



### Higrotermal yaşlandırma işleminin ısı işlem görmüş kestane odununun renk ve sertlik özellikleri üzerine etkisi

Mehmet Karamanoğlu<sup>1\*</sup>, Alperen Kaymakçı<sup>2</sup>

#### Öz

Bu çalışmanın amacı; higrotermal yaşlanmaya maruz kalmış, ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin renk ve sertlik değişimlerini belirlemektir. Bu amaç için, Kestane odunu (*Castanea sativa* Mill.) kullanılmıştır. Isıl işlem uygulaması sıcaklık kontrollü küçük fırında yapılmıştır. Deney numuneleri, atmosferik basınç altında, üç farklı sıcaklıkta (130°C, 180°C ve 230 °C) ve iki farklı sürede (2 ve 8 saat), inert (azot) ortamda ısıya maruz bırakılmıştır. Isıl işlemlenmiş örnekler bir ay (30 gün) higrotermal yaşlandırma koşullarına (destile suda ve 20 °C'de) maruz bırakılmıştır. Higrotermal yaşlandırma sonrası, örneklerin renk ve sertlik değişimleri ASTM D 2244-2 ve ASTM-D 2240 standartlarına göre belirlenmiştir. Sonuçlar her grupta kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Higrotermal yaşlandırma, ısı işlem, renk, sertlik, kestane

### Effect of hygrothermal aging on color and hardness properties of heat treated chestnut wood

#### Abstract

The aim of this study is to determine changing of color and hardness values of heat treated wood exposed to hygrothermal aging. For this purpose, chestnut woods (*Castanea sativa* Mill.) have been used. Heat treatment applications were applied in a temperature controlled small heating unit. Experimental samples were subjected to heat under atmospheric pressure and in the presence of inert (nitrogen) environment at three different temperatures (130°C, 180°C and 230 °C) and two different time levels (2 and 8 h). Then, heat treated samples have been exposed to hygrothermal aging conditions (in distillate water and 20°C heat) one month (thirty days). After the hygrothermal aging, changes in the color and hardness of the samples have been determined according to ASTM-D 2244-2 and ASTM-D 2240 standards. The results were compared with control samples in each group.

**Keywords:** Hygrothermal aging, heat treatment, color, hardness, chestnut.

## 1 Giriş

Ağaç malzeme gerek doğal halde gerekse açık hava şartlarına veya harici bir etkiye maruz kaldığında deformasyona, yapısal bozunmaya uğrar (Özçifçi ve ark., 1999; Atar 1999; Budakçı ve Atar 2001; Yazıcı 2005; Kılıç ve Hafizoğlu 2007). Açık hava etkisi ile ağaç malzemede meydana gelen değişimler; kimyasal değişim, fiziksel değişim, renk değişimi, mikroskobik değişim ve biyolojik değişim olarak sıralanabilir. Ağaç malzeme her ne kadar harici etkilere karşı kendisini koruyacak doğal dayanıklılığa sahip ise de ısı, ışık (UV, IR), rutubet (yağmur, kar, nem, çığ), mekanik etkiler (rüzgar, kum, kir), biyolojik zararlıların etkisi vb. etkilere karşı korunmasız olarak uzun süre dayanıklı kalamaz (Feist 1983; Sönmez 2005; Budakçı 2006; Kılıç ve Hafizoğlu, 2007; Williams 2005). Yüzyıllar öncesinde ve halen günümüzde de insanoğlu ahşabı çeşitli ihtiyaçlarında kullanmak, daha dayanıklı kılmak ve yukarıdaki bahsedilen etkileri en aza indirmek için birçok işleme tabi tutmaktadır. Yapılan tüm bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan bu işlemlere genel anlamda "Ahşap Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir. Genel olarak ahşap modifikasyon yöntemleri, kimyasal modifikasyon, fiziksel modifikasyon, enzimatik modifikasyon ve termal modifikasyon (ısıl işlem) olarak gruplandırılabilir.

