Artvin Çoruh Üniversitesi
Orman Fakültesi Dergisi
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Yıl: 2026, Cilt: 27, Sayı:1, Sayfa: 232-241

ofd.artvin.edu.tr

Artvin Coruh University
Journal of Forestry Faculty
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Year: 2026, Vol: 27, Issue:1, Pages:232-241

İran Demir Ağacı (Parrotia persica C.A. Meyer) Odununun Bazı Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Characteristic Properties of Persian Ironwood (Parrotia persica C.A. Meyer)

Mustafa GÜLER[1], Ekrem DURMAZ[2*]

[1]Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kastamonu
[2]Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kastamonu

Eser bilgisi/*Article info*
Araştırma makalesi/*Research article*
DOI: 10.17474/artvinofd.1786851

*Sorumlu yazar/*Corresponding author*
Ekrem DURMAZ
e-mail: edurmaz@kastamonu.edu.tr

Gönderilme tarihi/*Submission date*
18.09.2025
Kabul tarihi/*Acceptance date*
20.01.2026
Yayımlanma tarihi/ *Publication date*
09.03.2026

Anahtar kelimeler:
İran Demir Ağacı
Holoselüloz
Lif uzunluğu
Dağınık traheli
Kağıt

Keywords:
Persian Ironwood
Holocellulose
Fiber length
Dispersed vessel
Paper

Öz

İran Demir Ağacı (*Parrotia persica* C.A. Meyer), dört mevsim boyunca ilgi çekici özellikleriyle bilhassa peyzaj düzenlemelerinde çok değerli bir ağaçtır. Kuraklık ve kentsel kirliliğe toleransı, hastalık ve zararlılara karşı direnci sayesinde bakım gereksinimi düşüktür. Sonbaharda yapraklarının sergilediği renk değişimi ve olgun ağaçlardaki kabuk soyulması, estetik açıdan çekiciliğini artırır. Bu çalışmada, ülkemizde belirli bölgelerde peyzaj ağacı olarak değerlendirilen İran Demir Ağacı odununun bazı kimyasal, morfolojik ve anatomik özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, holoselüloz ve alfa selüloz oranları sırasıyla %69.55 ve %46.64 olarak belirlenmişken, diğer önemli bir kimyasal bileşen olan ligninin oranı ise %21.08 olarak saptanmıştır. Morfolojik incelemeler sonucunda, İran Demir Ağacı odunu lif örneklerinin lif uzunluğu 1.15 mm olarak, lif genişliği 22.48 µm ve lümen genişliği 13.99 µm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, İran Demir Ağacı odununun dağınık traheli bir yapı sergilediği, üniseri ve biseri olmak üzere heterojen öz ışınlarına ve merdivenimsi perforasyon tablasına sahip olduğu yapılan anatomik incelemeler sonucunda ortaya konulmuştur. İran Demir Ağacı odunu sahip olduğu iyi karakteristik özellikleri sayesinde ülkemizde peyzaj amaçlı kullanımının yanında, kâğıt, mobilya, inşaat vb. farklı sektörlerde de değerlendirilmesi bakımından oldukça dikkat çekici bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır.

Abstract

Persian Ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer) is a valuable tree, especially in landscaping, with attractive features throughout all four seasons. Its tolerance to drought and urban pollution, and its resistance to diseases and pests, mean it requires low maintenance. The change in color of its leaves in autumn and the peeling bark on mature trees add to its aesthetic appeal. In this study, some chemical, morphological, and anatomical properties of Persian Ironwood wood, which is used as a landscape tree in certain regions in our country, were investigated. As a consequence, while the holocellulose and alpha cellulose ratios for this species were determined as 69.55% and 46.64%, the ratio of lignin, another vital chemical component, was defined as 21.08%. As a result of morphological examinations, the fiber length of Iranian ironwood fiber samples was determined as 1.15 mm, fiber width as 22.48 µm, and lumen width as 13.99 µm. In addition, anatomical studies have revealed that Iranian ironwood exhibits a dispersed vessel structure, has heterogeneous rays, including uniserial and biserial, and has a scalariform perforation plate. Thanks to its excellent characteristics, Persian Ironwood wood is a remarkable species in our country, not only for landscaping purposes but also for use in different sectors such as paper, furniture, construction, etc.

GİRİŞ

Ahşap esaslı ürünlerin dünya çapında yaygın olarak tercih edilmesiyle birlikte bu malzemenin önemi her geçen gün artmaktadır. Ağaç malzemenin doğru biçimde kullanımı ve uygulanması hususundaki farkındalığın eksikliği sebebiyle, her yıl çok büyük miktarda ağaç malzeme israf edilmektedir. Ancak günümüzde teknolojinin her alanda dikkat çekici bir şekilde gelişmesiyle birlikte, bu değerli malzemenin verimli kullanımı artmış ve kullanım alanları da genişlemiştir. Esasen, farklı ağaç türlerinin temel ve spesifik alanlardaki kullanımları, bu türlerin temel fiziksel, kimyasal, anatomik, mekanik vb. özellikleriyle yadsınamaz bir ilişki içerisindedir. Ayrıca, biyolojik bir malzeme olmasından ötürü bu özellikler ağaçların farklı kısımlarında önemli değişimlere uğramaktadır. Ağaç malzemenin son kullanım özelliklerini geliştirmek için bu özelliklerdeki değişimler her zaman dikkate alınmalıdır. Odun hammaddesinin yeryüzünde az sayıdaki yenilenebilir kaynaklardan biri olması ve kâğıt, mobilya, levha vb. sanayi kollarının hammaddesini teşkil etmesi nedeniyle, üretimi ve kullanımında yeterli özen ve dikkat gösterilmemesi durumunda, bu değerli malzemenin işlenebilirliği ve kullanılabilirliği etkilenecektir. Bu

nedenle, farklı ağaç türlerinin temel özelliklerinin araştırılması kâğıt ve odun esaslı malzeme üreticileri tarafından dikkate alınmaktadır (Tichi ve ark. 2021).

