

Doğal şartlar etkisinde kalmış kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) dal odunlarının kullanım olanaklarının değerlendirilmesi

Investigating the utilization opportunities of apricot tree (*Prunus armeniaca* L.) branch wood affected by natural conditions

Göksu Şirin¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Göksu Şirin
goksusirin@gmail.com

Geliş tarihi (Received)

05.04.2025

Kabul Tarihi (Accepted)

07.07.2025

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Deniz Aydemir
denizaydemir@bartin.edu.tr

Atıf (To cite this article): Şirin, G. Doğal şartlar etkisinde kalmış kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) dal odunlarının kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 12(2):144-153.

DOI: <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1670466>



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Budanan veya kuruyan ağaçlardan çıkan dal odunları ağaç biyokütlesinin artıkları olarak kabul edilir. Sürdürülebilirlik kavramına olan ilgi, bu artık odunun da çeşitli alanlar için ek bir hammadde kaynağı olarak düşünülmesini sağlamıştır. Uzun süre açık hava şartları altında bekleyen ve değerlendirilmeyen artık odunların yapısında oluşan değişimler kullanım yerlerini etkileyebilir. Bu nedenle söz konusu odunların özelliklerinin tanımlanması gereklidir. Bu çalışmanın amacı, kayısı ağacının (*Prunus armeniaca*) artık dal odunlarının doğal çevre koşulları altında zamanla uğradığı yapısal değişimleri belirlemek ve bu odunların endüstriyel açıdan kullanıma uygunluğunu değerlendirmektir. Kayısı ağacı yaygın olarak yetiştirilen ve her yıl yapılan bakım çalışmaları nedeniyle yeterli artık odun oluşturan bir türdür. Bu çalışmada 3 yıl doğal şartların etkisine maruz kalan kayısı ağacına ait dal odunları incelenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) bulguları tüm odun hücrelerinin morfolojik yapısının değiştiğini göstermiştir. X-ışını Kırınım Analizi (XRD) ve Termogravimetrik Analiz (TGA) kullanılarak örnek karakterize edilmiştir. XRD analizinde CRI değeri %41,6; TGA sonucunda ise %83,1 kütle kaybı ölçülmüştür. Bu odunlar yüksek mukavemet aramayan maddeler ve biyoyakıt yapımı gibi endüstriyel alanlarda kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Dal odunu anatomisi, odunsu artık, XRD, taramalı elektron mikroskobu, TGA

Abstract

Branch wood derived from pruned or naturally dead trees is considered a residue of tree biomass. The growing interest in the concept of sustainability has led to the consideration of residual wood as an additional raw material source for various applications. Changes in the structure of residual wood that has remained outdoors under natural conditions for extended periods without being utilized can affect its potential applications. Therefore, it is necessary to characterize the properties of such wood. The aim of this study is to determine the structural changes occurring over time in apricot (*Prunus armeniaca*) branch residues exposed to natural environmental conditions and to evaluate their potential for industrial use. The apricot tree is a widely cultivated species that generates a sufficient amount of residual wood annually due to regular maintenance practices. In this study, branch wood from apricot trees that had been exposed to natural conditions for three years was examined. Scanning Electron Microscope (SEM) findings showed that the morphological structure of all wood cells had changed. The samples were characterized using X-Ray Diffraction (XRD) and Thermogravimetric Analysis (TGA). In the XRD analysis, the CRI value was measured as 41.6%, and the TGA results showed a mass loss of 83.1%. These wood residues can be used in industrial applications, particularly in the production of materials where high strength is not required and in biofuel production.

Keywords: Branch wood anatomy, scanning electron microscop, TGA, woody residues, XRD

1. Giriş

Ahşap, farklı hücre ve doku tiplerinden oluşan doğal bir kompozit malzemedir ve ahşap endüstrisinin birincil hammaddesini oluşturur (Saka, 1993; Trieu ve Thinh, 2023). Budamalardan veya ömrünü tamamlamış ağaçlardan çıkan dal, gövde ve kök odunları, endüstrinin birincil hammaddesi olarak kullanılmayan ağaç biyokütlesinin artıkları olarak kabul edilir (Bruno, 2023). Küçük çaplı ve düzensiz şekilli olması nedeniyle dal odunları çoğu zaman sanayi tarafından yeterince değerlendirilememektedir. Kesim artığı olarak görülen dal parçaları, bir ağaçtan elde edilen toplam odun hacminin önemli bir kısmını oluşturur. Yapılan çalışmalar, dal odunlarının değerlendirilmesiyle ağaçlardan elde edilen odun veriminin yaklaşık %60 oranında artırılabilirliğini göstermektedir. (Okai ve Boateng, 2007; Shmulsky ve Jones, 2011; Ihnát ve ark., 2021).

Özellikle meyve ağaçlarında her yıl yapılan budama işlemi ile büyük miktarlarda artık odun üretilir (Romero-García ve ark., 2016; Gülsoy, 2021). Son dönemlerde sürdürülebilirlik kavramına olan ilgi, geçmişteki yaklaşımların aksine meyve bahçelerinden elde edilen artık odunun bir maliyetten ziyade (Van Wessenbeeck ve ark., 2022) enerji üretimi ve farklı alanlar için ek bir tedarik kaynağı olarak düşünülmesini sağlamıştır (Mammoliti ve ark., 2024).

Uzun süre açık hava şartları altında bekleyen ve değerlendirilmeyen artık odunların yapısında oluşan değişimler kullanım alanlarını etkileyebilir. Bu nedenle doğal şartlara uzun süre maruz kalmış odunların özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Odunun, mikroskobik analiz kullanılarak tanımlanması, tür teşhisi ve çeşitli özelliklerinin belirlenmesi gibi amaçlar için oldukça önemli bir yöntemdir (Von Arx ve ark., 2016; Trieu ve Thinh, 2023).

Kayısı ağacı, çiçekli meyve ağaçlarının Rosaceae familyasının *Prunus* cinsine aittir. Sert çekirdekli meyvelere sahip ve yaprak döken bir bitkidir (Ahmed ve ark., 2023). Hem yabani olarak bulunan hem de kültüre alınmış bir türdür. Ağacın ömrü 20-40 yıl (Çavuş, 2020), olgun yüksekliği genellikle 6-14 m ve gövde çapı 30-60 cm civarındadır. Taçları genellikle yuvarlak veya hafifçe yaygındır (Zaurov ve ark., 2013). Yoğun, yayılan bir gölgesi vardır (Kumar ve ark., 2024).

