



## Sarıçam (*Pinus sylvestris* L), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Basınç Odununun Mikroskopik Yapısı

Süheyla Esin KÖKSAL<sup>1</sup> , Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ<sup>2</sup>

### Özet

Basınç odunu, iğne yapraklı ağaçlarda dış etkenler nedeniyle meydana gelen reksiyon odunudur. Normal oduna göre kimyasal, anatomik ve fiziksel-mekanik özellikleri farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada, endüstriyel olarak kullanım alanı geniş ve ülkemizde doğal yayılış gösteren Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) türlerine ait basınç odunlarının mikroskopik yapıları incelenmiştir. Sarıçam ve Karaçam basınç odunlarının mikroskopik yapıları ülkemizde daha önce çalışılmamış olmakla birlikte Kızılçam basınç odununa ait bilgimiz dâhilinde literatür bulunmamaktadır.

Bartın–Kurucaşile ve Bolu–Mengen Orman İşletme Şefliklerinden temin edilen 20-38cm çapında basınç odunu içeren ağaçlar kullanılmıştır. Kontrol örnekleri aynı ağacın düzgün kısımlarından alınmıştır. Çalışma kapsamında, boyuna traheid hücrelerinin çapları, uzunlukları, genişlikleri, 1mm<sup>2</sup>'deki sayıları, lümen genişlikleri, çeper kalınlıkları, kenarlı geçit ve porus çapları, özışını hücre sayıları, 1mm'deki öz ışını sayıları ve yükseklikleri istatistiksel olarak % 95 güven aralığında incelenmiştir.

Sarıçam, Karaçam ve Kızılçam basınç odununda normal oduna göre traheid hücreleri yaklaşık %10 oranında kısalmış, 1mm<sup>2</sup>'deki traheid hücre sayıları farklı oranlarda artmış, traheid hücre ve lümen genişlikleri ise değişmemiştir. İlkbahar ve yaz odunu traheid hücre çapları türler arasında farklı sonuçlar vermiştir. Çift çeper kalınlığının sadece Sarıçamda artış gösterdiği tespit edilmiştir. Özışını hücre sayısı sadece Sarıçamda, özışını yüksekliği sadece Karaçamda, 1mm'deki öz ışını sayısı ise hem Sarıçam hem de Karaçamda artış göstermiştir. Ayrıca, kenarlı geçit ve porus çapının Karaçam ve Kızılçamda azaldığı buna karşın Sarıçamda değişmediği belirlenmiştir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçişin basınç odununda oldukça yavaş olduğu ve enine kesitte özellikle yaz odunu tabakasında traheid hücre çeperlerinde belirgin çatlakların olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Basınç odunu

## Microscopic Structure of Compression Wood of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L), Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.)

### Abstract

Compression wood is a reaction wood occurs in the softwoods with the effect of external factors. Compared to normal wood there are differences in chemical, anatomical and physical-mechanical properties. In this study, compression wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Black pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.), used widely in industry and grow naturally in Turkey, were studied microscopical. Microscopic structure of compression wood of Scots pine and Black pine were not studied before in Turkey. However, to the best of our knowledge Calabrian pine of compression wood was analyzed for the first time.

Samples were obtained from Bartın–Kurucaşile and Bolu–Mengen, Turkey province. Control samples were taken from the same tree. Diameter, length, width and number of axial tracheids in 1 mm<sup>2</sup>, lumen width, wall thickness, dimensions of bordered pit and porus number of rays, height and number of rays in 1 mm<sup>2</sup> were analyzed statistically.

Tracheids in Scots pine, Black pine and Calabrian pine compressin wood were shortened approximately 10%, number of tracheids in 1mm<sup>2</sup> were increased in different percentages, diameter of lumen and tracheid were not changed compared to normal wood. The tracheid diameter of early wood and late wood was given different results between species. It was seen that cell wall thickness only increased in Scots pine. Number of ray cell in compression wood which formed from Scots pine, Black pine were increased. Height of ray cell was increased only in Black pine. Also the diameter of bordered pits and porus in compression wood of Black pine and Calabrian pine were decreased, in contrast with Scots pine was not changed. It was also seen that crossing from

<sup>1</sup> Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarıcı Meslek Yüksekokulu, esinkoksal@ibu.edu.tr

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

early wood to late wood was very slowly and also significant cracks were seen on the tracheid walls of late wood.

**Keywords:** Scots pine, European Black pine, Calabrian pine, Compression wood.

## Giriş

Reaksiyon odunu “anormal büyüme koşullarının etkisiyle eğilmiş gövde ya da dalların normal şekline döndürülmesi görevini üstlenen, farklılaşmış özelliklere sahip bir odun dokusudur. (Du ve Yamamoto, 2007). Reaksiyon odununun gelişim yeri, niteliği ve şekli iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında farklılık göstermektedir. İğne yapraklı ağaçların reaksiyon odununa “basınç odunu” yapraklı ağaçların reaksiyon odununa da “çekme odunu” denilmektedir. Basınç odunu, ağaç gövdelerinde devamlı mekanik bir etkinin yapıldığı, örneğin rüzgarın geldiği yönün aksi tarafında basınç etkisinde kalan tarafta, dallarda da alt tarafa bakan kısımlarda oluşmaktadır (Berkel, 1967).

