Casey, 1960; Heuser “Tappi”, 1950).

Çok moleküllü yapısı nedeniyle selülozun zincir uzunluğu dağılımını göz önüne almadan yalnızca ortalama polimerizasyon derecesi ile değerlendirmek uygun değildir. İki ticari selüloz hemen hemen aynı ortalama polimerizasyon derecesine sahip, ancak zincir uzunluğu dağılımı yönünden birbirinden çok farklı olabilir. Bunun sonucu olarak da fiziksel özellikleri bakımından ayrılırlar.

Ortalama polimerizasyon derecesini saptamak oldukça kolay bir ölçüm olup, selüloz kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve yaygın olarak kullanılır. Selülozun ortalama zincir uzunluğunu ve molekül ağırlığını belirlemek için kullanılan metodlar, ozmatik basınç ölçümleri ile uç grubu saptamalarıdır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı uygulaması oldukça basit olan viskozite metodudur.

Parçalanmış pamuk selülozunun ortalama polimerizasyon derecesi 6000-8000 arasında çok yüksek bir değerdir. Odun selülozu da oldukça yüksek polimerizasyon derecesine sahiptir. Ancak pişirme gibi kimyasal işlemlerle kolaylıkla azalır. Polimerizasyon derecesi ile tek

glukoz biriminin ağırlığı olan 162 çarpılarak selülozun ortalama molekül ağırlığı bulunabilir. Kraemer tarafından molekül ağırlığı için verilen değerler aşağıdaki gibidir;

Doğal selüloz → 570.000' in üzerinde

Saflaştırılmış pamuk linteri → 150.000-500.000

Ticari odun selülozu → 90.000-150.000

Selülozik olmayan karbonhidratların polimerizasyon dereceleri selülozdan daha düşüktür. Literatürde belirtilen değerlere göre, beta selülozu 140-200, gamma selülozu 10-140, parçalanmış ksilozan ve mannozan 150-160 ve hemiselüloz 70 polimerizasyon derecesine sahiptir (Casey, 1960).

Selülozun kristal bölgelerinde selüloz molekülleri birbirine yakın bir şekilde toplandığından bitişik selüloz zincirleri arasında hidrojen bağlarının meydana gelme şansı büyük olmaktadır. Bu bölgelerde lifler en yüksek dayanıma, şişmeye karşı en yüksek direnç ve uzamaya karşı en büyük direnç sahiptir. Kristal selülozun gerilme dayanımının amorf selülozun 15 katı, esneklik modülünün amorf selülozun 105 katı olduğu tahmin edilmektedir. Kristal bölgelerdeki hidroksiller birbirlerine hidrojen bağı ile zincirlenmiş olduğundan serbest hidroksil yoktur. Amorf bölgelerde lifler en büyük uzamaya ve esnekliğe sahiptir ve hidrolize dayanıklılık gösteren bir yapıya sahiptir. Selüloz asitlerle veya yükseltgen maddelerle muamele edildiğinde meydana gelen parçalanmanın özellikle amorf bölgelerde meydana geldiğine inanılmaktadır (Casey, 1960).

Selüloz molekülleri içerdiği hidrojen bağları nedeniyle suda çözünmez. Ancak seyreltik bakır amonyum hidroksit, bakır edilen diamin ve cadoxen gibi çözücülerde çözünebilir. Cadoxen ile hazırlanan selüloz çözeltisi renksiz olduğu için en iyi çözücü cadoxendir. Ayrıca bazı kimyasal maddeler selüloz molekülleri arasındaki bağları zayıflatarak selülozu şişirir. Bu kimyasallara en iyi örnek NaOH (Sodyum Hidroksit)'tir.

Hücre çeperindeki selüloz dağılımı her tabakada farklılık gösterir. En fazla sekonder çeperin S₂ tabakasında bulunur. Orta lamel ve siğilli tabakada selüloz bulunmaz. Buna rağmen primer çeperde % 12' nin altında, sekonder çeperde % 48-66 civarında selüloz bulunur (Hafizoğlu, 1982).

1.4.4.2 Hemiselüloz

Hücre çeperinde polisakkaritlerin % 35-50'sini, toplam kuru ağırlığın % 20-35'ini hemiselülozlar oluşturmaktadır (Bozkurt, 1992). Hemiselüloz ismi bu bileşiklerin selülozun prekursorları olduğu varsayımına dayanır. Hemiselülozları selülozdan ayıran özellikleri; çok daha kısa moleküler zincirlere sahip olmaları, molekül zincirlerinin dallanmış halde olmaları ve çeşitli şeker birimlerinin bileşimi şeklinde olmalarıdır. Hemiselülozlar pentozlar, hegzozlar, hegzüronik asitler ve deoksi hegzozlar şeklinde alt gruplara ayrılan şeker birimlerinden oluşmaktadır (Fengel and Wegener, 1984; Kındır'dan, 2003).

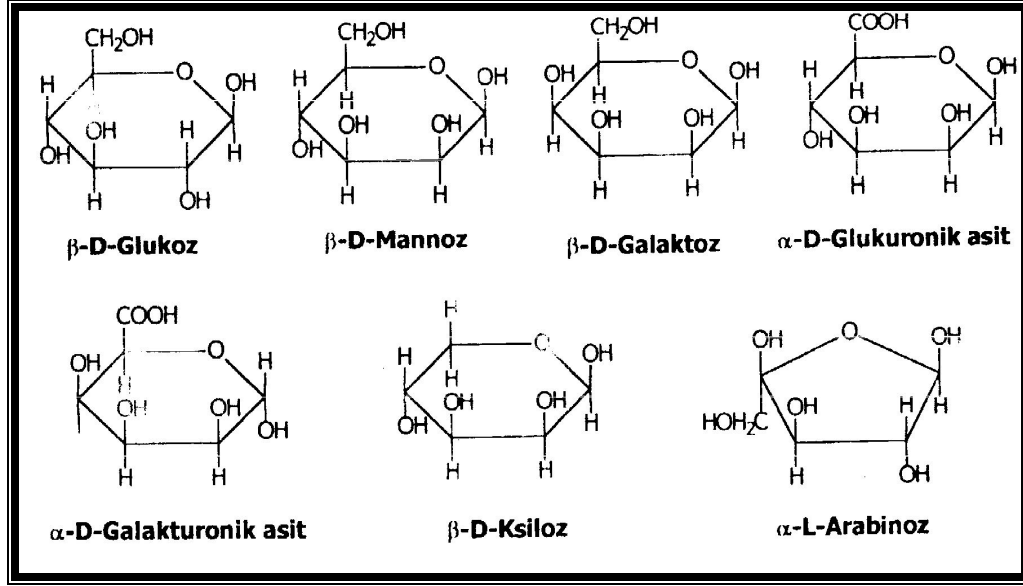
Hemiselülozlar selülozda olduğu gibi kristal yapılı değil amorf yapılıdır. Çoğunluğu üç boyutlu düzlemde dallanmış polimerler olup hücre çeperinde fibriller ve mikrofibriller arasındaki boşluklarda bulunur. Odun içinde hemiselülozların bir kısmı selüloza bir kısmı da lignine sıkıca bağlanmıştır. Dolayısıyla hemiselülozlar hidrofobik lignin ile hidrofil özellikteki selülozun birlikteliğini sağlamaktadır. Bu yüzden odundan lignin ve selülozu saf olarak ayırmak mümkün değildir.

Kimyasal yapısı gereği selülozdan daha çok su emerek şişen hemiselülozlar kağıt hamurunda dövmeyi kolaylaştırır. Ayrıca kağıdın kurutulması sırasında oluşturduğu hidrojen bağları ile sağlamlığı artırır. Ancak bu avantajlarının yanında hemiselülozların kağıt üretimi sırasında süzülmeyi zorlaştırıcı bir etkisi vardır. Hemiselülozların polimerleşme derecesi selüloza göre oldukça düşük olup 50-200 arasındadır (Kırcı, 2000).

Hemiselülozların altı karbon atomundan oluşan heksozanlar, iğne yapraklı ağaçların % 10-15' ini oluştururlar. En önemlileri galaktan ve glukozanlardır. Beş karbonlu pentozanların en önemlileri ksilan ve arabinanlardır (Nikitin, 1966; Kuduban'dan, 1996). Hemiselülozların yapısında bulunan başlıca şeker birimleri şekil 1.13'de verilmiştir.

İğne yapraklı ağaçlar ile yapraklı ağaçların hemiselülozları birbirinden farklıdır. İğne yapraklı ağaçlar daha kompleks yapılı hemiselülozlar içermektedir. Yapraklı ağaçların hemiselülozları iki özel durumda bulunur. Bunlar "0-asetil-4-0-metil gluko-ksilan" ile "glukomannan" tipindedir. Ekstraktif maddelerin % 20-35' ini ksilan oluşturmakla birlikte % 3-5'ini de glukomannan oluşturmaktadır (Wise and Karl, 1962 ; Kuduban 'dan, 1996).

Bir hemiselüloz zinciri yalnızca tek tip şeker birimlerini değil iki ya da daha fazla tipteki şeker birimlerini içerebilir. Ana zincirleri tek tip şeker biriminden oluşan hemiselülozlar homopolimer olarak adlandırılır. Ksilan bu tipte bir hemiselülozdur. İki ya da daha fazla tipte şeker biriminden oluşan hemiselülozlar da heteropolimer olarak adlandırılır. Glukomannanlar bu tipte hemiselülozlardır (Rowell, 1983; Kındır'dan, 2003). Hemiselülozların yapısında bulunan şeker birimleri Şekil 1.13'de verilmiştir.



Şekil 1.13 Hemiselülozların yapısında bulunan şeker birimleri.

Hemiselülozlar odunun diğer elemanlarından ayrıldıktan sonra seyreltik alkali çözeltisinde ve kaynayan suda çözünebilir olmaları ve sıcak ve seyreltik asitle hidrolize edilerek basit pentoz veya heksoz şekerlerine dönüşmeleri ile selülozdan ayrılırlar. Oundaki hemiselülozların büyük bir kısmı lignin önceden giderilmemiş ise seyreltik alkalide çözünmezler. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında bulunan başlıca hemiselülozlar Çizelge 1.3'de verilmiştir.

Çizelge 1.3 İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında bulunan başlıca hemiselülozlar (Sjöstrom, 1981; Kırıcı'dan, 2000).

Hemiselüloz tipi	Basitleştirilmiş yapısı	Orijin
Galaktoglukomannan(1:1:3)	$\begin{array}{ccccccc} \text{G} & \text{M} & \text{M} & \text{M} & \text{G} & \text{M} & \text{M} & \text{M} \rightarrow \\ & & & & & & & \\ \text{GAL} & \text{Ac} & & \text{Ac} & & & \text{GAL} & \end{array}$	İ.Y.A odunu
Glukomannan (1:2-1:1)	$\text{G} - \text{M} - \text{M} - \text{G} - \text{M} \rightarrow$	Y.A odunu
Arabinoglukuronoksilan	$\begin{array}{c} \text{X} \left[\begin{array}{c} \text{X} \\ \\ \text{Ga} \end{array} \right]_2 \text{X} - \text{X} \left[\begin{array}{c} \text{X} \\ \\ \text{A} \end{array} \right]_5 \rightarrow \end{array}$	İ.Y.A odunu
Glukuronoksilan	$\left[\begin{array}{c} \text{X} \\ \\ \text{Ac} \end{array} \right]_7 \text{X} - \text{X} \left[\begin{array}{c} \text{X} \\ \\ \text{Ga} \end{array} \right] \text{X} \rightarrow$	Y.A odunu
Arabinogalakatan	$\left[\begin{array}{c} \text{GAL} \\ \\ \text{GAL} \\ \\ \text{GAL} \end{array} \right]_3 \text{GAL} - \text{R} \begin{array}{c} \text{GAL} \\ \\ \text{A} \\ \\ \text{A} \end{array} \rightarrow$	İ.Y.A odunu

Kısaltmalar

G: glukoz
GAL: galaktoz
M: mannoz

} heksozlar

X: ksiloz
A: arabinoz

} pentozlar

Ac:asetil grubu
Ga: 4-0-metil
glukuronik asit
R: galaktoz

Selülozdan daha heterojen bir yapıya sahip olan hemiselülozun molekül ağırlığı yaklaşık 20.000 civarındır. Bazen yapılan ayrıma göre hemiselülozlar selülozanlar ve poliüronitler olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır.

Selülozanlar basit şekerlerden meydana gelen, hem mannan, galaktan ve glikozan gibi heksozanları ve hem de ksilan ve araban gibi pentozanları içine alan bütün hemiselülozları kapsar.

Sert odunlarda büyük oranda bulunan hemiselüloz ksilandır. Ksilan pentozdan veya beş karbonlu şeker olan ksilozdan oluşur. Ksilan yumuşak odunda da bulunur. Ancak yumuşak odunlarda daha önemli miktarlarda bulunan heksozan ve mannandır. Sert odundaki ksilanlar ile yumuşak odundaki ksilanlar arasında belirgin fark vardır. Galaktan ve araban birçok odunda bulunan diğer hemiselülozlardır. Bunlar pişirme sırasında hidrolize olduğundan selülozda normal olarak bulunmazlar.

Odundaki selülozla yakın bir şekilde bağlantılı olan selülozanlar alkali ile kolay giderilemezler. Bu birleşmenin yapısı hakkında farklı görüşler vardır. Bunlar; selüloz molekülünde küçük sayıda ünitelerin birleştiğini varsayan karışık zincir kuramı, selüloz kristalitlerinde bazı selülozların bulunduğunu varsayan karışık kristallendirme kuramı, selülozanlar ile selüloz arasında ester veya eter zincirlerinin bulunduğunu varsayan kimyasal kombinasyon kuramı, yapı birimlerinin şeklinin selüloza erişmeyi önlediğini kabul eden yapı kuramıdır.

Poliüronitler çok miktarda heksüron asitleri, bazı metoksil ve asetil grupları ile bazı serbest karboksilli asit gruplarını içeren hemiselülozlardır. Poliüronitler selülozla bir kısım birleşme olmasına karşılık genellikle ligninle birleşir. Poliüronitler ile lignin arasındaki kuvvetli birleşme ligninin hemiselülozu kaybetmeden odundan giderilmesini engellemektedir. Poliüronitlerin başlıca iki tipi; sert odunlarda 4-0-metil-glikurano-ksilan ve yumuşak odunlarda 4-0-metil-glikurano-araboksilandır.

Odundaki toplam hemiselüloz miktarı yumuşak odunlarda % 15-18 , sert odunlarda ise % 22-34 arasındadır. Ritter'e göre % 34 oranındaki toplam hemiselülozun % 22'si selüloz ile, yaklaşık % 12' si lignin ile birleşmiştir. Selülozla birlikte lifin hücre çeperi tabakalarında özellikle de amorf bölgelerde ve orta lamelde bulunan hemiselülozların

doğrusal biçimde dağıldıkları görülmektedir. Lignin odundan uygun bir çözücü ile ayrıldığında, orta lameldeki hemiselüloz odunun mikrostrüktürel yapısını korumaktadır.

Ticari odun selülozlarının hemiselüloz miktarı, yaklaşık tüm selüloz üretim proseslerinde bir kısım hemiselüloz ayrıldığı için, orijinal odundakinden daha farklıdır. Selüloz üretiminde hemiselülozların tamamen ayrılması istenmez. Kağıt yapımında özellikle lif bağlanmasında önemli rol oynarlar. Özellikle içinde heksüron asit gruplaşmaları bulunan hemiselülozlar selüloz liflerine suyu çekme özelliği sağlarlar ki bu da selülozun öğütülme hızını ve kağıdın gerilme ve patlama dayanımını arttırmaktadır. Diğer yandan hemiselülozlar selülozun beyazlığının zamanla azalmasına neden olmaktadır (Casey, 1960).

1.4.4.3 Lignin

Odunun en önemli bileşenlerinden biri olan lignin iğne yapraklı ağaç odunlarının % 30'unu, yapraklı ağaç odunlarının da % 20'sini oluşturur. Fenilpropan birimlerinden oluşan lignin molekülleri üç boyutlu düzlemde dallanmış ve karmaşık yapılı bir polimerdir (Kırcı, 2000).