İran Demir Ağacı (*Parrotia persica* C.A. Meyer), İran'ın Hazar Denizi'nin kuzey kıyılarındaki Hyrcanian ormanlarının geniş yapraklı ağaç türlerinden birisidir ve Saxifragales takımının Hamamelidaceae familyasındandır. İran Demir Ağacı dalları alçak seviyede olan ve birden fazla gövdeye sahip bir ağaç türüdür. Bu değerli ağaç türü bilhassa sonbahar ve kış mevsimlerinde oldukça ilgi görmektedir (Kiaei ve ark. 2015). İran Demir Ağacının en iyi yetişme ortamı hafif asidik, orta nemli, iyi drenajlı topraklar ve tam güneş ışığıdır. Ancak, yüksek asidik veya nötr topraklara, kuru toprağa ve kısmi gölgeye karşı da dirençli bir ağaç türüdür. İran Demir Ağacı, küçük-orta büyüklükte, 6-12 metreye kadar uzayan bir ağaçtır. Bazı bölgelerde düzensiz dallanma desenine sahip, 4.5 metreye kadar uzayan büyük ve çok gövdeli bir çalı formunda da rastlanmaktadır. Gövde odunu açık gri renktedir. Kışın dökülen kabuklar pembe, gri-yeşil ve kahverengi tonlarında bir örtü oluştururken, dallar siyah kadifemsi tomurcuklar barındırır. Özellikle olgun ağaçların odunu dekoratif görünümdedir. Yeşil yaprakların ortaya çıkmasından önce, kahverengimsi braktelerle (dış çanak) çevrili, yoğun kırmızı stamenlere sahip taç yapraksız çiçekler kış sonu ile ilkbahar başında ortaya çıkmaktadır. İlkbaharda kırmızımsı-mor renkte oval veya dikdörtgenimsi yapraklar ortaya çıkmakta, yazın parlak, orta/koyu yeşil renge dönüşmekte ve sonbaharda sarı, turuncu ve kırmızının çeşitli tonlarını almaktadır (Tichi ve ark. 2021). Tam güneş veya kısmi gölge yerler, iyi süzülebilen, organik maddece zengin, nemli topraklar ideal yaşam ortamını oluşturmasından dolayı, ülkemizin hemen her bölgesinde yetiştiriciliğinin yapılabilmesi mümkün görülmektedir (URL-1).

İran Demir Ağacı hakkında yerli ve yabancı kaynaklarda yapılan geniş çaplı literatür araştırmaları neticesinde, İran Demir Ağacı odununun kimyasal, morfolojik ve anatomik karakterizasyonu hakkında kapsamlı bir çalışmanın mevcut olmadığı, literatürdeki mevcut çalışmalarında söz konusu türün iklim, yükselti, habitat vb. yetişme yeri koşulları, ekolojik özellikleri ve peyzaj alanındaki kullanımları hakkında olduğu görülmüş ve odun karakterizasyonu hakkındaki eksikliğin literatürde büyük bir boşluk yarattığı kanaatine varılmıştır. Literatürde yer alan İran Demir Ağacı odununun karakterizasyonu hakkındaki kısıtlı sayıdaki yabancı menşeili çalışmaların ise bu boşluğu doldurma konusunda yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile İran Demir Ağacı odununun bazı karakteristik özellikleri tespit edilerek, literatürdeki bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir. Bütün bu durumlar ele alındığında, kısacası bu çalışmanın amacı, İran Demir Ağacı odununun kimyasal, morfolojik ve anatomik karakterizasyonunu gerçekleştirmek olup, bu değerli ağaç türünün özelliklerini ülkemize özgü farklı türdeki geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların özellikleriyle kıyaslayarak, ülkemizdeki kullanım potansiyelini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, hammadde olarak kullanılan İran Demir Ağacı (*Parrotia persica* C.A. Meyer) odun örneği Azerbaycan'ın güneyinde bulunan Lenkeran bölgesinden temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan kimyasallar, cam malzemeler ve makine-teçhizat Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi laboratuvarından sağlanmış ve söz konusu deneyler bu laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kimyasal olarak etil alkol (%97), sülfürik asit (%99), sodyum klorit ($NaClO_2$), asetik asit (%100), sodyum hidroksit, nitrik asit (%60), gliserin ve safranin kullanılmış ve bütün kimyasallar Sigma-Aldrich® ve Thermo Fisher Scientific şirketlerinin Türkiye'deki tedarikçilerinden temin edilmiştir. Deneyler TAPPI standartları çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Morfolojik ve anatomik

incelemeler için gerekli görüntülemeler Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Görüntüleme Laboratuvarı Birimi'nde yürütülmüştür.

YÖNTEM

Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

İran Demir Ağacı odununun kimyasal karakterizasyonunda aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir:

- Örnek hazırlama (TAPPI T257 (2014))
- Ekstraksiyon deneyi (TAPPI T204 (2007))
- Lignin deneyi (TAPPI T222 (2002))
- Holoselüloz deneyi (Wise Klorit yöntemi (1946))
- Alfa selüloz deneyi (TAPPI T203 (2009))
- %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi (TAPPI T212 (2012))
- Soğuk su ve sıcak su çözünürlüğü deneyi (TAPPI T207 (2008))
- Kül tayini deneyi (TAPPI T211 (2007))