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişimlerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem modifikasyonu sonucu odunun rutubet kaynaklı daralma ve genişlemesinde azalma meydana gelmektedir. Aynı zamanda biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığı geliştirmekte, rengi koyulaşmakta, hafifleşmekte, pH derecesi azalmakta ve termal izolasyon özellikleri iyileşmektedir. (Akkılıç ve ark., 2014). Isıl işlem uygulanmış kereste bina dış cephe kaplaması, iç mekan kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekan mobilyaları ve müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır (Enjily ve Jones, 2006).

Higrotermal yaşlandırma testleri ahşap malzemenin uzun süreli kullanım performansının belirlenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Higrotermal yaşlandırmanın etkilerini belirlemek için birden çok yöntem vardır. Bunlar; soğuk suda bekletme, kaynayan suda bekletme, termal şok, klima kontrollü oda kullanımı şeklinde sıralanabilir. Yapılan literatür araştırmalarında higrotermal yaşlandırma prosesinin ısıl işlem uygulanmış ahşap numunelerdeki etkisi hakkında çok sınırlı bilgiler bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı higrotermal yaşlandırma prosesinin ısıl işlem görmüş kestane (*Castanea sativa* Mill.) odununun sertlik ve renk özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

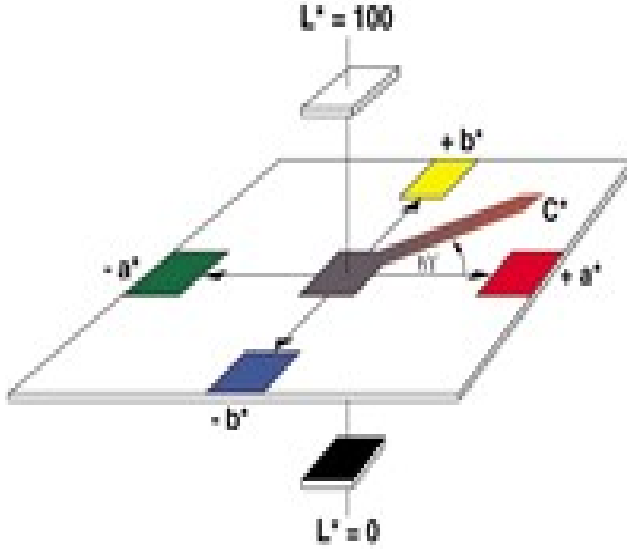
Deney numunesi olarak kullanılan Kestane odunu (*Castanea sativa* Mill.) Kastamonu İlindeki ormanlık alanlardan, göğüs yüksekliği çapı 30-40 cm olan, 5 metre boyundaki 3 gövdeden rastgele seçilmiştir. Elde edilen ağaç malzemelerde spiral liflilik ve çatlak olmamasına özen gösterilmiştir. Örnekler TS 4176'ya göre hazırlanmıştır ve ortalama olarak %12 rutubete ulaşıncaya kadar doğal olarak kurutulmuştur. Sonrasında ısıl işlem için örnekler rendelenmiş ve 50 x 50 x 50 mm ölçülerinde kesilmiştir. Toplamda 70 adet örnek hazırlanmıştır. Daha sonra örnekler 3 farklı sıcaklık derecesinde (130°C, 180°C ve 230°C) ve 2 farklı sürede (2 ve 8s) ısıl işleme tabi tutulmuştur. Akabinde ısıl işlem uygulanmış örnekler

su banyosunda (Destile su, 20°C) 30 gün boyunca higrotermal yaşlanma koşullarına maruz bırakılmıştır.

## 2.2 Metot

Sertlik ve renk değişimini belirlemek için üç ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümler, sırası ile doğal kontrol, ısı işlem görmüş ve ısı işlem görmüş ve higrotermal yaşlandırılmış örneklerde yapılmıştır. Tüm örneklerin sertliği, ASTM-D 2240 standardına göre Shoremetre-D kullanılarak belirlenmiştir.