Kök sistemleri birçok yan dalı olan derin bir kazık kökten oluşur. Ağaçlar yüksek eteklerde ve dağlık bölgelerde daha büyük olma eğilimindedir (Zaurov ve ark., 2013). Aslında Doğu'ya, özellikle Çin ve Japonya'ya özgü bir ağaç olmasına rağmen geniş bir adaptasyon yelpazesine sahiptir (Ercişli ve ark.,

2009; Lee ve ark., 2014; Ahmed ve ark., 2023). Antarktika hariç dünyanın her yerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Jiang ve ark., 2019; Çavuş, 2020). Afganistan, Batı Çin, İran, Orta Asya ve Türkiye'de kültüre alınmıştır (Hacıseferoğulları ve ark., 2007; Ahmed ve ark., 2023). Türkiye'de Malatya-Elâzığ-Erzincan, Kars-Iğdır, Akdeniz (Mersin, Muş, Antalya), Marmara, Ege ve İç Anadolu olmak üzere 6 kayısı bölgesi bulunmaktadır (FAO, 2015; Tutuş ve ark., 2016) ve kayısı ağacının menşe yeri olmasa da dünya kayısı üretiminin önemli bir yeri haline gelmiştir (Ercişli ve ark., 2009). Tablo 1, dünyada en çok kayısı ağacına sahip ilk beş ülkeyi ve bu ülkelerde yıllara göre ağaç sayılarını özetlemektedir.

Tablo 1. Kayısı ağacı alanında ilk 5 ülke (FAO, 2024)
Table 1. Top 5 countries by apricot tree areas

Yıllara göre üretim alanı (ha)			
Ülkeler	2015	2020	2022
Türkiye	123.176	132.748	141.851
İran	54.500	53.111	54.167
Özbekistan	52.258	44.262	39.332
Cezayir	38.857	29.719	29.458
Afganistan	9.116	17.481	22.650

Tablo verilerine göre Türkiye ve Afganistan'da üretim alanı istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Oluşan atık biyokütle miktarının da üretim alanı ile orantılı olarak arttığı söylenebilir.

Yıllık yaklaşık 2,6 milyon tonluk meyve üretimiyle kayısı, küresel anlamda ekonomik öneme sahip başlıca ılıman iklim ağacı türlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Ahmed ve ark., 2023). Geniş ölçekli yetiştiriciliği sonucunda kayısı bahçeleri, düzenli budama uygulamalarıyla ortaya çıkan ve sürdürülebilir kullanım potansiyeli taşıyan önemli miktarda odun artığı üretmektedir (Akhmedov ve ark., 2019). Bu ağaçların yılda en az iki kez budanması gerekmekte olup hektar (ha) başına yaklaşık 2 kental ($q \cdot ha^{-1}$) biyokütle üretir. Kayısı ağaçları 10-15 yılda bir meyve verimi için sökülüp yenileri dikilir. Üretilen biyokütlenin çoğu tarlalarda yakılır veya ısı enerjisi üretmek amacıyla kullanılır (Bruno ve ark., 2021). Dolayısıyla her yıl çok miktarda kayısı ağacının artığı uygun şekilde kullanılmadan imha edilmektedir (Tajik ve ark., 2015).

Kayısı ağacının odunu, önemli endüstriyel ağaç türlerine benzer şekilde yüksek teknolojik özellikler taşır. Rengi açık kahverengiden kırmızimsı tonlara kadar değişebilir ve düzgün bir dokuya sahiptir. Hava kurusu yoğunluğu $0,788 \text{ g/cm}^3$ olan kayısı odunu, orta-üst düzeyde sertlik ve sağlamlık gösterir (Çavuş, 2020). Selüloz içeriği yaklaşık

olarak %40-45 arasındadır (Demirbaş, 2001). Öz odun damarlarında görülebilen sakız birikintileri, odun işleme çalışmalarını zorlaştırmasına karşın özellikle fırınlanmış ahşapta estetik bir görünüm oluşturabilmektedir (WSL, 2025).

Anatomik yapısında traheler dağınıktır ve yarı halkalıdan halkalıya değişen homojen bir yapıya sahiptir (Olvera ve ark., 2008; Tajik ve ark., 2015; Çavuş, 2020). Bu traheler, tek başına ya da birkaç hücreden oluşan kümeler halinde radyal sıralar oluşturarak dizilirler. Multiseri yapıda olan öz ışınları, sık dizilimlidir ve genellikle 3-5, bazen ise 5'ten fazla hücre içerebilirler. Öz ışınları hafif heterojen bir yapı sergiler ve spiral kalınlaşmalar görülebilir (WSL, 2025). Lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve hücre duvarı kalınlığı gibi özellikler, gövde ve dal odununda farklı değerler gösterir (Tajik ve ark., 2015; Gülsoy, 2021). Ağacın bazı özellikleri Tablo 2'de görülebilir.

Odunu, ince ahşap işçiliği, alet sapları, mozaikler,

kaplamalar, döşeme, kakmacılık (Mammoliti ve ark., 2024) ve mobilya gibi yüksek kaliteli ürünlerin üretiminde sınırlı miktarda kullanılmaktadır (Bruno ve ark., 2021). Yoğun yapısı ve ince dokusu ile doğal parlaklık ve kırmızımsı sıcak renklerin arandığı tasarımlarda değerlendirilebilecek oldukça dekoratif bir ağaçtır (Bruno ve ark., 2021).

Kayısı ağaçlarının meyveleri hakkında çeşitli araştırmalar vardır. Ancak türün dayanıklı odunu ve ekonomik değerine rağmen yapacak/yakacak malzeme için potansiyel kullanımına ilişkin az sayıda çalışma yürütülmüştür. Akhmedov ve ark. (2019), kayısı ağacının artık dallarından yoğunlaştırılmış briket ve peletlerin özelliklerini (fiziksel, kimyasal ve mekanik) standart metodolojilerle araştırmışlar ve bu malzemelerin enerji potansiyelini kullanım için uygun bulmuşlardır. Vane ve ark. (2005) ise *Hypocrea sulphurea* mantarı tarafından çürütülen *P. armeniaca*'daki polisakkaritlerin ve ligninin kimyasal değişimlerini araştırmışlardır.

Tablo 2. Kayısı ağacı odununun bazı kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri
Table 2. Some chemical, physical, and mechanical properties of apricot tree wood

Fiziksel ve Mekanik Özellikler		Kimyasal Özellikler	
%12 Yoğunluk (g/cm ³)	0,84	Holoselüloz (%)	79,50
Daralma miktarı (%)	13,61 ±2,05	α-Selüloz (%)	42,33
Basınç direnci (N/mm ²)	43,32 ±3,50	Lignin (%)	16,43
Kopma modülü (N/mm ²)	81,88	Kül (%)	0,48
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	6569	%1 NaOH çözünürlüğü	27,40
Sertlik-Janka (kN)	6,9	Sıcak su çözünürlüğü (%)	7,74
Darbe Eğilme Dayanımı (kJ/m ²)	2,32	Soğuk su çözünürlüğü (%)	4,20
Çavuş, 2020; Bruno ve ark., 2021		Tutuş ve ark., 2016; Genç ve ark., 2018	

Tutuş ve ark. (2016), *P. armeniaca* odununun yongalarından kâğıt hamuru ve kâğıt üretim koşullarının belirlenmesine dair bir çalışma yapmış ve uzun lifli hamurlara belirli oranlarda katılarak her tür kâğıt üretiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Genç ve ark. (2018), kayısı ağacının endüstriyel değere sahip sert ağaç türlerine benzediğini ve bu nedenle kâğıt hamuru üretimi için uygun bir hammadde olduğunu bildirmişlerdir. Tajik ve ark. (2015), anatomik özellikler açısından *P. armeniaca* ağacının dal ve gövde odununu, sert ağaç türlerine yakın lif uzunluğu nedeniyle kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygun bulmuşlardır. Maria ve Botu (2016) ise *P. armeniaca* dallarının bazı anatomik unsurlarına ilişkin gözlemler yapmıştır.