Lignin amorf ve aromatik yapılı bir bileşik olup selüloz gibi kristal yapıya sahip değildir. Selüloz yakıldığında geniz yakıcı bir koku verirken, lignin yakıldığında hoş, aromatik bir koku verir. Lignin selüloza göre çok az polimerleşmiş olup 900-100,000 arasında molekül ağırlığına sahiptir. Bu değer ekstraksiyon ürünlerinde 800-4000 arasındadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

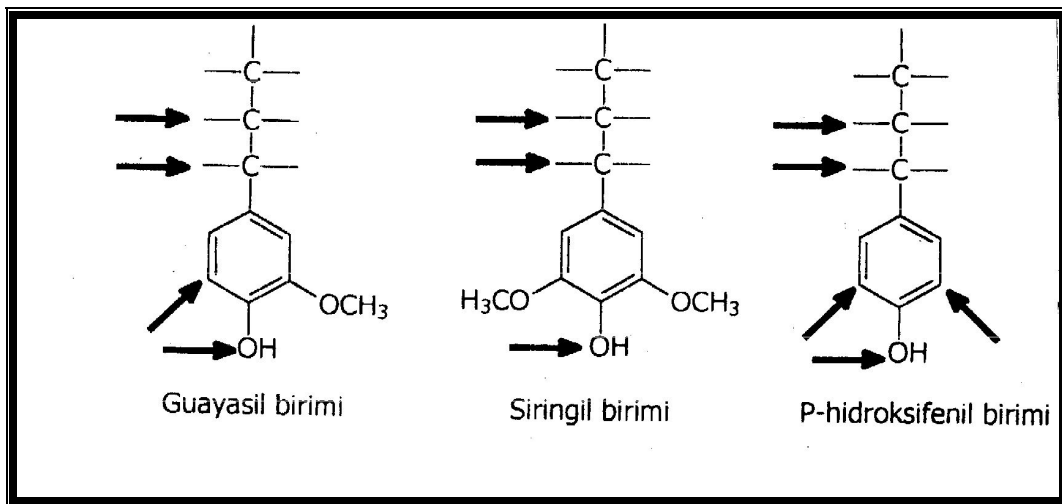
Molekül düzeyindeki kimyasal yapısı tam olarak belirlenememiş olan ligninin polimerizasyon derecesi de tam belirli değildir. Ancak iğne yapraklı ağaç odunu lignininin yaklaşık 100 DP'ye sahip olduğu tahmin edilmektedir. Lignin selüloz ve hemiselüloz gibi hidrofil özellikte olmayıp hidrofobik özellik (suyu sevmeyen) gösterir. Bu da onun su almasını engellemektedir. Ligninin bu özelliği ile odun sert ve katı bir görünüşe sahiptir. Yoğunluğu 1.37 g/cm^3 olan ligninin yumuşamaya başladığı sıcaklık değeri 135 C° 'nin üzerinde olup bu sıcaklığın üzerinde lignin termoplastik fenol reçinesi gibi davranmaktadır (Kırcı, 2000).

İskeleti selülozdan oluşan hücre çeperine yerleşen lignin onun odunlaşmasını sağlar. Selüloz odunda eğilmeye ve çekmeye, lignin de basınca karşı dayanım özelliği kazandırmaktadır. Yüksek boylu ağaçların kendi ağırlıklarını rahatça taşıyabilmesi ligninin bu özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Ligninin kırılma indisi yaklaşık 1.6'dır. Ayrılmış lignin ayırma metoduna göre açık taba ile koyu kahverengi arasında bir renktedir. Odundaki doğal lignin açık renklidir. Alkali selüloz likörlerinde görülen koyu renk ligninin kondenzasyon ürünlerinden ileri gelir (Casey, 1960).

Lignin bileşiminde yaklaşık % 60 karbon, % 6 hidrojen, % 34 oksijen bulunmaktadır. Selüloz gibi lifsel yapıda olmayan lignin alkali ve asitlerle hidroliz olabilir. Ayrıca kolaylıkla okside olmaktadır. Esas olarak $O - CH_3$ grubu ile karakterize edilen lignin fenilpropan ünitelerinin farklı şekillerde bağlanmasıyla oluşur (Pearl, 1967; Kuduban'dan, 1996).

Lignin iki ana gruba ayrılmıştır. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan Guaiacyl propan p-hidroksi fenil propan ve syringil propan ünitelerinden oluşan "guaiacyl lignini" ve yapraklı ağaçlarda bulunan az miktarda p- hidroksi fenil propan ünitesi , çoğunlukla syringyl propan ile guaiacyl propan ünitelerinden oluşan "guaiacyl-syringyl lignin" dir. Yıllık bitkilerde bulunan lignin yapraklı ağaçlardaki lignine benzemektedir. Lignini oluşturan birimler Şekil 1.14'de verilmiştir.



Şekil 1.14 Lignini oluşturan birimler (Kırcı, 2000).

Lignindeki fenil propan birimleri birbirine üç farklı şekilde bağlanır;

1. Eter bağları (1. β -aril eter bağı, 2. α - alkil eter bağı, 3. karbonhidrat bağı)
2. C-C bağları (1. β -5' bağı, 2. β - β' bağı, 3. α - α' bağı, 4. 5-5' bağı)
3. Karmaşık bağlar(1. fenil kloron yapısı, 2. pinoresinol yapısı) (Hafizoğlu, 1982).

İğne yapraklı ağaçlarda lignin en fazla orta lamelde bulunur. Özellikle orta lamelin köşe noktalarında hemen hemen saf lignine rastlanmaktadır. Sekonder çeperin lignin oranı yaklaşık % 22' dir. Orta lameldeki lignin miktarı % 70 civarı olmasına rağmen bu miktar tüm hücre çeperindeki ligninin ancak % 19-22'sini oluşturmaktadır. Bunun nedeni orta lamelin sekonder çeperden çok daha ince olmasıdır. Yapraklı ağaç ligninin araştırılması oldukça zordur. Çünkü yapraklı ağaç lignini asitlerde çözünür ve guaiacyl ile syringyl gruplarının UV- absorpsiyonu farklıdır. Ancak yapraklı ağaçlarda ligninin büyük oranda sekonder çeperde yer aldığı bilinmektedir (Hafizoğlu, 1982).

Ligninden yararlanma olanağı azdır. Sülfat fabrikalarında lignin yakılarak oluşan enerji seyreltik siyah çözeltilerin buharlaştırılması için kullanılır. Ayrıca sülfat fabrikalarında elde edilen lignin sülfonatlar dimetil sülfoksit eldesinde kullanılır. Lignini sülfonatlar günümüzde birçok kullanım alanına sahiptir (Hafizoğlu, 1986).

1.4.4.4 Ekstraktif Maddeler

Odun ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin dışında az miktarda düşük ve yüksek moleküler yapıda , bazı çözücülerde kolaylıkla çözünebilir bileşikler de içerir. Bunlar ekstraktifler ve mineral bileşenlerdir. Bu bileşenlerin miktarı ve çeşidi odun türüne göre değişmektedir. Bu bileşikler odunda çok az miktarda olmasına rağmen odunun kullanılabilirliğini ve özelliklerini büyük oranda etkilemektedir (Fengel and Wegener, 1984). Odun ekstraktifleri olarak adlandırılan bileşikler petrol eteri, dietileter, diklormetan, aseton, metanol ve su gibi nötral çözücülerde çözünebilirler. Odunun tüm özelliklerinde önemli etkileri olan ekstraktif maddelerin ayrıntılı biçimde araştırılması, önemli ağaç türlerinin ekstraktif bileşimlerinin ortaya konması gerekir (Hafizoğlu, 1982).

Ekstraktif maddeler genellikle odun ağırlığının % 3-8' ini oluşturur ve sıvı yağ, reçine, vaks, yağ, tanen, şeker, nişasta, boya maddeleri, pektin, protein, zamk ve organik asitler

bulunur.Ekstraktif maddeler hücre çeperinde değil, daha çok hücre boşluklarında bulunurlar (Casey, 1966).

Odunda bulunan ekstraktiflerin büyük kısmı epitel hücrelerinden salgılanan maddelerle, parafim hücrelerinin bileşiminde bulunan maddeler oluşturur. Odundaki ekstraktif madde miktarını en iyi şekilde gösteren ölçü alkol-benzen karışımında çözünen madde miktarıdır. Çizelge 1.4’de bazı ağaç türlerinin alkol-benzen çözünürlük miktarları verilmiştir (Kırcı, 2000).

Çizelge 1.4 Türkiye’de yetişen bazı ağaç türleri odunlarının alkol-benzen karışımında çözünen ekstraktif miktarları (Kırcı, 2000).

Odun türü	alkol-benzende çözünen ekstraktifler (%)
Kızılçam	5,8
Sarıçam	3,7
Doğu karadeniz göknarı	2,9
Doğu kayını	1,5
Doğu ladini	0,7-1,3
Duglas göknarı	3,7
Adi gürgen	2,4
Okaliptus	0,1-0,2
Adi kızılğaç	3,0-5,0
Yalancı akasya	6,7
Aksöğüt	3,2
Cennet ağacı (kokarağaç)	2,5

Eter ekstraktı odun örneğinin sıcak etileterle 6-8 saat süreyle ekstraksiyona tabi tutulmasıyla elde edilir. Çözünen kısımda reçine, yağ, yağ asidi, vaks, rezen ve steroller (kristal alkoller) bulunur. Alkol-benzen ekstraktı, eter ekstraksiyonuna tabi tutulmuş örneğin alkol-benzen karışımı ile 6-8 saat ekstraksiyona tabi tutulması ile elde edilir. Bu ekstraktta tanen, esans yağı, flobifen ile eterde çözünmeyen bazı vaks, yağ ve reçineler vardır. Su ekstraktı ince öğütülmüş odunun suda 48 saat bekletilmesiyle elde edilir.

Bu ekstrakt içinde de çözünen karbonhidratlar, tuzlar, pektin benzeri maddeler, bazı boya maddeleri, flobo tanenleri ve bazı asitler bulunur.

Bu ekstraksiyon metodlarının en önemli kullanma yeri selüloz ve lignin tayinlerinden önce odundan yabancı maddelerin uzaklaştırılmasıdır.

İğne yapraklı ağaç odunlarında genellikle önemli miktarda reçineli madde (yağ+reçine) bulunur; bu da yüksek bir eter ekstraktı olarak gözüktür. Ladinde bu reçineli maddenin miktarı genellikle % 1'den düşük iken çamlarda bu maddenin oranı % 2-6 civarındır. Reçineler başlıca oleoreçineler ve terpenlerdir. Reçine asitlerinin bileşimleri farklı olmakla birlikte abietik ve pimarik olmak üzere iki tür asit vardır.

Abietik asitler çift bağlarından dolayı yükseltgenebilir ancak pimarik asitler yükseltgenemezler. Yağ asitleri (başlıca oleik ve linoleik asit) gliserin ve esterler ile birleşmiş şekilde bulunurlar.

Öz odununda bulunan reçinenin miktarı diri odununkinden fazladır. Çamda diri odunun yağ asitleri, öz odunun ise reçine asitleri bakımından zengin olduğu Bergstrom ve Trobeck tarafından bildirilmiştir. Odun bekletme sırasında nemli tutulduğunda yaklaşık % 40 oranında yağ, enzim hidrolizi ile suda çözünebilen madde haline gelebilmektedir. Bu da ağaçta bulunan reçinenin çözünebilir hale gelmesi için hava ve nem gerektiğini gösterir.

Odunda bulunan reçine kağıt yapımı açısından sakıncalıdır. Çünkü bunlar kağıt makinesinde birikintilere neden olur ve hamur içinde kaldığında kağıdın renginin zamanla bozulmasına neden olur. Ayrıca hamurun ağartılmasını da olumsuz yönde etkilemektedir.

Odunun içerdiği reçine, vaks ve yağ miktarı ağacın yetiştiği yerin coğrafi konumuna, mevsime göre değişiklik göstermektedir. İlkbahar odununda yağ asidi miktarının yüksekliği, kesimden sonra odunun yaşlanması ile reçinenin yükseltgenerek yapışkanlığının azalmasına sebep olduğu gözlenmiştir (Casey, 1960).

Bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde bulunan, fenolik yapıli tropolonlar oduna orjinal rengini veren maddelerdir. Bunların fungusit (mantar öldürücü) özellikleri vardır. Çamın öz odununda bulunan pinosilvin ve pinosilvinin monometil eteri çok reaktif özellikte fenolik

maddedir. Bu maddeler kuvvetli kondensasyon etkileri ile pişirme sırasında parçalanmış ligninin tekrar birleşmesine neden olur. Bu yüzden sülfite yöntemi ile çam odunundan kağıt hamuru üretilmesi tercih edilmemektedir (Kırcı, 2000).

Fenolik bileşiklerden diğere bir grup tanenlerdir. Tanen birçok ağaç kabuğunda, bazı iğne yapraklı ağaç cinslerinde kestane ve meşede bulunur. Kestane odununda büyük bir kısmı öz odunda bulunmak üzere % 9-16 oranında tanen mevcuttur. Tanenler de odunu mantar enfeksiyonuna koruyucu özelliktedir. Ancak kondensasyon yapıcı olmaları ve özellikle Fe^{+2} iyonları ile renkli kompleksler oluşturmadan kağıt hamurunun renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Kırcı, 2000; Casey, 1966).

Tanenler suda çözünabilirler ve selüloz pişirme çözeltisindeki odunda ekstraksiyonla ayrılabilirler. Bazen özellikle kestane ve meşe odunları, selüloz üretilmeden önce satılacak tanenin ayrılması için 100 °C'den biraz daha düşük sıcaklıkta suyla ekstraksiyona tabi tutulabilir. Geriye kalan odun bundan sonra selüloz üretiminde kullanılabilir (genellikle yarı kimyasal ve soda yöntemiyle). Ancak bu ekstraksiyon işlemi yalnızca % 5 ve daha fazla tanen içeren odunlara uygulanmalıdır. Aksi takdirde bu değerin altında tanen içeriğine sahip odunların ekstraksiyonu ekonomik olmamaktadır. Ekstraksiyon ile elde edilen çözelti yaklaşık % 50 katı madde içeriğine kadar buharlaştırılarak deri yapımı için kullanılır. Derişik çözeltide % 65-80 arasında saf tanen ile şekerler, anorganik tuzlar, organik asitler ve tanenin bozunma ürünleri bulunur.

Tanenler amorf maddelerdir ve renkleri açık saman ile koyu kırmızı kahverengi arasında değişir. Gerçek tanenin glikoz ve (gallotanen veya digallik asit olarak da isimlendirilen) tannik asidin bir esteri olduğu düşünülmektedir. Bu ester, asitli ortamda hidrolize uğrayan indirgen bir maddedir (Casey, 1966).

Sonuç olarak ekstraktifler odunda belli oranlarda bulunan odunun dayanıklılığını arttıran, çürümeyi ve mantar tahribatını önleyen bileşiklerdir. Ağaca olan bu yararlı etkilerinden başka ayrıca hammadde olarak sanayide orman yan ürünü olarak kullanılabilir. Odun ve yongaların depoda uzun süre bekletilmesi ekstraktiflerin hava ile oksitlenerek bozunmasına neden olur. Bu durum mekanik ve sülfite hamuru üretimi açısından istenmektedir. Ancak kraft hamuru üretiminde odun ya da yongaların uzun süre depolanması sırasında yongada bulunan monoterpenerler büyük oranda buharlaşıp diğere

ekstraktifler de bozunmaya uğradıklarından fabrikadan yan ürün olarak elde edilen sülfat terebentin yağı veriminde % 80, tall-oil veriminde de % 50 civarında bir azalma meydana gelmektedir (Bostancı, 1987; Kırıcı, 2000).

1.4.4.5 İnorganik Maddeler

Odunda bulunan inorganik maddeler, organik maddelerin yakılmasından sonra geride kalan külün bileşimidir. Ilıman bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında yaklaşık % 0.1-1.0 arasında kül bulunurken, tropikal bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında % 5 oranında mineral maddeler bulunmaktadır. Odunun içerdiği kül miktarı ağacın yetiştirme yerine ve iklimine bağlı olarak değişir. Ağacın mineral madde bakımından en zengin kısımları sırasıyla yapraklar, kabuk, kökler, dallar ve gövdedir.

Ilıman bölgelerdeki ağaç odunlarının külün ara bileşenleri Ca, K ve Mg gibi toprak alkali metalleridir. Bunların dışında Mn, Na ve P bileşikler de bulunur. Külün yaklaşık % 50'sini Ca bileşikler oluşturur. Ayrıca odunda çok az miktarda Ba, Al, Fe, Zn, Cu, Ti gibi elementler de bulunmaktadır. Tropik bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında külün büyük bir kısmını Si bileşikler oluşturur.

Odundaki Mn oranı yüksek olduğunda hamurun ağartılmasını olumsuz yönde etkiler, selüloz türevleri endüstrisinde kullanılacak hamurlarda kül bulunması tercih edilmez.

1.5 ODUNU OLUŞTURAN LİFSEL YAPIDAKİ HÜCRELERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Bir odun hücresinin lif sayılması için uçları kapalı, gittikçe daralan ve lümen boşluğuna sahip olası gerekmektedir. Liflerin boyutları ağacın türüne, yaşına, yetiştirme şartlarına ve iklime göre değişiklik gösterir. Aynı ağaç türünde dahi ilkbahar-yaz odunu, genç odun-yaşlı odun arasında farklar bulunur.

Liflerin boyutları üretilecek kağıt hamurunun kalitesini ve kullanım yerini büyük oranda etkilemektedir. İğne yapraklı ağaç odunlarının büyük bir kısmını oluşturan traheidlerin uzunlukları 3-5 mm , genişlikleri ise 30-50 mikron arasındadır. Bu tür lifler kağıtçılıkta “uzun lifler” olarak adlandırılıp kağıt yapımına oldukça elverişlidir. “kısa lifler”i oluşturan

yapraklı ağaç odunu lifleri ve yıllık bitkilerin lifleri yaklaşık 0,8-1,5 mm uzunlukta, 15-30 µm genişliktedir.