Lif Morfolojisinin Belirlenmesi

İran Demir Ağacı odunu liflerinin morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla, lifleri serbest hale getirmek için Mahesh ve ark. (2015)'nın uygulamış olduğu nitrik asit maserasyonu tatbik edilmiştir. Bu yöntemde kibrit çöpü büyüklüğünde kesilen odun örnekleri %50'lik nitrik asit çözeltisi içerisinde 6 saat boyunca kaynatılmış ve sonunda asit içeriğinden arındırılana kadar bolca destile su ile yıkanmıştır. Yumuşayan örnekler mekanik bir karıştırıcı vasıtasıyla liflerine ayrıştırılmıştır. Lif uzunluklarının belirlenmesinde x10; lif genişliği, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığının belirlenmesinde x40 büyütmeli objektifler kullanılmıştır. SOIF (BK5000-TR/L, CHINA) marka ışık mikroskobuyla elde edilmiş lif görüntülerinden morfolojik ölçümlerin gerçekleştirilmesinde Digimizer Image Analysis Software 5.7.2 programından yararlanılmıştır. Elde edilen liflerden daha detaylı ve kaliteli bir görüntüleme sağlamak amacıyla Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (MERLAB), Görüntüleme Laboratuvarı Biriminde bulunan Taramalı Elektron Mikroskobundan (SEM) (FEI, Quanta FEG 250, USA) yararlanılmıştır. Görüntüleme işleminden önce lif örnekleri numune taşıyıcıların üzerine yerleştirildikten sonra bir vakum kurutucu ile kurutulmuştur. Bu analizlerde lif örnekleri bir püskürtmeli kaplayıcı vasıtasıyla 2 dk boyunca altın ile kaplanmıştır. Elde edilen morfolojik özellikler (lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı) kâğıtçılıkta oldukça önem arz eden lif-boyut ilişkilerinin (keçeleşme oranı, elastikiyet katsayısı, rijidite katsayısı, Mühlstep oranı, Runkel oranı ve F faktörü) tespit edilmesinde kullanılmıştır. Bunun için aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır (Tank ve ark. 1990):

- Keçeleşme oranı: Lif uzunluğu/Lif genişliği
- Elastikiyet katsayısı: Lümen genişliği x 100/Lif genişliği
- Rijidite katsayısı: Lif çeper kalınlığı x 100/Lif genişliği
- Mühlstep oranı: Lif çeper alanı x 100/Lif enine kesit alanı
- Runkel oranı: 2 x Lif çeper kalınlığı/Lümen genişliği
- F faktörü: Lif uzunluğu x 100/Lif çeper kalınlığı

Anatomik Özelliklerin Belirlenmesi

İran Demir Ağacı odunu örneklerinden 1.5x1.5x1.5 cm ebatlarında küp biçiminde numuneler kesilmiştir. Elde edilen küpler destile su içerisinde dibe çökene kadar 4-5 gün kaynatılmış, sonrasında gliserin, etil alkol ve destile su (6:2:2 v/v/v) karışımı içerisinde 20 gün bekletilerek, örneklerin yumuşaması sağlanmıştır. Süspansiyondan çıkarılan küplerden jilet vasıtasıyla manuel olarak radyal, teğet ve enine olmak üzere çok ince kalınlıkta kesitler alınmıştır. Hazırlanan kesitler daha detaylı ve net bir görüntüleme sağlamak amacıyla Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (MERLAB), Görüntüleme Laboratuvarı Biriminde bulunan Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) (FEI, Quanta FEG 250, USA) incelenmiştir. Görüntüleme işleminden önce kesitler numune taşıyıcıların üzerine yerleştirilmiş ve bir vakum kurutucu ile kurutulmuştur. Bu analizlerde kesitler bir püskürtmeli kaplayıcı yardımıyla 2 dk boyunca altın ile kaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kimyasal Özellikler

İran Demir Ağacı odununun kimyasal özellikleri tespit edilmiş ve Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. İran Demir Ağacı odunu ve farklı ağaç türlerine ait odunlar ile bazı otsu bitkilerin kimyasal özellikleri

	Kimyasal Bileşenler (%)					Çözünürlükler (%)				
	Holoselüloz	Selüloz	α–selüloz	Lignin	Kül	Alkol	%1 NaOH	Sıcak su	Soğuk su	Referanslar
Geniş Yapraklı Ağaç										
İran Demir Ağacı	**69.55**	**-**	**46.64**	**21.08**	**0.48**	**8.37**	**36.38**	**8.89**	**6.22**	**Mevcut Çalışma**
Doğu Kayını	78.9	41.5	-	22.6	0.6	1.5	15.6	1.9	-	Tank 1978
Adi Gürgen	80.6	38.0	-	18.4	0.6	2.4	18.8	3.1	-	Tank 1978
Okaliptüs	72.7	-	-	29.4	0.6	1.5	12.5	2.6	-	Huş ve ark. 1975
Karakavak	69.63	-	41.17	-	0.39	2.35	15.02	-	-	Narlıoğlu 2012
Adi Kızılağaç	79.2	53.6	-	25.3	0.3	3.8	20.0	3.4	-	Bostancı 1985
Kestane	74.79	-	47.97	20.63	-	-	26.51	14.86	10.19	Gençay 2010
Doğu Çınarı	79.1	-	-	18.2	0.9	4.2	25.3	6.4	-	Tank 1980
Yalancı Akasya	82.0	53.1	-	21.3	0.6	4.2	22.1	8.1	-	Kırcı 1987
İğne Yapraklı Ağaç										
Kızılçam	70.8	54.1	-	27.4	0.37	5.8	8.5	5.0	-	Kırcı 1991
Sarıçam	71.6	54.8	-	26.7	0.40	3.7	19.4	4.4	-	Usta 1989
Karaçam	72.3	51.9	-	26.4	0.18	3.5	13.1	3.2	-	Kırcı ve ark. 2002
Göknar	68.5	-	-	28.7	0.5	3.9	8.9	1.7	-	Tank 1964
Doğu Ladini	72.3	56.4	45.7	27.5	0.37	1.7	6.82	1.43	-	Hafızoglu ve ark. 1997
Tarımsal Atık										
Ayçiçeği Sapı	64.14	-	49.57	16.07	8.09	7.66	35.93	19.69	16.87	Durmaz 2021
Buğday Sapı	74.6	48.5	41.1	15.9	5.10	5.80	43.6	12.0	7.89	Akgül 1997
Arpa Sapı	66.01	49.3	38.7	19.47	10.97	8.71	56.25	16.3	11.01	Ateş ve ark. 2011
Çavdar Sapı	73.78	49.27	-	16.96	3.53	9.24	42.68	15.96	14.23	Yapıcı 2003
Pirinç Sapı	70.9	48.2	35.6	23.77	16.6	3.5	49.2	16.2	10.7	Tutuş ve ark. 2004
Mısır Sapı	69.92	55.7	46.78	18.16	7.75	8.57	46.43	16.82	14.64	Ateş ve ark. 2011
Tütün Sapı	67.6	46.5	37.5	17.5	7.3	6.5	42.9	19.1	-	Tank ve ark. 1985
Kendir	86.93	71.41	63.77	6.59	-	4.23	29.55	9.06	7.75	Gümüşkaya 2002
Pamuk Sapı	72.2	-	41.6	19.3	2.40	6.10	42.9	17.8	16.7	Akgül ve Tozluoğlu 2009a
Göl Kamışı	77.9	50.3	47.5	18.7	3.90	4.00	28.3	3.80	3.30	Kırcı 1996