Basınç odunu normal oduna göre birçok farklı özelliğe sahiptir. Kimyasal özellikler bakımından ortaya çıkan temel fark lignin ve galaktan miktarının artması, selüloz ve galaktoglukomannan miktarının azalmasıdır (Timell, 1986). Basınç odununda lignin miktarı normal oduna göre % 20–30 oranında artarken, selüloz miktarı %20 oranında azalmıştır (Göker, 1983). Ligninde yapısal farklılıklar da meydana gelmiş, selülozun da kristallik derecesi düşmüştür (Adler, 1977; Tanaka ve Koshijima, 1981). Kılıç ve ark. (2010) da *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* ve *Pinus brutia* basınç odununun kimyasal yapısı üzerine yaptıkları çalışmada her üç çam türünde de lignin miktarının normal oduna göre basınç odununda yaklaşık %5 oranında arttığını buna karşın  $\alpha$ -selüloz miktarının ise üç tür arasında farklı oranlarda azaldığını tespit etmişlerdir.

Basınç odununda normal oduna göre özgül ağırlığın % 15–40 oranında artması meydana gelen fiziksel farklılıklardan biridir (Brown ve ark., 1952). Bunun dışında liflere paralel yöndeki çalışma anormal derecede artmakta, teğet ve radyal yöndeki çalışma ise yarıya düşmektedir (Kollmann ve Côté, 1968; Kırcı, 2000). Ayrıca basınç odununda selülozun kristallik derecesinin düşmesine bağlı olarak çekme direnci ve elastiyet modülü de azalmaktadır (Tanaka ve Koshijima, 1981).

Basınç odununun birçok mikroskobik özelliği belirgin şekilde normal odunundan farklıdır. Bunlardan ilki normal odun enine kesitinde dikdörtgen veya altıgen şekiller gösteren boyuna traheid hücrelerinin yuvarlak bir görünüm alması ve hücrelerarası boşlukların oluşmasıdır (Brown ve ark., 1949). Furusawa ve ark. (1998) da yapay olarak eğilmiş *Taxus cuspidata* üzerinde yaptığı incelemede normal oduna kıyasla boyuna traheid çeperlerinin yuvarlaklaştığını ve kalınlaştığını, hücrelerarası boşlukların oluştuğunu tespit etmiştir.

Mikroskobik yapı bakımından dikkat çeken bir diğer fark boyuna traheid hücrelerinde meydana gelen kısalmadır. *Pinus patula* üzerinde yapılan bir çalışmada basınç odunu traheidlerinde normal oduna göre % 35’lik bir kısılma olduğu ortaya konulmuştur (Ishengoma ve ark., 1990). Czajka ve Fabisiak (2015) da Douglas göknarı üzerindeki çalışmasında basınç odunu içeren yıllık halkadaki traheid boylarının basınç odunu içermeyen aynı yıllık halkadaki traheid boylarından %25 daha kısa olduğunu tespit etmiştir.

Basınç odunu boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinde, sekonder hücre çeperinin iç tabakası olan  $S_3$ ’ün bulunmaması, sekonder hücre çeperi orta tabakası  $S_2$ ’nin daha fazla ligninleşmesi ve buna bağlı olarak kalınlaşması,  $S_2$  tabakasında mikrofibril açısının artması basınç odununun diğer önemli mikroskobik özelliklerindedir (McDougall, 2000; Kwon ve ark., 2001). Yumoto ve ark., (1983) da basınç odunu oluşumunda dikkat çeken ilk özelliğin  $S_2$  tabakasında artan ligninleşme olduğunu belirtmektedir.

Basınç odununda, selüloz mikrofibrillerinin hücre eksenine yaptığı açı olan mikrofibril açısı önemli oranda artmaktadır. Sekonder hücre çeperinin S<sub>2</sub> tabakasında 15° olan mikrofibril açısı basınç odununda 45°'ye kadar yükselmektedir (Koch ve ark., 1990). Andersson ve ark. (2000) *Picea abies* (L.) Karst. basınç odununun mikrofibril açıları üzerine yaptığı çalışmada S<sub>2</sub> tabakasındaki mikrofibril açısını 39° olarak tespit etmiştir.

Basınç odunu traheid hücre çeperlerinde normal odunda rastlanmayan helezoni oyuklar ve çatlaklar bulunmaktadır (Berkel, 1967). Kocon (1990) *Pinus sylvestris* ve *Larix europea*'ya ait basınç odunu traheid çeperlerinin S<sub>2</sub> tabakasında karakteristik helezoni oyukları gözlemlemiş ve bu tabakadaki mikrofibrillerin her iki türde de sarmal şekilde ve yaklaşık 45° açıyla düzenlendiğini saptamıştır.

Basınç odununda özışınlarının yapısı türler arasında fark göstermektedir. Timell (1972) yaptığı çalışmada *Abies balsamea*, *Larix laricina*, *Picea rubens*, *Pseudotsuga menziesii* ve *Tsuga canadensis* basınç odunlarında özışınlarının normal odunla aynı özelliklere sahip olduğunu, fakat *Pinus resinosa* basınç odununda özışını hücrelerinin daha büyük ve daha çok sayıda olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca basınç odunu traheidlerinde kenarlı geçitler normalden küçük ve daha az sayıdadır (Göker, 1983).