Odundan uygun şekilde ayrılarak bireysel hale getirilen lifler kağıt hamurunun kalitesini önemli derecede etkilediğinden liflerin ortalama uzunluklarının ölçülerek bir ön fikir edinilmesi yararlı olacaktır. Lif boyutlarını belirlemede önceleri bir miktar hamur ile mikroskop slaytı hazırlanıp daha sonra uygun bit mikroskopta liflerin tek tek boyutları ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonraları kolay ölçüm yapabilmek için ekranlı mikroskop “vizopan” geliştirilmiştir.

TAPPI T 232 cm-85 standart prosedüründe projeksiyon yöntemiyle lif boyutlarının ölçümü esasına dayanan ölçümde lif preparatı (mikroskop slaytı) hazırlamak için yaklaşık 2 mg. hamur alınır. Liflerin görüntüsü projeksiyon cihazı ile kareli bir ekrana yansıtılır, lif sayıları ve ölçüm sonuçları özel ekrana yansıtılır ve görüntü özel yazılımlar yardımıyla bilgisayar tarafından analiz edilir.

Finlandiya’da geliştirilen ve mikroskobik ölçüm esasına dayanmayan başka bir yöntemde özel olarak geliştirilen bir cihaz (Kajaani FS-200 lif analizörü) kullanılır. Lif uzunluğu belirlenecek hamur (seyreltik) cihazın hunisine boşaltılır. Huninin alt kısmındaki boru içinden hamur geçerken karşıdan dik olarak yansıtılan ışık demeti ile taranır. Borudan geçen liflerin ışığın polarizasyon düzeyine yaptığı değişiklikten hareketle cihaz, lif sayısı ve ortalama lif uzunluğu değerini hesaplar.

Bunların dışında kağıt hamurunun ortalama lif uzunluğunu belirlemede lif tasnif edici kullanan gerçekçi tayin yöntemleri de bulunmaktadır (Tappi T 234 cm-84, Kırıcı, 2000).

Liflerin boyutlarını ölçmeden önce lifsel hücrelerin bireysel hale getirilmesi işlemine “maserasyon” denir. Maserasyon çeşitli yöntemlerle ve değişik kimyasal maddeler kullanarak yapılır. En yaygın ve kolay uygulanan maserasyon yöntemi “klorit yöntemi” dir. Bu yöntemde kibrit çöpü büyüklüğündeki odun örnekleri NaClO_3 (sodyum klorit) ve buzlu asetik asit ile 70-80 °C’de işleme sokulur. Reaksiyon bitiminde örnek krozedden süzülür ve daha sonra tamamen birbirinden ayrılmaları için su ile karıştırılır. Lifler tamamen bireysel hale geldikten sonra krozedden süzülerek mantar tahribatını önlemek için bir miktar fenol ile karıştırılıp kapalı kapta saklanır (Bostancı, 1987).

1.5.1 Lifsel Hücrelerin Morfolojik Özelliklerinin Kağıtçılık Açısından Değerlendirilmesi

Lifsel hücrelerin bazı morfolojik özelliklerinin önceden bilinmesi ve bu özelliklerin birbiri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ile o lifin, dolayısıyla hammaddenin kağıt yapımında kullanılabilirliği hakkında bir ön fikir elde edilmiş olur. Bu amaçla bilinmesi gereken morfolojik özellikler ;

lif uzunluğu

lif genişliği

çeper kalınlığı

lūmen çapı

lif çeper alanı

lif enine kesit alanıdır (Bostancı, 1987).

Hamuru oluşturan liflerin boyutları kağıt hamurunun özelliklerini önemli derecede etkiler. Örneğin, lif uzunluğu arttıkça kağıdın direnç özellikleri olumlu yönde etkilenir. Ancak çok uzun liflerin de kağıdın formasyonunu olumsuz yönde etkilediği unutulmamalıdır. Lif çeper kalınlığı da lifin sağlamlığı üzerinde etkilidir. Çok ince çeperli liflerden elde edilen kağıtların yırtılma dirençleri düşüktür. Çok kalın çeperli lifler ise yeterince yassılaşımadıklarından direnç özellikleri düşük ve hacimli kağıtlar verirler (Kırcı, 2000).

Belirtilen nitelikler maserasyon işlemi ile bireysel hale getirilmiş liflerin uygun şekilde ölçülmesi ile elde edilir. Lif uzunluğunun ölçülmesinde dikkat edilecek bir nokta hücre uçlarının kırılmamış olmasına dikkat etmektir. Fazla uzun lifler preparat içinde kıvrık şekilde olduğundan bu tür liflerin boyları “kurvimetre” ile ölçülmelidir. Lif genişliği, çeper kalınlığı ve lūmen çapı gibi niteliklerin ölçümünde liflerin tam orta kısmından ölçüm yapılmalıdır. Elde edilen değerler keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı, runkel sınıflaması, F faktörü ve Muhlstep oranının hesaplanmasında kullanılır (Bostancı, 1987).

1.5.1.1 Keçeleşme Oranı

Lif uzunluğu / lif genişliği şeklinde ifade edilen keçeleşme oranında lif uzunluğu orantıyı olumlu yönde etkiler. Dolayısıyla uzun lifli hammaddeden elde edilecek kağıtların

keeleşmeleri daha iyi olacaktır. Ancak fazla uzun lifler kağıt yapımında yüzeyde yumaklanmalar meydana getirerek formasyonu bozmaktadır.

Genelde uzun lifler içeren iğne yapraklı ağaçların odunlarında keçeleşme oranlarının türler arasındaki küçük farkları kağıdın direnç niteliklerini önemli miktarda etkilememektedir. Bu nitelikler lif uzunluğundan ziyade çeper kalınlığı, lümen çapı gibi faktörlerden etkilenir (Bostancı, 1987).

Çoğu iğne yapraklı ağaçların liflerinin keçeleşme oranı 100'ün üzerinde iken, yapraklı ağaç odunu ve ekin sapları liflerinin keçeleşme oranı 70'in altına düşmektedir. Keçeleşme oranı 70'in altında olan lifsel hammaddelerin kağıtçılık yönünden değerli olmadığı düşünölse de, keçeleşme oranı 70'den düşük yapraklı ağaç odunu lifleri ile yapılan kağıt hamurlarının fiziksel özelliklerinin iyi olduğu, keçeleşme oranının kağıdın fiziksel nitelikleri ile sistematik bir ilişki göstermediği, yalnızca kağıdın yırtılma direnci üzerinde önemli etkisi olduğu görölmüştür (Bostancı, 1987).

1.5.1.2 Katılık Katsayısı (Rijidite)

Lif eper kalınlığı / lif çapı olarak ifade edilen katılık katsayısı hücre çeperinin kalınlığı ile ilgilidir. Orantı sonucunun büyüklüğü kağıdın fiziksel direnç niteliklerinden özellikle patlama kopma dirençlerinin düşük olacağını gösterir.

1.5.1.3 Elastiklik Katsayısı

Lümen apı x 100 / lif genişliği ile hesaplanan katılık katsayısında bulunan değere göre lifler dört grup içinde toplanmaktadır.

1. Elastiklik katsayısı 75' den büyük olan lifler.

Bu gruba genellikle yoğunlukları 0.5 g/cm³' den düşük olan odunlardan elde edilen ince çeperli, geniş lümenli lifler girmektedir. Bu lifler kağıt yapımı sırasında kolay ezilip birbirleri ile sıkı bağlar yaptığından fiziksel özellikleri yüksek olan kağıtlar verirler.

2. Elastiklik katsayısı 50-75 arasında olan lifler.

Bu gruba 0.55- 0.70 g/cm³ arasında orta yoğunluktaki odunlardan elde edilen lifler girmektedir. Bu liflerin çeperleri biraz kalın olmasına rağmen lümen boşlukları da

geniş olduğundan kağıt yapımı sırasında kısmen ezilip direnç nitelikleri iyi olan kağıtlar elde edilmektedir.

3. Elastiklik katsayısı 30-50 arasında olan lifler.

Yoğunlukları $0.70-0.80 \text{ g/cm}^3$ arasında olan odunların lifleri bu gruba girer. Bu liflerde hem çeper kalınlığı fazla hem de lümen boşluğu dar olduğu için kağıt yapımı sırasında silindirlerde ezilmeleri zordur. Bu yüzden fiziksel dirençleri zayıf kağıt oluştururlar.

4. Elastiklik katsayısı 30' dan düşük olan lifler.

0.80 g/cm^3 ' den daha fazla yoğunluğa sahip odunlardan elde edilen bu liflerin çeper kalınlıkları çok fazla ve lümen boşlukları çok küçüktür. Bu grupta yer alan lifler kağıt yapımında istenmeyen liflerdir. Bu tür lifler kağıt endüstrisinde kullanılmamakta ancak özel tecrit levhaları ve sert lif levha yapımında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

1.5.1.4 Muhlstep Sınıflaması

Lif çeper alanı $\times 100$ / lif enine kesit alanı olarak ifade edilen bu oran lif çeperinin kağıdın fiziksel nitelikleri üzerindeki etkisini belirler. İnce çeperli lifler kağıt yapımında kolay ezilip kağıdın yoğunluğunu ve direnç niteliklerini olumlu yönde etkiler.

1.5.1.5 Runkel Sınıflaması

$2 \times \text{lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} > 1$ olan kalın çeperli lifler

$2 \times \text{lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} = 1$ olan orta kalın çeperli lifler

$2 \times \text{lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} < 1$ olan ,ince çeperli lifler

Bu sınıflandırmaya göre Runkel oranı 1'den küçük olan liflerden elde edilen kağıtların yırtılma ve çift katlama dirençleri dışındaki tüm nitelikleri iyileşir.

1.5.1.6 “F” Faktörü

Lif uzunluğu $\times 100$ / çeper kalınlığı olarak belirlenen bu oranın yüksekliği elde edilecek kağıtların esnekliğinin iyi olacağını belirler.

Burada belirtilen lifsel hücrelerin morfolojik niteliklerinin birbirleri ile ilişkileri bu hücrelerin odundaki orijinal durumlarına göre saptanmaktadır. Bu yüzden elde edilen veriler çeşitli kağıt hamuru üretim yöntemlerine göre değişir. Bunun yanında kağıdın

kullanım yerine uygun hale sokulması için yapılan dövme işlemleri ile kağıt hamuruna katılacak katkı maddelerinin tür ve miktarlarına göre de değişiklik gösterir.

Bu kriterler lif hakkında bir ön fikir edinmek için yardımcı olur. Bu kriterlerin yanı sıra odunun kimyasal yapısını oluşturan selüloz, alfa selüloz, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif maddelerin miktarları çeşitli hamur üretim yöntemlerinden biri ya da birkaçı ile yapılan laboratuvar denemeleri birlikte dikkate alınarak sonuçta karar vermek daha doğru olur.

Lifsel hücrelerin morfolojik nitelikleri ile kağıdın fiziksel direnç özellikleri arasındaki ilişkinin birçok araştırmacı tarafından görüş birliğine varıldığı sonuçları Çizelge 1.5’de verilmiştir.

Çizelge 1.5 Lifsel hücrelerin morfolojik nitelikleri ile kağıdın fiziksel direnç özellikleri arasındaki ilişkiler (Dadswell and Watson, 1961; Bostancı’dan)

İlişkiler	Gerilme ve patlama direnci	Yırtılma direnci	Çift katlama direnci	Kağıdın yoğunluğu
Lif uzunluğu arttıkça	+	++	+	-
Hüc.çep.kalınlığı arttıkça	-	+	--	--
Hüc.çep.kalınlığı azaldıkça	+	-	++	++
Lif uzun./lif genişliği arttıkça			+	
Lif kıvrıklığı arttıkça	--	+	+	-

Not: Porozite, hava geçirgenliği, su tutma kapasitesi ve hacimlilik yoğunlukla ters orantılıdır.

1.6 ODUNUN KAĞITÇILIK YÖNÜNDEN BİLİNMESİ GEREKLİ BAZI NİTELİKLERİ

1.6.1 Odunun Rutubeti

Taze kesilmiş odun yüksek oranda su içerir. Suyun büyük kısmı lümeninde bulunurken diğer kısmı hücre çeperindeki fibriller arasında bulunan boşluklara yerleşerek hücre çeperini doygun hale getirir. Taze kesilmiş odunun rutubeti ağaç türüne göre değişerek % 40-70 arasındadır. Ancak bu miktar ağacın kesilmesi ve kabuğun soyulmasından sonra süratle düşer. Odunda bulunan su kabuğun soyulmasını ve yongalamayı kolaylaştırır. Ancak pişirmede kullanılan pişirme çözeltisinin seyrelemesine neden olur (Kırcı, 2000).

Odunun rutubeti yaş ağırlık esasına ve kuru ağırlık esasına göre aşağıdaki 1.1 no'lu eşitlik ile hesaplanır;

$$r_y = \frac{My - Mo}{My} \times 100 \qquad r_k = \frac{My - Mo}{Mo} \times 100 \qquad (1.1)$$

Burada ; r_y : ıslak ağırlığa göre rutubet oranı (%)

r_k : kuru ağırlığa göre rutubet oranı (%)

My : rutubetli haldeki ağırlık (g)

Mo : tam kuru (fırın kurusu) ağırlık (g)

Mo , fırın kurusu ağırlık, rutubeti belirlenecek odun örneğinin 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşana kadar (yaklaşık 1-2 saat) kurutulduktan sonra tartılan ağırlığıdır.

Hücre çeperindeki mikrofibriller arasında bulunan su, hücre çeperine hidrojen bağları ile tutunmaktadır. Bu bağlanma fizikseldir ve su odundan kolaylıkla ayrılabilir. Bu sırada yani odundan suyun ayrılması sırasında odunda çekme meydana gelir. Bunun tersi durumda aşırı kurutulmuş odun, bağıl nemi yüksek bir atmosferden su absorbe eder ve odunda şişme meydana gelir.

Hücre çeperi tamamen suyla doygun halde, ancak lümen boşluklarında su bulunmayan odunun rutubeti yaş ağırlığa oranla % 20-25, kuru ağırlığa oranla % 25-35 arasındadır. Bu rutubet miktarına “lif doygunluğu rutubeti” (LDN) denir. Lif doygunluğu rutubet noktasından sonra odun bünyesine su absorbe etse bile boyutlarında değişme (şişme) olmaz (Kırcı, 2000).

Odunda bulunan rutubet homojen bir dağılıma sahip değildir. Aynı ağaç türünde dahi mevsime ve ağacın yaşına göre değişiklik gösterir. Bunun yanında diri odun ve öz odun da farklı oranlarda rutubet içerir. Dikili haldeki bir ağaçta diri odun öz oduna göre 1-4 kat daha fazla rutubete sahiptir. Ancak kesimden sonra daha dışta bulunan diri odun öz oduna göre daha çabuk su kaybettiği için belirli süre sonrasında diri odun öz odundan daha az rutubet içerir.

Kağıt üretiminde kullanılmak üzere fabrikaya gelen odunların rutubet miktarı ağacın türüne, mevsime, yetiştirme şartlarına ve kesimden sonra geçen süreye bağlı olarak değişmektedir. Doğrudan hava temasında kurutulan odunlarda rutubet miktarı % 12 civarındadır. Bu rutubet oranına sahip odunlara “hava kurusu hal” deki odunlar denilmektedir (Bostancı, 1987).

Kağıt hamurunun verimi tam kuru haldeki oduna oranla hesaplanır. Ayrıca pişirme kazanına konulacak tam kuru odun (yonga) miktarının hesabında ve en uygun “çözelti / odun” oranını dengelemek için odundaki rutubet miktarının çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Gerek kimyasal gerekse mekanik hamur üretimlerinde rutubetli odun tercih edilmektedir. Mekanik yöntem ile hamur üretiminde rafinörde ve taşlı liflendiricide odunda bulunan su yağlayıcı etki göstererek liflerin mekanik etki sonucu zarar görmesini önlemektedir. Kimyasal yöntemle hamur üretiminde aşırı kuru odun (yonga) kullanıldığında pişirme çözeltisinin odun içine nüfuzu zorlaşmaktadır. Bunun sonucu da homojen olmayan bir pişirme gerçekleştirilmiş olur (Kırcı, 2000).

Taze kesilmiş odundan üretilen hamurların ve bu hamurdan elde edilen kağıtların verimi ve fiziksel nitelikleri, uzun süre depoda bekletilmiş odunlardan elde edilen hamur ve kağıtlarinkine oranla daha iyi olacaktır. Depoda uzun süre bekletilen odunda süreye bağlı

olarak esas odun maddesi kaybı verimin düşmesine neden olurken, mantar ve mikroorganizma tahribatları fiziksel direnç niteliklerinin düşmesine neden olmaktadır. Taze kesilmiş odunların hemen kullanılmasının tek sakıncası, eğer ağaç reçineli bir tür ise aynı türün depoda bekletilmiş olanına göre daha fazla sorun çıkarmasıdır.