Çizelge 1'de tespit edilen değerler literatürdeki farklı ağaç türleri, yıllık bitkiler ve tarımsal atıklar ile yapılmış çalışmaların kimyasal sonuçları ile karşılaştırılmıştır. İran Demir Ağacı odununun holoselüloz, alfa selüloz ve lignin oranları sırasıyla %69.55; %46.64 ve %21.08 olarak belirlenmiştir. Kül içeriği ise %0.48 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ekstraktif madde miktarı ve %1 NaOH çözünürlüğü sırasıyla %8.37 ve %36.38 olarak bulunmuşken, sıcak su ve soğuk su çözünürlükleri sırasıyla %8.89 ve %6.22 olarak saptanmıştır. Burada, %1 NaOH çözünürlüğü deneyi odundaki mantar çürüklüğünün veya odunun ısı, ışık, oksidasyon vb. degredasyonunun derecesi hakkında bilgi vermektedir. Odunun mantar çürüklüğü arttıkça alkali çözünürlüğü de artmaktadır (Hafızoğlu ve Deniz 2011). Yani %1 NaOH çözünürlüğünün bu derece yüksek çıkmasının sebebi, kimyasal analizlerin yapıldığı odun örneğinin maruz kaldığı ısı, ışık vb. gibi durumlardan dolayı bir degredasyona uğramış olması ihtimalindendir. Abdi ve ark. (2014), farklı yarıçaplara sahip İran Demir Ağacı kök odunlarının selüloz içeriğini ve çekme direncini inceledikleri çalışmalarında, odun örneklerinin selüloz içeriğini ortalama %56.87 olarak tespit etmişler ve bu örneklerin selüloz içeriği ile yarıçap değerleri arasında anlamlı herhangi bir ilişki olmadığını saptamışlardır. Kiaei (2016) yapmış olduğu araştırmasında, 100, 500 ve 700 m yükseltiden ve öz, orta ve kabuğa yakın dış kısımdan aldığı İran Demir Ağacı odun örneklerinin yoğunluklarını karşılaştırmıştır. Farklı yükseltilerden alınan odun örneklerinin hepsinin yoğunluklarının özden kabuğa doğru gidildikçe azaldığı tespit edilmiştir. Maksimum yoğunluk 700 m yükseltiden ve öz kısmından alınan örnekte 0.823 g/cm^3 olarak bulunmuştur.

Morfolojik Özellikler

İran Demir Ağacı odununun morfolojik karakterizasyonu yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Ayrıca farklı biyo-esaslı lifsel hammaddelere ait sonuçlarda Çizelge 2'de yer almaktadır.

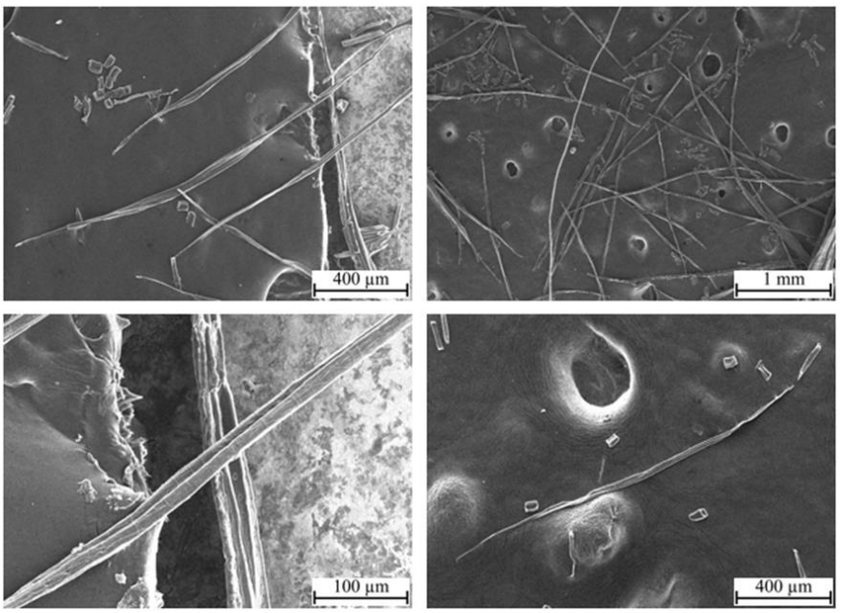
Çizelge 2. İran Demir Ağacı odunu ve farklı ağaç türlerine ait odunlar ile bazı otsu bitkilerin morfolojik özellikleri

