



# İki Farklı Düzeyde Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Özelliklerinin Karşılaştırmalı Deneysel Olarak İncelenmesi

Kevser KÖKTÜRK<sup>1\*</sup> Mustafa ALTUNOK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

## Article Info

Araştırma makalesi  
Başvuru: 04/12/2024  
Düzeltilme: 07/02/2025  
Kabul: 18/02/2025

## Keywords

Wood preservation  
techniques  
Isıl işlem  
Higroskopisi  
Physical properties

## Makale Bilgisi

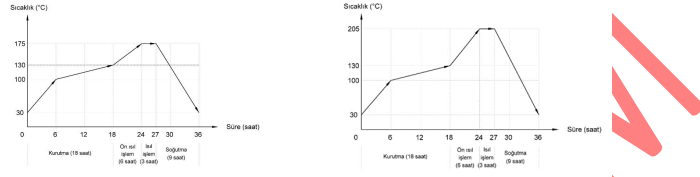
Research article  
Received: 04/12/2024  
Revision: 07/02/2025  
Accepted: 18/02/2025

## Anahtar Kelimeler

Ahşap koruma teknikleri  
Isıl işlem  
Higroskopisi  
Fiziksel özellikler

## Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışmada, iki farklı düzeyde ısıl işlem uygulanmış ahşap fiziksel özelliklerinin deneysel karşılaştırılmasına çalışılmıştır. / In this study, an experimental comparison of the physical properties of wood subjected to two different levels of heat treatment was attempted.



Şekil A: 175°C ve 205°C ısıl işlem süreç grafiği / Figure A: 175°C and 205°C heat treatment process chart

## Önemli noktalar (Highlights)

- İki farklı ahşap türüne aynı ısıl işlem kabinde ve iki farklı sıcaklıktaki işlem sürecinde ısıl işlem uygulanması./ Heat treatment of draft parts from two different wood species in the same heat treatment cabinet and in two different temperature treatment processes.
- Isıl işlem görmüş örnekler için fiziksel özellik değişimlerinin belirlenmesi./ Determination of physical property changes of heat treated samples.
- Ahşap malzemenin higroskopikliğinin ısıl işlem ile azaltılması./ Reducing the hygroscopicity of wood material by heat treatment

**Amaç (Aim):** Bu çalışmada, her iki düzeydeki sıcaklık derecesinde ve ısıl işlem uygulamasında; 175 °C lik süreçte Sarıçam ve sedir'in kimyasal yapısında normal ısıl değişim oluşurken, meşe ve Anadolu kestanesi'nde ısıl işlem etkisi meydana gelip gelmediğine, 205 °C lik süreçte ise meşe ve Anaolu kestanesi'nin kimyasal yapısında normal ısıl değişim oluşurken, daha yüksek sıcaklıkta ısıl işleme maruz kalmış Sarıçam ve sedirde nasıl bir değişimin meydana geldiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. / In this study, it was aimed to determine whether the heat treatment effect occurred in oak and Anatolian chestnut while the normal heat change occurred in the chemical structure of Scotch pine and cedar at 175 °C process at both temperature levels and heat treatment applications, and to determine what kind of a change occurred in Scotch pine and cedar exposed to heat treatment at higher temperatures while the normal heat change occurred in the chemical structure of oak and Anatolian chestnut at 205 °C process.

**Özgünlük (Originality):** Isıl işlem uygulaması ile ahşabın higroskopisini azaltılarak nem alış-veriş kabiliyetinin sönümlenmesi, boyutsal kararlılığın sağlanması, fiziksel özellik değişimlerinin azaltılması. / Reducing the hygroscopicity of wood with heat treatment application, dampening the moisture exchange ability, ensuring dimensional stability, reducing physical property changes

**Bulgular (Results):** Bu çalışmada, 175 °C sıcaklıktaki ve 205°C sıcaklıktaki aynı kabinde ısıl işlem görmüş iğne yapraklı ve yayvan yapraklı ahşap örneklerin deneylerinden elde edilen fiziksel özellik verilerinin değişim oranlarının birbirleri ile çok yakın olduğu belirlenmiştir. / In this study, it was determined that the change rates of physical property data obtained from the experiments of coniferous and broadleaf wood samples heat-treated in the same cabin at 175 °C and 205 °C were very close to each other.

**Sonuç (Conclusion):** Hem 175°C ve hem de 205°C aynı kabinde ısıl işlem gören iğne yapraklı ve yayvan yapraklı ahşap örneklerinin fiziksel özellik değişimlerinin birbirlerine yakın olduğu, her iki ahşap türü ısıl işleminin biraz daha yükseltilmiş kabin sıcaklığında (190°C) yapılabileceği ve böylece, hem iki ahşap türünde birbirine çok daha yakın ısıl işlem etkisi elde edilebileceği hem de önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabileceği mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. / It was concluded that the physical property changes of the coniferous and broadleaf wood samples heat-treated in the same cabin at both 175°C and 205°C were close to each other, and that the heat treatment of both types of wood could be done at a slightly higher cabin temperature (190°C) and thus, much closer heat treatment effects could be achieved in both types of wood and a significant amount of energy could be saved.



## İki Farklı Düzeyde Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Özelliklerinin Karşılaştırmalı Deneysel Olarak İncelenmesi

Kevser KÖKTÜRK<sup>1\*</sup> Mustafa ALTUNOK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

### Makale Bilgisi

Research article  
Received: 04/12/2024  
Revision: 07/02/2025  
Accepted: 18/02/2025

### Anahtar Kelimeler

Ahşap koruma teknikleri  
Isıl işlem  
Higroskop  
Fiziksel özellikler

### Öz

Bu çalışmada, sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), toros sediri (*Cedrus libani*), sarıçam (*Pinus silvestris*), odunlarından elde edilen taslak parçalara 175°C ve 205°C ısıtma işlemi yapılmış ve bunlardan geliştirilen deney örneklerine TS ISO 13061, TS ISO 13061-1, TS EN 4084 standartlarına göre fiziksel özelliklerden yoğunluk, rutubet, su emme, ağırlık kaybı ve boyutsal kararlılık değişimleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; aynı kabinde hem 175°C sıcaklıktaki hem de 205°C sıcaklıktaki ısıtma işlemi görmüş iğne yapraklı ve yayvan yapraklı ahşap örneklerin ahşap örneklerin deneylerinden elde edilen fiziksel özellik verilerinden yoğunluk, rutubet, su emme oranı, ağırlık kaybı, boyutsal kararlılık değişimlerinin birbirleri ile çok yakın olduğu, her iki ahşap türüne iki sıcaklığın ortalaması sıcaklıkta bir kabinde birlikte ısıtma işlemi uygulanabileceği böylece, hem iki ahşap türünde birbirine çok daha yakın ısıtma etkisi elde edilebileceği hem de önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir.