1.6.2 Hacim-Yoğunluk Değeri

Odun hacim birimi ile satılan bir hammaddedir. Ancak odundan elde edilen kağıt hamuru ve kağıt ağırlık esasına göre (kg olarak) satılır. Taşıma sırasında da hacim olarak odun ağırlığının bilinmesi gerekir. Hacim yoğunluk değeri aşağıdaki 1.2 no'lu eşitlik ile hesaplanan ve 1 m³ odundan kaç kg. tam kuru kağıt hamuru elde edileceğinin hesaplanmasında kullanılan bir değerdir.

$$\text{Hacim-yoğunluk değeri} = \frac{\text{tam kuru ağırlık}}{\text{yaş hacim}} \times 100 \text{ g/cm}^3 \quad (1.2)$$

Tam kuru ağırlık odun örneğinin 103 ± 2 °C 'de değişmez ağırlık elde edilinceye kadar kurutulması ile elde edilen ağırlıktır. İlk tartım için odun örneğinin kurutma fırınında 10-12 saat kadar bekletilmesi gerekir. Sonraki tartımlar için ikişer saatlik kurutma yeterlidir. Birbirini takip eden iki tartım sonuçları birbirine eşit olduğunda değişmez ağırlık bulunmuş olur.

Odun örneklerinin lif doygunluğu ya da bunun üzerindeki bir rutubet miktarına sahip olduğu andaki hacmi yaş hacimdir. Lif doygunluğu noktasında odunun hücre çeperinde bulunan boşluklar su ile dolu olduğu için odun su içine batar. Lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşmak için örnekler suya konur. Daha sonra örnekler suya batmaya başladığında lif doygunluğu derecesine ulaşmış demektir.

Yaş hacmi ölçmek için lif doygunluğu rutubetine gelip suya batan örnekler eğer düzgün ve pürüzsüz kesilmiş geometrik şekilli ise, boyutları mikrometrelerle ölçülüp hacimleri hesaplanabilir. Ama örnekler düzgün şekle sahip değilse, + 4 °C 'de darası alınmış su dolu bir kap içine özel bir alet yardımıyla dibe batmayacak şekilde daldırılır. her örnek hacmi kadar suyun yerini alacağından, hassas terazide kabın ilk ağırlığı ile örnek suya

daldırıldığındaki ağırlık arasındaki fark örneğin hacmini verecektir (+ 4°C ‘de 1cm³ su 1gr ağırlığındadır).

Ticari kağıt hamuru odunlarının hacim-yoğunluk değerleri 0.3-0.6 g/ cm³ arasında değişmektedir. Kağıt hamuru odunlarının esas hacmin % 20-40 odun maddesi içerir. Geriye kalan % 60-80’i ise boşluklardan ibarettir (Bostancı, 1987). Ülkemizde yetişen bazı ağaç türlerinin hacim-yoğunluk değerleri Çizelge 1.6’da verilmiştir (Berkel, 1970; Kırıcı’dan, 2000).

Çizelge 1.6 Bazı ağaç türlerin hacim-yoğunluk değerleri.

Ağaç türü	Hacim-yoğunluk değeri (g/cm ³)
Doğu ladini	0,359
Uludağ göknarı	0,359
Toros sediri	0,437
Sarıçam	0,426
Kızılçam	0,478
Kavak	0,377
Kızılağaç	0,431
Akçaağaç	0,522
Doğu kayını	0,531
Karaağaç	0,555
Meşe	0,561
Yalancı akasya	0,647
Gürgen	0,642

1.6.3 İlkbahar ve Yaz Odunu

Odunun her yıllık halkası iki kızımdan oluşur. Büyümenin başladığı ve hızlı olduğu dönemde, kambiyum tarafından üretilen odun hücreleri ince çepere ve geniş lümene sahiptir. Daha düşük yoğunluğa sahip bu odun kısmına “ ilkbahar odunu” adı verilir. Büyümenin daha yavaş olduğu dönemde kambiyum tarafından üretilen odun hücreleri ise

kalın çeperli ve dar lümenlidir. Hücre çeperinin kalın olmasından ötürü ilkbahar odununa göre daha yüksek yoğunluğa sahip bu kısma da “ yaz odunu” adı verilmektedir. Yaz odunu hücreleri kalın çeperli olması nedeniyle bu hücrelerin suya karşı dayanıklılığı ilkbahar odununa oranla beş kat daha fazladır. Yaz odunu lifleri daha kaba ve koyu renkte olduğundan ağartma işlemi sırasında daha fazla kimyasal maddeye gerek duyarlar. Yaz odunu hücreleri daha kalın çeperli olduğundan yaz odununun permeabilitesi (geçirgenliği) ilkbahar odunundan daha düşüktür. Bu yüzden kağıt hamuru üretimi sırasında yaz odunu kısımlarında pişirme çözeltisinin geçişi çok daha yavaş olacaktır. Laboratuvar koşullarında yalnızca yaz odunundan yapılan kağıtların ilkbahar odunundan yapılanlara göre daha kaba olduğu görülmüştür. Ayrıca yine yalnızca yaz odunundan yapılan kağıtlar dövülme sırasında daha fazla enerji tüketir ve istenen dövme derecesine daha uzun sürede gelirler. Buna karşın ince çeperli ve daha açık renkli olan ilkbahar odunu lifleri daha kolay dövülür ve yüzeyi düzgün, direnç nitelikleri yüksek kağıtlar verirler (Bostancı, 1987).

1.6.4 Öz odun-Diri odun

Genç ağaçların tüm odunları yaşlı ağaçların ise dış kısmında kalan odunları aktif odun özelliğindedir. Bu kısımlar besi suyu iletim görevini yerine getirirler. Ayrıca karbonhidrat, yağlar ve diğer besinleri depo eden parankim hücrelerini içerirler. Bu tür odun dokusuna “diri odun” adı verilmektedir. Diri odun genellikle açık renkli, düşük yoğunlukta, geçirgenliği (permeabilite) yüksektir.

Yaşlı ağaçların iç kısımlarında bulunan ve genellikle dış kısmındaki diri odundan daha koyu renkli olan odun dokusuna da “öz odun” adı verilmektedir. Diri odundan farklı olarak öz odunda canlı hücreler bulunmaz ya da çok az bulunur. Öz odun oluşumunun başlama yılı o ağacın türüne, yetiştirme şartlarına ve ağacın fizyolojisine bağlıdır.

Öz odunda parankim hücreleri canlılığını kaybettiğinden bunların depolamış olduğu nişasta, şeker ve yağ gibi maddelerin yapısı değişikliğe uğrayarak ekstraktifleri oluştururlar. Bunlar da odun içinde yayılıp hücre içlerinde birikerek geçitleri tıkarlar ve odundaki besi suyu iletimini durdururlar.

Bazı yapraklı ağaç odunlarında trahelerin içi bitişik parankim hücrelerinden sızan ve kabarcığa benzeyen bir madde ile dolar ve tıkanır. Bunlara “tylose oluşumu” (tül oluşumu)

denir ve mikroskop ile enine kesitte oldukça rahat şekilde görülebilir. Kimyasal yöntemle yapılan pişirme sırasında tylose oluşumları trahelerden ayrılarak baloncuk ve kesecikler şeklinde hamur içinde dağılabilir. Bu da özellikle ofset baskıda, baskı sırasında kağıttan kopmaya meyilli olduklarından baskı kalitesini olumsuz yönde etkilerler. Bu yüzden meşe, kestane, akçaağaç gibi türler sorun yaratırlar (Kırcı, 2000). Tüller diri odunun iç kısmında öz oduna dönüşüm yerinden hemen önce oluşmaktadır. Tüller ayrıca; yaralanma ile mantar gelişmesi ve virüs enfeksiyonları yolu ile de meydana gelebilmektedir. Bu tür tüllere traumatik tüller adı verilmektedir. Traumatik tüllere benzer olarak ağaç kesildikten hemen sonra diri odundaki tüm trahelerin içinde tüller oluşmaktadır (Bostancı,1987)

Öz odunda diri odundan daha az su ve daha fazla ekstraktif madde olduğundan daha zor yongalanır. Ayrıca öz odunun geçirgenliği daha düşük olduğundan pişirme çözeltisinin odun içine nüfuzu zordur. Bu yüzden gerek sülfite pişirmesinde gerekse alkali pişirmesinde sorunlar çıkmaktadır. Bu tür odunlardan elde edilen hamurların rengi daha koyu olduğundan ağartılmaları sırasında daha fazla miktarda ağartıcı kimyasal maddelere gerek duyulur. Eğer öz odunda bulunan ekstraktifler çok koyu renkli ise bu ekstraktiflerin hamurda kalması durumunda, üretilen kağıdın kullanımı sırasında sararma riski söz konusudur. Bunun yanında hamur içinde kalan ekstraktiflerin kağıdın su emiciliğini azaltma özellikleri de vardır (Kırcı, 2000).

Eğer kağıt hamuru yapımında kullanılacak odunda öz odunun bulunması istenmiyorsa yaklaşık 15-20 yaşından daha genç ağaçların odunları kullanılmalıdır. Ancak genç ağaç kullanımının da sakıncalı yönleri bulunmaktadır. Kağıtlık odun olarak hızlı büyüyen ağaç türlerinin odunlarının kullanımı gittikçe artmaktadır. Böylece ağaç öz odunu oluşumu başlamadan kesilecek çapa gelir ve sadece diri odundan oluştuğu için öz odunun sakıncaları ortadan kaldırılmış olur.

1.6.5 Odunun Sağlamlığı

Odunun çekmeye, basınca, makaslamaya karşı dayanımı kağıtçılık yönünden fazla önemli sayılmasa da odunun sağlamlığı ile yongalama ve mekanik liflendirme arasında bir ilişki olduğu kesindir. Ayrıca odunun sağlamlığını onu oluşturan hücrelerin sağlamlığının belirlediğini söylemek yanlış olmaz. Yani odunun sağlamlığı ne kadar iyi ise odunu

meydana getiren hücrelerin de sağlamlığı iyi olacaktır. Dolayısıyla bu odundan üretilen kağıt hamuru ile yapılan kağıtlar da sağlam olacaktır.

1.6.6 Reaksiyon Odunu

Genellikle tek yönden etkisinde kalan ya da eğimli yamaçlarda yetişen ağaçların gövdesinde eğilme sonucu reaksiyon odunu meydana gelir. İğne yapraklı ağaçlarda reaksiyon odunu, eğilen gövdenin dışa bükülmüş tarafında dar yıllık halkalar, diğer tarafında ise geniş yıllık halkalar şeklinde görülür. Bu tip odunlara “basınç odunu” denir. Basınç odunu normal oduna göre daha koyu ve kırmızımtırak renge sahiptir. Ayrıca basınç odununda hücre çeperinin S_2 tabakası oldukça kalınlaşmıştır. Bu tabaka yer alan selüloz fibrillerinin gidiş yönü normal odunda oldu gibi hücre eksenine paralel bir açı ile değil hücre eksenine dike yakın açı yapacak şekildedir. Basınç odununda, hücre çeperinde S_3 tabakası bulunmaz. Ayrıca traheidlerin boyları da normal oduna göre daha kısadır.

Selüloz fibrillerinin gidiş açılarının değişmesi ile basınç odunu rutubet değişikliklerinden daha çok etkilenir. Basınç odunu hamurun kalitesini önemli ölçüde etkilemez. Ancak hammadde içinde fazla miktarda basınç odunu bulunması halinde aşağıda belirtilen durumlar söz konusu olmaktadır;

1. mekanik odun hamuru üretimi sırasında fazla miktarda lif kırıntılarına ve kaba parçaların oluşmasına yol açar. Bu şekilde elde edilen hamurun direnç nitelikleri normal odundan elde edilen hamura oranla daha düşük olur.
2. Kimyasal yöntemle hamur elde edilmesi sırasında ise hamurların yırtılma ve çift katlama dirençleri daha düşük olur.
3. Hamurun alfa selüloz oranı daha azdır.
4. Hamurun rengi daha koyudur. Bunun için ağartmada daha fazla kimyasal maddeye gerek duyulur.
5. Bu hamurun verimi normal oduna göre daha düşüktür.

Bu sakıncalar nedeniyle basınç odunu oranı fazla olan odunların kimyasal ve mekanik hamur üretiminde kullanılması sorun yaratır.

Reaksiyon odununun yapraklı ağaçlardaki oluşumu iğne yapraklı ağaçlardaki gibi değil, içe bükülmüş tarafta görülür. Yapraklı ağaçlardaki reaksiyon odununa “çekme odunu” adı

verilir. Çekme odunlarını oluşturan lifler oldukça kalın çeperlidir ve iç kısımları jelatinimsi bir yapıya dönüşmüştür. Çekme odunları normal oduna göre daha açık renklidir. Ayrıca çekme odunları daha fazla selüloz ve daha az lignin içermektedir. Bu özellikleri ile çekme odunları;

1. Daha ılımlı pişirme şartlarında pişirilebilirler
2. Çekme odunlarında elde edilen kağıtlar, normal odundan elde edilen kağıtlara oranla daha yüksek direnç niteliklerine sahiptir
3. Lignin miktarı düşük olduğu için liflendirme sırasında daha az enerji tüketirler (Bostancı, 1987).

Çekme odununda selüloz miktarı normal odundan yüksektir ve özgül ağırlığı düşüktür. Kağıt hamuru endüstrisinde bu özellik tercih edilen bir durumdur. Çekme odunundan yüksek hamur verimi almak ve mukavemeti yüksek kağıt elde etmek için en uygun metot “Yarı Kimyasal Sülfite Metodu”dur (Berkel, 1967; Clermont and Bender’den, 1958).

Kimyasal yöntemlerle çekme odunundan kağıt hamuru üretiminde hamur verimi normal hamurdan daha yüksektir. Mekanik yöntemde çekme odunu normal odundan daha kolay liflenir (Panshin de Zeeuw, 1970).

Yüksek oranda çekme odunu içeren hamurdan elde edilen kağıtların patlama ve çekme dirençleri zayıf olur. Ancak yüksek selüloz oranı kimyasal hamur üretiminde verimi artırır (Bowyer et al., 2003).

Basınç odununun özgül ağırlığının yüksek olması, normal oduna göre daha fazla lignin içermesi ile ligninin fazla miktarda kondenzasyona uğraması ve renginin koyu olması nedeniyle mekanik hamur üretiminde basınç odunu kullanılması dezavantajlıdır. Basınç odunu oranı yüksek olan yongalar kimyasal hamur üretiminde kullanılırsa hamurun veriminin az olacağı ve hamur maliyetinin artacağı unutulmamalıdır. Basınç odunu lifleri kalın çeperli olduğundan dövme sırasında fibrillenmeye karşı dirençlidir. Bunun yanında liflerin kısa olması ve S₂ tabakasındaki fibrillerin büyük açı ile dizilişleri nedeniyle basınç odunundan üretilen kağıt hamurunun, dolayısıyla kağıtların düşük kaliteli olacağı söylenebilir. S₂ tabakasındaki fibril açısının büyük oluşu bu odundan elde edilecek kağıtların boyut stabilitesinin düşmesine neden olur. Ayrıca Heimola et.al. ve Tanaka et

all.' a göre basınç odunundan elde edilen hamurdaki selülozun DP si ve kristallik oranı düşük olacaktır (Kırcı, 2000).

Basınç odununun tersine çekme odunu hamuru üretimine normal odundan daha uygundur. Bunun nedeni çekme odununun açık renkli ve ince çeperli olması ile ligninleşmenin düşük olmasıdır.

Çekme odunu,yüksek selüloz oranı ile hamurun verimin ve parlaklığını artırdığı için kimyasal hamur üretiminde tercih edilmektedir. Ancak çekme odunu fazla odun kullanılarak elde edilen kimyasal hamurun sağlamlık özellikleri normal odundaki kadar iyi değildir. Özellikle çekme odununda bulunan jelatinimsi tabaka dövmeye karşı direnç göstermektedir (Kırcı, 2000).

1.6.7 Çevresel Etkiler

Ağacın yetiştiği bölgenin iklimi, toprağın yapısı ve rakımı ağacın gelişimini etkilemektedir. İğne yapraklı ağaç türlerinde bu faktörlere bağlı olarak yıllık halka genişliği, özgül ağırlık, ilkbahar/ yaz odunu oranı, lif çapı, çeper kalınlığı ile lif uzunluğunda farklılık gözlenirken yapraklı ağaçların lif uzunluğu ve çeper kalınlığında önemli farklılıklar görülmüştür.

Genel olarak sıcak ve rutubetli bölgelerde yetişen ağaçların odunları yüksek özgül ağırlığa sahip iken , kuru ve soğuk iklime sahip bölgeler de yetişen ağaçlarda odun gelişimi yavaş olmaktadır.

Ağacın yetişmesini ve odunun kalitesini yalnızca çevresel faktörlerin belirlediğini söylemek yanlış olur. Çünkü bu bahsedilen çevresel etkilerin yanında aynı türe bağlı genetik faktörler de ağacın yetişmesi ve kalitesinde etkili olmaktadır (Kırcı, 2000).

Yapılan araştırmalara göre yavaş büyüyen ağaçlar hızlı büyüyenlere oranla daha küçük çaplı, daha yüksek yoğunlukta ve daha fazla lignin içeriğine sahiptir. Yavaş büyüyen ağaçlar yüksek yoğunlukları nedeniyle birim hacimlerinden daha hamur üretilebilir. Ancak farklı hamur üretim yöntemlerinde daima düşük yoğunlukta odunlar tercih edilmektedir. Özellikle mekanik hamur üretiminde, daha az enerji ile liflendirme yapıldığı, daha açık renge sahip olduğu ve daha iyi fiziksel niteliklere sahip kağıtlar verdiği için yoğunluğu

düşük olan odunların kullanılması tercih edilmektedir. Diğer yandan hızlı büyüyen ağaç türlerinde öz odun oluşumu daha az olduğu için reçine sorunu da az olmaktadır. Kimyasal hamur üretiminde hızlı büyüyen ve düşük yoğunlukta olan odunlar kullanıldığında elde edilen hamurların yırtılma dirençleri normal büyüyen ağaçtan elde edilen hamura göre daha düşük, kopma ve patlama dirençleri yaklaşık aynı kalmaktadır. Yırtılma direncinin düşük olması küçük yaşlarda lif boylarının kısa olması ve hücre çeperinin ince olmasında kaynaklanmaktadır (Bostancı, 1987).