Basınç odunu dikili ağaçlarda büyük öneme sahip olmasına rağmen, odunun kullanımını açısından istenilmeyen bir özelliktir. Bunun sebebi de basınç odununun birçok dezavantaja sahip olmasıdır (Fujita ve Harada, 2001). Basınç odununun en önemli dezavantajı liflere paralel yönde çok fazla çalışmasıdır. Bu durum pratikte çarpılma ve eğilme gibi önemli kusurlar meydana getirmektedir (Berkel, 1967). Basınç odununda sertlik normalden fazla olup bu da ağaç malzemenin çivilenmesinde, alet ve makinelerde işlenmesinde zorluklar oluşturmaktadır (Timell, 1986). Basınç odununun normal oduna göre daha az selüloz ve daha fazla lignin içermesi, kağıt hamuru üretiminde kullanılmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Basınç odunundan elde edilen kağıt hamurları, liflerin yapısı ve boyutları nedeniyle daha düşük direnç özellikleri göstermektedir (Wadenback ve ark., 2004). Ayrıca düşük elastiklik değeri de yetersiz fibrillenmeye neden olmaktadır. (Lohrasebi ve ark., 1999). Bunlara ek olarak basınç odunu levha üretiminde de sorunlar yaratmaktadır. Ayrılmış (2008) %75 oranında basınç odunu içeren liflerden üretilen MDF'nin %10 oranında basınç odunu içeren MDF'ye göre daha düşük boyutsal stabiliteye sahip olduğunu, bu yüzden de levha üretiminde basınç odunu oranının mümkün olduğunca az olması gerektiğini ifade etmektedir.

Ağaç malzemenin endüstri dallarına uygunluğunu belirlemede anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, yaygın olarak endüstride kullanılan yerli çam türlerimizden sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) basınç odunlarının mikroskobik yapılarının incelenmesi ve normal odunla kıyaslanması amaçlanmıştır. Sarıçam ve karaçam'a ait basınç odunlarının mikroskobik yapısı ülkemizde daha önce çalışılmamıştır. Ayrıca, kızılçam basınç odunu ile ilgili dünya literatürünün de bilgimiz dahilinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda elde edilen veriler literatüre katkı sağlayacağı gibi, türlere ait basınç odunlarının endüstriyel kullanım alanlarında da faydalı olacaktır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma materyali olarak seçilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlarına ait örnekler Bartın-Kurucaşile ve Bolu-Mengen Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde alınmıştır. Örneklemeler, her tür için 3 farklı ağaçtan alınmak üzere, dipten itibaren 1.30 m yükseklikten sonra, basınç odunu oluşumu içeren noktalardan 10-15cm kalınlığında tekerler çıkarılmak suretiyle yapılmıştır.

Kontrol örnekleri de yine aynı ağaçların düzgün kısımlarından alınmıştır. Araştırmada kullanılan ağaçlar 35-99 yaş aralığında ve 20-38cm gövde çapındadır.

Mikroskopik incelemelerde kullanılacak kesitleri hazırlamak için örnek ağaçlardan alınan teker şeklindeki materyallerden 1,5x1,5x1,5cm boyutlarında küp şeklinde odun örnekleri kesilerek çıkartılmıştır. Çıkarılan örnekler destile su içerisinde dibe çökünceye kadar kaynatılarak dokulardaki havanın dışarı çıkması ve daha kolay kesit alınması için yumuşaması sağlanmıştır. Kaynatılan odun örnekleri gliserin, etil alkol ve destile su (6:2:2 v/v) karışımından oluşan çözelti içerisinde 20 gün bekletilmiştir. Yumuşayan odun örneklerinden Riechert kızaklı mikrotomunda enine, teğet ve radyal olmak üzere, kalınlığı 15–20 mikron olan kesitler alınmıştır.

Alınan kesitler, preparat haline getirilmeden önce sodyum hipokloritle şeffaflaştırılmış, destile su ile yıkanarak alkol ile muamele edilmiştir. Daha sonra safranin içerisinde bekletilmek suretiyle kesitlerin boyanması sağlanmıştır. Boyama işleminden sonra fazla boyayı gidermek için kesitler tekrar alkole batırılmıştır. Alınan kesitlerin en iyileri seçilerek lam üzerine yerleştirilmiş ve kanada balzamu ile devamlı preparatlar haline getirilmiştir (Merev, 1998).

Kesitler üzerinde ilkbahar ve yaz odununda traheid teğet ve radyal çapı, özısını hücre sayısı, özısını yüksekliği, 1mm<sup>2</sup>'deki traheid sayısı, 1mm'deki öz ısını sayısı ve kenarlı geçit boyutları tespit edilmiştir.

Traheid hücre uzunluğu, traheid hücre genişliği, lümen genişliği ve çift çeper kalınlığına ait ölçümlerin yapılabilmesi için hücrelerin serbest hale getirilmeleri gerekmiş ve bu amaçla da Klorit Yöntemi'nden yararlanılmıştır. Bu yöntemde göre kibrit çöpü büyüklüğündeki odun örnekleri bir erlenmayerin içine saf su, sodyum klorit (NaClO<sub>2</sub>) ve asetik asit (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) ile birlikte koyularak 78–80°C deki su banyosuna yerleştirilmiştir. Erlenmayerin içindeki kibrit çöpü büyüklüğündeki parçalar yumuşayana kadar her saat başı asetik asit ve sodyum klorit ilave edilmiştir. Yumuşayan parçacıklar bir karıştırıcı ile ayrıştırılmış ve alkolle dehidrolize edilmiştir. Örnekler küçük bir şişede gliserin ile depo edilmiştir. Ölçümler sırasında, depo edilen örneklerden 1'er damla alınarak lam–lamel arasına koyulmuş ve incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Mikroskopik yapıya ait bütün ölçümler "Olympus CHK (3B0132)" model binoküler ışık mikroskopunda yapılmıştır. Traheid hücre uzunluğu için x 10 objektif (1 taksimat=10 µm), diğer ölçümler için de x 40 objektif (1 taksimat=2,5 µm) kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 11.00 paket programından yararlanılmış olup türlerin mikroskopik özelliklerinin kıyaslanabilmesi için "bağımlı iki örnek t testi" (Paired Samples T Test) kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi 0.05 önem düzeyine göre yapılmıştır (Özdamar, 1999).