Bruno (2023), *P. armeniaca* odunu artıklarının ekstraktif içeriğinin değişkenliği ve kimyasal bileşimini incelemiştir. Bruno ve ark. (2021) ise *P. armeniaca* için dendrometrik parametreler, fiziksel-mekanik özellikler ve kimyasal analizler yaparak budama artıklarının endüstride potansiyel

olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Çavuş (2020), bu ağacın odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Passialis ve Grigoriou (1999) ise *P. armeniaca* bahçelerinin budanmasıyla elde edilen dal odununun teknik özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışma, Türkiye'de yetişen ve doğal ortamda uzun süre beklemiş kayısı dal odunlarında meydana gelen yapısal değişimleri inceleyerek, bunların olası kullanım alanlarına yönelik bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır. Daha önceki araştırmalar genellikle meyve ağaçlarının ana gövde odununa odaklanmıştır. Çalışmada atık dal odunlarının, mikroskobik, termal ve X-ışını kırınımı analizleriyle özellikleri karakterize edilerek literatüre katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Kayısı dal odunu örnekleri, Ankara ili Sincan ilçesi Hisarlıkaya Mahallesi'ndeki 1153 metre rakımdan (39°44'02''K; 32°32'30''D) temin edilmiştir.

Bu bölge, özellikle karasal iklimin belirgin olduğu, yazların sıcak ve kurak, kışların ise soğuk ve karlı geçtiği ekstrem iklim koşulları sunması sebebiyle seçilmiştir. Böylece, uzun süre doğal ortamda kalmış odun dokusunda iklimsel faktörlerin neden olduğu yapısal değişimlerin daha net gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 10-13°C, aylık ortalama yağış miktarı ise 13-45 mm arasında değişmektedir (MGM, 2025). Bu iklim koşulları, odun materyalinde yoğun kuruma-nemlenme döngüleri, termal stres ve donma-çözünme etkileri oluşturarak, odun dokusunda çatlama, büzülme ve hücresel deformasyon gibi önemli değişimlere neden olabilmektedir. Dal odunlarının temin edildiği konum Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kayısı ağacı dal odunlarının temin edildiği yer
Figure 1. The location where apricot tree branch wood was supplied

Sahadan rastgele seçilen dal parçası, açık hava şartlarında ve toprak üzerinde kabuklu halde üç yıl boyunca beklemiştir. Odun yapısındaki değişimlerin doğru yorumlanabilmesi için tüm örnekler aynı ağacın tek bir dalından alınmıştır. Hazırlık aşamasında, dalın öz kısmına yakın bölgelerinden 1x1x1 cm boyutlarında 10 adet numune elde edilmiştir. Bu numuneler, ilk olarak destile su içinde dibe çökene kadar kaynatılmış, ardından suyun uzaklaştırılması amacıyla 20 gün boyunca alkolde bekletilmiştir (Berlyn ve Miksche, 1976). Son olarak, Reichert kızaklı mikrotomu kullanılarak numunelerden enine, radyal (yıllık halkalara dik) ve teğet (yıllık halkalara teğet) yönlerde kesitler elde edilmiştir.

Dal odununda oluşan deformasyona ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri TESCAN MAIA3-XMU makine ile gerçekleştirilmiştir. Kesitler elektrik iletkenliği artırmak için %60 altın-%40 paladyum karışımıyla kaplanmıştır. Hücre görüntüleri mikrograflar kullanılarak analiz edilmiştir. Numunenin termal kararlılık özelliklerini belirlemek için Termogravimetrik Analiz (TGA) gerçekleştirilmiştir. Numune azot ortamında 20°C-790°C sıcaklık aralığında 20°C/dk ısıtma hızına maruz bırakılmıştır. Analizde Perkin Elmer TG-DTA cihazı kullanılmıştır. Numunenin selüloz

kristalinitesini (CRI) tahmin etmek için X-ışını Kırınım Analizi (XRD) yapılmıştır. XRD analizinde 40 kV voltaj ve 30 mA akımına sahip Rigaku Smartlab cihazı kullanılmıştır.

3. Bulgular

Analiz için sahadan rastgele seçilen tek örnek parçada belirgin bir renk ve koku değişimi gözlenmemiş; kabuk kısmında dökülme olmamıştır ve yıllık halkaları düzenlidir. Kayısı ağacının dal odunu için tespit edilen morfolojik değişimler Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’te görülmekte olup ölçek çubuğu mikron cinsindendir.

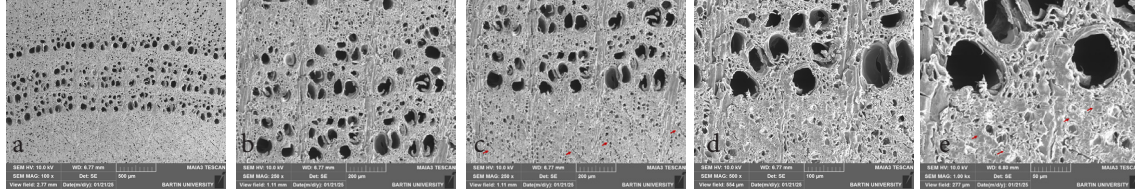
Enine kesit görüntülerinde meydana gelen morfolojik farklılaşma izlenebilmektedir. Halkalı traheli yapıda ilkbahar ve yaz odunu trahelerinin boyutları oldukça farklıdır. Odun hücrelerinin bileşenlerinin yapısı topraktaki bekleme süresi sonunda değişmiş ve hücre çeperleri önemli oranda tahrip olmuştur. Şekil 2a’daki dal örneğinin ilkbahar ve yaz odunu net bir şekilde ayırt edilebilmektedir. Odun hücreleri arasındaki mesafeler ve hücre ebatları bozulmuştur. Hücre çeperi katmanlarından ayrılan kısımların trahe hücre lümenlerinin içine dolduğu görülmektedir. Az miktarda tül oluşumu vardır. El Kayal ve ark., (2021), yaptıkları çalışmada *Apiosporina morbosa* mantarı tarafından enfekte olmuş *Prunus salicina* ve *Prunus domestica* türlerinde benzer oluşumlara rastlamışlardır.