1.6.8 Budaklar

Doğal budanma ile kendiliğinden düşen ya da çeşitli etkenlerle çürüyerek kopan dal parçalarının, ağacın çap büyümesi ile ağacın gövdesi içinde kalan kısımlarına “budak” adı verilir.

Gövde içinde kalan bu dal parçalarının etrafı bir yara dokusu ile kapatılmaya çalışılır. Bu durumda kopan dal canlı ise ve dipten koparak düşmüş ise “sağlam budak” oluşur. Sağlam budak ağacın gövdesiyle kaynaşmıştır. Eğer dalın kopması tam dipten değil de çürüme sonucu uç kısımlarından başlamışsa ve dal canlılığını kaybetmiş ise bu durumda “düşen budak” meydana gelir (Bostancı, 1987).

Özellikle iğne yapraklı ağaçlarda sağlam budak taşıyan odunlar fazla miktarda reçine içerip yoğunlukları daha fazladır. Kimyasal yöntemle hamur üretiminde bu kısımlar normal pişirme süresinde pişmezler ve verimin düşmesine neden olurlar. Budaklar yüksek miktarda lignin içerdiği ve basınç odunundan oluşan kalın çeperli liflerden oluştuğu için kağıt hamuru üretiminde kullanılması arzu edilmez. Düşen budaklı odunların hamur üretiminde kullanılmasında verimin düşmesi ile birlikte aşırı kirlilik görülür. Ayrıca elde edilen hamurun fiziksel nitelikleri de zayıf olur. Fazla budak içeren odunlardan üretilen hamurlarda tam olarak bireysel hale geçmemiş lif demetleri, kıymıklar ve koyu renkli benekler bulunur (Kırcı, 2000).

1.6.9 Reçine Kanalları

İğne yapraklı ağaçlardan Çam, Ladin, Melez, Pseudotsuga ve Cathaya türleri doğal olarak reçine içerirler. Bunların dışında Gökmar, Sedir, Sekoya ve Tsuga gibi türlerde de ağacın

yaralanması sonucu reçine kanalları oluşur. Bazı yapraklı ağaçların odunlarında sakız (balzam) kanalları bulunmaktadır. Sakız kanalları da tıpkı reçine kanalları gibi doğal olarak ya da arızı olarak meydana gelmektedir (Bostancı, 1987; Eroğlu, 2000).

Reçine kanalı ya da kesesi odun dokusu arasında bulunan ve yapıları tüp şeklinde olan boşluklardır. Odunun birim alanındaki sayıları ağaç türüne ve ağacın maruz kaldığı mekanik etkilere bağlı olarak değişmektedir. Odunda hem enine hem de boyuna yönde yerleşmiş bu boşlukların çevresi epitel hücreleri adı verilen paranşimatik yapı gösteren salgı hücreleri ile çevrilmiştir (Kırcı, 2000) .

Mekanik hamur ve sülfite hamuru üretiminde odunda bulunan reçine fazla değişikliğe uğramadan kağıt hamurunda kalır. Hamur içinde kalan reçine kağıt yapımı sırasında elekleri tıkayıp keçelere yapışarak kağıdın emici özelliğini azaltır. Ayrıca kağıt makinesinin bakım masraflarını arttırıp kağıt içinde benekler oluşturduğu için reçineli türlerin mekanik hamur ve sülfite hamuru üretiminde kullanılması tercih edilmez. Ancak sülfat yöntemi ile hamur üretiminde “tall-oil” ve “terebentin yağı” gibi oldukça değerli yan ürünler elde edildiği için sülfat yönteminde reçineli ağaç türlerinin kullanımı daha çok tercih edilmektedir (Bostancı, 1987).

1.6.10 Kabuk

Ağacın odun kısmını ve üreyimli tabaka olan kambiyumu koruyan bir dış tabaka olan kabuk aynı zamanda ağacın hayati bir parçasıdır. Odundan daha heterojen yapıya sahip olan kabuk sertlik, yoğunluk, strüktür ve diğer özellikler bakımından odundan belirgin şekilde farklıdır. Uzun süre yapılan araştırmalar kabuğun hemen hemen homojen bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Ağacın toplam ağırlığının yaklaşık % 10-15’ini kabuk oluşturmaktadır (Kırcı, 2000, Browning, 1967; Kutuban’dan, 1996).

Odun ile kıyaslandığında daha kompleks bir yapıya sahip olan kabuk canlı iç kabuk veya floem ve ölü dış kabuk yani rhytidome olarak ikiye ayrılır. Rhytidome sert ve kırılğan olup oldukça fazla ligninleşmiştir. Selülozik madde oranı düşüktür ve genellikle ölü hücrelerden oluşmuştur. Floem kambiyuma yakın yerdeki kabuk tabakasıdır. Kabuk, odunda olduğu gibi destek ve depolama görevi yapan hücrelerden oluşmuştur. Kabuktaki skleranşim hücreleri desteklik görevini, kalbur hücreleri iletim görevini, öz ışını ve ekstenel paranşim

hücreleri de depo görevini görmektedir. İç kabukta iletim görevini yapan hücreler zamanla ölererek pasif hale gelir. Daha sonra yeni bir floem tabakasının oluşması ile dış kısma doğru itilirler.

Kabuk içeren odunun kağıt hamuru üretiminde yarattığı sorunlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Pişirme kazanı hacminin belirli bir bölümünü işgal ederek kazana daha az lif girmesine neden olur. Sonuçta kabuksuz odun kullanımına oranla daha az hamur üretilir.
2. Kabuk fazla miktarda lifsel yapıda olmayan ince materyal içerir. Bunlar kazan içindeki elek ve borularda tıkanmalara neden olur ve çözelti sirkülasyonunu engelleyerek homojen olmayan bir pişirmeye neden olur.
3. Lifsel yapıda olmayan, selüloz miktarı düşük kabuk bileşenleri pişirme kimyasallarını da gereksiz yere tüketirler. Bu yüzden pişirmede daha fazla alkali kullanımına sebep olur.
4. Kabuk lifsel yapı göstermeyen paranzimatik hücrelerce zengin olduğundan ve fazla miktarda ekstraktif madde içerdiğinden hamurun verimini düşürür. Dış kabuk iç kabuğa göre daha fazla verim kaybına neden olur.
5. Özellikle sülfite hamurlarında kabuk, hamur içinde koyu renkli benekler halinde görülür. Bu tipteki kirli hamurların ağartılması zordur ve daha fazla ağartıcı madde gerektirir. Hamur içinde kalan reçine miktarı fazladır. Ayrıca hamurda renklenme yapan ekstraktif madde (tanen, flavanoidler vb.) içerikleri de yüksektir.
6. Kabukta bulunan inorganik madde miktarı oduna göre on kat daha fazladır. Bu maddeler makine üzerinde (vanalar, pompalar, rafinörler, elekler vb.) aşınmaya neden olur ve evaporatör yüzeyinde birikme problemine yol açar.
7. Eğer hamurda kabuklu yonga kullanımından ileri gelen fazla miktarda kabuk hücresi varsa ve bu hücreler kağıt makinesine gitmeden önce elenip hamurdan ayrılmazsa kağıt makinesinin hızını engeller ve kapasitesini düşürür.
8. Selüloz türevleri endüstrisinde çözünür hamur istendiği taktirde kabukların odundan titizlikle uzaklaştırılması gerekir. Çünkü kabuk, hamura uzaklaştırılması ve ağartılması zor safsızlıklar katar. Bu safsızlıklar düşük reaktifliğe sahip olduğundan viskoz ve selüloz asetata dönüştürülmesi zordur.

9. Kağıt hamuru içinde kalan kabuk kaynaklı kirler ağartılsa bile zamanla renklenmeye eğilimlidir. Dolayısıyla bu tür hamurdan yapılan kağıdın renk stabilitesi de düşük olacaktır (Kırcı, 2000).

Bu sorunlar nedeniyle ağartılabilir özellikte, kaliteli hamur elde etmek için odunun özenle soyulması gerekmektedir. Kağıt yapımcıları tarafından kabuk istenmeyen bir madde olarak görülse de, çok miktarda odun işleyen ve kağıt hamuru fabrikaları ile entegre kurulmuş olan kereste fabrikalarının kabukları, bazı düşük kaliteli ve kullanım alanı sınırlı kağıtların yapımında belirli oranlarda kullanılabilirdiği gibi yakıt maddesi olarak da kullanılabilir (Bostancı, 1987). Çizelge 1.7’de kullanım yeri farklı bazı kağıt hamuru üretimleri için geçerli kabuk toleransı miktarları verilmiştir (Lindholm, 1993).

Çizelge 1.7 Farklı kağıt hamuru üretim tipleri için kabul edilebilir kabuk miktarı toleransları.

Hamur türü	müsaade edilen kabuk miktarı(tolerans)
NSSC Fluting	fazla miktarda kabuğa göz yumulabilir.kabuğun %70’inin soyulması yeterlidir. Bazen kabuğu soyulmamış odun da kullanılabilir.
İğne yapraklı odunlardan ağartılmış ve yarı ağartılmış kraft hamuru	kabuğun %90’dan fazlası uzaklaştırılmalıdır
Yapraklı ağaç odunlarından ağartılmış kraft hamuru	kabul edilebilir kabuk miktarı max. % 5
Ağartılmış sülfite ve mekanik hamur	kabuk % 2’nin altında olmalıdır

1.6.11 Mantarların Yaptığı Çürüklük ve Renk Bozuklukları

Bazı mantar türleri odunu fazla tahrip etmeden, fiziksel ve mekanik özelliklerinde çok az etki yaparak belirgin bir renk değişimine sebep olurlar. Bu mantarlar hava akımının bulunmadığı ortamlarda odun yüzeyinde küflenmeler oluşturur. Bazen canlı ağaçlara da arız olurlar. Küflenme meydana gelen odunların genellikle diri odun kısımlarında renk değişimleri kolaylıkla görülebilir. Öz odunda nadiren renklenme görülür. Odunda meydana gelen renklenme kırmızı, sarı, kahverengi ve gri tonlarda olsa da genellikle karşılaşılan renklenme “mavi renklenme” dir. *Caratocystis pilifera* tarafından oluşturulan mavi renklenme az da olsa odunda kimyasal bozunmaya yol açmaktadır (Kırcı, 2000).

Sülfat yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde mavi renklenmeye uğramış odunların kullanımı fazla olumsuz etki göstermezken, mekanik hamur üretiminde kullanılan odunlarda mavi renklemenin bulunması hamurun rengini koyulaştırmaktadır.

Odunun çürümesi mantarların odunu tahrip etmesi sonucu meydana gelir. Esas odun maddelerini bozan mantarlar üç grupta incelenmektedir.

1. Selülozu bozarak lignini bırakan esmer çürüklük mantarları
2. Lignini bozarak selülozu bırakan beyaz çürüklük mantarları
3. Hücre çeperi içinde yollar açarak yumuşak çürüklüğe neden olan mantarlar

Esmer Çürüklük: *Basidiomycetes* grubu mantarların çoğu bu tür çürüklük yapar. Esmer çürüklük genellikle iğne yapraklı ağaçlarda görülmekle birlikte bazen yapraklı ağaç odunlarında da gelişebilir. Bu mantarlar odunda önceleri selüloz, hemiselüloz, nişasta gibi şeker kısımlarını, sonra ise diğer bileşenleri de bozundurmaktadır. Bunun sonucunda odun normal görüntüsünü, fiziksel ve mekanik özelliklerini kaybeder. Hücre çeperine geçitlerden ulaşan hüfler odunda boşluklar ve delikler oluşmasına neden olur. Çürüklük ilk zamanlarda gözle ayırt edilemezken ileri safhalarda odunun rengi kahverengileşir ve küçük mekanik etkilerle bile kolayca kırılır.

Esmer çürüklük yapan mantarlar selüloz ve hemiselülozları bozundurduğundan karbonhidratların DP'sinde çürüklüğün derecesine bağlı olarak düşmeye neden olur. Hamurun direnç özellikleri selülozun DP'sine bağlı olduğundan , esmer çürüklüğe uğramış

odunlardan elde edilen hamurların da direnç özellikleri çürüklük derecesine göre belirli oranlarda düşecektir.

Beyaz Çürüklük: Bu çürüklüğü oluşturan mantarların da çoğunluğu *Basidiomycetes* grubuna girer. Ancak esmer çürüklükten farklı olarak çürüklüğün başlarında karbonhidratlarla birlikte lignini de tahrip etmektedir. Odun beyaz ile grimsi beyaz bir renk alır.

Çürüklüğün ileri safhalarında odun süngerimsi bir görüntü alır. Beyaz çürüklük daha çok yapraklı ağaç odunlarında görülür. Mantar hüfleri hücre çeperi içine girer. Bu tür mantarlar selülozu alkali ortamdaki soyulma reaksiyonuna benzer şekilde uçtan başlayarak bozundurur. Bu bozunma lümen tarafından hücre çeperinin iç kısmına doğru ilerler. Lignini bozunduran enzimler hücre çeperine nüfuz ederek, çeper içinde selülozik enzimlerin ardı sıra faaliyet gösterir. Yapraklı ağaç odunlarındaki siringyl lignini iğne yapraklı ağaç odunlarındaki guaiacyl ligninine göre daha çok tahrip edilir. Sonuç olarak beyaz çürüklük oluşturan mantarlar hamurların lif kalitesini esmer çürüklük mantarları kadar hızlı düşürmezler. Lignin/karbonhidrat oranı yaklaşık olarak aynı kalır. Beyaz çürüklüğe uğramış odundan elde edilen hamurun verimi normal odundan elde edilen hamura oranla daha düşük olur. Aynı zamanda kabuk soyma ve yongalama işlemleri sırasında fire artar.

Yumuşak Çürüklük: Bu tip mantarlar odun yüzeyinde yumuşamaya ve renk bozulmalarına yol açar. Yapraklı ağaçlar bu mantarlara daha hassas olduğundan bu türlerde daha fazla görülür. *Ascomycetes* ve *Fungi imperfecti* gruplarına dahil olan yumuşak çürüklük mantarlarının hüfleri, geçitleri ve perforasyonları tahrip ederek hücreden hücreye geçerler. Sonuçta odunda delikli ve boşluklu görüntü oluşur. Yumuşak çürüklük mantarları hem selülozu hem de lignini tahrip ederler. Bazı yumuşak çürüklük mantarları esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının etkileyemediği öz odunu bile çürütebilirler. Rutubeti yüksek olan odunlar yumuşak çürüklük tehlikesine daha az dayanıklıdır (Kırcı, 2000).

Herhangi bir odunda çürüklük bulunup bulunmadığı çürüklük ilerlemişse gözle anlaşılır. Çürüklüğün ilk safhalarında çürüklük derecesini belirlemek için uygulanan yöntem odun örneklerinin % 1'lik NaOH çözeltisi ile işleme sokulmasıdır. Bunun için;

1. Belirli örnek alma yöntemleriyle odundan alınan parçalar öğütülür.
2. Elde edilen öğütülmüş odun 40 meshlik ve 60 meshlik elekte elenir. 40 meshlik elekten geçip 60 meshlik elek üzerinde kalan eşit büyüklükteki parçalar kapalı örnek kaplarına alınarak rutubetleri belirlenir.
3. Test için bir örnekten iki adet 2 gramlık örnek alınır ve %1'lik 100 ml NaOH çözeltisi ile erlenmayere konur.
4. Buharlaştırmanın önlenmesi için erlenmayeler üst taraftan soğutucu ile irtibatlandırılıp 97-100 °C sıcak su banyosuna konur.
5. Bir saat su banyosunda ısıtılır ve bu süre içinde üç kez karıştırılır.
6. Tam kuru halde darası alınmış 2 numaralı krozeden süzülür.
7. Önce sıcak su ile birkaç kez, daha sonra % 10'luk asetik asit ile yıkanır.
8. 103 ± 2 ° C'lik fırında tam kuru ağırlık elde edilinceye kadar kurutulur ve tartılır. Aradaki fark %1'lik NaOH 'te çözünürlük yüzdesi olarak hesaplanır (Tappi T 4 m-59).

Gerek canlı ağaçta gerekse tomruk ya da yonga halinde depolanan odunda meydana gelen çürüklük hem kimyasal hem de mekanik hamur üretimi için istenmez. Ancak uygulamada tam olarak sağlam odunların kağıt hamuru üretiminde kullanımını temin etmek zordur. Çünkü kaliteli tomruklar kereste ve kontrplak yapımında kullanılmakta, bu endüstride kullanılmayan düşük kaliteli odunlar kağıtlık oduna ayrılır. Dolayısıyla bu tür odunlarda bir miktar çürüklük bulunmaktadır (Kırcı, 2000).