## Comparative Experimental Investigation of The Properties of Wood with Heat Treatment at Two Different Levels

### Article Info

Araştırma makalesi  
Başvuru: 04/12/2024  
Düzeltilme: 07/02/2025  
Kabul: 18/02/2025

### Keywords

Wood preservation techniques  
Heat treatment  
Hygroscoopy  
Physical properties

### Abstract

In this study, draft pieces obtained from sessile oak (*Quercus petraea* L.), Anatolian chestnut (*Castanea sativa*), Taurus cedar (*Cedrus libani*), Scots pine (*Pinus silvestris*) wood were heat treated at 175°C and 205°C, and the test samples developed from these were subjected to TS ISO 13061, TS ISO 13061-1, TS EN 4084. According to the standards, physical properties such as density, moisture, water absorption, weight loss and dimensional stability changes were determined. In conclusion; According to the physical property data obtained from the experiments of wood samples of coniferous and broad-leaved wood samples heat-treated at both 175°C and 205°C in the same cabin, density, moisture, water absorption rate, weight loss and dimensional stability changes are very close to each other, both wood types can be heat treated together in a cabin at the average temperature of the two temperatures, thus, a much closer heat treatment effect can be achieved in both wood types and a significant amount of heat treatment can be achieved. It has been determined that energy savings can be achieved.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Birçok akademik çalışmada farklı odun türlerine ait malzemenin ısıtma işlemi ile mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi, ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine mukavemet, yüzey işlemleri biyolojik zararlara karşı dayanımı araştırılmıştır. Bu araştırmalarda ısıtma işlemi görmüş odunun kimyasal ve fiziksel özellikleri kalıcı bir

şekilde değiştiği bildirilmektedir. Odunun fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özelliklerdeki değişimi hemiselülozun termik degradasyonundan dolayı meydana gelir. Nenden dolayı oluşan şişme ve daralma düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur. Konuyla ilgili literatürde yayvan yapraklı ahşabın 200 ila 250 derece arasında ve iğne yapraklı ahşabın 170 ila 190 derece arasındaki

sıcaklıklarda ısı işlem uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmada, her iki ahşap sınıfından (iğne yapraklı ve yayvan yapraklı) kaba ölçülerdeki taslak parçalara bir kabin içerisinde 175°C lik sıcaklıkta ve 205°C lik sıcaklıkta ısı işlem uygulanmıştır. Kaba ölçülü taslak parçalar arasına çıtalara konarak fırın içerisine istif edilmiş ve sıcaklığın etkisinin tüm yüzeylere eşit miktarda dağılması sağlanmıştır. Her iki sıcaklık derecesinde ve 3 saatlik uzun süreli ısı işlem uygulamasında; 175°C lik süreçte Sarıçam ve sedirin kimyasal yapısında normal ısı değişim oluşurken, meşe ve kestanede ısı işlem etkisi meydana gelip gelmediğine, 205°C lik süreçte ise meşe ve kestanenin kimyasal yapısında normal ısı değişim oluşurken, daha yüksek sıcaklıkta ısı işleme maruz kalmış Sarıçam ve sedirde fazladan nasıl bir değişimin meydana geldiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ağaç malzemeye sıcaklık ve kızgın buhar altında uygulanan ısı işlem sonucunda malzemenin içerisinde yeni kimyasal bileşikler oluşmaktadır. Bu işlem sonucunda fiziksel ve kimyasal yapıda meydana gelen değişimler ile bazı özelliklerine olumlu bazılarına da olumsuz olarak yansımaktadır. Isıl işlemde uygulanan sıcaklık derecesi ve ahşabın sıcaklığa maruz kalma süresinden dolayı odun ana bileşenleri lignin, selüloz ve hemiselülozun yapısının bozulup, odunun polimer yapısının değişmesiyle her üç tür ahşapta mekanik özelliklerde azalmalar olduğu tespit edilmiştir [1]. Üç ahşap türünden (Sarıçam, meşe, kestane) örnekler dört farklı şartta (150 °C 5s, 170°C /4s, 190 °C /3s, 210°C /2s) ısı işlem uygulandığı ve bu örneklerin üç farklı iklim şartında (20°C /%65, 40°C /%35, 10°C /%50) münavebeli olarak bekletilip test ve ölçümlerin uygulandığı bu çalışma sonuçlarına göre; her üç ahşap türünde de yoğunluk, ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik (yalıtkanlık) bakımından en düşük değerlerin 40°C /%35 iklim şartında elde edildiği görülmektedir. Bu iklim şartında bekletme ahşabı iyice kuruttuğu için öz yükünün hafiflediği ve birçok olumsuzluğa sebep olan rutubetin azaldığı, ahşabın rutubete dayalı ısı iletkenliğinin zayıfladığı tespit edilmiştir. Eğilme direnci ve elastiklik modülü değerlerinin en yüksek değerlerin 40°C /%35 iklim şartında elde edildiği görülmektedir. Bu iklim şartında bekletme ahşabı iyice kuruttuğu için birçok olumsuzluğa sebep olan rutubetin azaldığı, ahşabın rutubete dayalı mekanik özellik zayıflamasının ortadan kalktığı ya da direnç değerlerinin iyice yükseldiği bu iklim şartının sağladığı avantajlardan dolayı ahşap kullanımlarında her zaman öncelikli olarak önerilebilir [2]. Isıl işlem görmüş ahşap daha estetik görünüme ve çevre dostu yenilenebilir malzemeye sahiptir. Isıl işlem görmüş ahşap malzemenin olumsuz özelliklerinden biri de mekanik dayanımının düşük olmasıdır. Literatürde ahşap