	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (µm)	Lümen genişliği (µm)	Lif çeper kalınlığı (µm)	Referanslar
Geniş Yapraklı Ağaç					
İran Demir Ağacı	**1.15**	**22.48**	**13.99**	**4.24**	**Mevcut Çalışma**
Pavlonya	0.82	36.3	19.2	8.6	Ates ve ark. 2008
Dişbudak	1.23	25.8	14.9	5.47	Güler ve ark. 2012
Kermes Meşesi	0.96	14.50	7.97	3.26	Kadem ve Fakir 2017
Kestane	0.90	14.94	5.15	4.90	Biricik 2018
Titrek Kavak	1.08	21.85	11.39	5.23	Tank ve Akkayan 1987
Adi Gürgen	1.21	16.81	6.96	4.92	Tank 1978
Doğu Kayını	1.16	19.54	5.23	7.30	Tank 1978
Kızılağaç	1.09	27.48	16.77	5.12	Merev 1983
Aksöğüt	0.91	20.76	10.81	4.98	Eroğlu 1987
Okaliptüs	0.79	13.82	3.20	7.43	Huş ve ark. 1975
İğne Yapraklı Ağaç					
Kızılçam	3.20	25.05	15.49	4.78	Tank ve ark. 1990
Sarıçam	3.10	40.85	28.50	9.85	Sarıusta 2007
Karaçam	1.21	36.12	26.23	4.95	Akgül ve Tozluoğlu 2009b
Tarımsal Atık					
Buğday Sapı	1.17	15.5	5.8	4.9	Eroğlu ve ark. 1992
Arpa Sapı	1.07	11.25	4.53	3.36	Ateş ve ark. 2011
Çavdar Sapı	1.15	14.7	4.2	5.3	Eroğlu ve ark. 1992
Ayçiçeği Sapı	1.48	23.94	18.22	2.86	Durmaz 2021
Mısır Sapı	1.32	24.3	10.7	6.08	Usta ve ark. 1990
Pirinç Sapı	0.89	14.80	6.40	4.20	Tutuş ve ark. 2004
Tütün Sapı	1.07	26.8	16.3	5.3	Eroğlu ve ark. 1992
Kendir	28.74	25.53	7.54	8.99	Ateş ve ark. 2011
Pamuk Sapı	0.81	24.98	16.75	4.12	Tutuş ve ark. 2010
Göl Kamışı	0.95	14.3	6.4	4.0	Kırcı 1996

Yapılan morfolojik incelemeler neticesinde İran Demir Ağacı odunu lif örneklerinin ortalama lif uzunluğu 1.15 mm; lif genişliği 22.48 µm; lümen genişliği 13.99 µm ve lif çeper kalınlığı 4.24 µm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Tichi ve ark. (2021) göğüs yüksekliği, 3 m ve 4.5 m yükseklikten ve özden kabuğa doğru 12 farklı bölgeden aldıkları İran Demir Ağacı odunu örneklerinin morfolojik özelliklerini araştırmışlardır. Lif uzunluğunun, lif genişliğinin, lümen genişliğinin ve lif çeper kalınlığının özden kabuğa doğru gidildikçe arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, maksimum morfolojik değerlerin göğüs yüksekliğinden alınan örneklerde, minimum morfolojik değerlerin ise 4.5 m yükseklikten alınan örneklerde bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

İran Demir Ağacı odununun morfolojik karakterizasyonunu gerçekleştirmek adına bireysel liflerin SEM görüntüleri trahe, traheit ve libriform lifleri şeklinde elde edilmiştir. Söz konusu SEM görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İran Demir Ağacı odununun lif yapısı

Yapılan maserasyon işleminin örneklerin liflendirilmesi üzerine olan etkisi bu görüntülerde (Şekil 1) oldukça açık bir şekilde ortaya konulmuştur. İran Demir Ağacı odunu, diğer geniş yapraklı ağaç türlerinde olduğu gibi kısa liflere sahip olmasından ötürü, kâğıt endüstrisinde yüzey formasyonu ileri düzeyde olan düzgün ve pürüzsüz kâğıtların üretiminde değerlendirilebilir.

Morfolojik incelemeler sonucunda elde edilen lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı değerleri ile lif örneklerinin keçeleşme oranı 51.15; elastikiyet katsayısı 62.23; rijidite katsayısı 18.86; Mühlstep oranı 61.27; Runkel oranı 0.60 ve F faktörü 27122.64 olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

Çizelge 3'te farklı odun türlerine ait lifler ile elde edilmiş lif-boyut ilişkilerinin değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3. İran Demir Ağacı odununun ve farklı ağaç türlerine ait odunların lif-boyut ilişkileri

	Keçeleşme oranı	Elastikiyet katsayısı	Rijidite katsayısı	Mühlstep oranı	Runkel oranı	F faktörü	Referanslar
Geniş Yapraklı Ağaç							
İran Demir Ağacı	**51.15**	**62.23**	**18.86**	**61.27**	**0.60**	**27122.64**	**Mevcut Çalışma**
Kızılağaç	34.39	65.19	18.85	57.49	0.57	18238.41	Durmaz ve Ateş 2016
Pavlonya	33.07	74.70	13.23	44.18	0.35	24995.81	
Saplı Meşe	31.05	49.06	25.16	75.92	1.02	12339.32	
Yalancı Akasya	16.71	62.57	18.57	60.84	0.59	9000.30	
Adi Ceviz	61.54	55.72	26.49	68.95	0.95	23232.62	
Adi Şimşir	24.99	47.56	26.21	77.38	1.10	9532.23	
Akçaağaç	12.08	71.85	16.58	48.37	0.46	7290.67	
Kestane	30.94	56.90	21.84	67.61	0.76	14164.82	
İğne Yapraklı Ağaç							
Uludağ Göknarı	52.89	63.36	19.50	40.15	0.61	27126.79	
Ardıç	45.89	67.40	18.01	54.56	0.53	25474.62	
Karaçam	53.43	53.63	23.73	71.23	0.88	22515.68	
Monteri Çamı	124.08	62.35	18.80	61.17	0.60	660.13	Tank ve ark. 1990
Sahil Çamı	168.94	66.81	16.60	55.37	0.50	1017.95	
Kızılçam	127.74	61.84	19.08	61.78	0.62	669.46	