## **Bulgular ve Tartışma**

Bu çalışmada sarıçam, karaçam ve kızılçam ağaçlarında çeşitli dış etkiler sonucu oluşan basınç odunu ile normal odunun mikroskopik yapısı incelenmiş ve iki odun karşılaştırılmıştır. İnceleme sonucunda basınç ve normal odunun ilkbahar ve yaz odunu traheid teğet ve radyal çapı, 1mm<sup>2</sup>'deki traheid sayısı, traheid hücre uzunluğu ve genişliği, traheid lümen genişliği, traheid çift çeper kalınlığı, öz ısını yüksekliği, 1mm'deki öz ısını sayısı, kenarlı geçit ve porus çapı ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm sonuçları ve istatistiksel değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Sarıçam, Karaçam ve Kızılçam basınç ve normal odunlarının mikroskobik ölçüm sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri, t değeri ile önem düzeyleri.

		Basınç Odunu					Normal Odun					ÖnemDüzeyi
		n	x	s	Min. Değer	Max Değer	x	s	Min. Değer	Max. Değer	t değeri	
İ.O traheid teğet çapı (µm)	S.Ç	50	39,5	7,94	25,0	60,0	39,6	7,17	25,0	57,5	-0,064	0,949
	K.Ç	50	29,5	7,31	12,5	50,0	39,9	8,34	22,5	62,5	-7,659	0,000
	Kz.Ç	50	34,3	5,96	22,5	45,0	37,2	7,21	20,0	50,0	-2,273	0,027
İ.O traheid radyal çapı (µm)	S.Ç	50	32,4	6,52	15,0	50,0	28,0	6,14	12,5	37,5	3,483	0,001
	K.Ç	50	22,8	6,15	7,5	37,5	29,8	7,23	12,5	42,5	-4,824	0,000
	Kz.Ç	50	29,3	6,65	12,5	40,0	29,7	7,74	15,0	42,5	-0,344	0,732
Y.O traheid teğet çapı(µm)	S.Ç	50	14,5	4,14	7,5	30,0	11,2	3,72	5,0	20,0	4,590	0,000
	K.Ç	50	16,7	4,70	7,5	30,0	16,0	6,62	5,0	35,0	0,634	0,529
	Kz.Ç	50	13,0	3,61	7,5	22,5	13,2	4,51	2,5	22,5	-0,204	0,840
Y.O traheid radyal çapı (µm)	S.Ç	50	20,4	5,03	10,0	32,5	21,2	5,30	7,5	30,0	-0,729	0,496
	K.Ç	50	20,9	4,49	12,5	32,5	22,3	4,60	15,0	30,0	-1,703	0,095
	Kz.Ç	50	23,7	5,33	12,5	40,0	25,9	4,75	15,0	37,5	-2,267	0,028
1 mm <sup>2</sup> 'deki traheid sayısı	S.Ç	50	681,0	60,0	551,0	832,0	621,0	64,0	494,0	754,0	5,591	0,000
	K.Ç	50	948,0	85,0	783,0	1178,0	616,0	59,0	494,0	750,0	2,183	0,000
	Kz.Ç	50	701,0	52,0	575,0	810,0	655,0	49,0	532,0	756,0	4,288	0,000
Traheid uzunluğu (µm)	S.Ç	100	2816,0	781,6	440	4290	3101,6	522,1	1210	4280	-2,985	0,004
	K.Ç	100	3037,4	1030,5	650	5130	3473,8	672,9	1460	5110	-3,606	0,000
	Kz.Ç	100	3739,1	975,3	670	5630	4146,5	734,3	2330	6120	-3,587	0,001
Traheid genişliği (µm)	S.Ç	50	42,3	10,2	12,5	67,5	40,9	8,11	27,5	65,0	0,749	0,457
	K.Ç	50	48,1	15,5	17,5	85,0	43,5	11,9	20,0	70,0	1,504	0,139
	Kz.Ç	50	44,2	9,56	17,5	62,5	42,5	10,1	17,5	67,5	0,928	0,358
Traheid lümen genişliği(µm)	S.Ç	50	32,3	11,5	7,5	57,5	28,5	10,4	15,0	60,0	1,703	0,095
	K.Ç	50	31,2	18,9	5,0	70,0	27,8	13,9	7,5	52,5	0,981	0,331
	Kz.Ç	50	30,1	9,9	7,5	47,5	28,4	11,4	10,0	57,5	0,860	0,394
Traheid çift çeper kalınlığı(µm)	S.Ç	50	12,4	4,2	5,0	22,5	9,9	4,2	2,5	20,0	2,820	0,007
	K.Ç	50	16,9	6,1	5,0	32,5	15,2	6,2	5,0	30,0	1,629	0,110
	Kz.Ç	50	14,6	2,9	7,5	20,0	14,2	4,2	7,5	25,0	0,641	0,525
Özişimi hücre sayısı	S.Ç	50	8,0	3,0	2,0	16,0	6,0	2,0	3,0	12,0	2,311	0,025
	K.Ç	50	8,0	3,0	2,0	17,0	6,0	3,0	1,0	14,0	1,982	0,053
	Kz.Ç	50	8,0	5,0	2,0	27,0	7,0	4,0	1,0	19,0	0,692	0,492
Özişimi yüksekliği (µm)	S.Ç	50	185,1	75,2	60,0	375,0	175,9	51,0	100,0	350,0	0,659	0,513
	K.Ç	50	212,0	76,7	87,5	417,5	176,1	71,0	50,0	385,0	2,489	0,016
	Kz.Ç	50	211,4	78,1	92,5	475,0	194,1	79,9	55,0	475,0	1,071	0,290
1mm. <sup>2</sup> 'deki özişimi sayısı	S.Ç	50	6,0	1,0	3,0	8,0	5,0	1,0	2,0	9,0	4,560	0,000
	K.Ç	50	6,0	1,0	3,0	8,0	5,0	1,0	2,0	7,0	4,001	0,000
	Kz.Ç	50	7,0	2,0	3,0	10,0	7,0	1,0	2,0	9,0	0,453	0,653
Kenarlı geçit çapı (µm)	S.Ç	50	21,0	1,9	17,5	25,0	21,7	2,8	15,0	27,5	-1,615	0,113
	K.Ç	50	17,8	3,3	10,0	25,0	22,7	2,1	17,5	27,5	-7,979	0,000
	Kz.Ç	50	18,8	2,1	12,5	22,5	19,8	2,2	15,0	25,0	-2,514	0,015
Porus çapı (µm)	S.Ç	50	6,3	1,4	2,5	7,5	6,6	1,3	5,0	10,0	-1,062	0,293
	K.Ç	50	5,8	1,5	2,5	10,0	7,6	1,1	5,0	10,0	-6,514	0,000
	Kz.Ç	50	4,6	0,9	2,5	5,0	5,1	0,8	2,5	7,5	-2,436	0,019