malzemenin ısı işlem öncesi bazı kimyasallarla emprenye edilmesinin ısı bozunumunu azalttığı bildirilmiştir [5]. Isıl işlemin alternatif bir odun koruma ve bir odun modifikasyon yöntemi olarak ele alınması gerektiği bildirilmiştir. Dış ortama yâda çürümeye karşı daha iyi bir koruma arzu edildiğinde ısı işlem sıcaklığı 200°C üzerinde, iç mekânlarda kullanımlar için ise 200°C altındaki sıcaklıklarda uygulanması önerilmiştir [3]. Isıl işlem sonrasında kayın ve meşe odunlarının fiziksel, mekanik, morfolojik ve termal özelliklerinden elde edilen sonuçlara göre, yoğunluk, su alma değerlerinin ısı işlemle birlikte düştüğü saptanmıştır. Bu sonuçlara dayanarak ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin daha az su absorbe ettiği bildirilmiştir [4]. Isıyla muameleyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı odunun biyolojik dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bunun üç temeli bulunmaktadır. Kavak, ladin ve köknar odunun yapısında doğal olarak bulunan suyun buharlaşması, mevcut hidroksil gruplarının azalması ve bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı olduğu belirlenmiştir [6]. Ahşabın doğal bir malzeme olduğu ve binlerce yıldır yapı malzemesi olarak kullanılmakta olduğu bildirilmiştir. Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında düşük karbon ayak izi sayesinde ahşap, beton ve çelik yapılardan daha çok tercih edilmesi önerilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, beton ve çelik yerine ahşap seçilmesi halinde karbon ayak izinin önemli ölçüde azalacağı, 1 m3 ahşabın yaklaşık 1 ton CO<sub>2</sub> içerdiği, beton ve çelik yerine ahşap kullanılarak CO<sub>2</sub> ayak izinin daha iyileştirilebileceği bildirilmiştir [7].

Isıl işlem sıcaklığının artışına göre ağırlık kaybı, yoğunluk kaybı, rutubet miktarının arttığı ve su emme kabiliyetinin azaldığı bildirilmektedir [8].

## 2. MATERYAL ve METOD (MATERIALS AND METHODS)

### 2.1. Deneysel Ekipman (Experimental Equipment)

Bu çalışmada ağaçları endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve yerli üretim olan birinci sınıf Sapsız meşe (*Quercus petraea*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), Toros Sediri (*Cedrus libani*), Sarıçam (*Pinus silvestris*) keresteleri rasgele yöntemle Ankara Keresteciler Sitesinden temin edilmiştir. Piyasadan rasgele yöntemle temin edilen taslak ölçülerdeki dört ayrı türden ahşap latalara aynı süreçte olmak üzere 175°C ve 205°C ısı işlem uygulanmış ve bu malzemenin standartların öngördüğü ölçülerde test ve ölçüm örnekleri Tablo 1'de verilen ölçü ve sayıda kesilerek hazırlanmıştır.



**Resim 1.** Isıl işlem fırınında istifleme (Stacking in heat treatment furnace)

## 2.2. Isıl İşlem Yöntemi (Heat-treatment method)

Birinci aşamada; her dört ahşap türünden Tablo 1'deki örneklere yetecek kadar taslak parçalar ısıtma fırınına aralarına çita konarak yerleştirilmiş ve 175 °C sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulanmıştır. İkinci aşamada; her dört ahşap türünden Tablo 1'deki

örneklere yetecek kadar taslak parçalar ısıtma fırınına aralarına çita konarak yerleştirilmiş ve 205 °C sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada irdelenen dört ahşap türünün Tablo 2'de verilen fiziksel özellikleri karşılığında yer alan standartlara göre belirlenmiştir.

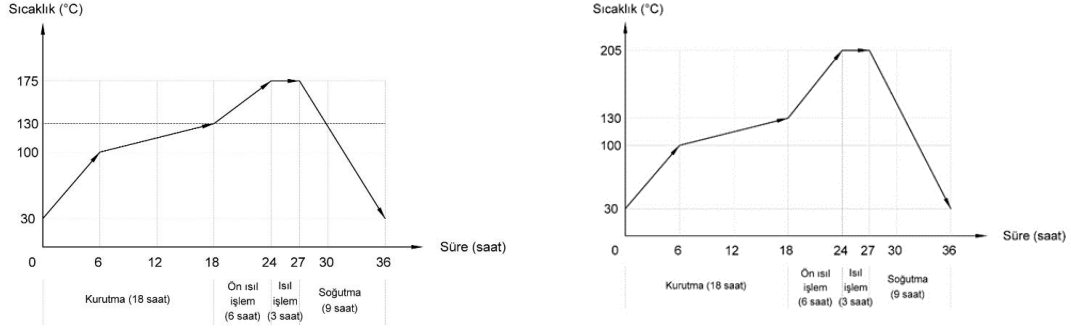
**Tablo 1.** Isıl işlem uygulanacak ahşap malzeme deney deseni (Experimental pattern of wood material to be heat treated)

Ahşap örneklerin özellik, ölçü ve sayıları				Örneklere uygulanan işlem		
Ahşap türü	Test / ölçüm	Boyutlar (mm)	Toplam örnek	Kontrol	175°C	205°C
Sedir Sarıçam Meşe Anadolu Kestanesi	Yoğunluk	20x20x30	15	5	5	5
	Rutubet	20x20x30	15	5	5	5
	Su emme	20x20x30	15	5	5	5
	Boyutsal kararlılık	20x20x30	15	5	5	5
	Ağırlık kaybı	20x20x30	15	5	5	5
	<b>Toplam</b>			<b>75</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Not: Yukarıda verilen örnek sayısı sadece bir ahşap türü için geçerli olup, 4 ahşap türü için aynı sayıda örnek hazırlanmıştır (Toplam 75 x 4 = 300 adet).

**Tablo 2.** Dört ahşap türünde irdelenen bazı fiziksel özellikler (Some physical properties examined in four wood species)

Fiziksel Özellikler	
Yoğunluk	TS ISO 13061
Rutubet Tayini	TS ISO 13061-1
Su emme	TS EN 4084
Boyutsal kararlılık	TS EN 4084
Ağırlık kaybı	



**Şekil 1.** 175°C ısıtma işlem süreci grafiği ve 205°C ısıtma işlem süreci grafiği (175°C heat treatment process chart and 205°C heat treatment process chart)

Her iki adımdaki ısıtma işlemi Şekil 1’ de görülen süreçte gerçekleştirilmiştir. Isıtma işlem süreci ; ahşabın kurutulması,ısıtma işlemi uygulama,ve soğutma basamaklarından oluşmaktadır.