Renk ölçümleri ASTM-D 2244-2 standardına göre renk ölçer (Spektrofotometre) kullanılarak belirlenmiştir.  $CIEL^*a^*b^*$  renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada,  $L^*$  siyah-beyaz (siyah için  $L^*=0$ , beyaz için  $L^*=100$ ) ekseninde,  $a^*$  kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde,  $b^*$  ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır.  $CIEL^*a^*b^*$  renk alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.  $CIEL^*a^*b^*$  renk alanı

Değişimin, rengin hangi tonunda etkili olduğunu belirlemek amacıyla kırmızı renk tonu (+ $a^*$ ), sarı renk tonu (+ $b^*$ ) ve ışıklılık değeri / renk parlaklığı ( $L^*$ ) değerleri birbirinden bağımsız olarak incelenmiş, ayrıca toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ );

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

eşitliğinden yararlanılarak belirlenmiştir (Karamanoğlu 2012; Karamanoğlu ve Akyıldız, 2013).

### 3 Bulgular ve Tartışma

#### 3.1 Sertlik Değişimi

Kestane odununun sertlik değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre, kontrol grubuna göre deney gruplarında sertlik değerlerinin azaldığı; en fazla azalmanın ise 230 °C sıcaklık ve 8 saat ısıtım uygulanmış grupta gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla benzerlikler göstermektedir. Bal ve Efe (2016) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıkta ısıtım işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun sertlik değerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerden ısıtım işlem sıcaklığının artması ile birlikte kızılçam odununun sertlik değerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu ısıtım işlem sonucu oluşan ağırlık kaybıyla mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Esteves ve ark., 2007; Gündüz ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Schneid ve ark., 2014).

Tablo 1. Sertlik değişim değerleri

SERTLİK DEĞİŞİMİ (Shore-D)															
Tür		Isıtım sıcaklık ve süresi ve Higrotermal yaşlandırma													
		Doğal		130-2		180-2		230-2		130-8		180-8		230-8	
		K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY
Kestane	X <sub>min</sub>	61.00	56.50	59.00	52.00	61.00	53.00	54.50	55.00	56.50	55.00	58.00	53.00	49.50	51.00
	X <sub>max</sub>	67.00	62.00	66.00	57.50	66.50	59.00	59.00	58.50	66.00	63.00	65.50	57.50	58.50	58.50
	±s	2.0	2.01	2.43	1.62	1.81	2.10	1.66	1.03	3.43	2.72	2.53	1.51	3.32	2.38
	$\bar{x}$	64.06	58.56	61.88	54.19	64.63	56.31	57.13	57.06	60.94	57.81	62.38	55.63	55.00	54.25
	Değişim (%)		-8.58	-3.41	-15.41	0.56	-12.09	-10.82	-10.92	-4.87	-9.75	-2.63	-13.17	-14.14	-15.31
				-12.42		-12.86		-0.10		-5.12		-10.82		-1.36	

Doğal kontrol örnekleri ile ısıtım işlemli (kontrol) ve ısıtım işlemli ve higrotermal yaşlandırılmış örneklerin karşılaştırılması  
Her grubun higrotermal yaşlandırılmış örnekleri ile kontrol gruplarının karşılaştırılması  
 $\bar{x}$  : aritmetik ortalama, ±s : standard sapma HY: higrotermal yaşlandırma K: Kontrol

Higrotermal yaşlandırma sonrası her grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az sertlik değişiminin 230°C’de 2 saat ısıtım işlem görmüş örneklerde, en fazla sertlik değişiminin 180°C’de 2 saat ısıtım işlem görmüş gruplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında higrotermal işlemin odunun mekanik özelliklerindeki değişime ilişkin detaylı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Higrotermal yaşlandırma işleminin etkileri daha ziyade odun plastik kompozitler gibi odun kompozitleri üzerine araştırılmıştır. Xu ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin higrotermal yaşlandırma özelliklerinin üzerine inorganik pigmentin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen verilere göre, higrotermal yaşlandırma işleminin odun plastik kompozitlerin mekanik özelliklerini azalttığı tespit edilmiştir. Pegoretti ve Penati (2004) bu durumu yüksek su sıcaklık ve uzun süren daldırma prosesinde odunda hidroliz işleminin gerçekleşmesine bağlamaktadır. Ayrıca araştırmacılar suda çözünen ekstraktif maddelerin higrotermal yaşlandırma sonucu odundan uzaklaşmasının lif yapısına zarar vermesi dolayısıyla mekanik özelliklerin düşebileceğini düşünmektedirler.

### 3.2 Toplam Renk Değişimi

Kestane odununun toplam renk değişim değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış örnekler karşılaştırıldığında artan ısıtma sıcaklık ve süresi ile renk koyulaşmıştır.