Anatomik Özellikler

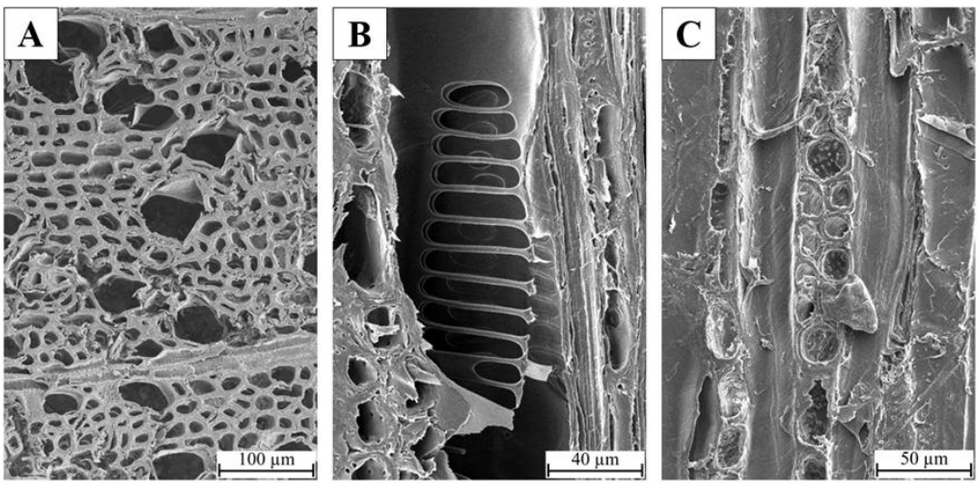
İran Demir Ağacı odununun anatomik kesitlerinin SEM görüntüleri Şekil 2'de sunulmuştur. Enine kesitte görüldüğü üzere İran Demir Ağacı odununun dağınık traheli bir yapıya sahip olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 2A). Yıllık halka sınırları enine kesitte belirgin bir şekilde görülebilmektedir. Boyuna paranşim hücrelerinin çok miktarda olduğu ve esas odun dokusunun lif traheitlerinden meydana geldiği ortaya konulmuştur. Ayrıca radyal kesitte 12-15 basamaklı merdivenimsi perforasyon tablalarına rastlanmıştır (Şekil 2B). Teğet kesitte öz ışınlarının üniseri ve biseri olmak üzere heterojen bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Biseri öz ışınlarının sayısının daha fazla olduğu saptanmıştır. Öz ışınlarının maksimum yüksekliğinin 15 hücreye kadar çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 2C).

Parsapajouh ve Schweingruber (2001), İran Demir Ağacının anatomik özelliklerini araştırmışlardır. İran Demir Ağacının homojen odun yapısına sahip, dağınık traheli geniş yapraklı bir ağaç türü olduğu sonucuna varmışlardır. Trahelerin yaklaşık %90'ı tek olarak bulunmuş ve küçük boyutlu oldukları tespit edilmiştir. Öz ışınları mm^2 başına 10-14 adet belirlenmiş olup, hem üniseri hem de biseri heterojen şeklinde gözlemlenmiştir. Ancak biseri hücreler daha yaygın olarak bulunmuştur. Öz ışınlarının maksimum yüksekliği 12 hücre olarak belirlenmiş ve bazı bölgelerde iki öz ışını hücresinin boyuna yönde birleştikleri gözlemlenmiştir. Yıllık halka sınırları, daha yoğun 2-3 sıra lif hücresinden dolayı belirgin olarak ve bazen de kesikli olarak görülmüştür. Boyuna paranşim hücreleri bol ve dağınık olarak belirlenmiştir. Trahelerde genellikle 8 basamaklı merdivenimsi perforasyon tablasına rastlanmıştır. Temel odun dokusunun, uzun lif traheitlerinden oluştuğu ve heterojen öz ışını hücrelerinin çoğunlukla 2-4 sıra kare kenar hücresiyle birlikte yerleştikleri görülmüştür.

Tichi ve ark. (2021), İran Demir Ağacı odununun anatomik özelliklerini genç odun ve olgun odun bakımından incelemişlerdir. Genç odundaki trahe çaplarının 50 µm'den daha küçük olduğunu, olgun odundaki trahe çaplarının ise 50-100 µm arasında olduğunu saptamışlardır. Bir mm^2'deki trahe sayılarını genç odun ve olgun odun için sırasıyla ortalama 21 ve 32 adet olarak belirlemişlerdir. Ortalama lif uzunluğunu genç odun için 900-1600 µm arasında, olgun odun için ise 1600 µm'dan daha büyük olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca öz ışını genişliğini genç odun için ortalama 1-2 hücre, olgun odun için 2-3 hücre olarak, öz ışını yüksekliğini ise genç odun için maksimum 15 hücre, olgun odun için maksimum 28 hücre olarak gözlemlemişlerdir.

Wheeler ve ark. (2010), Altingiaceae ve Hamamelidaceae familyalarına ait farklı ağaç türü odunlarının anatomik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, *Parrotia* türüne ait olan odun örneklerinin trahelerinin en az %90'ının tek hücre biçiminde olduğunu ve heteroselülar öz ışını hücre genişliklerinin 1-3 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, mm^2 başına düşen ortalama trahe sayısını 244 olarak, trahe lümenin ortalama çapını ise 30 µm olarak belirlemişlerdir. Ortalama trahe uzunluğunu ve öz ışını yüksekliğini sırasıyla 877 µm ve 300 µm olarak saptamışlardır.

Başka bir çalışmada Safdari ve Devall (2012), İran'da yetişen bazı geniş yapraklı ağaç türü odunlarının anatomik özelliklerini araştırmışlar ve İran Demir Ağacı odununun trahelerinde 12-17 basamaklı merdivenimsi perforasyon tablalarını gözlemlemişlerdir.



Şekil 2. İran Demir Ağacı odununun anatomik kesitlerinin görüntüleri A) Enine kesit, B) Radyal kesit, C) Teğet kesit

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, İran Demir Ağacı odununun kimyasal, morfolojik ve anatomik özellikleri incelenmiştir.