Yaz odunu bölümünde çatlaklar mevcuttur. Şekil 2b, 2c ve 2d’deki mikrograflar hücre duvarları arasındaki ayrılıkları, mekanik bozulma nedeniyle oluşan çatlakları ve kırıkları göstermektedir. Geniş özışını şeritleri ve lif hücre çeperleri deforme olmuştur. Şekil 2e’de lif hücrelerinde jelatinimsi tabaka izlenmektedir. Dal odunlarında yerçekimi nedeniyle reaksiyon odununun belirli şiddetlerde ve sıklıkla oluştuğu gözlenebilmektedir. Jelatinimsi tabaka genellikle kalındır, selüloz açısından zengindir ve hafif bir şekilde ligninleşmiştir (Nishikubo ve ark., 2007). Bazı çalışmalar reaksiyon odunu oluşumunun, artan glikoz verimi nedeniyle biyoyakıt üretimi için istenen bir özellik olabileceğini öne sürmüştür (Gritsch ve ark., 2015).

Teğet kesitte genel olarak hücre boyutlarında belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir ve genişlik-yükseklik ölçümleri hala gerçekleştirilebilecek durumdadır. Şekil 3a’da, çok sıralı (multiseri), 7-8 hücre genişliğinde ve heterojen bir yapıya sahip olan özışınları, yoğun bir dizilim göstermektedir. Şekil 3b ve 3c’deki görsellerde ise hücre çeperlerindeki ve morfolojilerindeki değişimler daha belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Ayrıca, Şekil 3d ve 3e’de bu morfolojik değişikliklere neden olan,

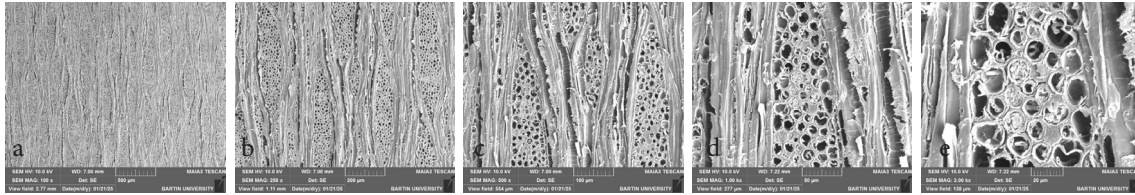
hücre lümenlerini tıkayan çeşitli maddeler ve hif benzeri oluşumların varlığı tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada Hamed ve ark. (2012) uzun süre doğal koşullara maruz kalmış *Pinus silvestris* ve

Ficus sycamorus odunlarında, mantar maruziyetine bağlı olarak özışını hücre duvarlarında kayda değer mekanik bozulmaların meydana geldiğini bildirmiştir.



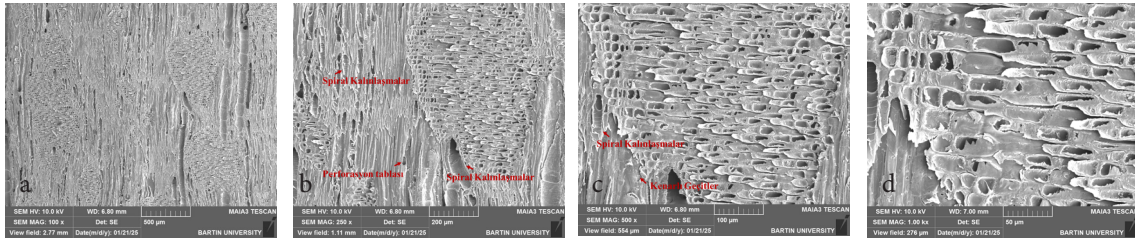
Şekil 2. Kayısı ağacının dal odununa ait enine kesitte SEM görüntüsü: a) Yıllık halkaların genel görünümü, b) Hücre çeperlerinde meydana gelmiş deformasyon ve öz ışını şeritlerindeki bozulma, c) Yaz odununda bulunan çatlaklar, d) Trahelerdeki tıkanmalar ve çeper katmanlarında ayrışmalar, e) Lif hücrelerinde jelatinimsi tabaka oluşumu

Figure 2. SEM image of the cross-section of apricot branch wood: a) General view of annual rings, b) Deformation in cell walls and deterioration in ray strips, c) Cracks in late wood, d) Blockages in vessels and separation in wall layers, e) Formation of G-layer in fiber cells



Şekil 3. Kayısı ağacının dal odununa ait teğet kesitte SEM görüntüsü: a) Teğet kesitte öz ışınlarının genel görünümü, b-c) Hücre çeper katmanlarında ayrışmalar, d-e) Hücrelerdeki tıkanmalar

Figure 3. SEM image of the tangential section of apricot branch wood: a) General view of the tangential section, b-c) Separations in the cell wall layers, d-e) Blockages in the cells



Şekil 4. Kayısı ağacının dal odununa ait radyal kesitte SEM görüntüsü: a) Trahe, lif ve çok sıralı paraşim hücrelerinin genel görünümü, b) Trahelerde basit perforasyon tablası yapısı ve spiral kalınlaşma, c) Kenarlı geçitlerin görünümü, d) Paraşim hücre çeperleri katmanlarında ayrışmalar

Figure 4. SEM image of the radial section of apricot branch wood: a) General view of vessels, fibers and multi-row parenchyma cells, b) Simple perforation table structure and spiral thickening in vessels, c) Appearance of pits, d) Separations in parenchyma cell wall layers

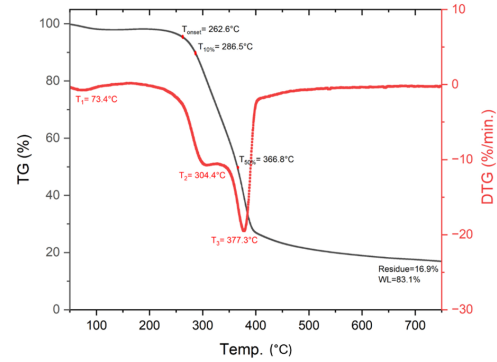
Radyal kesitlerde çok sıralı paraşim hücreleri ile traheler ve lifler arasındaki bağlantı bölgelerinin deforme olduğu tespit edilmiştir. Trahe çeperlerinde, kayısı ağacının tipik bir özelliği olan spiral kalınlaşmalar net bir şekilde izlenmektedir. Literatürde, spiral kalınlaşmaların hücre duvarının mukavemetini artırabileceğine dair teorik yaklaşımlar bulunmaktadır (Carlquist, 1975; Zimmermann, 1983; Gündüz ve ark., 2013). Bununla birlikte, bu durumun etkilerini kesin olarak belirlemek için hücresel düzeyde mikro-mekanik testlerin yapılması gerektiği belirtilmiştir (Mishnaevski ve Qing, 2008; Gündüz ve ark., 2013). Şekil 4a, 4b ve 4c'de