S.Ç: Sarıçam, K.Ç: Karaçam, Kz.Ç: Kızılçam, İ.O: İlkbahar Odunu, Y.O: Yaz Odunu  
n: Ölçüm sayısı, x: Aritmetik ortalama, s: Standart sapma

1 mm<sup>2</sup>'deki traheid sayıları her üç çam türünde de normal oduna kıyasla artarken traheid hücre uzunlukları azalmıştır. Traheid hücrelerinde meydana gelen kısalma oranları Sarıçam basınç odununda yaklaşık %9, Karaçam basınç odununda %12,5 ve Kızılçam basınç odununda %10 olarak tespit edilmiştir. Cuo ve ark. (1982) de traheid uzunluklarının *Pinus koraiensis* basınç odununda normal odundan %22 oranında daha kısa olduğunu tespit etmiştir. Tarmian ve Azadfallah (2009) da *Picea abies*'in basınç odununda traheid uzunluğunu 2,2mm, normal odunda ise 2,8mm bularak benzer bir sonuç elde etmiştir. Traheid hücre uzunluklarında literatürden daha az oranda azalma meydana gelmesi, farklı türler üzerinde çalışılması, örnek alınan bölgelerin farklı olması ve örneklerin içerdiği basınç odunu miktarlarının daha az olması gibi nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

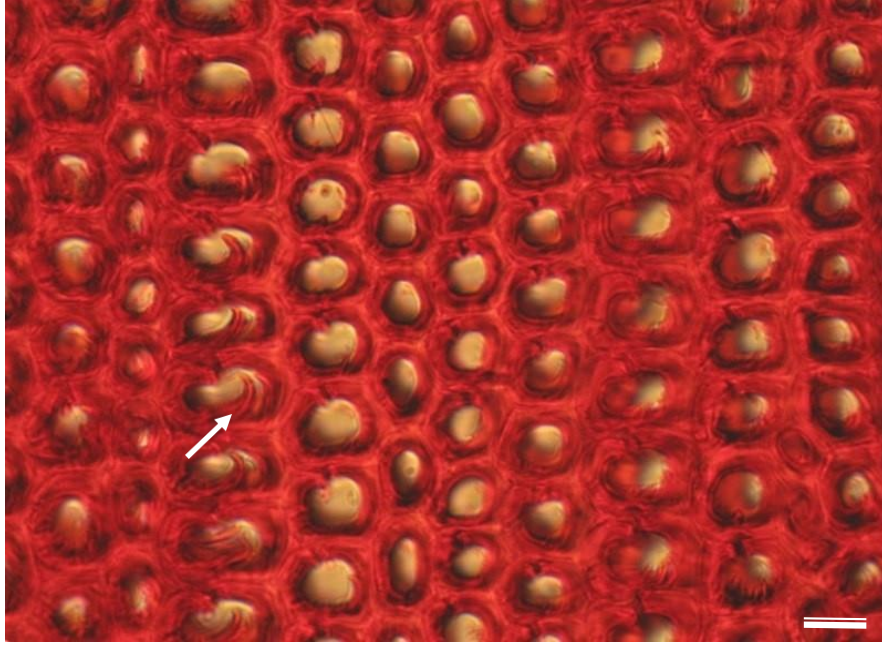
Öz ışını hücre sayısı üzerinde yapılan ölçümler her üç türde de artış olduğunu ancak bu artışın sadece sarıçam basınç odununda önem düzeyinin 0,05'den küçük olması dolayısıyla istatistiki açıdan önem taşıdığını ortaya koymuştur. Öz ışını yüksekliği bütün çam türlerinde artarken, bu artış sadece karaçam basınç odununda istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir. Imm'deki özışını sayısı sarıçam ve karaçam basınç odunlarında artmış, kızılçam basınç odununda ise değişmemiştir. Timell (1972) de basınç odunlarında özışınlarının ve özışını hücrelerinin türlere göre farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. *Pinus densiflora* basınç odunu üzerinde yaptıkları çalışmada Chung ve Lee (1989) ise fusiform ve üniseri özışınları ile boyuna reçine kanallarının daha kısa ve geniş olduğunu fakat özışını sayılarında bir farklılık olmadığını ortaya koymuştur.