Kimyasal özellikler bakımından, İran Demir Ağacı odununun holoselüloz, alfa selüloz ve lignin oranları sırasıyla %69.55; %46.64 ve %21.08 olarak bulunmuştur. Ekstraktif madde oranı ve %1 NaOH çözünürlük oranı sırasıyla %8.37 ve %36.38 olarak belirlenmişken, sıcak su ve soğuk su çözünürlüğü oranları sırasıyla %8.89 ve %6.22 olarak tespit edilmiştir. Kül içeriği ise %0.48 olarak bulunmuştur.

Morfolojik özelliklere bakıldığında, İran Demir Ağacı odununun lif örneklerinin ortalama lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı sırasıyla 1.15 mm; 22.48 µm; 13.99 µm ve 4.24 µm olarak saptanmıştır. Ayrıca lif örneklerinin keçeleşme oranı 51.15; elastikiyet katsayısı 62.23; rijidite katsayısı 18.86; Mühlstep oranı 61.27; Runkel oranı 0.60 ve F faktörü 27122.64 olarak saptanmıştır.

Anatomik özellikler incelendiğinde, trahelerin dağınık bir yapı sergiledikleri, öz ışınlarının ise üniseri ve biseri olmak üzere heterojen bir yapıda oldukları görülmüştür. Ayrıca merdivenimsi perforasyon tablası da tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İran Demir Ağacı odununun sahip olduğu makul morfolojik, kimyasal, mekanik ve anatomik özelliklerinden ötürü, cazip bir ahşap malzeme olarak ülkemizde sadece bir park, bahçe vb. alanlarda bir peyzaj ağacı olarak değil, aynı zamanda kâğıt, mobilya, yapı vb. sektörlerde de daha fazla yer bulabileceği öngörülmektedir. Burada dikkat edilmesi

gereken bir husus, bu türün ülkemize özgü bir ağaç türü olmadığı ve bundan dolayı yurtdışından ithalatının oldukça yüksek bir maliyet gerektirdiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1919B012324980 başvuru numarası ile TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. Ayrıca, Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Görüntüleme Laboratuvarı Birimi sorumlusu Öğr. Gör. Dr. Fevziye Işıl KESBİÇ'e katkıları ve destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abdi E, Azhdari F, Abdulkhani A, Mariv HS (2014) Tensile strength and cellulose content of Persian ironwood (*Parrotia persica*) roots as bioengineering material. *Journal of Forest Science*, 60(10): 425-430. https://doi.org/10.17221/44/2014-JFS

Akgül M (1997) Buğday saplarından Organasolv yöntemle kâğıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Akgül M, Tozluoğlu A (2009a) A comparison of soda and soda-AQ pulps from cotton stalks. *African Journal of Biotechnology*, 8(22): 6127-6133. https://doi.org/10.5897/AJB09.301

Akgül M, Tozluoğlu A (2009b) Some chemical and morphological properties of juvenile woods from beech (*Fagus orientalis* L.) and Pine (*Pinus nigra* A.) plantations. *Trends in Applied Sciences Research,* 4(2):116-125. https://doi.org/10.3923/tasr.2009.116.125

Ates S, Ni Y, Akgül M, Tozluoğlu A (2008) Characterization and evaluation of *Paulownia elongata* as a raw material for paper production. *African Journal of Biotechnology*, 7(22):4153-4158. https://doi.org/10.4314/ajb.v7i22.59545

Ateş S, Deniz İ, Kırcı H, Atik C, Güney K (2011) Türkiye'de yetişen bazı yıllık bitki artıklarının aynı tesis içerisinde değerlendirilerek kâğıt hamuru elde edilmesi ve enzimle ağartılması üzerine araştırmalar. TÜBİTAK Projesi, No:108O594.

Biricik Y (2018) Uludağ dağ kütlesinde ekolojik koşulların bazı ağaç türleri odunlarının anatomik özelikleri üzerine etkileri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.

Bostancı Ş (1985) Adi Kızılağaç (*Alnus glutinosa* L. Geartn.) Odununu Kâğıt Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları. TÜBİTAK Yayınları, TOAG-ORÜTAR Projesi No:4, Ankara.

Durmaz E, Ateş S (2016) The Comparison of fibre morphologies of growing some tree woods in Turkey naturally. International Forestry Symposium (IFS 2016), 07-10 December 2016, Kastamonu, Turkey.

Durmaz E (2021) Ayçiçeği saplarından bazı nanoselüloz türevlerinin üretimi, karakterizasyonu ve farklı uygulama alanlarında değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Kastamonu.

Eroğlu H (1987) Aksöğüt (*Salix alba* L.) odunlarının kâğıt endüstrisinde değerlendirilmesi üzerine araştırmalar. TÜBİTAK ORÜTAR Proje No: 9.

Eroğlu H, Usta M, Kırcı H (1992) A review of oxygen pulping conditions of some nonwood plants growing in Turkey. Tappi Pulping Conference, 2nd November, Atlanta, USA, pp: 215-222.

Gençay E (2010) Açık hava koşullarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castanea sativa* mill.) odunlarının kimyasal yapısında meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bartın.

Güler C, Şahin Hİ, Çiçek E (2012) Farklı dikim aralıklarında yetişen dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia*) odunlarının bazı anatomik ve morfolojik özellikleri. *Süleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal*, 13:35-40. https://izlik.org/JA23LP33EL

Gümüşkaya E (2002) Kendir (*Cannabis sativa* L.) Soymuk liflerinden asidik ve alkali ortamlarda üretilen kâğıt hamurlarının kimyasal ve kristal yapı özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.

Hafızoglu H, Usta M, Bilgin O (1997) Wood and bark composition of *Picea orientalis* (L) Link. *Holzforschung,* 51:114-118. https://doi.org/10.1515/hfsg.1997.51.2.114

Hafızoğlu H, Deniz İ (2011) Odun Kimyası Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Trabzon.

Huş S, Tank T, Göksal E (1975) Türkiye (Tarsus-Karabucak)'de yetişen okaliptüs (*E. Camaldulensis* Dehnh.) türü odununun morfolojik yönden etüdü ve yarıkimyasal selülozun kâğıt sanayiinde değerlendirilme imkânları. TÜBİTAK Yayınları, 275, Seri No: 46.