Ahşabın kurutulması; 130°C ye kadar ısıyı yavaş yavaş artırarak uzun süre ahşap malzeme kurutulmuştur. Isıtma işlemi uygulama ; önce artan bir sıcaklıkta ön ısıtma işlemi ve daha sonra sabit sıcaklıkta 175°C ve 205°C ısıtma işlemi uygulanır. Bu süreçte fırın içerisine dakikada 15 saniye su püskürtülerek ahşabın alev alması önlenmiş ve iç gerilme azaltılmıştır. Soğutma; fırın sıcaklığı 30 °C ye ininceye kadar yine su püskürtülerek soğutulmuştur. Toplamda her bir fırın ısıtma işlem süresi 36 saatte gerçekleşmiştir.

### 2.3. İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis)

Farklı sıcaklıklarda ve iğne yapraklı ahşap türü ile yayvan yapraklı ahşap türlerinin aynı kabin ortamında ısıtma işlem uygulamanın ahşap

malzemelerde bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla MSTAT - C programında  $p \leq 0,05$  önem düzeyinde çoklu varyans analizi yapılmıştır. Ağaç türü ve işlem çeşidinin test edilmiş özellikler üzerindeki etkisi anlamlı bulunduğu homojenlik gruplarını belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır.

### 3. RESULTS (BULGULAR)

Dört ahşap türüne birisi kontrol ve ikisi ısıtma işlem olmak üzere üç işlem uygulanması sonunda elde edilen bazı fiziksel özellik sonuçları aşağıda verilmiştir.

**3.1. Yoğunluk değişimi** (Change of specific gravity) Dört ahşap türünden örneklerin kontrol ve iki ısıtma işleminden sonraki yoğunluk değerlerine ilişkin ortalamalar, ahşap ve ısıtma işlemi ikili etkileşimine ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait homojenlik grupları Tablo 3’ te verilmiştir.

**Tablo 3.** Ahşap türü ve işlem bakımından yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>) karşılaştırmaları ve homojenlik grupları (Density (g/cm<sup>3</sup>) comparisons and homogeneity groups by wood type and process)

Ahşap Türü	Ortalama	HG.
Meşe	0,761	A
Sarıçam	0,595	B
Anadolu Kestanesi	0,506	C
Sedir	0,481	D
İşlem	Ortalama	HG.
Kontrol	0,643	A
175 °C	0,591	B
205 °C	0,516	C
Not: Aynı HG içinde olmayan ortalamalar anlamlı derecede farklıdır		

Ahşap x işlem	Ortalama	HG.
Meşe kontrol	0,872	A
Meşe 175°C	0,704	B
Meşe 205°C	0,678	C
Sarıçam Kontrol	0,576	C
Sarıçam 175°C	0,569	C
Sarıçam 205°C	0,564	CD
Sedir Kontrol	0,564	CD
Anadolu Kestanesi Kontrol	0,542	DE
Anadolu Kestanesi 175°C	0,466	E
Anadolu Kestanesi 205°C	0,460	F
Sedir 175°C	0,446	F
Sedir 205°C	0,434	F

**Tablo 4.** Yoğunluğa ilişkin varyans analizi (Analysis of variance on density)

Kaynaklar	SD	Kareler toplamı	% Katkı	Ortalama kareler	F-Değeri	Olasılık
Ahşap Türü	3	0,72108	71,91%	0,240362	544,22	0,000
İşlem	2	0,16276	16,23%	0,081380	184,26	0,000
Ahşap x İşlem	6	0,09772	9,75%	0,016287	36,88	0,000
Hata	48	0,02120	2,11%	0,000442		
Toplam	59	1,00276	100,00%			

Bu ahşap türleri, ısıtma işlem ve bunların ikili etkileşimine ait varyans analizi Tablo 4' te verilmiştir. Tablo 3'te ahşap türü bakımından; en yüksek yoğunluk meşede ve daha sonra sırasıyla Sarıçam, Anadolu kestanesi, sedirde, işlem bakımından; en yüksek kontrol, daha sonra sırasıyla 175°C ve 205°C'lik ısıtma işlemli örneklerde bulunmuştur. Aynı zamanda bu iki faktörün ikili etkileşiminde; en yüksek yoğunluk meşe-kontrol örneklerinde, daha sonra meşe-175°C ısıtma işlemli örneklerde bulunmuştur. Kontrol örneklerindeki yoğunluklara göre her bir ahşap türünün yoğunluğu ısıtma işlem görmüş örneklerde azaldığı ve ısıtma işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluğun daha da azaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, ısıtma işlem ile ahşap dokuda yer alan hemiselülozların ve ekstraktif maddelerin buharlaşmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 4'teki varyans analizinde ise, ahşap türü, işlem çeşidi ve bunların ikili etkileşimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür. Yoğunluk değişimine en yüksek katkı %71,91 oranda ahşap, daha sonra %16,23 oranla işlem ve %9,75 oranla ikili etkileşimin katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

### 3.2. Rutubet değişimi (Change of moisture)

Dört ahşap türünden örneklerin kontrol ve iki ısıtma işlemden sonraki rutubet değerlerine ilişkin sonuçların ortalamaları, ahşap ve ısıtma işlem ikili

etkileşimine ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait homojenlik grupları Tablo 5' te verilmiştir. Tablo 5'te ahşap türü bakımından; en yüksek rutubet meşede ve daha sonra sırasıyla Sarıçam, Anadolu kestanesi ve sedirde, işlem bakımından; en yüksek kontrol, daha sonra sırasıyla 175°C ve 205°C'lik ısıtma işlemde bulunmuştur. Aynı zamanda bu iki faktörün ikili etkileşiminde; en yüksek yoğunluk sırasıyla sedir-kontrol, meşe-kontrol, Anadolu kestanesi-kontrol ve Sarıçam-kontrol örneklerinde bulunmuştur. Daha sonra Sarıçam-175°C ısıtma işlemli örneklerde bulunmuştur. Kontrol örneklerindeki rutubete göre her bir ahşap türünün rutubeti ısıtma işlem görmüş örneklerde azaldığı ve ısıtma işlem sıcaklığı arttıkça rutubetin daha da azaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, ısıtma işlemin ahşabın higroskopik özelliğini azaltmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu ahşap türleri, ısıtma işlem ve bunların ikili etkileşimine ait rutubet miktarı varyans analizi Tablo 6' da verilmiştir. Tablo 6'daki varyans analizinde ise, ahşap türü, işlem çeşidi ve bunların ikili etkileşimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür. [8] nolu literatür çalışması sonuçları ile örtüşmektedir. Rutubet değişimine (azalmasına) en büyük katkı %89,72 oranla ısıtma işlem, daha sonra %3,87oranla ahşap-işlem ikili etkileşimi ve %1,03 oranla ahşabın katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Ahşap türü ve işlem bakımından rutubet (%) karşılaştırmaları ve homojenlik grupları ((Moisture (%) comparisons and homogeneity groups in terms of wood type and treatment)