Traheid çaplarının basınç odunu için karakteristik bir özellik ortaya koymadığı, türler arasında farklı değerler verdiği tespit edilmiştir. Sarıçam basınç odununun ilkbahar odunu traheidlerinde radyal çapın artıp teğet çapın değişmediği ve yaz odunu traheidlerinde teğet çapın artış göstererek, radyal çapın değişmediği saptanmıştır. Karaçam basınç odununda, ilkbahar odunu traheidlerinde teğet ve radyal çapın azaldığı, yaz odunu traheidlerinde ise bir değişim olmadığı bulunmuştur. Kızılçam basınç odununda ise daha farklı sonuçlar elde edilmiş olup, ilkbahar odunu traheidlerinde teğet çapın azalış gösterip radyal çapın değişmediği ve yaz odunu traheidlerinde radyal çapın azalarak, teğet çapın aynı kaldığı belirlenmiştir.

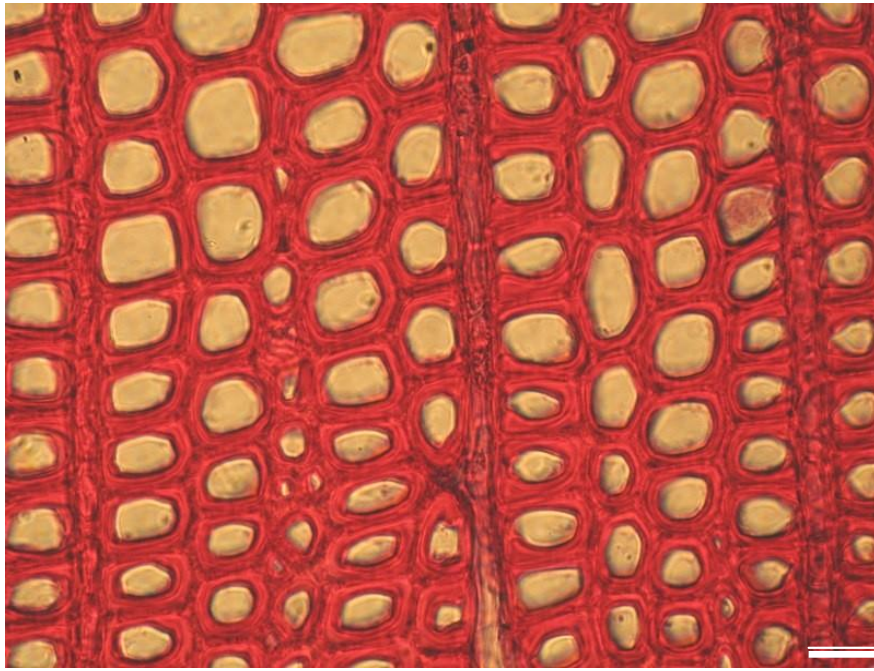
Traheid genişliği ve lümen genişliğinde meydana gelen artışlar önem düzeyinin 0,05'den büyük olması nedeniyle her üç tür için de istatistiksel olarak önemsiz kabul edilmiştir. Traheid çift çeper kalınlığının ise sadece Sarıçam'da arttığı bulunmuştur.

Kenarlı geçit ve porus çapına ait değerlendirmeler, üç türde de azalma olduğunu, ancak bu azalmanın sadece karaçam ve kızılçam basınç odunlarında önemli olduğunu göstermiştir. Lohrasebi ve ark. (1999) basınç odunu liflerinin normalden daha kısa, hücre çeperinin daha kalın ve geçitlerin de daha az sayıda ve daha küçük olduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde Kırıcı (2000) da geçitlerin normalden daha az sayıda ve yarık biçimde olduğunu ifade etmektedir.

Enine kesitteki incelemeler her üç çam türünde de basınç odunu traheid hücrelerinin, normal odun traheid hücrelerine oranla yuvarlaklaştığını göstermiştir. Bu durum yaz odunu traheid hücrelerinde daha belirgin olarak görülmektedir. Ayrıca traheid çeperlerinde belirgin çatlakların oluştuğu ve ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin oldukça yavaş olduğu tespit edilmiştir. Timel (1978) de *Taxus baccata* üzerinde yaptığı çalışmasında traheidlerin yuvarlaklaştığını, hücreler arası boşlukların oluştuğunu ortaya koymuştur. Ayrıca Sing ve ark. (1998) *Pinus radiata* basınç odunu traheidlerini incelemiş ve hücre çeperlerinde farklı radyal yapılar gözlemlemiştir. Karaçam, sarıçam ve kızılçam basınç odunlarına ait enine kesitler Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de görülmektedir.

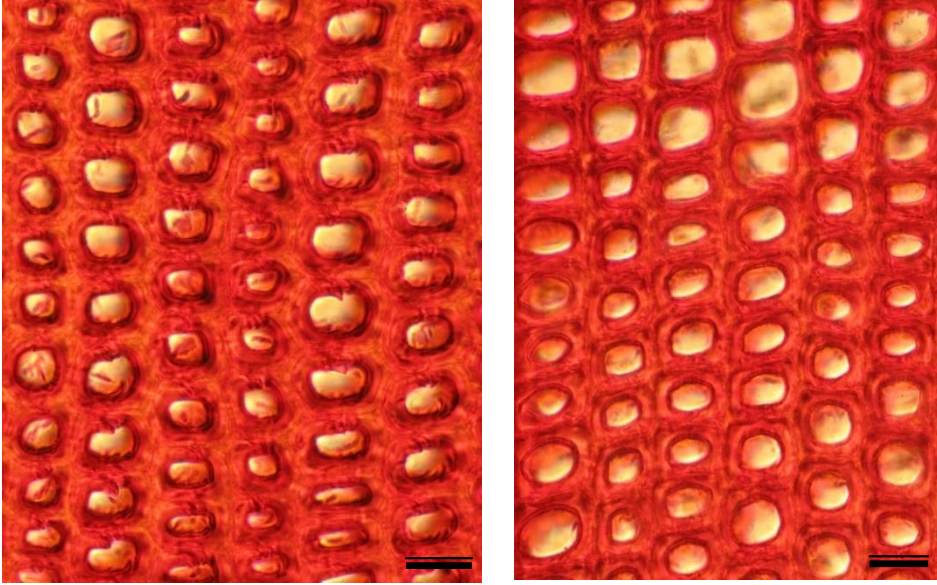


(a)