yer alan trahelerde, ince ve geniş aralıklı spiral kalınlaşmaların yanı sıra, lif hücrelerinin çeperleri ve uç kısımlarındaki değişimler açıkça görülmektedir. Bazı hücrelerde basit perforasyon tablası yapısı hala ayırtılabilir durumdadır. Şekil 4d'de ise hücre çeperlerindeki geçitlerde büyüme ve bazı bölgelerde çukurlaşma (pitting) mevcuttur. Morfolojik değişimlerin, diğer kesitlerde de izlenen muhtemel mantar maruziyeti etkisine bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu durum, doğal koşullarda uzun süre beklemiş odun materyallerinde biyolojik degradasyonun ilerlemiş olduğunu göstermektedir.

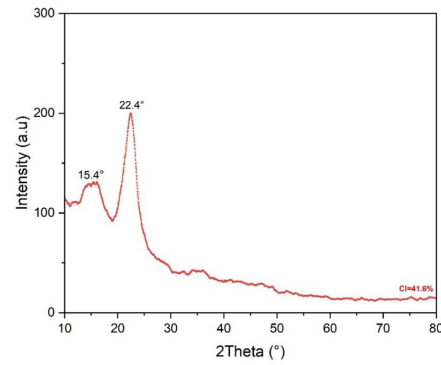
Termogravimetrik analizde malzemenin sıcaklık artışına paralel olarak %10, %50 ve sonuç kütlesi kaybı yüzdesi önemlidir. Kütlenin %10 kaybı 286,5 °C'de ve %50 kaybı ise 366,8 °C'de gerçekleşmiştir (Şekil 5). 3 önemli pik noktası (T_1 , T_2 ve T_3) görülmektedir. Bu pikler, ana odun bileşenlerinin (hemiselüloz, selüloz, lignin) termal bozunmasını ve kömürün yanmasını temsil etmektedir (Janković ve ark., 2020). Yaklaşık 100°C'ye kadar devam eden kütle kaybı, su ve uçucu bileşenlerin buharlaşmasına atfedilmiştir. Odunun esas bozunmaya başladığı bu değerden sonraki kütle kaybı hücre çeperindeki suyun ve ekstraktiflerin kalan kısmının uzaklaşmasına bağlıdır. Bununla beraber odunun yapısal bileşenlerinde değişim başlamıştır (Thurner ve Mann, 1981; Mészáros ve ark., 2007). Genellikle 200°C-400°C sıcaklık aralığında hemiselüloz ve selüloz, kısmen de lignin ayrışması meydana gelir. 400°C ve üzerindeki sıcaklıklarda ise kalan ligninin ve kömürleşmiş kalıntıların yanması ile malzeme kaybı maksimuma ulaşır (Brodin ve ark. 2010; Aydemir ve ark. 2024). Lignoselülozik malzemelerin karmaşık bileşimi ve yapısı nedeniyle termal ayrışma çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Termal ayrışma kinetiğini esas olarak kimyasal bileşim, parçacık boyutu ve izotermal rejimin etkilediği bilinmektedir (Vitáček ve ark. 2021). Maksimum kütle kaybı 377,3°C'de (T_3) gerçekleşmiştir.

Analiz sonucuna göre %83,1'lik kütle kaybı olmuştur. Ahşap ve diğer lignoselülozik biyokütlelerin termal bozunması (pirolizi) sırasında genellikle %70-%90 arasında bir kütle kaybı gözlemlenmektedir (Janković ve ark., 2020). Yapılan mikroskopik analizler, çalışmada incelenen kayısı dal odununun hücre çeperlerinde yüksek düzeyde yapısal hasar bulunduğunu göstermiştir. Bu durum, temel bileşenlerin yapısında değişikliklere yol açmıştır. Termal analiz sonuçlarına göre ise yüksek oranda kütle kaybına ve termal bozunma sonrası düşük oranda kalıntı oluşumuna neden olmuştur.

Şekil 6, numunenin XRD grafiğini göstermektedir. Lignoselülozik malzemeler arasında yer alan ahşap, farklı molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlarındaki yer alan ve kristal düzenlemelere sahip olan selüloz makro moleküllerinde serbest hidroksil gruplarının varlığından dolayı belirli bir derecede selüloz kristalitesi gösterir (Brodin ve Carmen-Mihaela, 2019; Zor ve ark., 2021). Dal odununun selülozuna ait kırınım pikleri 15,4° ve 22,4°, selüloz kristalinite indeksi %41,6 olarak ölçülmüştür. Kristalinite indeksi, selüloz miktarının azalmasına bağlı olarak değerlendirilebilir. Numunedeki değişimler selülozda amorf kısımları artırmıştır.



Şekil 5. Kayısı dal odununun TGA termogramı
Figure 5. Apricot branch wood TGA thermogram



Şekil 6. Kayısı dal odununun XRD eğrisi
Figure 6. Apricot branch wood XRD graphic

4. Tartışma ve Sonuç

Dal odunları, ana gövde odununa kıyasla daha düzensiz bir lif yapısı, daha düşük yoğunluk ve daha düşük mekanik dayanıklılık sergiler. Özellikle eğilme direnci ve elastikiyet modülü gibi özelliklerde belirgin azalmalar gözlemlenmektedir. Kimyasal bileşim açısından, selüloz ve hemiselüloz içerikleri gövde odununa benzerlik gösterse de lignin oranı ve ekstraktif madde miktarları dalın çapına ve yaşına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (Rowell, 2013). Bu yapısal farklılıklar, dal odunlarının kuruma sırasında daha yüksek çatlama riski taşımaya ve yapısal uygulamalarda kullanımının sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, bu materyaller enerji üretimi için biyokütle, kompozit malzeme üretimi ve küçük ölçekli ahşap işleri gibi teknolojik alanlarda başarıyla değerlendirilebilir (Clair ve Thibaut, 2014; Van Rooij ve ark., 2023).

Doğal şartlara maruz kalan odunda, ultraviyole

(UV) ışınlar, nem, sıcaklık döngüleri ve rüzgâr gibi etkenler hem kimyasal hem de mekanik değişimlere yol açar. UV ışınları lignin yapısını bozarak yüzeyde gri renklenme ve çatlamalara neden olur. Aynı zamanda selüloz ve hemiselüloz içeriği nispeten stabil kalsa da lignin kaybı sonucu yüzeyin su emiciliği artar. Bu yapısal bozulmalar, ahşabın nemden kaynaklı şişme-kararma gibi mekanik özelliklerinde zayıflama ve darbe direncinde düşüşe yol açar (Yıldız ve ark., 2011; İmren, 2022).