Ahşap Türü	Ortalama	HG.	Ahşap x işlem	Ortalama	HG.
Meşe	8,724	A	Sedir Kontrol	14,370	A
Sarıçam	8,140	AB	Meşe Kontrol	13,744	A
Anadolu Kestanesi	7,824	AB	Anadolu Kestanesi Kontrol	13,210	A
Sedir	7,662	B	Sarıçam Kontrol	12,138	A
			Sarıçam 175°C	7,780	B
<b>İşlem</b>	<b>Ortalama</b>	<b>HG.</b>	Sarıçam 205°C	6,256	BC
<b>Kontrol</b>	13,365	A	Meşe 175°C	5,724	BCD
<b>175 °C</b>	6,175	B	Sedir 175°C	5,608	BCD
<b>205 °C</b>	4,723	C	Anadolu Kestanesi 175°C	5,590	BCD
			Sedir 205°C	4,444	CD
Not: Aynı HG içinde olmayan ortalamalar anlamlı derecede farklıdır			Anadolu Kestanesi 205°C	4,188	CD
			Meşe 205°C	4,006	D

**Tablo 6.** Rutubete ilişkin varyans analizi (Variance analysis related to humidity)

Kaynaklar	SD	Kareler toplamı	% Katkı	Ortalama kareler	F-Değeri	Olasılık
Ahşap Türü	3	9,881	1,03%	3,294	3,08	0,036
İşlem	2	856,564	89,72%	428,282	400,63	0,000
Ahşap x İşlem	6	36,905	3,87%	6,151	5,75	0,000
Hata	48	51,313	5,38%	1,069		
Toplam	59	954,662	100,00%			

**3.3.Su emme değişimi** (Change of water absorption)

Dört ahşap türünden örneklerin kontrol ve iki ısı işleminden sonraki su emme değerlerine ilişkin

sonuçların ortalamaları, ahşap ve ısı işlem ikili etkileşimine ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait homojenlik grupları Tablo 7' de verilmiştir.

**Tablo 7.** Ahşap türü ve işlem bakımından su emme miktarları karşılaştırmaları ve homojenlik grupları (Comparisons of water absorption amounts and homogeneity groups according to wood type and process)

Ahşap Türü	Ortalama	HG.
Sarıçam	3,598	A
Meşe	3,381	A
AnadoluKestanesi	2,713	B
Sedir	2,578	B
İşlem	Ortalama	HG.
Kontrol	4,170	A
175°C	3,169	B
205°C	1,863	C
Not: Aynı HG içinde olmayan ortalamalar anlamlı derecede farklıdır		

Ahşap x işlem	Ortalama	HG.
Meşe Kontrol	5,040	A
Sarıçam Kontrol	4,798	AB
Meşe 175°C	3,858	ABC
Sarıçam 175°C	3,474	BC
Anadolu Kestanesi Kontrol	3,432	BC
Sedir Kontrol	3,412	BC
Anadolu Kestanesi 175°C	2,852	CD
Sarıçam 205°C	2,524	CDE
Sedir 175°C	2,494	CDE
Anadolu Kestanesi 205°C	1,856	DE
Sedir 205°C	1,828	DE
Meşe 205°C	1,246	E

**Tablo 8.** Su emme miktarlarına ilişkin varyans analizi (Variance analysis of water absorption amounts)

Kaynaklar	S D	Kareler toplamı	% Katkı	Ortalama kareler	F-Değeri	Olasılık
Ahşap Türü	3	11,185	11,70%	3,7284	8,51	0,000
İşlem	2	53,533	55,98%	26,7663	61,12	0,000
Ahşap x İşlem	6	9,881	10,33%	1,6468	3,76	0,004
Hata	48	21,021	21,98%	0,4379		
Toplam	59	95,620	100,00%			

Tablo 7’de ahşap türü bakımından; en yüksek su emme miktarındaki değişimi (azalma) Sarıçam ve meşede, daha sonra Anadolu kestanesi ve sedirde, işlem bakımından; en yüksek kontrol, daha sonra sırasıyla 175°C ve 205°C’lik ısıtma işlemde bulunmuştur. Anadolu kestanesi ve sedirde değişim oranının az olmasının nedeni ısıtma işleminin bu ahşap türlerinde higroskopikliği azaltma etkisinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aynı zamanda bu iki faktörün ikili etkileşiminde en yüksek su emme miktarı meşe-kontrol daha sonra Sarıçam-kontrol örneklerinde bulunmuştur. Isıtma işlemli örneklerden en yüksek meşe-175C bulunmuştur. Kontrol örneklerindeki su emme miktarına göre her bir ahşap türünün su emme özelliği ısıtma işlem görmüş örneklerde azaldığı ve ısıtma işlem sıcaklığı arttıkça su emme özelliğinin daha da azaldığı tespit edilmiştir.

Bunun nedeni, ısıtma işleminin ahşabın higroskopik özelliğini azaltmasından ısıtma işlem görmüş

örneklerin ısıtma işleminden sonra doğal hallerindeki kadar rutubet absorbe edememesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 8’deki varyans analizinde ise, ahşap türü, işlem çeşidi ve bunların ikili etkileşimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür.

Su emme değişimine (azalmasına) en büyük katkı %55,98 oranla ısıtma işlem, daha sonra %11,70 oranla ahşap ve %10,33 oranla ahşap-işlem ikili etkileşimi katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

### 3.4.Ağırlık değişimi (Weight change)

Dört ahşap türünden örneklerin kontrol ve iki ısıtma işleminden sonraki ağırlık değişimine ilişkin sonuçların ortalamaları, ahşap ve ısıtma işlem ikili etkileşimine ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait homojenlik grupları Tablo 9’ da verilmiştir.