Tablo 2. Toplam renk değişimi değerleri

		TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ $\Delta E^*$													
		Isıtma sıcaklık ve süresi ve Hıgrotermal yaşlandırma													
Tür		Doğal		130-2		180-2		230-2		130-8		180-8		230-8	
		K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY	K	HY
Kestane	$X_{min}$	73.99	69.21	74.52	61.88	50.77	54.45	21.34	15.20	69.69	63.01	37.06	37.17	10.41	7.88
	$X_{max}$	79.37	74.23	76.80	74.21	59.11	59.24	23.13	19.79	73.10	70.58	40.66	43.41	14.86	13.46
	$\pm s$	1.7	2.09	0.65	4.08	2.45	1.70	0.65	1.53	1.22	2.68	1.16	2.00	1.49	1.68
	$\bar{x}$	77.12	71.33	75.38	68.14	56.85	56.27	22.04	17.75	71.24	66.32	39.55	39.50	13.42	10.17
	Değişim (%)		-7.50	-2.25	-11.60	-27.03	-26.27	-71.41	-76.97	-7.61	-14.00	-48.71	-48.78	-82.59	-86.80
				-9.60		-1.01		-19.46		-6.90		-0.13		-24.18	

Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış (kontrol) ve ısıtılmış ve hıgrotermal yaşlandırılmış örneklerin karşılaştırılması  
Her grubun hıgrotermal yaşlandırılmış örnekleri ile kontrol gruplarının karşılaştırılması  
 $\bar{x}$  : aritmetik ortalama,  $\pm s$  : standard sapma HY: hıgrotermal yaşlandırma K: Kontrol

Doğal kontrol örnekleri ısıtılmış ve hıgrotermal yaşlandırılmalı örnekler karşılaştırıldığında artan ısıtma sıcaklık ve süresi ile renk koyulaşmıştır. Yaşlandırma sonrası doğal kontrol örneklerine göre en az renk değişimi doğal kontrol örneklerinde, en fazla renk değişimi 230°C’de 8 saat ısıtma görmüş örneklerde meydana gelmiştir. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla benzerlikler göstermektedir. Korkut ve Kocaefe (2009), ısıtma sonrası rengin, ısıtma sırasında oluşan oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlardan dolayı koyulaştığını bildirmişlerdir. Atar ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada ısıtmanın vernikli ağaç malzeme renk değişimine etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda ısıtma uygulamasının toplam renk değişiminin artmasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Yaşlandırma sonrası her grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az renk değişimi 180°C’de 8 saat ısıtma görmüş örneklerde, en fazla renk değişimi 230°C’de 8 saat ısıtma görmüş örneklerde meydana gelmiştir.

### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Bulgular bölümündeki veriler değerlendirildiğinde;

- Kestane odununun ısıtma sonrası artan sıcaklık ve süre ile orantılı olarak rengi koyulaşmıştır. Hıgrotermal yaşlandırma koşullarına maruz kalan kestane odununda en iyi renk stabilitesi doğal örneklerde elde edilmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırılan örneklerde ise; en iyi renk stabilitesi 180°C’de 8 saat ısıtma görmüş örneklerde elde edilmiştir.
- Sertlikte ise; doğal kontrol örnekleri ısıtılmış örnekler ile karşılaştırıldığında, 180°C’de 2 saat ısıtma görmüş örneklerde az miktarda sertlik artmıştır. Ayrıca en az azalma 180°C’de 8 saat ısıtma görmüş örneklerde meydana gelmiştir.

- Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış ve yaşlandırılmış örnekler karşılaştırıldığında, en az azalma 130°C'de 8 saat ısıtılmış örneklerde meydana gelmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırılan örneklerde ise; en az azalma 230°C'de 2 saat ısıtılmış örneklerde meydana gelmiştir.

### **Teşekkür**

KÜ-HIZLIDES-2017-06 numaralı projeye vermiş oldukları destekten dolayı Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz. Bu çalışma 26-29 Nisan 2018 Tarihlerinde Kastamonu Üniversitesinde düzenlenen Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Sempozyumu'nda sözlü bildiri sunulmuş, geliştirilerek makale formatına getirilmiştir.