1.6.12 Bakterilerin Oduna Etkisi

Bakteriler tek hücreli mikroskobik canlılardır. Nadiren odunda çürüklük meydana getirirler. Bakteriler daha çok paranzim hücrelerine zarar verir. Bu hücreler kağıt hamuru üretiminden faydalı olmayan lifsel yapı göstermeyen hücrelerdir. Böylece bakteriler kağıt hamuru yapımında istenmeyen paranzim hücrelerini tahrip eder. Bu sayede odunun permeabilitesi artar.

Bazı bakteri türleri çoğu yapraklı ağaç ve iğne yapraklı ağaçların diri odununda kahverengi renklenmeye neden olurlar. Bu durumun gerçekleşmesi için bakteri etkisine ilave olarak odunun ıslak halde olması gerekir. Bu oluşturduğu renklenmenin olumsuz etkisi yanında bakteri tahribatına uğramış ıslak odunlar yumuşadığı için yongalanmaları daha kolay

olmaktadır. Bakterilerin lifsel yapıda olan hücreler üzerindeki etkisi oldukça sınırlıdır ve bu tür odunlardan elde edilen hamurların kalitesi üzerinde olumsuz etki yok denecek kadar azdır.

1.6.13 Ağaç Gövdesi İçindeki Değişiklikler

Lifsel hücrelerin kimyasal yapıları ve uzunlukları ağaç içindeki değişik bölümlerde farklılık gösterir. Ağacın toprağa yakın kısımlarında lignin miktarı fazla iken üst kısımlarda selüloz oranında fazlalık görülür. Dalların içerdiği lignin miktarı gövdeden fazladır. En uzun ve homojen lifler ağacın yerden itibaren 3,5-6 m. Yükseklikleri arasında bulunur. Dal odunlarının lifleri daha kısa boylara sahiptir.

Ağaç gövdelerinde görülen bu farklılıklar kağıt hamurunun verim ve fiziksel niteliklerinde de farklılık gösterir. Tepe odunlarından üretilen hamurların patlama direnci daha yüksek, yırtılma direnci ise daha düşüktür. Bu farklılık tepe kısımlarında ilkbahar odunu oranının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 ARAŞTIRMADA KULLANILAN MATERYALİN SEÇİMİ

Ülkemizde silvikültürel açıdan fazla değerli olmayan Anadolu Kestanesi ağacı özellikle Kuzey Anadolu Bölgesi ve Marmara Bölgesinde yetişmektedir. Ayrıca bu bölgelerin dışında Ege Bölgesi (özellikle Tire) ve Akdeniz Bölgesi'nde (Antalya) de lokal olarak bulunmaktadır. Bu çalışmada Ege Bölgesi Tire mevkiinden alınan Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ağacı odununun kimyasal bileşimi standart yöntemlerle belirlenmiş, lif analizleri yapılarak kağıt hamuru yapımına uygunluğu incelenmiştir. Ayrıca kestane odunu SEM (Scanning Electron Microscopy) ile incelenmiştir. SEM'de incelenecek odun örnekleri önce özel bir kurutucuda kurutulmuş ve ardından yaklaşık 10 Å kalınlığında altın ile kaplanmıştır. Daha sonra örnekler mikroskobun taşıyıcısına karbon yapıştırıcı ile yerleştirilerek inceleme yapılmıştır.

Araştırmada kullanılacak olan materyal, aynı yükseklikte, çapları birbirine yakın, herhangi bir yaralanma, böcek vb. zararına uğramamış üç ağaçtan alınmıştır. Ağaçların yıllık halkalarına göre belirlenen yaş ortalaması otuzbeştir. Ağaçların dip kısımlarından yaklaşık 1,5 m (göğüs yüksekliği) yükseklikten itibaren dip, orta ve tepe kısımlarından kalınlığı yaklaşık 8-10 cm olan daire şeklinde kesitler alınmıştır. Bu kesitlerin kabukları ayrılarak yapılacak çalışmalarda kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Kabuklarından ayrılan odun kesitleri önce iri parçalara bölünmüş daha sonra kibrit çöpü büyüklüğünde inceltip hava kurusu hale getirilmesi için birkaç gün laboratuvarında açıkta bekletilmiştir. Hava kurusu hale getirilen kibrit çöpü büyüklüğündeki odunlar laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen odun örnekleri bir sarsak elek yardımıyla elenmiştir (40 meshlik = 0.420 mm, 60 meshlik = 0.250 mm.). 40 meshlik elekten geçip 60

meshlik elek üzerinde kalan örnekler yapılacak analizlerde kullanılmak üzere kapalı cam kaplarda muhafaza edilmiştir.

2.2. RUTUBET TAYİNİ

Rutubet tayinini yapmak için temizlenerek etüvde 105 ± 3 °C’ de sabit tartıma getirilerek darası alınmış porselen krozeler kullanılmıştır. Porselen kroze içine rutubet tayini yapılacak odun örneğinden 2 gr. tartılıp konmuştur. İçinde örnek bulunan kroze 105 ± 3 °C etüvde değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Değişmez ağırlık elde edildiğinde etüvden alınan kroze bir desikatörde bekletilerek soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır. Bulunan ağırlıktan krozenin darası çıkarılarak tam kuru odun örneğinin ağırlığı saptanmıştır. Daha önce belirlenen rutubetli haldeki örnek ağırlığından faydalanarak rutubet formülünde bulunan değerler yerine konularak tam kuru ağırlığa oranla odun örneklerinin rutubeti % olarak hesaplanmıştır.

2.3 KİMYASAL ANALİZLER

2.3.1 Soğuk Su Çözünürlüğü

Odun örneklerinin soğuk su çözünürlüğünü saptamak için, hassas terazide tartılmış ve rutubeti belirlenmiş 2 gr. hava kurusu haldeki odun örneği 500 ml.’lik bir erlene konmuştur. Bunun üzerine 300 ml. destile su ilave edilmiştir. Bu erlen 23 ± 2 °C ‘de ara sıra karıştırılarak 48 saat süreyle bekletilmiştir. 48 saatlik sürenin sonunda odun örneği önceden darası alınmış cam krozeden destile su ile yıkanarak süzölmüştür. Süzölme bittikten sonra içinde odun örneği bulunan kroze 105 ± 3 °C etüvde değişmez ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Kurutma bitikten sonra kroze bir desikatörde kurutulup tartılarak örnekte meydana gelen ağırlık kaybı belirlenmiştir. Çözünen miktar tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak belirtilmiştir. Bu işlem deney sonuçlarının daha güvenilir olması amacıyla üç kez uygulanmış ve bulunan üç değerın ortalaması esas alınmıştır.

2.3.2 Sıcak Su Çözünürlüğü

Sıcak su çözünürlüğünü belirlemek için yine rutubet içeriği belirlenmiş 2 gr odun örneği 250 ml.’lik erlene konulmuş ve üzerine 100 ml sıcak destile su ilave edilmiştir. Erlen bir

geri soğutucu ile tertibatlandırılarak kaynamakta olan sıcak su banyosuna konulmuş ve burada 3 saat boyunca ara sıra karıştırılarak bekletilmiştir. 3 saatin sonunda su banyosundan alınan erlendeki örnek, darası alınmış bir cam krozedden süzölmüş ve sıcak destile su ile yıkanmıştır. Süzölme tamamen bittiğinde kroze 105 ± 3 °C etüvde değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan kroze desikatörde soğutularak tartılmıştır. Örnekte meydana gelen ağırlık kaybı belirlenerek çözönen madde tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak belirtilmiştir.

2.3.3 Alkol-Benzen Çözönlölüğü

Alkol- benzen çözönlölüğünü oluşturan maddeler vak, yağ, reçine, tanen ve diğler bileşiklerdir.

Bu çalışmada kullanılan alkol- benzen çözeltisi yaklaşık bir hacim % 95'lik etil alkol ile iki hacim benzenden oluşmaktadır. Odunun alkol- benzen çözönlölüğünü belirlemek için rutubeti belirlenmiş 2 gr. odun örneğı darası alınmış selöloz kartuş içine konmuştur. Bu örnek soxhlet cihazında 8 saat süre ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işlemleri sona erdiğinde cihazdan alınan örnekler önce yaklaşık 1 gün süreyle açık havada kurutulmuş, daha sonra 105 ± 3 °C etüvde değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma sonunda desikatörde soğutulduktan sonra tartımı yapılmış ve odun örneğinde meydana gelen ağırlık kaybı hesaplanmıştır. Alkol- benzen çözönlölüğü miktarı tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak belirlenmiştir. Bu deney de 3 kez tekrarlanarak sonuçların ortalaması alınmıştır.

2.3.4 % 1'lik NaOH Çözönlölüğü

Odun örneklerinin NaOH çözönlölüğünü belirlemek için TAPPI – T4 m standardında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem sıcak seyreltik alkaliyle çözönmeye karşı odun örneğinin dayanıklılığını belirler. % 1'lik NaOH 'de çözönlölüğün en önemli uygulaması alınan odun örneğinde var olan mantar çürüklüğünün derecesini belirlemedir. Odunun çürüklüğüne bağılı olarak alkalide çözönen maddenin miktarı da artar. Bu da orantılı olarak (çürüklüğün oranına bağılı olarak) hamurun veriminde bir düşüş meydana getirir.

NaOH çözünürlüğünü belirlemek için rutubeti bilinen 2 gr. odun örneği 200 ml.lik erlene konarak üzerine 100 ml. % 1'lik NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Erlenin üzeri ters çevrilmiş küçük bir erlenle kapatılarak ara sıra karıştırılmak suretiyle 97-100 °C sıcak su banyosuna konmuş ve bir saat su banyosunda bekletilmiştir. Bir saatlik sürenin sonunda erlen su banyosundan alınarak içindeki örnek daha önce sabit tartıma getirilmiş ve ağırlığı belirlenmiş cam krozeden süzölmüştür. Kroze üzerindeki kalıntı önce 50 ml. % 10'luk asetik asit ile daha sonra sıcak destile su ile yıkanmıştır. Kroze ve içindekiler etüvde 105 ± 3 °C'de kurutulduktan sonra desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. İşlem sırasında örnekte meydana gelen ağırlık kaybı belirlenerek odunun tam kuru ağırlığına oranla NaOH çözünürlüğü % olarak hesaplanmıştır.

2.3.5 Holoselüloz Tayini

Holoselüloz tayini lignini çözünmüş ürünler şekline dönüşen sodyum klorit yöntemi (WISE) kullanılarak yapılmıştır. Sodyum klorit (NaClO_2) ılık asetik asitin etkisiyle kloriti (ClO_2) serbest bırakır. Böylece lignin yükseltgenir ve suda çözünebilen türevlerine dönüşerek çözeltiye geçer. Karbonhidratlar bu işlem sırasında değişmez ve holoselüloz olarak elde edilir. Bu çalışmada, kestane odunu fazla miktarda ekstraktif madde ve tanen içerdiğinden holoselüloz tayininden önce alkol- benzen ile ekstrakte edilip işlem sırasında çıkabilecek sorunlar engellenmiştir.

Sodyum klorit yöntemi ile holoselüloz tayininde rutubeti önceden belirlenmiş 5 gr. odun örneği 250 ml.'lik erlene konmuş ve üzerine 160 ml. Su, 1.5 gr. NaClO_2 ve 0.5 ml. buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Karışımın bulunduğu erlenin ağzı ters çevrilmiş küçük bir erlenle kapatılarak 78-80 °C'deki su banyosuna konularak ara sıra karıştırmak suretiyle bir saat bekletilmiştir. Bir saatlik sürenin sonunda karışıma yine 1.5 gr. NaClO_2 ve 0.5 ml. buzlu asetik asit ilave edilerek bir saat daha ara sıra karıştırılarak su banyosunda bekletilmiştir. Bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Klorlama işlemi bittiğinde örneğin rengi beyaza yakın bir renktedir. Erlen reaksiyon süresi bitiminde bir buz banyosunda soğutularak önceden darası alınmış cam krozeden süzölmüştür. Süzme işlemi bittiğinde kroze içinde kalan örnek önce aseton ile daha sonra destile su ile tekrar tekrar yıkanmıştır. Yıkanan örneğin bulunduğu kroze etüvde 105 ± 3 °C'de kurutulmuş ve daha sonra desikatörde soğutularak tartılmıştır. Başlangıçtaki tam kuru ağırlığa oranlanarak holoselüloz içeriği % olarak belirlenmiştir.

2.3.6 Selüloz Tayini

Bu çalışmada selüloz tayini Kürschner-Hoffner yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde nitrik asidin etkisiyle yağlı maddeler çözünür, hemiselülozlar hidroliz olur ve lignin nitrofenolik bileşiklere dönüşür. Ancak selüloz alkolün etkisiyle korunur. Bu amaçla daha önce alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış ve rutubeti belirlenmiş odun örneğinden 2 gr. alınarak 250 ml.'lik balona konmuştur. Bir beherde hazırlanan 10 ml. %65'lik nitrik asit (HNO_3) ve 40 ml. % 96'luk etil alkol karışımı örneğin bulunduğu balona aktarılmış ve daha sonra balon bir geri soğutucu ile tertibatlandırılarak bir ısıtıcıda kaynamaya bırakılmıştır. Bir saatlik kaynama sonunda balondaki karışım 2 nolu krozeden süzülmüştür. Bu arada tekrar 10 ml. %65'lik nitrik asit ve 40 ml. %96'luk etil alkol karışımı hazırlanarak kroze üzerinde kalan kalıntı, bu karışım ile yıkanarak tekrar balona aktarılmıştır. Yine balon üzerine bir geri soğutucu tertibatlandırılarak bir saat kaynatılmıştır. Bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Yapılan tekrarlar sırasında süzme işleminde aynı kroze kullanılmıştır. Son tekrar da yapıldıktan sonra kroze üzerinde kalan örnek sıcak destile su ile yıkandıktan sonra kroze, üzerindeki örneklerle birlikte 105 ± 3 °C'de etüvde kurutulmuştur. Kurutma tamamlanınca kroze desikatörde soğutulup tartımı yapılmıştır. Elde edilen kalıntı tam kuru odun ağırlığına oranla selüloz içeriği olarak % cinsinden hesaplanmıştır.

2.3.7 Lignin Tayini

Lignin tayini TAPPI T 13 m-54 standardına göre yapılmıştır.

Odun kuvvetli asitlerle muamele edilirse karbonhidratlar hidrolize olur ve lignin olarak isimlendirilen kalıntı kalır. Bazı odun ekstraktifleri ligninle birlikte çözünmeden kaldığı için öncelikle ekstraktiflerin uygun bir çözücü ile ayrılması gerekmektedir. Odun örneğinin yapısındaki ekstraktiflerin karakterlerine göre aşağıdaki çözücülerden biri seçilmelidir;

1. Catechol ve tanenlerin ayrılması için alkol ile
2. Reçine, yağ ve mumların ayrılması için alkol ile
3. Suda çözünür bileşiklerin ayrılması için sıcak su ile

Meşe, Kestane gibi tanen içeriği fazla olan ağaç türleri için alkol ekstraksiyonu kullanılır. Ladin, Çam, Gökmar, Kavak, Kayın gibi ağaç türleri için ise alkol-benzen ekstraksiyonu önerilir.

Lignin tayini için daha önce rutubeti belirlenmiş ve alkol ekstraksiyonuna uğratılmış 1 gr. odun örneği alınmıştır. Örnek bir behere aktarıldıktan sonra üzerine % 72'lik 15 ml. H₂SO₄ ilave edilmiştir. Örnek zaman zaman karıştırılarak 18-20 °C'de iki saat bekletilmiş ve sürenin bitiminde beherdeki materyal yıkanarak 1 lt.'lik erlenmayere konmuştur. Asit konsantrasyonu % 3'e düşene kadar destile su ile seyreltilmiştir. % 3'lük asit derişimini sağlamak için beherdeki 15 ml.'lik karışıma yıkama için kullanılan destile su ile birlikte toplam 560 ml. destile su ilave edilmiştir. Bu erlen bir soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılmıştır. Kaynama süresi bittiğinde karışım etüvde sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış bir cam krozedden süzölmüştür. Cam krozedeki serbest asit artıklarını uzaklaştırmak amacıyla sıcak su ile yıkandıktan sonra kroze 105 ± 3 °C'de kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutulup tartılmış ve lignin içeriği tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak belirtilmiştir.