Kayısı ağacının doğal şartların etkisinde kalan dal odunlarının değişimleri ile ilgili XRD, TGA ve SEM analizleri incelemelerinin literatürde henüz yer almadığı söylenebilir. Bu çalışmada bekleme süresinin sonunda dal odununda oluşan tahribat açıkça izlenebilmiş ve tüm hücre yapıları düzensiz hal almıştır. Kayısı ağacına ait dal odunlarının diğer bazı sert (yapraklı) oduna sahip ağaçlarla karşılaştırıldığında iyi teknolojik özelliklere sahip olduğu, kâğıt ve diğer endüstrilerde kullanılabilirliği bildirilmiştir. Öz ışınları, teknolojik yönden kayısı odununun kullanma ve yararlanma alanını belirleyen önemli elemanlarıdır (Noshiro ve Suzuki, 2001; Ergün, 2019). Aynı şekilde trahe ve lif hücreleri de ağacın kalitesini ve kullanım alanlarını etkileyen elemanlardır (Bozlar ve ark., 2014; Boztoprak ve Ergün, 2017). Araştırmamızda, çeperlerdeki morfolojik değişim, odunun mukavemet ve esneklik özelliklerini belirleyen selüloz, hemiselüloz ve ligninde bozulmalar olduğunu göstermektedir. Muhtemelen mekanik, kimyasal ve teknolojik özelliklerde yüksek kayıplar oluşmuştur. Ancak bu kaybın derecesi mekanik deneylerle açıklanmalıdır.

Doğrudan toprakla temas halinde bekleyen odunlarda çeşitli mantar ve böcek zararlarının tahrip edici etkisi göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla budama ve sökülme gibi işlemlerden sonra açığa çıkan biyokütle sanayide en iyi şekilde değerlendirilmek üzere mümkün olan en kısa zamanda toplanmalı ve uygun koşullarda saklanmalıdır. Her ne kadar beklemiş malzemenin kullanım imkanları söz konusu olsa da değerli odun artıklarından optimum faydayı sağlamak için odun özelliklerinin korunması önemlidir. Doğal şartlara uzun süre maruz kalmış kayısı dal odunları bu haliyle orman ve ziraat için malç yapımı, toprağı iyileştirme, mantar yetiştirme ve örtü malzemesi; ayrıca endüstriyel yakıt yapımı gibi yüksek dayanım istemeyen alanlarda kullanılabilir.

Günümüzde özellikle kayısı dahil meyve ağaçlarına ait dal odunları başta olmak üzere alternatif odun türleri ve çok amaçlı kullanımlarına yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Willig ve ark. (2022), *Prunus avium* dal odunlarını antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri açısından kozmetik ürün-

lerde kullanımlarını belirlemek için analiz etmişlerdir. Ortega-Vidal ve ark. (2024), altı Japon erik ağacı klonundan elde edilen budama odunu özlerinin kimyasal bileşimini araştırarak bu tarımsal odunsu kalıntının kullanım olanaklarını değerlendirmişlerdir. Zheng ve ark. (2022), odunsu süs bitkilerinde dal mimarisinin mekanizmalarını *Prunus mume* türünün moleküler mekanizması ile tanımlamışlardır. Ortega-Vidal ve ark. (2023), *Prunus domestica* budama odunu özlerinin kimyasal bileşimi ve kullanım olanakları hakkında çalışmışlardır.

Dal odunu, budama ve son kesim faaliyetinden elde edilir, belirli miktara ulaşırsa yörede özellikle kırsal ekonomi için ticari olarak değerlendirilebilir. Bunlara ek olarak bazı durumlarda gövde odununun kalitesini bozan çürüme, çatlama vs. kusurların dal odunlarında daha az görülmesi de etkin kullanımı için olumlu bir özelliktir. Meyve bahçelerinden elde edilen biyokütle orman ham malzemeleri için uygun bir ikame olabilir. Aynı zamanda biyokütle bertarafının ekonomik ve çevresel etkilerini iyileştirebilir.

Dal odunları ve özellikle meyve ağaçlarına ait olanlar hakkında fiziksel ve mekanik özellikleri açısından bilgilerin genişletilmesi ile bu odunların farklı sektörlerde kullanımı artacak ve odun kaynakları daha bilinçli değerlendirilecektir.

Bu çalışmada analizi yapılan örnekler tek bir kayısı ağacının tek bir dalından elde edilmiştir. Dolayısıyla ağaçtan ağaca değişkenlikler olasıdır. Çalışma, açık hava şartlarının kayısı ağacı dal odununda meydana gelen değişimler sonucu potansiyel kullanım alanlarına dair bir fikir oluşturmaktadır. Böylece genellikle özel arazilerde ve çoğu yakıttan başka amaçlar için değerlendirilmeyen kayısı dahil meyve ağaçlarına ait odunların da sanayide artan kullanımıyla Türkiye'nin orman sanayii işkoluna da destek verilmiş olacaktır.

Teşekkür

Çalışma testleri, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi ve Merkezi Araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Örnek hazırlama ve analizlerde desteklerini esirgemeyen öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Barbaros YAMAN ve Sayın Prof. Dr. Deniz AYDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

Ahmed, S. Z., Panezai, M. A., Achakzai, J. K., Kakar, A. M., Khan, N. Y., Tareen, A. K., Tareen, S., Habibullah, B., Khan, N. G., 2023. Biological activities and phytochemistry of apricot (*Prunus armeniaca* L.) grown in Balochistan (A review). *European Academic Research* 11: 114-121