### **Kaynaklar**

- Akkılıç, H., Kaymakcı, A. ve Ünsal, Ö. (2014), Isıtılmış uygulanmış ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak değerlendirilme potansiyeli, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, p. 3-4.
- Atar, M. (1999), Renk açıcı kimyasal maddelerin ağaç malzemede üst yüzey işlemlerine etkileri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Atar M., Yalınkılıç A.C., ve Keskin H. (2018), Isıtılmanın vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi", *Politeknik Dergisi*, \*(\*) : \*, (\*).DOI: 10.2339/politeknik.404008
- ASTM D 2240, (2010), Standard test method for rubber property-durometer hardness, *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.
- ASTM D 2244. (2011), Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.
- Budakçı, M. (2006), Effect of Outdoor Exposure and Bleaching on Surface Color and Chemical Structure of Scots Pine, *Progress in Organic Coatings*, 56, 46-52.
- Budakçı, M., Atar, M. (2001), Açık hava koşullarında bırakılmış sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odununda renk açma işleminin sertlik ve parlaklığa etkisi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 201-207.
- Efe, F.T., Bal, B.C. (2016). Yüksek sıcaklıkta ısıtılmış kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler, *AKÜ FEMÜBİD 16 (2016) Özel Sayı*, (79-86).
- Enjily V., Jones D. (2006), The potential for modified materials in the panel products industry, Wood Resources and Panel Properties Conference, Valencia-Spain, E44/E49.
- Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H. (2007), Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200°C, *Forest Product Journal*, 7 (1-2), 47-52.
- Esteves, B., Pereira, H.M., (2009), Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370- 404.
- Feist, W.C. (1983). Weathering and protection of wood, *American wood-preserves' association*, 79, 195-205.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D.S. (2008),The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of camıyanı black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. pallasiana var. pallasiana) wood, *Bioresources Technology*, 99: 2275-2280.
- Karamanoğlu, M. (2012). The restoration of some wood materials exposed to outdoor conditions by bleaching Process. Düzce University, Master's thesis. Institute of Science.

- Karamanoglu, M., Akyıldız, M.H. (2013), Colour, gloss and hardness properties of heat treated wood exposed to accelerated weathering, *ProLigno* 9(4), 729-738.
- Kılıç, A., ve Hafizoğlu, H. (2007), Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler, *Süleyman Demirel Üniversitesi orman fakültesi dergisi*, A(2), 175-183.
- Korkut, S., Kocafe, D. (2009), Effect of heat treatment on wood properties. *Düzce University Journal of Forestry* 5(2): 11-34.
- Özçifçi, A., Atar, M., Uysal, B. (1999), Ağaç malzemede renk açmada kullanılan kimyasalların yüzey parlaklığına ve verniklerin yapışma mukavemetine olan etkileri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 763-770.
- Pegoretti, A., Penati, A. (2004), Effects of hygrothermal aging on the molar mass and thermal properties of recycled poly (ethylene terephthalate) and its short glass fibre Composites, *Polymer Degradation and Stability*, 86(2), 233-243.
- Schneid, E., Gonzalez de Cademartori, P.H., Gatto, D. (2014), The effect of thermal treatment on physical and mechanical properties of *Luehea divaricata* hardwood, *Maderas Ciencia y tecnología*, 16(4), 413-422.
- Sönmez, A. (2005), Ağaç İşlerinde Üst yüzey İşlemleri I, 2. Baskı, Gazi Üniversitesi.
- TS 4176. (1984), Wood-Sampling sample trees and logs for determination of physical and mechanical properties of wood in homogeneous stands. Ankara.
- Williams, R.S. (2005), Weathering of wood, *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 7,139-185.
- Xu, C., Xing, C., Pan, H., Matuana, L.M., Zhou, H. (2015), Hygrothermal aging properties of wood plastic composites made of recycled high density polypropylene as affected by inorganic pigments, *Polymer Engineering and Science*, DOI 10.1002/pen.24054.
- Yazıcı, H. (2005), Açık hava koşullarının odun dayanımına etkisi, *ZKÜ Bartın orman fakültesi dergisi*, 7(8), 72-79.