**Tablo 9.** Ahşap türü ve işlem bakımından ağırlık değişimi (g) değerleri karşılaştırmaları ve homojenlik grupları (Comparisons of weight change (g) values and homogeneity groups in terms of wood type and process)

Ahşap Türü	Ortalama	HG.
Meşe	9,112	A
Sarıçam	6,634	B
Sedir	6,095	C
Anadolu Kestanesi	5,698	D
İşlem	Ortalama	HG.
Kontrol	7,512	A
175°C	7,003	B
205°C	6,139	C
Not: Aynı HG içinde olmayan ortalamalar anlamlı derecede farklıdır		

Ahşap x işlem	Ortalama	HG.
Meşe Kontrol	5,040	A
Sarıçam Kontrol	4,798	AB
Meşe 175°C	3,858	ABC
Sarıçam 175°C	3,474	BC
Anadolu Kestanesi Kontrol	3,432	BC
Sedir Kontrol	3,412	BC
Anadolu Kestanesi 175°C	2,852	CD
Sarıçam 205°C	2,524	CDE
Sedir 175°C	2,494	CDE
Anadolu Kestanesi 205°C	1,856	DE
Sedir 205°C	1,828	DE
Meşe 205°C	1,246	E

**Tablo 10.** Ağırlık değişimi değerlerine ilişkin varyans analizi (Variance analysis of weight change values)

Kaynaklar	S D	Kareler toplamı	% Katkı	Ortalama kareler	F-Değeri	Olasılık
Ahşap Türü	3	105,854	79,69%	35,2847	379,99	0,000
İşlem	2	19,268	14,51%	9,6341	103,75	0,000
Ahşap x İşlem	6	3,257	2,45%	0,5428	5,85	0,000
Hata	48	4,457	3,36%	0,0929		
Toplam	59	132,836	100,00%			

Bu ahşap türleri, ısıtma işlemi ve bunların ikili etkileşimine ait ağırlık değişimi varyans analizi Tablo 10' da verilmiştir. Tablo 9' da ahşap türü bakımından; en yüksek ağırlık değişim miktarı meşede, daha sonra sırasıyla Sarıçam, sedir ve Anadolu kestanesi'nde, işlem bakımından; en yüksek kontrol örneklerinde, daha sonra sırasıyla 175°C ve 205°C'lik ısıtma işlemde bulunmuştur. Aynı zamanda bu iki faktörün ikili etkileşiminde en yüksek ağırlık değişim miktarı meşe-kontrolde daha sonra Sarıçam-kontrol örneklerinde bulunmuştur. Isıtma işlemli örneklerden en yüksek meşe-175°C örneklerinde bulunmuştur. Kontrol örneklerindeki ağırlık değişim miktarına göre her bir ahşap türünün ağırlık değişiminin ısıtma işlem görmüş örneklerde azaldığı ve ısıtma işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık değişim miktarının daha da azaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin, ısıtma işlemi ile ahşap dokuda yer alan hemiselülozların ve ekstraktif

maddelerin buharlaşması ile yoğunluk azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 10'daki ağırlık değişimi varyans analizinde ise, ahşap türü, işlem çeşidi faktörlerinin ve bunların ikili etkileşimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür.

Ağırlık değişimine (kaybına) en büyük katkı %79,69 oranla ahşap, daha sonra %14,51 oranla işlem ve %2,45 oranla ahşap-işlem ikili etkileşimi katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

### 3.5. Boyutsal değişim - kararlılık (Dimensional change – stability)

Dört ahşap türünden örneklerin kontrol ve iki ısıtma işleminden sonraki boyutsal değişimlerine ilişkin sonuçların ortalamaları, ahşap ve ısıtma işlemi ikili etkileşimine ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait homojenlik grupları Tablo 11' de verilmiştir.

**Tablo 11.** Ahşap türü ve işlem bakımından boyutsal değişim (%) değerleri karşılaştırmaları ve homojenlik grupları (Dimensional change (%) values comparisons and homogeneity groups in terms of wood type and process)

Ahşap Türü	Ortalama	HG.	Ahşap x işlem	Ortalama	HG.
Meşe	5,197	A	Sedir Kontrol	7,766	A
Sarıçam	4,268	B	Meşe Kontrol	7,706	A
Sedir	4,168	B	Meşe 175°C	5,836	B
Anadolu Kestanesi	2,819	C	Sarıçam Kontrol	4,834	BC
			Sarıçam 175°C	4,306	BCD
			Sarıçam 205°C	3,664	CDE
<b>İşlem</b>	<b>Ortalama</b>	<b>HG.</b>	Anadolu Kestanesi Kontrol	3,610	CDEF
<b>Kontrol</b>	5,979	A	Anadolu Kestanesi 175°C	2,920	DEF
<b>175 °C</b>	3,876	B	Sedir 175°C	2,442	EF
<b>205 °C</b>	2,485	C	Sedir 205°C	2,298	EF
			Meşe 205°C	2,050	EF
			Anadolu Kestanesi 205°C	2,011	EF
Not: Aynı HG içinde olmayan ortalamalar anlamlı derecede farklıdır					

**Tablo 12.** Boyutsal değişime (kararlılık) ilişkin varyans analizi (Analysis of variance for dimensional change (stability))

Kaynaklar	S D	Kareler toplamı	% Katkı	Ortalama kareler	F- Değeri	Olasılık
Ahşap Türü	3	43,15	16,32%	14,3824	22,61	0,000
İşlem	2	123,77	46,81%	61,8851	97,31	0,000
Ahşap x İşlem	6	66,95	25,32%	11,1591	17,55	0,000
Hata	48	30,53	11,55%	0,6360		
Toplam	59	264,40	100,00%			

Tablo 11’de ahşap türü bakımından; en yüksek boyut değişimi miktarı meşede, daha sonra sırasıyla Sarıçam, sedir ve Anadolu kestanesi’nde, işlem bakımından; en yüksek kontrol örneklerinde, daha sonra sırasıyla 175°C ve 205°C’lik ısıl işlemde bulunmuştur. Aynı zamanda bu iki faktörün ikili etkileşiminde en yüksek boyut değişimi miktarı sedir-kontrol ve meşe-kontrol örneklerinde bulunmuştur. Isıl işlemler örneklerden en yüksek meşe-175°C bulunmuştur. Kontrol örneklerindeki boyut değişimi miktarına göre her bir ahşap türünün boyut değişimi ısıl işlem görmüş örneklerde azaldığı ve ısıl işlem sıcaklığı arttıkça boyut değişimi miktarının daha da azaldığı tespit edilmiştir.