2.4 LİF ANALİZLERİ

Bu çalışmada kestane odununun kağıt yapımında kullanılabilirliği hakkında bir ön fikir edinebilmek için çeşitli lif analizleri yapılmıştır. Bu analizleri yapabilmek için öncelikle odunun lifsel hale getirilmesi gerektiğinden bu işlem için en yaygın olarak kullanılan maserasyon yöntemi olan "klorit yöntemi"nden faydalanılmıştır. Maserasyon işlemi şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kibrit çöpü büyüklüğünde kesilmiş 5 gr. odun örneği 250 ml.'lik erlenmayere konarak üzerine 160 ml. su, 1,5 gr. sodyum klorit (NaClO₂) ve 0,5 ml. buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Erlenin üzeri ters çevrilmiş daha küçük bir erlenle kapatılıp 70-80 °C'de bir saat ısıtılmıştır. Bir saat sonunda erlenmayere tekrar 1,5 gr. sodyum klorit ve 0,5 ml asetik asit konularak 1 saat daha 70-80°C de ısıtılmıştır. Bu işlemin literatürde yapraklı ağaçlarda 3 kez tekrar edilmesi önerilmektedir. Ancak kestane odunu için yapılan 3 tekrar yeterli gelmediği için bu işlem 5 kez tekrar edilmiştir. Klorlama işlemi bittiğinde örnek orijinal görünümünde, sadece rengi beyazlamıştır. Reaksiyon süresi bitiminde erlenmayer buz banyosunda soğutulduktan sonra kaba filtre krozesinden süzölmüştür. Kroze üzerinde

kalan kısım, liflerin kırılmadan birbirlerinden ayrılmaları için polietilen bir kaptaki suyla karıştırılmıştır. Lifler tamamen bireysel hale geçtiğinde daha önce kullanılan krozedan süzülerek mantar tahribatını önlemek için bir miktar fenol ile karıştırılıp ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir. Bundan sonra bu liflerden az miktar alınıp gliserinle karıştırılıp geçici preparatlar hazırlanmış ve mikroskopta gerekli ölçümlerin yapılmasına geçilmiştir.

Mikroskopta lif boyu, lif genişliği, çeper kalınlığı ve lümen genişliği gibi değerler oküler mikrometresi yardımıyla ölçülmüştür. Ölçümler sırasında lif boyunu ölçerken liflerin uçlarının kırık olmamasına, lif genişliğini ölçerken lifin tam orta kısımlarından ölçülmesine dikkat edilmiştir. Ölçüm sonuçlarıyla keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı, runkel sınıflaması ve F faktörü oranların hesaplanmasında kullanılmıştır.

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1 ODUNUN RUTUBETİ VE HÜCRE ÇEPERİ BİLEŞENLERİNİN MİKTARLARI

Odun örnekleri hazırlandıktan sonra ilk olarak rutubet tayini yapılmıştır. Sonuçlar tam kuru örnek ağırlığına oranla yüzde olarak hesaplanmıştır.

Örnekler üzerinde hücre çeperi bileşenleri olan holoselüloz, selüloz ve lignin tayinleri yapılmıştır. Sonuçlar yine tam kuru örnek ağırlığına oranla yüzde olarak hesaplanmıştır.

Örneklerle ait rutubet ve hücre çeperi bileşenlerinin ortalama değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Odunun rutubet ve hücre çeperi bileşenleri miktarları.

Rutubet /bileşen	Miktar (%)
Rutubet miktarı	10,5
Holoselüloz	68
Selüloz	53,35
Lignin	25,23

3.2 ÇÖZÜNÜRLÜK DEĞERLERİ

Odun örnekleri içerdikleri ekstraktif madde miktarlarını belirlemek amacıyla çeşitli çözücüler ile ekstraksiyona tabi tutulmuş ve elde edilen ortalama sonuçlar Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

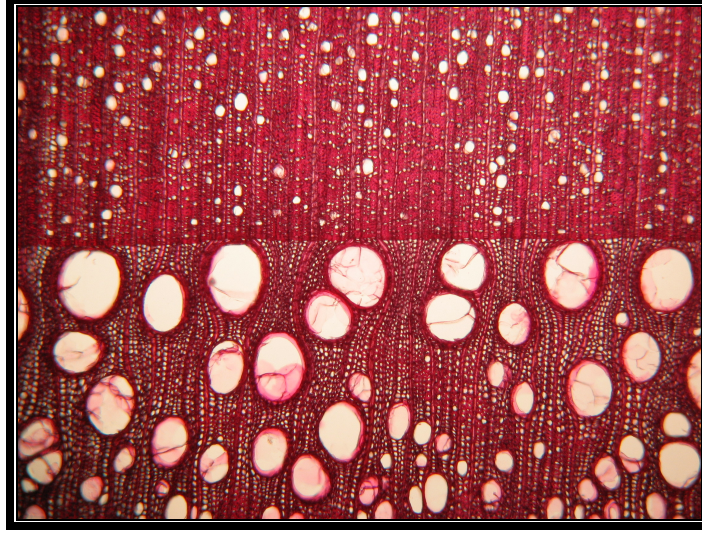
Çizelge 3.2 Odunun çözünürlük değerleri.

Çözünürlük tipi	Çözünürlük miktarı (%)
Soğuk su çözünürlüğü	15,59
Sıcak su çözünürlüğü	17,85
Alkol çözünürlüğü	19,87
%1’lik NaOH çözünürlüğü	32,90

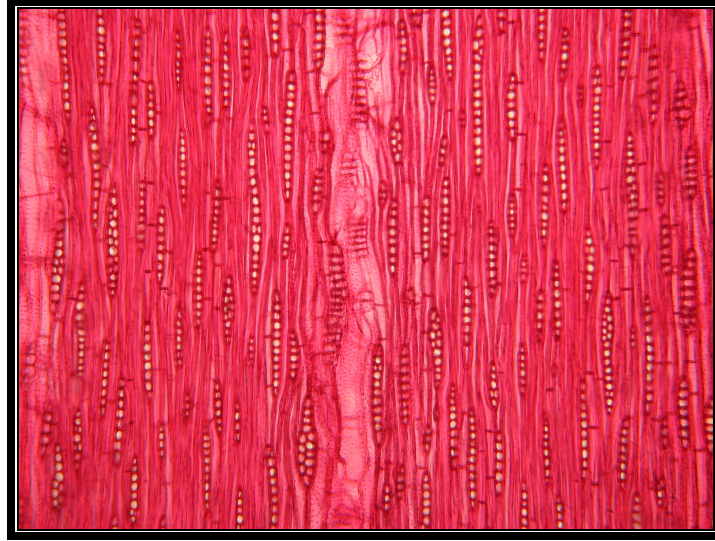
3.3 LİF ANALİZLERİ

Anadolu Kestanesi odununun kağıt yapımında kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bir ön fikir edinmek amacıyla lif analizleri yapılarak keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı, runkel sınıflaması ve F faktörü oranları hesaplanmıştır. Lif ölçümlerinde toplam 200 ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

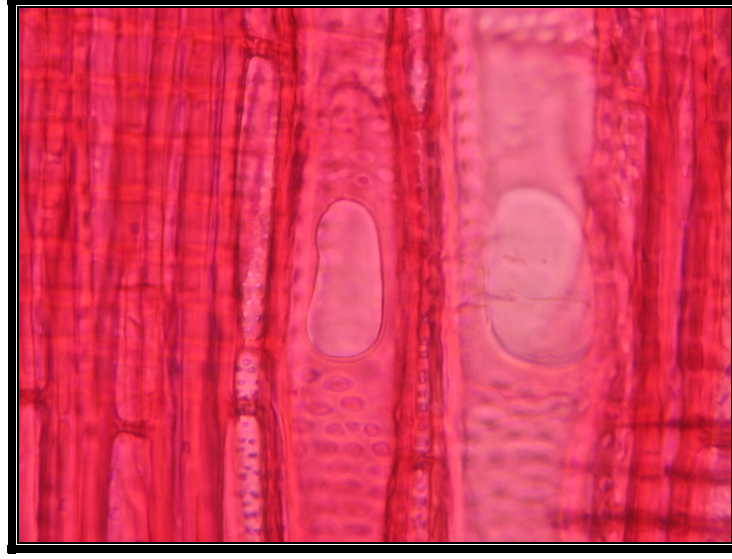
3.4 ANADOLU KESTANESİ'NİN(*Castanea sativa*) ANATOMİK ÖZELLİKLERİ



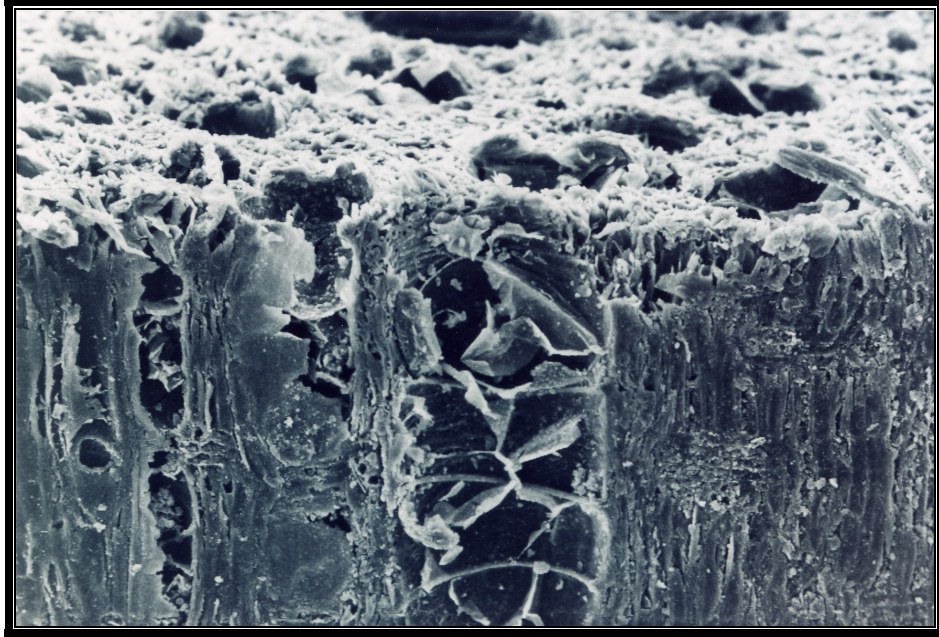
Şekil 3.1 *Castanea sativa*'da ilkbahar ve yaz odunu traheleri (enine kesit).



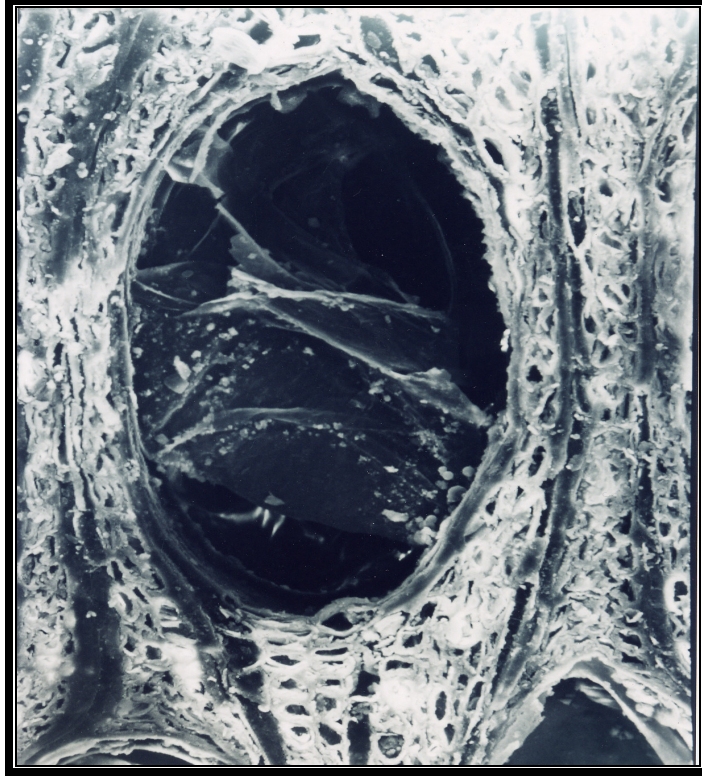
Şekil 3.2 *Castanea sativa*'da traheler ve öz ışınları (teğet kesit).



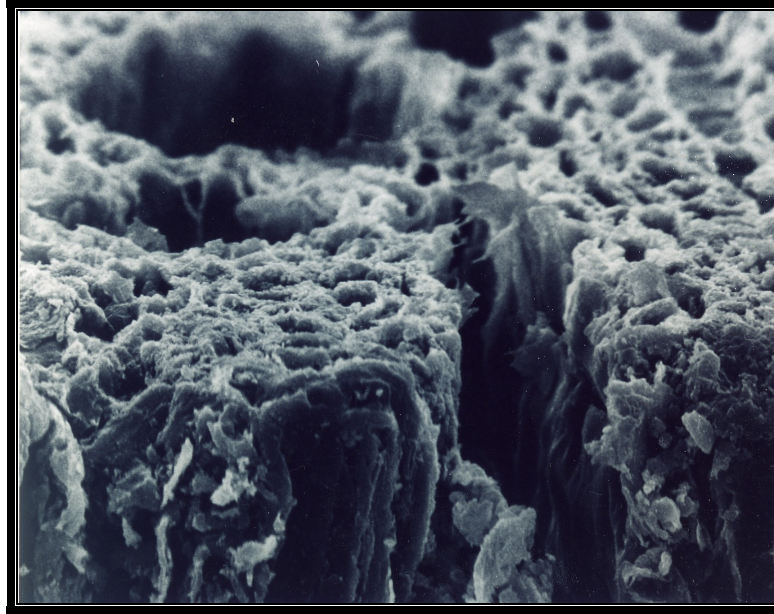
Şekil 3.3 *Castanea sativa*'da trahelerde basit perforasyon (teğet kesit).



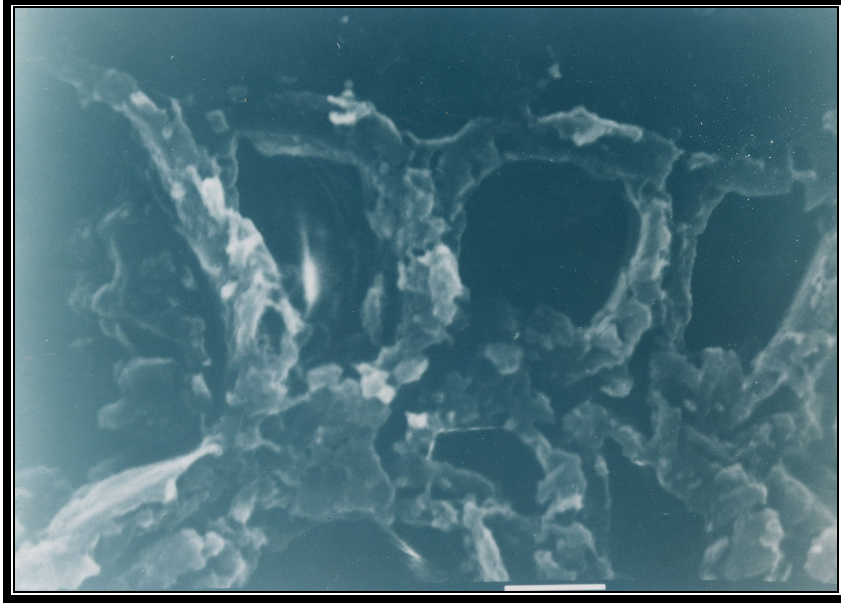
Şekil 3.4 Traheler içinde tül oluşumu(SEM x100) (radyal kesit).



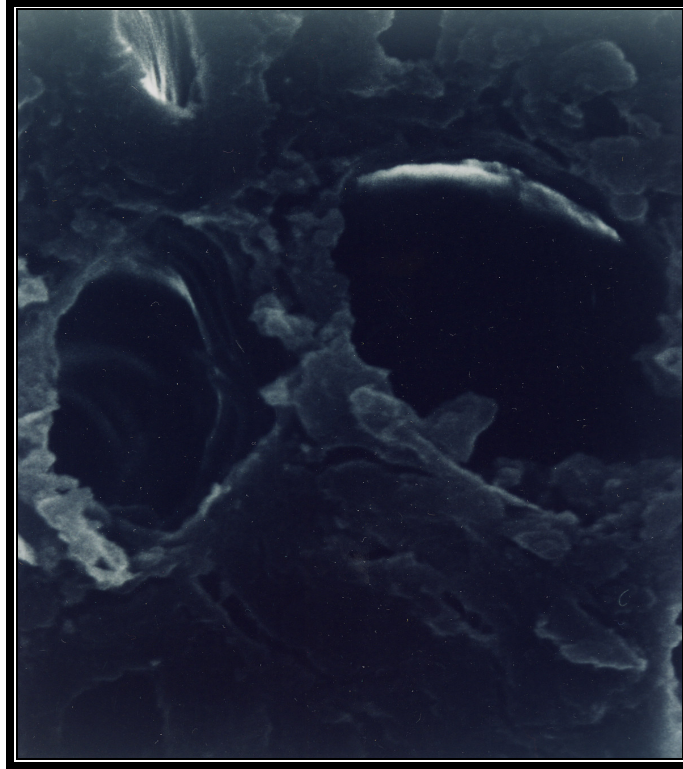
Şekil 3.5 Trahe ve içinde tül teşekkülü (SEM x150) (enine kesit).



Şekil 3.6 Liflerin ve trahelerin görünüşü (SEM x500).



Şekil 3.7 Liflerin çeperlerinin görünüşü (SEM x1500).



Şekil 3.8 Lif çeperlerinin görünümü (SEM x2000).

Çizelge 3.3 Lif ölçümleri sonuçları.