Kadem E, Fakir H (2017) Türkiye'de doğal yayılış gösteren herdem yeşil meşe (*Quercus* L.) türlerinin anatomik özellikleri. *Turkish Journal of Forestry,* 18(4): 275-281. https://doi.org/10.18182/tjf.371948

Kırcı H (1987) Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odununun kâğıt endüstrisinde değerlendirilme olanakları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Kırcı H (1991) Alkali sülfit antrakinon etanol (ASAE) yöntemiyle kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan kâğıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.

Kırcı H (1996) Soda oksijen yöntemiyle göl kamışından (*Phramites Communis* L.) kâğıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi*, pp:85.

Kırcı H, Ateş S, Boran S (2002) Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) odunlarının asli hücre çeperi bileşenlerinin belirlenmesi ve kâğıt hamuru üretimine uygunluğunun araştırılması. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3:1057-1063.

Kiaei M, Kord B, Chehalmardian A, Moya R, Farsi M (2015) Mineral content in relation to radial position, altitude, chemical properties and density of Persian Ironwood. *Maderas Ciencia y Tecnología,* 17(3):657-672. https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000058

Kiaei M (2016) The Relationship between extractive components and density of Persian Ironwood. *Lignocellulose*, 5(1): 59-65.

Mahesh S, Kumar P, Ansari S A (2015) A rapid and economical method for the maceration of wood fibers in *Boswellia serrata* Roxb. *Tropical Plant Research*, 2(2):108-111.

Merev N (1983) Türkiye Kızılağaç (*Alnus* Mill.)'ları odunlarının iç yapıları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 7(2): Trabzon.

Narlıoğlu N (2012) Kimyasal kâğıt hamuru üretiminde sodyum borhidrürün verim ve kristalite üzerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Parsapajouh D, Schweingruber FH (2001) Different Stage of the Procedure, In: Atlas of the Woods of North of Iran. Tehran University Publications, Tehran, Iran, pp 7-8.

Safdari V, Devall MS (2012) Identification of ımportant Iranian hardwoods by vessel-ray pits and vessel element shapes (maceration process). *Lignocellulose*, 1(1): 55-70.

Sarıusta SE (2007) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) reaksiyon odununun anatomik yapısı ve kimyasal bilesimi üzerine araştırmalar. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.

Tank T (1964) Türkiye göknar türlerinin kimyasal bileşimleri ve selüloz endüstrisinde değerlendirme imkânları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, A: 1-51. https://izlik.org/JA85SK38AC

Tank T (1978) Türkiye kayın ve gürgen türlerinin NSSC (Nötral Sülfit Yarıkimyasal) metodu ile değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,* 2326/231, İstanbul.

Tank T (1980) Selüloz üretimi bakımından Doğu çınarı (*Platanus orientalis* L.) odununun bazı önemli özellikleri üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,* 2779/290, 77s.

Tank T, Bostancı Ş, Eroğlu H, Enercan S (1985) Tütün saplarının kâğıt yapımında değerlendirilmesi. *Doğa Bilim Dergisi*, Seri D2 (9-3):399-407.

Tank T, Akkayan C (1987) *Populus tremula* L. (Titrek Kavak) odununun lif morfolojisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A, 37(2):1-22.

Tank T, Göksel E, Cengiz M, Gürboy B (1990) Hızlı gelişen bazı iğne yapraklı ağaç türlerinin lif ve kâğıt teknolojisi yönünden incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A, 40(1):40-54.

TAPPI T222 (2002) Acid-insoluble Lignin in Wood and Pulp. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T204 (2007) Solvent Extractives of Wood and Pulp. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T211 (2007) Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525°C. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T207 (2008) Water Solubility of Wood and Pulp. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T203 (2009) Alpha-, Beta- and Gamma-Cellulose in Pulp. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T212 (2012) One Percent Sodium Hydroxide Solubility of Wood and Pulp. Atlanta, GA, USA.

TAPPI T257 (2014) Sampling and Preparing Wood for Analysis. Atlanta, GA, USA.

Tichi AH, Gholamiyan H, Divkolae MR (2021) Changes in biometric, density, and microscopic features of *Parrotia persica* trees in longitudinal and radial directions of the stem. *BioResources*, 16(2):3563-3574. https://doi.org/10.15376/biores.16.2.3563-3574

Tutuş A, Deniz İ, Eroğlu H (2004) Rice straw pulping with oxide added soda-oxygen-anthraquinone. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8):1350-1354. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1350.1354

Tutuş A, Ezici AC, Ates S (2010) Chemical, Morphological and anatomical properties and evaluation of cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in pulp industry. *Scientific Research and Essays,* 5(12):1553-1560. https://doi.org/10.5897/SRE.9000265

URL-1. https://katalog.smsmarmaragroup.com/parrotia-persica-hamamelidaceae/kizaran-kirmizi-cicekli-iran-demir-agaci Erişim Tarihi: 13.11.2025.

Usta M (1989) Sülfat pişirmesinde açığa çıkan Toplam İndirgenmiş Kükürt (TRS) bileşiklerinin oksijenle yükseltgenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.

Usta M, Kırcı H, Eroğlu H (1990) Soda-Oxygen Pulping of Corn Stalks, Tappi Pulping Conference. Proceeding Book 1, Toronto, Canada, 307-312.

Wheeler EA, Lee SJ, Baas P (2010) Wood anatomy of the Altingiaceae and Hamamelidaceae. *IAWA Journal*, 31(4): 399-423. https://doi.org/10.1163/22941932-90000032

Wise LE, Murphy M, D'Adieco AA (1946) Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicelluloses. *Paper Trade*, 122(2):35-43. CABI Record Number: 19460600433.

Yapıcı F (2003) Oksit ilaveli soda-oksijen yöntemiyle Amerikan Çavdarı saplarından kâğıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bartın.