Bunun nedeni, ısıl işlemin ahşabın higroskopik özelliğini azaltmasından ısıl işlem görmüş örneklerin ısıl işlemden sonra doğal hallerindeki kadar rutubet absorbe edememesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 12’deki boyut değişim varyans analizinde ise, ahşap türü, işlem çeşidi faktörlerinin ve bunların ikili etkileşimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür.

Boyutsal değişime (kararlılığa) en büyük katkı %46,81 oranla ısıl işlem, daha sonra %25,32 oranla ahşap-işlem ikili etkileşimi ve %16,32 oranla ahşabın katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Her iki ısıl işlem düzeyindeki sıcaklık derecesinde (175°C - 205°C) ve 3 saatlik uzun süreli ısıl işlem uygulamasından sonraki örneklerin fiziksel özelliklerindeki değişimler incelendiğinde;

Tablo 13’te tüm fiziksel özellik değerlerinin kendi kontrol örneklerin değerlerine göre azalarak değiştiği görülmektedir.

Yoğunluk değişimi , rutubet değişimi, su emme değişimi , ağırlık değişimi, boyutsal değişim (kararlılık) aşağıdaki şekildedir.

**Tablo 13.** Ahşap türlerinde ısıtılma göre fiziksel özellik değişimleri (Physical property changes in wood species according to heat treatment)

Fiziksel Özellikler	Ahşap	Kontrol	175 °C	Değişim - % (175°C /Kontrol)	205 °C	Değişim - % (205°C /Kontrol)
Yoğunluk	Sedir	0,564	0,446	-20,9	0,434	-23,1
	Sarıçam	0,576	0,569	-1,2	0,564	-2,1
	Meşe	0,872	0,704	-19,2	0,678	-22,2
	Anadolu kestanesi	0,542	0,466	-14,1	0,460	-15,1
Rutubet	Sedir	14,370	5,608	-60,9	4,444	-69,1
	Sarıçam	12,138	7,780	-35,9	6,256	-48,4
	Meşe	13,744	5,724	-58,3	4,006	-70,8
	Anadolu kestanesi	13,210	5,590	-57,6	4,188	-68,2
Su emme	Sedir	3,412	2,494	-26,9	1,828	-46,4
	Sarıçam	4,798	3,474	-27,5	2,524	-47,3
	Meşe	5,040	3,858	-23,4	1,246	-67,7
	Anadolu kestanesi	3,432	2,852	-16,8	1,856	-45,9
Ağırlık kaybı	Sedir	3,412	2,494	-26,9	1,828	-46,4
	Sarıçam	4,798	3,474	-27,5	2,524	-47,3
	Meşe	5,040	3,858	-23,4	1,246	-75,2
	Anadolu kestanesi	3,432	2,852	-16,8	1,856	-45,9
Boyutsal kararlılık	Sedir	7,766	2,442	-68,5	2,298	-70,4
	Sarıçam	4,834	4,306	-10,9	3,664	-24,2
	Meşe	7,706	5,836	-24,2	2,050	-73,3
	Anadolu kestanesi	3,610	2,920	-19,1	2,011	-44,29

**Rutubet değişimi** (Change of moisture): 175°C'lik ısıtılma sürecinde iğne yapraklılardan Sarıçam ve sedirin rutubet değişim ortalaması %48,4 iken, yayvan yapraklılardan meşe ve Anadolu kestanesi'nin rutubet değişim ortalaması %57,9 olarak (yaklaşık %10 fazlası) gerçekleşmiştir. 205 °C lik ısıtılma sürecinde bu rutubet değişimi Sarıçam ve sedirde ortalama %58,7 olurken meşe ve Anadolu kestanesi'nde %59,5 olarak gerçekleşmiştir. Her iki ahşap türündeki rutubet ortalama değişimi 175°C'lik ve 205°C'lik süreçte birbirlerine yakın ve ısıtılma sıcaklığı artışına bağlı olarak rutubet değişimi %7-8 oranında daha da azalmıştır. Bir başka ifade ile; ısıtılma işlemi ahşabın daha düşük düzeyde rutubet dengesi kurmasına neden olmuştur. Bu durumda ısıtılma işlemi görmüş ahşabın mevcut hidroksil gruplarının azaldığı ve buna bağlı olarak daha az su absorbe ettiği

söylenbilir. Bu sonuç [4], [6] ve [8] nolu literatür çalışmalarının sonuçları ile örtüşmektedir.

**Su emme değişimi** (Change of water absorption): 175°C'lik ısıtılma sürecinde iğne yapraklılardan Sarıçam ve sedirin su emme kabiliyeti değişim ortalaması %27,2 iken, yayvan yapraklılardan meşe ve Anadolu kestanesi'nin su emme kabiliyeti değişim ortalaması %20,1 olarak (yaklaşık %7 daha az) gerçekleşmiştir. Meşe ve Anadolu kestanesi'nde su emme kabiliyeti değişiminin düşük çıkmasının nedeni ısıtılma sıcaklığının düşük olmasından ve meşe ve Anadolu kestanesi'ne ısıtılma etkisinin düşük kalmasından kaynaklandığı söylenbilir. 205°C' lik ısıtılma sürecinde bu su emme kabiliyeti değişimi Sarıçam ve sedirde ortalama %46,8 olurken, meşe ve Anadolu kestanesi'nde %56,8 olarak (yaklaşık %10 fazlası) gerçekleşmiştir. Her iki ahşap türündeki su emme

kabiliyeti ortalama değişimi 175°C'lik ve 205°C'lik süreçte birbirlerine yakın ve ısı işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak %8-10 oranında daha da azalmıştır. Bu durumda, ısı işlem görmüş ahşabın mevcut hidroksil gruplarının azaldığı ve buna bağlı olarak daha az su absorbe ettiği, buna bağlı olarak da su emme kabiliyetinin azaldığı söylenebilir. Bu sonuç [4], [6] ve [8] nolu çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir.