ÖLÇÜM NO	LİFUZUNLUĞU (mm)	LİF GENİŞLİĞİ (μm)	LÜMEN GENİŞLİĞİ (μm)
1	1,14	20	10
2	1,14	22,5	7,5
3	0,65	25	15
4	0,86	20	10
5	0,93	27,5	15
6	0,79	20	10
7	0,21	17,5	12,5
8	0,75	25	15
9	0,93	25	12,5
10	0,87	22,5	10
11	1,08	30	12,5
12	0,97	25	7,5
13	0,98	22,5	10
14	1,00	30	15
15	1,10	27,5	15
16	0,85	22,5	12,5
17	1,40	20	10
18	0,84	22,5	10
19	0,85	20	7,5
20	1,01	32,5	17,5
21	0,60	30	20
22	0,82	22,5	10
23	0,93	22,5	15
24	0,95	32,5	20
25	0,91	30	17,5
26	1,00	20	10
27	0,87	25	20
28	0,73	22,5	12,5
29	0,95	20	10
30	0,90	15	7,5
31	0,81	30	15
32	1,00	25	12,5
33	0,92	22,5	12,5
34	1,08	27,5	15
35	0,86	30	15
36	1,15	25	10
37	0,95	27,5	12,5
38	1,28	27,5	10
39	0,88	27,5	10
40	0,90	25	10
41	1,00	22,5	7,5
42	0,94	20	7,5
43	1,21	25	10
44	0,93	20	12,5
45	0,95	22,5	12,5

Çizelge 3.3 (devam ediyor)

46	0,95	20	10
47	0,93	22,5	10
48	0,94	25	12,5
49	1,10	25	10
50	0,94	17,5	7,5
51	1,09	27,5	12,5
52	1,12	25	10
53	0,66	20	7,5
54	0,81	22,5	10
55	0,72	22,5	7,5
56	0,80	27,5	12,5
57	0,90	35	20
58	0,94	17,5	10
59	0,86	22,5	10
60	0,93	25	12,5
61	0,92	20	12,5
62	0,98	22,5	7,5
63	0,95	22,5	10
64	0,86	27,5	15
65	1,05	32,5	17,5
66	1,00	25	10
67	0,85	22,5	10
68	0,88	22,5	12,5
69	1,03	25	15
70	0,83	25	15
71	1,12	27,5	12,5
72	0,95	20	10
73	0,90	22,5	12,5
74	0,80	25	12,5
75	0,85	20	10
76	0,91	22,5	12,5
77	0,98	25	7,5
78	1,01	25	10
79	0,85	25	7,5
80	1,02	35	20
81	0,84	22,5	10
82	1,33	27,5	12,5
83	1,04	25	12,5
84	1,02	25	10
85	0,78	27,5	17,5
86	1,21	27,5	15
87	1,04	20	7,5
88	0,80	27,5	15
89	0,85	20	10
90	0,94	27,5	15

Çizelge 3.3 (devam ediyor)

91	1,01	25	10
92	1,24	25	12,5
93	1,12	20	7,5
94	0,84	20	5
95	0,98	30	12,5
96	1,06	35	15
97	0,83	15	5
98	0,86	25	12,5
99	1,07	27,5	12,5
100	1,00	27,5	10
101	1,22	27,5	10
102	1,05	25	7,5
103	0,91	27,5	12,5
104	0,90	25	10
105	1,03	25	12,5
106	1,02	22,5	12,5
107	0,70	22,5	10
108	0,84	25	10
109	0,73	20	10
110	0,95	17,5	10
111	0,95	25	12,5
112	1,01	32,5	15
113	0,85	30	15
114	0,97	25	12,5
115	0,86	20	7,5
116	0,81	25	12,5
117	0,95	25	10
118	0,70	27,5	15
119	0,98	22,5	7,5
120	0,90	20	10
121	1,15	22,5	10
122	1,10	20	7,5
123	0,72	27,5	17,5
124	1,16	22,5	10
125	1,01	30	17,5
126	1,00	22,5	10
127	1,02	25	10
128	1,05	25	10
129	1,26	35	15
130	0,86	22,5	10
131	0,94	30	10
132	1,10	22,5	7,5
133	1,22	27,5	12,5
134	0,77	30	17,5
135	1,10	30	12,5

Çizelge 3.3 (devam ediyor)

136	0,70	22,5	10
137	0,90	25	12,5
138	1,18	25	10
139	1,09	25	12,5
140	1,12	27,5	10
141	1,23	20	10
142	1,20	22,5	7,5
143	1,08	22,5	7,5
144	0,92	25	12,5
145	1,07	27,5	10
146	0,95	17,5	10
147	1,04	20	12,5
148	0,94	17,5	7,5
149	0,92	20	10
150	0,93	20	7,5
151	0,82	25	10
152	1,25	27,5	12,5
153	1,03	25	10
154	1,08	22,5	10
155	0,80	22,5	12,5
156	0,61	17,5	7,5
157	1,05	30	10
158	0,94	25	10
159	0,96	22,5	7,5
160	1,15	25	10
161	1,04	27,5	10
162	0,81	20	7,5
163	1,11	25	7,5
164	1,03	27,5	7,5
165	1,00	25	10
166	0,98	22,5	12,5
167	1,10	20	10
168	0,85	27,5	17,5
169	0,86	22,5	10
170	1,00	20	10
171	1,04	25	10
172	1,20	32,5	17,5
173	0,86	20	10
174	1,24	35	22,5
175	1,01	40	20
176	0,95	27,5	10
177	1,26	30	12,5
178	1,05	27,5	20
179	0,87	22,5	10
180	1,19	35	17,5

Çizelge 3.3 (devam ediyor)

181	1,28	30	17,5
182	1,31	20	10
183	0,95	25	10
184	0,91	27,5	12,5
185	0,92	27,5	12,5
186	1,15	27,5	17,5
187	0,89	22,5	10
188	0,80	25	10
189	0,95	25	12,5
190	0,86	22,5	10
191	1,06	20	7,5
192	0,75	22,5	10
193	1,20	25	10
194	0,95	25	10
195	1,06	27,5	17,5
196	0,74	20	7,5
197	0,94	22,5	15
198	1,02	22,5	7,5
199	0,76	25	15
200	1,09	17,5	7,5
TOPLAM	192,95	4917,5	2312,5
ORTALAMA	0,9647	24,5875	11,5625
STANDART	0,155	4,14	3,31
SAPMA			
Max.değer	1,40	40	22,5
Min.değer	0,21	15	5

3.5 LİFSEL HÜCRELERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Lif ölçümleri yapıldıktan sonra elde edilen değerler ile daha önce bahsedilen (Bölüm1 sf. 41) kağıtçılık açısından önemli bazı oranlar hesaplanmıştır. Bu oranlar Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Liflere ait kağıtçılık açısından bilinmesi gereken oranlar.

Oran	Değer
Keçeleşme oranı	39,249
Elastiklik katsayısı	47,030
Katılık katsayısı	0,264
Runkel sınıflaması	1,126
F faktörü	14.819,508

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elde edilen verilere göre Ege bölgesi Tire mevkiinden alınan Anadolu Kestanesi odununun çözünürlük değerleri, daha önce başka bölgelerde yetişen kestane ağacı odunu üzerine yapılan çalışmalarda edinilen çözünürlük değerlerinden yüksek çıkmıştır. Bunun, odunun kimyasal yapısı üzerinde etkili olan, ağacın yetiştiği bölgenin iklim koşulları, toprak özellikleri ve genetik faktörler gibi özelliklerin farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Hücre çeperi bileşenlerinin oranları ise farklı bölgelerden alınan kestane odununa ait oranlara yaklaşık paralel gittiği, sadece lignin oranının biraz daha fazla olduğu görülmüştür.

Yapılan lif analizleri sonucunda elde edilen verilere göre Anadolu Kestanesi odununa ait liflerin kısa, orta kalın çeperli ve dar lümenli oldukları görülmüştür. Kağıt hamuru üretiminde kalın çeperlere ve dar lümenlere sahip liflerden oluşan odun kullanılması durumunda, lifler kolayca su alıp yeterince şişmezler ve dolayısıyla esneklikleri iyi olmadığı içinde dövme işlemlerinde lifler tahribata uğrarlar, kolay ezilmedikleri için daha fazla enerji tüketimine sebep olurlar ve elde edilen kağıt hamurunun direnç niteliklerinin düşük çıkmasına neden olurlar. Yapılan ölçümler sonucunda Anadolu Kestanesi odunu liflerinin keçeleşme oranının 70'den düşük çıkması kağıtlık odun olarak kestane odununun pek de değerli olmadığını göstermiştir. Yine kestane odununun katılık katsayısı değerinin düşük bulunması ve Runkel sınıflaması değerinin 1'den küçük olması kestane odunu liflerinin ince çeperli olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan lif boyu ölçümlerinde kestane odunu liflerinin boylarının diğer yapraklı ağaç türlerinin liflerine göre daha kısa olduğu saptanmıştır. Kısa lifli odundan elde edilen kağıt hamurlarının özellikle yırtılma dirençlerinin düşük olduğu bilindiğine göre, kestane odunundan yapılacak bir kağıt hamurunun da yırtılma direncinin düşük çıkması kaçınılmazdır. Kestane odununa ait elastiklik katsayısının 47,030 bulunması liflerin elastikiyetinin çok iyi olmadığını ve bu

yüzden de kağıt yapımı sırasında silindirlerde zor ezilerek sorun çıkarabileceğinin bir göstergesidir.

Belirtilen bu sonuçlara göre; Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun kağıt üretiminde kullanılması çok da iyi sonuçlar vermeyecektir. Ancak bazen kağıt üretimlerinde kağıdın formasyonunu iyileştirmek amacıyla hamur içine belli oranlarda kısa lifli odunlardan elde edilen hamurlar katılabilmektedir. Kestane odunu bu amaçla belirli sınırlar dahilinde (kağıdın fiziksel direnç niteliklerini düşürmeyecek sınırlar içinde) kağıt üretiminde kullanılabilir. Kestane odunu ülkemizde özellikle mobilya, parke, gemi yapımı gibi alanlarda oldukça iyi sonuçlar verdiği için yaygın olarak kullanılan değerli bir odundur. Bunun yanında ahşap tekne ve yat yapımında iskeleti oluşturan armuz, posta ve kaplamanın tabii olarak eğri büyümüş kestane odunundan yapılması ve bu odundaki iç gerilmenin ve zorlanmanın az olması bunu vazgeçilmeyen bir unsur haline getirmektedir. Ayrıca Anadolu Kestanesi meyvesinden de oldukça fazla yararlanılan bir ağaç türü olduğundan, bu türün odununun kağıt yapımında hammadde olarak kullanılması çok da akıllıca görünmemektedir. Mobilya ve parke endüstrisi gibi bu odunu oldukça fazla kullanan işletmelerden ıskarta olarak çıkarılıp yakacak olarak kullanılan, ama kağıt hamuru üretiminde kullanılabilecek nitelikte kestane odunu artıklarının belli oranlarda kağıt hamuru üretiminde kullanılabileceği düşünülmektedir. Kestane odunu yalnızca yukarıda saydığımız endüstri kollarında değil, içerdiği tanen ekstraktı sayesinde dericilikte sepi maddesi olarak da yaygın kullanım alanı bulmuştur.

Sonuç olarak gün geçtikçe mevcut orman varlıklarının azalması nedeniyle ileriki zamanlarda odunu ve odunun çeşitli bileşenlerini hammadde olarak kullanan sektörler büyük sıkıntı yaşayacaklardır. Bu yüzden odundan maksimum faydayı sağlayabilmek için onun kimyasal, fiziksel ve teknik özelliklerinin tam olarak bilinmesi odunun bilinçli bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Bunun yanında yalnızca tüketime değil üretime de önem vererek verimli orman alanlarının arttırılması için özenli çalışmaların yapılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anşin, R.** (1993) *Tohumlu Bitkiler*, I.Cilt , K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Baytop, F.** (1984) *Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)*, İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayın No:325,40. İstanbul.
- Berkel, A.** (1967) *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İ.Ü. Orm.Fak. Yayın No:1448,147, İstanbul.
- Bostancı, Ş.** (1987) *Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi*, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon,
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R., Haygreen J.G.** (2003) *Forest Products and Wood Science*, Fourth Edition, ISBN 0-8138-2654-3, Iowa State Press, 554 p.p. Iowa.
- Bozkurt, Y., Erdin, N.** (1992) *Odun Anatomisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Casey, J.P.** (1960) *Cellulose and Paper Chemistry and Chemistry Technology*, Interscience Publishers, INC, New York.
- Davis, P.H.** (1982) *Flora of Turkey and The East Region*, Edinburg, Islands.
- Eroğlu, H.** (1988) *Lif Levha Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:304, Trabzon.
- Eroğlu, H. ve Usta, M.** (2000) *Lif Levha Üretim Teknolojisi* , K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 30, Trabzon.
- Eroğlu, H. ve Usta, M.** (2004) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi* , Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, Trabzon.
- Erten, P., Önal, S.** (1985) Ağaç Türlerimizin Odun ve Kabuklarının Kalori Değerlerine İlişkin Araştırmalar, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Cilt:31, No:62.
- Fortnoire, J.** (1971) *Le Chataignier(Castanea sativa Mill.)*, La Foret Privee Française, Et Reuve Forestiere Europeenne, No:80,6, France.
- Hafizoğlu, H.** (1982) *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 52, Trabzon.
- Hafizoğlu, H.** (1986) Kağıt Fabrikası Atık Sularından Yararlanma Olanakları, K.T.Ü. *Orman Fakültesi Dergisi*, Trabzon.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Holz – Lexihan.** (1993) *DRW-* Verlag, Stutgard, Bond1.
- Kayacık, H.** (1965) *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği*, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Kaygın, B.** (2002) Ahşap Tekne Yapımında Kullanılan Ağaç Türlerinin Diri ve Öz Odunlarının Yapışma Dirençlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Kındır,Ö.** (2003) Anadolu Kestanesi Odun ve Kabuğunun Kimyasal Bileşimi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Kırcı, H.** (2000) *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 63, Trabzon.
- Kuduban, E.** (1996) Anadolu Kestanesi Odunu ve Kabuğunun Kimyasal Bileşimi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Kürschner, K, Hoffner, A.** (1929) *Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Zellulose in Itolzern und Zellsoffen* , Technologie und Chemie der Papier, Zellstoff-Fabrilation, 26, pp-125-139, Germany.
- Merev, N.** (1986) *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı Ders Notları* , K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Merev , N.** (2003) *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Genel Yayın No:210, Fakülte yayın No:32, ISBN-975-6983-30-2, Trabzon.
- Panshin-De Zeeuw.** (1970) *Textbook of Wood Technology*, Third Edition , Volume:1, Graw-Hill Book.
- Saatçioğlu, F.** (1969) *Silvikültür I*, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Sivrikaya, H.** (2003) Diri ve Öz Odunun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri, Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Tüzün, H.H. (1991) Bitkilerde sağlıklı Yaşam, *Orman Mühendisliği Dergisi*, Sayı:10, s:41

Villani, F., Pigliucci, M. (1991) *Orijin and Evolutio of europan Chesnut: A Population Biology Perspective, Genetic Variation In European Populations of Forest Trees*, G.Müller-Strock and M. Zieke, Souerlander's Verlag, Frankfurt.

Yaltırık, F. ve Efe,A. (1994) *Dendroloji Ders Kitabı*, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.

Yaltırık, F. , Efe, A. (2000) *Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae*, İ.Ü. Yayın No:4265, Fak.Yayın No:465, ISBN 975-404-594-1,İstanbul.

Yazıcı, H. (1998) Ahşap Tekne Yapımında Kullanılan ve Doğal Olarak Eğri Büyümüş Kestane(*Castanea sativa* Mill.) Ağaçlarının Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

BİBLİYOGRAFYA

Berkel, A. (1970) *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 1448/147, İstanbul.

Brauns, E.F. (1970) *Chemical Technology of Wood*, The Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wisconsin, Academic Press, New York and London.

Browning, B.L. (1967) *Methods of Wood Chemistry*, Interscience Publishers, New York, London, Sydney.

Diesen, M. (1998) *Economics of The Pulp and Paper Industry*, Vol.I, The Papermaking Science and Technology Series, Published by Tappi and Finnish Paper Engineer's Association.

Fengel, D. and Wegener, G. (1984) *Wood Chemistry*, Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Nikitin, N.I. (1966) *The Chemistry of Cellulose and Wood*, Israel Programme for Scientific Translations Jerusalem.

Wise, E.L. and Karl, H.L. (1962) *Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology*, New York.

ÖZGEÇMİŞ

Hediye Ceyhan Akgün 1977’de Eskişehir’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Eskişehir Gazi Lisesi’nden mezun olduktan sonra 1997 yılında Z.K.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’ne girdi; 2001 yılında “iyi” derece ile mezun olduktan sonra aynı yıl Ege Üniversitesi Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu Kağıt ve Kağıt İşleme Teknolojisi Bölümü’nde öğretim görevlisi olarak göreve başladı; halen 2002 yılında girdiği Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programını sürdürmektedir; orta derecede ingilizce bilen Hediye Ceyhan Akgün evli ve halen E.Ü.Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu Kağıt ve Kağıt İşleme Teknolojisi Bölümü’nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: E.Ü. Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu

Kağıt ve kağıt İşleme Teknolojisi Bölümü

Cumhuriyet Meydanı

35900 Tire / İZMİR

Tel: (232) 512 86 16 *120

Faks: (232) 512 86 16

E-posta: hediye_ceyhan@hotmail.com