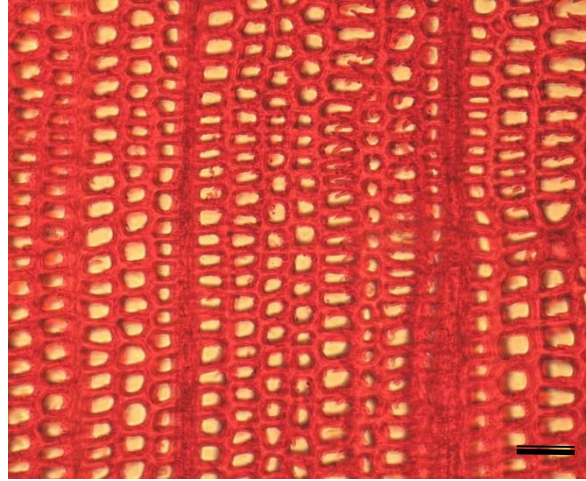
(b)

**Şekil 1.** (a) Karaçam basınç odunu ve (b) normal odunun enine kesitinde yaz odunu traheidlerinin görünümü. Basınç odununun traheid çeperlerinde meydana getirdiği çatlaklar (ok). Ölçek (a) için 50µm ve (b) için 40µm.

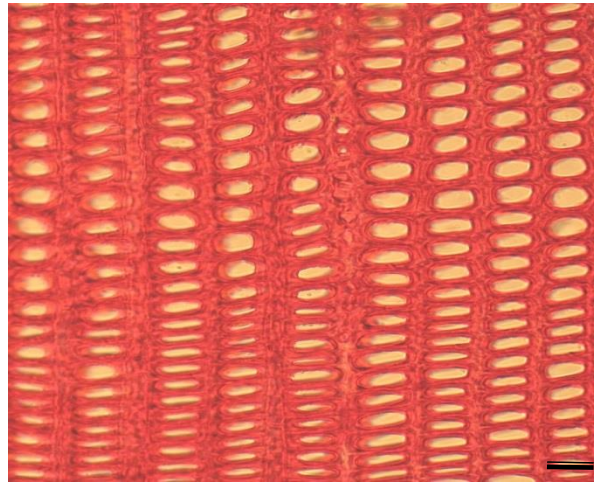


(b)

**Şekil 2.** (a) Sarıçam basınç odunu ve (b) normal odunda yaz odunu traheidlerinin görünümü. Ölçek 30µm.



(a)



(b)

**Şekil 3.** (a) Kızılcım basınç odunu ve (b) normal odunun yaz odunu traheidlerinin görünümü. Ölçek 40 µm.



## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada ticari öneme sahip sarıçam, karaçam ve kızılçam basınç odunlarının mikroskobik yapısı incelenmiş ve normal odunla kıyaslanmıştır. Buna göre her üç çam türünde de ortak olarak meydana gelen değişimler;

- Traheid hücrelerinin kısalması,
- 1 mm<sup>2</sup>'de traheid sayılarının artması,
- Enine kesitte traheid hücrelerinin yuvarlak bir görünüm alması ve
- İlkbahar odunundan yaz odununa geçişin oldukça yavaş bir şekilde gerçekleşmesidir.

Üç türün basınç odununda da traheid hücrelerinin kısalması, Karaçam ve Kızılçam basınç odunlarında sıvıların penetrasyonu açısından önem taşıyan kenarlı geçit ve porus çaplarının azalması tespit edilen olumsuz mikroskobik özelliklerin başında gelmektedir. Bu özellikler basınç odunu içeren söz konusu türlerin kağıt hamuru üretimi ve emprenye gibi endüstri dallarında kullanılmasına engel olabilir.

Bu çalışmayla, sarıçam, karaçam ve kızılçam basınç odunlarının mikroskobik yapısı ülkemizde ilk defa ortaya konulmuştur. Ayrıca kızılçam basınç odunu, dünya literatüründe ilk kez çalışılmış olmasıyla dikkat çekmektedir. Elde edilen veriler hem bilimsel hem de endüstriyel anlamda değerlendirilebilecektir.