**Ağırlık değişimi** (Weight change): 175°C lik ısı işlem sürecinde iğne yapraklılardan Sarıçam ve sedirin ağırlık değişimi ortalaması %27,2 iken, yayvan yapraklılardan meşe ve Anadolu kestanesi'nin ağırlık değişim ortalaması %20,1 olarak (yaklaşık %7 daha az) gerçekleşmiştir. Meşe ve Anadolu kestanesi'nde ağırlık kaybının düşük çıkmasının nedeni ısı işlem sıcaklığının düşük olmasından ve meşe ve Anadolu kestanesi'ne ısı işlem etkisinin düşük kalmasından kaynaklandığı söylenebilir. 205°C lik ısı işlem sürecinde bu ağırlık değişimi Sarıçam ve sedirde ortalama %46,8 olurken, meşe ve Anadolu kestanesi'nde %60,5 olarak gerçekleşmiştir. Her iki ahşap türündeki ağırlık kaybı ortalama değişimi 175°C'lik süreçte ve 205°C'lik süreçte birbirlerine yakın ve ısı işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak ağırlık değişimi %10-14 oranında daha da artmıştır. Bir başka ifade ile; kontrol örneklerinin ağırlığına göre ısı işlem görmüş örneklerin ağırlığı daha da azalmış, ısı işlem sıcaklığına bağlı olarak işlem görmüş örneklerin ağırlık farkları da ortaya çıkmıştır. Bu durumda, ısı işlem görmüş ahşabın mevcut hemiselülozlarının ve ekstraktif maddelerinin ısı işleminde buharlaşarak madde kaybına uğradığı (azaldığı) ve buna bağlı olarak yoğunluğun ve ağırlığın azaldığından kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuç [2],[4] ve [8] nolu çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir.

**Boyutsal değişim - kararlılık** (Dimensional change – stability): 175°C'lik ısı işlem sürecinde iğne yapraklılardan Sarıçam ve sedirin boyutsal değişim ortalaması %39,7 iken, yayvan yapraklılardan meşe ve Anadolu kestanesi'nin boyutsal değişim ortalaması %21,6 olarak (yaklaşık %18 daha az) gerçekleşmiştir. Meşe ve Anadolu kestanesi'nde boyutsal değişimin düşük çıkmasının nedeni ısı işlem sıcaklığının düşük olmasından ve meşe ve Anadolu kestanesi'ne ısı işlem etkisinin düşük kalmasından kaynaklandığı söylenebilir. 205°C' lik ısı işlem sürecinde bu boyutsal değişim Sarıçam ve sedirde ortalama %47,3 olurken, meşe ve Anadolu kestanesi'nde %58,7 olarak gerçekleşmiştir. Her iki ahşap türündeki boyutsal değişim ortalaması

175°C'lik ve 205°C'lik süreçte birbirlerine yakın ve ısı işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak boyutsal değişim %10 civarında daha da azalmış ve kararlılık artmıştır. Bu durumda, ısı işlem görmüş ahşabın mevcut hidroksil gruplarının azalacağı ve buna bağlı olarak daha az su absorbe edeceği ve boyutsal değişimin daha azalacağı söylenebilir. Bu sonuç [4],[6] ve [8] nolu çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir.

Sonuç olarak, iki farklı sıcaklık derecesinde (175°C -205°C) ayrı ayrı, aynı fırın kabinde ısı işlem görmüş iğne yapraklı ve yayvan yapraklı ahşap türlerinin fiziksel özellik deneysel sonuçlarının birbirleri ile karşılaştırmalarında kontrol örnekleri değerlerine göre azalarak değişim oranlarının birbirlerinden çok fazla olmadığı tespit edilmiştir. Isı işlem ile ilgili literatür incelendiğinde; iğne yapraklı ahşap türü için fırın sıcaklığının 170°C-190°C arasında, yayvan yapraklı ahşap türü için 200°C-220°C derecenin ideal olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen deneysel sonuçlar; hem 175°C ve hem de 205°C aynı kabinde ısı işlem göre iğne yapraklı ve yayvan yapraklı ahşap örneklerinin fiziksel özellik değişimlerinin birbirlerine yakın olduğu, her iki ahşap türü ısı işleminin biraz daha yükseltilmiş kabin sıcaklığında (190°C) yapılabileceği ve böylece, hem iki ahşap türünde birbirine çok daha yakın ısı işlem etkisi elde edilebileceği hem de önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabileceği mümkün olabilecektir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu araştırma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2024-9547 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. / This research was supported by Gazi University Scientific Research Projects Unit under project number FYL-2024-9547.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The authors of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval or legal-specific permission.

**YAZARLARIN KATKILARI** (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Kevser KÖKTÜRK:** Deneylei yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

She conducted the experiments, analyzed the results, and completed the writing process of the article.

**Mustafa ALTUNOK:** Deneylein yapımına, sonuçların analizine ve makalenin yazımına katkıda bulunmuştur

He contributed to the conduct of experiments, analysis of results, and writing of the article.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI** (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

**KAYNAKLAR** (REFERENCES)

- [1] Altunok M., Güneş M. (2022) . Ön Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Kirişlerin Farklı İklim Şartlarındaki Mekanik Davranışlarının İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, GU J Sci, Part C, 10(2): 300-313).
- [2] Altunok M. ,Bülbül R., Güneş M. (2023). Farklı Isıl İşlem ve Klimatik Uygulamanın Yapısal Ahşabın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi ,Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi11(1):263-272.
- [3] Aydemir D., Gündüz G.(2009). Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi Cilt:11,Sayı:15,71-81.
- [4] Bürüç D., Aydemir G., Bakır K. (2019). Doğu Kayını ve Saplı Meşe Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi ,21(3): 713-721.
- [5] Doruk Ş., Altunok M., Perçin O. (2010), Emprenye ve Isıl İşlemin Ahşap Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri , Politeknik Dergisi, 2023; 26(4).
- [6] Fengel D and Wegener G.(1989) , Wood : Chemistry, Ultrastructure Reactions Walter De Germany.
- [7] Flanagan, (2017) , Kompozit Ahşap Kuleler, 80 Katlı Ahşap Gökdelen Projesi. Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 5 (s. 179-192). İstanbul.
- [8] Perçin O.,Uzun O., Saçlı C. (2016), Isıl İşlem Görmüş Meşe Odununun (Quercus Petraea L.) Bazı Fiziksel Özelliklerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi,IFC İnternational Furniture Congress.
- [9] TS ISO 13061 - TS ISO 13061- : Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi / Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests, Türk standartları Enstitüsü, 2.12.2021, ANKARA.
- [10] TS EN 4084: Wood- Determination of Radial and Tngential Swelling, 20 December 1983, Türk Standartları. ANKARA.