- Akhmedov, S., Ivanova, T., Abdulloeva, S., Muntean, A., Krepl, V., 2019. Contribution to the energy situation in Tajikistan by using residual apricot branches after pruning as an alternative fuel. *Energies* 12(16): 3169. Doi: 10.3390/en12163169
- Aydemir, D., Aksu, O., Bardak, T., Yaman, B., Sözen, E., Yalçın, Ö.Ü., Gündüz, G., Koçan, N., 2024. Mechanical characterization and strain analysis applied to the heat treatment of wood materials, by means of digital image correlation. *BioResources* 19(2): 3010. Doi: 10.15376/biores.19.2.3010-3030
- Berlyn, P.G., Miksche, J., 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State University Press, Ames, Iowa
- Bozlar, T., Gerçek, V., Yılmaz, S., Usta, A., 2014. Kızılağaç Plantasyonlarında Odunun Anatomik Özellikleri Üzerine Yetiştirme Ortamının Etkileri. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta
- Boztoprak, H., Ergün, M. E., 2017. Yapraklı ağaçlarda trahe ve liflerin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 6(2): 87-96
- Broda M., Carmen-Mihaela P., 2019. Natural decay of archaeological oak wood versus artificial degradation processes-An FT-IR spectroscopy and X-ray diffraction study. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 209: 280-287. Doi: 10.1016/j.saa.2018.10.057
- Brodin, I., Sjöholm, E., Gallerstedt, G., 2010. The behavior of kraft lignin during thermal treatment. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 87:70-77. Doi: 10.1016/j.jaap.2009.10.005
- Bruno, M. R., 2023. Variability and chemical composition of the extractive content of woody residues from three European orchard species: Apricot (*Prunus armeniaca* L.), olive (*Olea europea* L.), and orange trees (*Citrus sinensis* L.). *JSFA Reports* 3(2): 82-97. Doi: 10.1002/jsf2.99
- Bruno, M. R., Russo, D., Faraone, I., D'Auria, M., Milella, L., Todaro, L., 2021. Orchard biomass residues: Chemical composition, biological activity and wood characterization of apricot tree (*Prunus armeniaca* L.). *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 15(2): 377-391. Doi: 10.1002/bbb.2178
- Carlquist, S., 1975. Ecological Strategies of Xylem Evolution. Berkeley University, California Press.
- Clair, B., Thibaut, B., 2014. Physical and Mechanical Properties of Reaction Wood. The Biology of Reaction Wood. Springer Series in Wood Science. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 249p, ISBN 978-3-642-10813-6
- Çavuş, V., 2020. Determination of some physical and mechanical properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 22(2): 457-464. Doi: 10.24011/barofd.729707
- Demirbaş, A., 2001. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy conversion and Management*, 42(11): 1357-1378. Doi:10.1016/S0196-8904(00)00137-0
- El Kayal, W., Chamas, Z., El-Sharkawy, I., Subramanian, J., 2021. Comparative anatomical responses of tolerant and susceptible European plum varieties to black knot disease. *Plant Disease* 105(10): 3244-3249. Doi: 10.1094/PDIS-07-20-1626-RE
- Ercişli, S., Açar, G., Yıldırım, N., Eşitken, A., Orhan, E., 2009. Identification of apricot cultivars in Turkey (*Prunus armeniaca* L.) using RAPD markers. *Romanian Biotechnological Letters* 14(4): 4582-4588
- Ergün, H., 2019. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda homojen öz ışınlara morfolojik işlemlerle belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 7(1): 52-59. Doi: 10.21923/jesd.463819
- FAO. 2015. Fact and figures: Agricultural production. Food and agriculture organization of the united nations, Rome, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (Ziyaret Tarihi: 22.01.2025).
- FAO. 2024. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. faostat.fao.org/site/339/default.aspx (Ziyaret tarihi: 22.01.2025)
- Gençer, A., Özgül, U., Onat, S. M., Gündüz, G., Yaman, B., Yazıcı, H., 2018. Chemical and morphological properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 20(2): 205-209. Doi: 10.24011/barofd.412958
- Gritsch, C., Wan, Y., Mitchell, R. A., Shewry, P. R., Hanley, S. J., Karp, A., 2015. G-fibre cell wall development in willow stems during tension wood induction. *Journal of Experimental Botany* 66(20): 6447-6459. Doi: 10.1093/jxb/erv358
- Gülsoy, S. K., 2021. A Literature Review on the Wood Fiber Morphology of Fruit Trees. Şu eserde: Research and Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences-I, s. 103-130
- Gündüz, G., Yaman, B., Özden, S., Dönmez, S. C., 2013. Anatomy of wooden core of Ottoman composite archery bows. *Sains Malaysiana* 42(5): 547-552
- Hacıseferoğulları, H., Gezer, I., Özcan, M. M., Asma, B., 2007. Post-harvest chemical and physical-mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering* 79(1): 364-373. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.02.003
- Hamed, S. A., Ali, M. F., El Hadidi, N. M., 2012. Using SEM in Monitoring in Archaeological Wood: A review. Şu eserde: Current microscopy contributions to advances in science and technology. Badajoz: Formatex Research Center, Spain, 1077-1084
- Ihnát, V., Fišerová, M., Opálená, E., Russ, A., Boháček, Š., 2021. Chemical composition and fibre characteristics of branch wood of selected hardwood species. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen res Publica Slovaca* 63(2): 17-30. Doi: 10.17423/afx.2021.63.2.02