## Teşekkür

Bu çalışma Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığınca 2007-59-03-01 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Adler, E. 1977. Lignin chemistry-past, present and future, *Wood Science and Technology*, 11 (3): 169
- Andersson, S., Serimaa, R., Torkkeli, M., Paakkari, T., Saranpää, P. and Pesonen, E. 2000. Microfibril Angle of Norway Spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] Compression Wood: Comparison of Measuring Techniques, *Journal of Wood Science*, 46 (5): 343-349
- Ayrılmış, N. 2008. Effect of compression wood on dimensional stability of medium density fiberboard, *Silva Fennica* 42(2): 285-293.
- Berkel, A. 1967. Reaksiyon Odunu, Özellikleri, Kalite ve Değerlendirme Bakımından Önemi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt XVII, Sayı 1, İstanbul.
- Brown, H. P., Panshin, A. J. and Forsaith, C. C. 1949. *Textbook of Wood Technology*, Vol: I Structure, Identification, Defects and Uses of Commercial Woods of the United States, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York.
- Brown, H. P., Panshin, A. J. and Forsaith C.C. 1952. *Textbook of Wood Technology*, Vol:II The Physical, Mechanical and Chemical Properties of the Commercial Woods of the United States, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York
- Chung, Y. J. and Lee, P. W. 1989. Anatomical studies on the features of rays in compression wood of Korean red pine (*Pinus densiflora* S. Et Z.), *Journal of Korean Forestry Society*, 78 (2): 119-131.
- Cuo, D. R., Yang C.M., and Lin, Y. 1982. The relationship between the fibrillar angle' variation of the man-planted Korean pines and the traheid length as well as tensile strength, *Journal of North Eastern Forestry Institute*, No: 2, 39-48.
- Czajka, M., Fabisiak, E. 2015. Variatiaon in the tracheids length and macrostructural parameters of douglas fir wood with developed reaction tissue. *Forestry and Wood Technology*, 92: 74-79.

- Du, S. and Yamamoto, F. 2007. An Overview of the Biology of Reaction Wood Formation, *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(2): 131–143.
- Fujita, M. and Harada, H. 2001. *Wood and Cellulosic Chemistry, Ultrastructure and Formation of Wood Cell Wall*, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel
- Furusawa, O., Funada, R., Murakami, Y. and Ohtani, J. 1998. Arrangement of cortical microtubules in compression wood tracheids of *Taxus cuspidata* visualized by confocal laser microscopy, *J. Wood Sci.* 44: 230–233.
- Göker, Y. 1983. Reaksiyon Odunu Oluşumunun Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi Hakkında Araştırmalar, *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 33, Sayı 2, İstanbul
- Ishengoma, R. C., Mrema, F. A. J. and Ringo, W. N. 1990. “Basic density and traheid length of normal and compression wood from plantation grown *Pinus patula*” Faculty of Forestry, Sokoine University of Agriculture, No:44.
- Kılıç, A. Sariusta, S.E. ve Hafizoğlu, H. 2010. Sariçam, Karaçam ve Kızılçam Basınç Odununun Kimyasal Yapısı, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18): 33-39.
- Kırcı, H. 2000. *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No: 63, Trabzon.
- Kocon, J. 1990. Occurrence and structure of the reaction wood of the European larch (*Larix europea* DC) and of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) investigated with the X-ray diffraction and electron scanning microscope, *Annals of Warsaw Agricultural University SGGW-AR, Forestry and Wood Technology*, No:39, 71–78.
- Koch, P., Côté, W. A., Schlieter, J. and Day, A. C. 1990. “Incidence of Compression Wood and Stem Eccentricity in Lodgepole Pine of North America” United States Department of Agriculture, Research Paper INT–420.
- Kollmann, F. P. and Côté, A. W. 1968. *Principles of wood Science and Technology I. Solid wood*. Springer-veriag, Berlin-Heidelberg-Newyork
- Kwon, M., Bedgar, D. L., Piastuch, W., Davin, L. B. and Lewis, N. G. 2001. Induced Compression Wood Formation in Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) in mikrogravity, *Phytochemistry*, 57: 847–857.
- Lohrasebi, H., Mabee, W. E. and Roy, D. N. 1999. Chemistry and Pulping Feasibility of Compression Wood in Black Spruce, *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 19:13–25.
- McDougall, J. G. 2000. A comparison of proteins from the devolping xylem of compression and non-compression wood of branches of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) reveals a differentially expressed laccase, *Journal of Experimental Botany*, 51 (349): 1395–1401.
- Merev, N. 1998. Odun Anatomisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:189/27, Trabzon.
- Özdamar, K. 1999. *Paket Programları İle İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*, İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir
- Singh, A. P., Sell, J., Schmitt, U., Zimmermann T. and Dawson, B. 1998. Radial Striation of The S2 Layer in Mild Compression Wood Traheids of *Pinus radiata*, *Holzforschung*, 52 (6): 563–566, 21 ref.
- Tanaka, F. and Koshijima, T. 1981. Characterization of cellulose in compression and opposite wood of a *Pinus densiflora* tree grown under the influence of strong wind, *Wood Science and Technology*, 15 (4): 265–273
- Tarmian, A. and Azadfallah, M. 2009. Compression wood, *Bio Resources*, 4(1): 194-204
- Timell, T. E. 1972. Observations on the rays in compression wood, *Holz als Roh und Werkstoff*, 30 (7), 267–273, PR.

- Timell, T. E. 1978. Helical Thickenings and Helical Cavities in Normal and Compression Wood of *Taxus baccata*, *Wood Science and Technology*, 12 (1): 1 – 15.
- Timell, T. E. 1986. *Compression Wood in Gymnosperms*, vol. 1,2 and 3. Springer–Verlag, Berlin, New York, Tokyo. 2150 pp.
- Wadenback, J., Clapham, D., Gellerstedt, G. and Arnold, S. V. 2004. Variation in content and composition of lignin in young wood of Norway spruce. *Holzforschung*, 58 (2): 107
- Yumoto, M., Ishida, S. and Fukazawa, K. 1983. Studies on the formation and structure of compression wood cells induced by artificial inclination in young trees of *Picea glauca*, IV. Gradation of the severity of compression wood traheids, Research Bulletins of the College Experiment Forests Hokkaido Universty, 40, 409.