- Imren, E. 2022. Effect of weathering conditions on wood surface roughness: Optimal parameters determined via Taguchi analysis. *BioResources* 17(4): 6668.
- Janković, B., Manić, N., Dodevski, V., Radojević, M., Stojiljković, D., 2020. Kinetic study of oxy-combustion of plane tree (*Platanus orientalis*) seeds (PTS) in O₂/ Ar atmosphere. *J Therm Anal Calorim* 142:953–976. Doi: 10.1007/s10973-019-09154-z
- Jiang, F., Zhang, J., Wang, S., Yang, L., Luo, Y., Gao, S., Zhang, M., Wu, S., Hu, S., Sun, H., Wang, Y., 2019. The apricot (*Prunus armeniaca* L.) genome elucidates *Rosaceae* evolution and beta-carotenoid synthesis. *Horticulture Research* 6(128): 1-12. Doi: 10.1038/s41438-019-0215-6
- Kumar, S., Gupta, A., Tahseen, A. M., Rastogi, A., 2024. A review of phytochemical and pharmacological action of *Prunus armeniaca*. *International Journal of Pharmacognosy and Life Science* 5(1): 107-115. Doi: 10.33545/27072827.2024.v5.i1b.115
- Lee, H. H., Ahn, J. H., Kwon, A. R., Lee, E. S., Kwak, J. H., Min, Y. H., 2014. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of apricot seed. *Phytotherapy research* 28(12): 1867-1872. Doi: 10.1002/ptr.5219
- Mammoliti, A., Cataldo, M. F., Papandrea, S. F., Proto, A. R., 2024. Mechanical properties of branch and stem wood for two Mediterranean cultivars of olive tree. *Journal of Wood Science* 70(1): 40. Doi: 10.1186/s10086-024-02153-1
- Maria, Ş. F., Botu, I., 2016. Observations on some anatomical elements of annual branches, in order to establish differences between species of the genus *Prunus*. *Agriculture - Science and Practice* 3- 4: 99-100
- Mészáros, E., Jakab, E., Várhegyi, G., 2007. TG/MS, Py-GC/MS and THM-GC/MS study of the composition and thermal behavior of extractive components of *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 79(1-2): 61-70. Doi:10.1016/j.jaap.2006.12.007
- MGM. 2025. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx (Ziyaret tarihi: 03.02.2025)
- Mishnaevski, L.J., Qing, H., 2008. Micromechanical modelling of mechanical behaviour and strength of wood: State-of-the-art review. *Computational Materials Science* 44(2): 363-370. Doi: 10.1016/j.commatsci.2008.03.043
- Nishikubo, N., Awano, T., Banasiak, A., Bourquin, V., Ibatullin, F., Funada, R., Brumer, H., Teeri, T.T., Hayashi, T., Sundberg, B., Mellerowicz, E.J., 2007. Xyloglucan endo-transglycosylase (XET) functions in gelatinous layers of tension wood fibers in poplar - a glimpse into the mechanism of the balancing act of trees. *Plant and Cell Physiology* 48:843-855. Doi: 10.1093/pcp/pcm055
- Noshiro, S., Suzuki, M., 2001. Ontogenetic wood anatomy of tree and subtree species of Nepalese *Rhododendron* (Ericaceae) and characterization of shrub species. *American Journal of Botany* 88: 560-569. Doi: 10.2307/2657054
- Okai, R., Boateng, O., 2007. Analysis of sawn lumber production from logging residues of branchwood of *Aningeria robusta* and *Termina liaivorensis*. *European Journal of Forest Research* 126(3): 385-390. Doi: 10.1007/s10342-006-0157-z.
- Olvera, C. P. P., Aguirre, M. M., Romero, J. C., Pacheco, L., 2008. Wood anatomy of five species of the family *Rosaceae*. *Madera y Bosques* 14(1): 81-105
- Ortega-Vidal, J., Mut-Salud, N., De La Torre, J.M., Altarejos, J., Salido, S., 2024. Chemical characterization of pruning wood extracts from six Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars and their antitumor activity. *Molecules* 29(16): 3887. Doi: 10.3390/molecules29163887
- Ortega-Vidal, J., Ruiz-Martos, L., Salido, S., Altarejos, J., 2023. Proanthocyanidins in pruning wood extracts of four European plum (*Prunus domestica* L.) cultivars and their hLDHA inhibitory activity. *Chemistry & Biodiversity* 20(5): e202200931. Doi: 10.1002/cbdv.202200931
- Passialis C.N, Grigoriou A. H., 1999. Technical properties of branch-wood of apple, peach, pear, apricot and cherry fruit trees. *Holz als Roh-und Werkstoff* 57(1):41-4
- Romero-García, J. M., Sanchez, A., Rendón-Acosta, G., Martínez-Patiño, J. C., Ruiz, E., Magaña, G., Castro, E., 2016. An olive tree pruning biorefinery for co-producing high value-added bioproducts and biofuels: Economic and energy efficiency analysis. *BioEnergy Research* 9: 1070-1086. Doi: 10.1007/s12155-016-9786-3
- Rowell, R.M., 2013. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. 2nd ed. Taylor & Francis Group, USA: CRC Press.
- Saka, S., 1993. Structure and Chemical Composition Of Wood as A Natural Compositematerial. Şu eserde: Recent Research On Wood And Wood-Based Materials: Current Japanese Materials Research, Vol. 11. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 1-20
- Shmulsky, R., Jones, P.D., 2011. Forest Products and Wood Science an Introduction. Sixth Edition, John Wiley and Sons Ltd. Publisher, UK
- Tajik, M., Kiaei, M., Torshizi, H. J., 2015. Apricot wood-A potential source of fibrous raw material for paper industry. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences* 68: 329-336
- Turner, F., Mann, U., 1981. Kinetic investigation of wood pyrolysis. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development* 20(3): 482-488
- Trieu, N. M., ve Thinh, N. T., 2023. A novel method in wood identification based on anatomical image using hybrid model. *Computer Systems Science and Engineering* 47(2). Doi: 10.32604/csse.2023.040030

- Tutuş, A., Çiçekler, M., Ayaz, A., 2016. Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry* 17(1): 61-67. Doi: 10.18182/tjf.29700
- Van Wesenbeeck, B. K., Wolters, G., Antolínez, J. A., Kalloe, S., Hofland, B., De Boer, W., Çete, C., Bouma, T. J., 2022. Woods versus waves: Wave attenuation through non-uniform forests under extreme conditions. *Scientific Reports* 12:1884. Doi: 10.1038/s41598-022-05753-3
- Vane, C. H., Drage, T. C., Snape, C. E., Stephenson, M. H., Foster, C., 2005. Decay of cultivated apricot wood (*Prunus armeniaca*) by the ascomycete *Hypocrea sulphurea*, using solid state ¹³C NMR and off-line TMAH thermochemolysis with GC-MS. *International Biodeterioration & Biodegradation* 55(3): 175-185. Doi: 10.1016/j.ibiod.2004.11.004
- Van Rooij, A., Badel, E., Barczy, J. F., Caraglio, Y., Almeras, T., Gril, J., 2023. Modelling the growth stress in tree branches: Eccentric growth vs. reaction wood. *Peer Community Journal* 3
- Vitázek, I., Šotnar, M., Hrehová, S., Darnadyová, K., Mareček, J., 2021. Isothermal kinetic analysis of the thermal decomposition of wood chips from an apple tree. *Processes* 9(2): 195.
- Von Arx, G., Crivellaro, A., Prendin, A. L., Cufar, K., Carrer, M., 2016. Quantitative wood anatomy-Practical guidelines. *Frontiers in Plant Science*, 7: 781. Doi: 10.3389/fpls.2016.00781
- Yıldız, S., Yıldız, U. C., Tomak, E. D., 2011. The effects of natural weathering on the properties of heat-treated alder wood. *BioResources* 6(3).
- Willig, G., Brunissen, F., Brunois, F., Godon, B., Magro, C., Monteux, C., Peyrot, C., Ioannou, I., 2022. Phenolic compounds extracted from cherry tree (*Prunus avium*) branches: Impact of the process on cosmetic properties. *Antioxidants* 11(5):813. Doi: 10.3390/antiox11050813
- WSL, 2025. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. wsl.ch/land/products/dendro (Ziyaret tarihi: 27.2.2025)
- Zaurov, D. E., Molnar, T. J., Eisenman, S. W., Ford, T. M., Mavlyanova, R. F., Capik, J. M., Reed Funk, C., Goffreda, J. C., 2013. Genetic resources of apricots (*Prunus armeniaca* L.) in Central Asia. *HortScience* 48(6): 681-691
- Zheng, T., Li, P., Zhuo, X., Liu, W., Qiu, L., Li, L., Yuan, C., Sun, L., Zhang, Z., Wang, J., 2022. The chromosome-level genome provides insight into the molecular mechanism underlying the tortuous-branch phenotype of *Prunus mume*. *New Phytol.* 235:141-156. Doi: 10.1111/nph.17894
- Zimmermann, M.H., 1983. Xylem Structure and the Ascent of Sap. New York: Springer, Berlin- Heidelberg
- Zor, M., Görgün, H. V., Vaziri, M., 2021. X-ışını Kırınımı (XRD) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak kaynaklanan göknar, meşe ve kestane odununun yapısal karakterizasyonu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 23(3): 871-877. Doi: 10.24011/barofd.989542