



Kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine vakum atmosferinde uygulanan ısı işlemin etkisi

Bekir Cihad Bal^{1*}, Murat Kılavuz²

Öz

Odunun istenmeyen özelliklerinin iyileştirilmesi için farklı bazı modifikasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Son yıllarda bu modifikasyon yöntemlerinden olan ısı işlem uygulaması diğerlerine göre daha fazla uygulanmaya başlanmıştır. Endüstriyel uygulamalarda farklı bazı ısı işlem metotları kullanılmaktadır. Bu metotlarda, ısı taşıyıcı araç, işlem süresi ve işlem sıcaklığı gibi faktörler farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, vakum ortamında, taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısı işlem metodunda, farklı vakum seviyelerinde ısı işlemin kavak odunun bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Testler vakumlu etüvde ve 210 °C sıcaklıkta ve 3 saat süre ile 0, 200, 400, 600 mbar vakum altında uygulanmıştır. Test örneklerinin tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler kontrol grubuna göre karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ANOVA testi ile belirlenmiştir. Birbirlerinden farklılık gösteren gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; grupların genişleme yüzdeleri arasında istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kavak odunu, ısı işlem, vakum atmosferi, fiziksel özellikler

The effect of heat treatment in vacuum atmosphere on some physical properties of poplar wood

Abstract

Some different modification methods are applied to improve the unwanted properties of wood. In recent years, heat treatment application, which is one of these modification methods, has been applied more than others. Some different heat treatment methods are used in industrial applications. In these methods, factors such as heat transfer media, processing time and process temperature differ. In this study, the effect of heat treatment at different vacuum levels on some physical properties of poplar wood was investigated in the heat treatment method applied by convection method in vacuum environment. The tests were carried out in a vacuum oven at 210 °C and under 0, 200, 400, 600 mbar vacuum for 3 hours. Physical properties of the test specimens such as oven dry density, equilibrium moisture content, tangential swelling, radial swelling, longitudinal swelling and volumetric swelling percentage were determined. The obtained data were analysed comparatively with respect to the control group. Whether there was a statistical difference between the groups was determined by the ANOVA test. Groups differing from each other were determined by Duncan test. According to the data obtained; a statistically significant difference was found between the swelling percentages of the groups.

Keywords: Poplar wood, heat treatment, vacuum atmosphere, physical properties

Makale tarihçesi: Geliş: 23.04.2021, Kabul:27.05.2021, Yayınlanma:28.06.2021.*e-posta: bcbal@hotmail.com.

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş/Türkiye

Atıf: Bal B.C., Kılavuz M., (2021), Kavak odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine vakum atmosferinde uygulanan ısı işlemin etkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 30-39, DOI: 10.33725/mamad.926939

1 Giriş

Son yıllarda ısı işlem ile ilgili olarak yapılan çalışmaların artması yeni metotların gelişmesine yol açmış ve bu sayede Avrupa pazarında ısı işlem uygulanmış ahşap kullanımını artmıştır. Günümüzde uygulanan birçok farklı ısı işlem metodu bulunmaktadır. Bu metotlar Korkut ve Kocaefe (2009) tarafından şu şekilde not edilmiştir; Thermowood (Finlandiya), PlatoWood-Lignius-Lambowood (Hollanda), Retification process (Retiwood)-New Option wood- Le Bois Perdure (Fransa), Hot Oil treatment (OHT) (Almanya), Calignum (İsvetç), Thermabolite (Rusya), Huber Holz (Avusturya), Wood treatment technology (WTT) (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya). Bu metotların hepsi çok yaygın kullanım bulamamıştır. Günümüzde en fazla kullanılan ısı işlem metotları Platowood (Hollanda), Thermowood (Finlandiya), Retification ve Le-Bois Perdure (Fransa) ve Oil-heat treatment wood (Almanya) şeklinde olduğu Korkut ve ark. (2008) tarafından bildirilmiştir.

Türkiye’de odunun ısı işlem yöntemi ile modifiye edilmesi birkaç işletme tarafından uygulanmaktadır. Yöntemin endüstriyel olarak Türkiye’de yaygınlaşmaya başlaması diğer bazı ülkelere göre daha geç olmuştur. Türkiye’de ilk olarak Novawood firması ısı işlem görmüş ahşap malzeme üretimine başlamıştır. Bolu ilinde faaliyet göstermektedir. Bu firma Thermowood yöntemi kullanarak ahşaba ısı işlem uygulamaktadır. Yıllık ortalama 18 000m³ ısı işlem görmüş ahşap kapasitesine sahiptir. Birçok ülkeye ihracat yapmaktadır (URL1, 2019). Bu firmanın yanında, Antalya ilinde faaliyet gösteren NASwood firması da yine Thermowood® yöntemi kullanarak ısı işlem görmüş ahşap malzeme üreten bir firmadır (URL2, 2019). Sakarya’da faaliyet gösteren TANTimber firması yıllık 11000m³ kapasite ile çalışmaktadır (URL3 2019).

Önceki çalışmalarda, ısı işlem uygulanan farklı odun örnekleri üzerinde bazı önemli testler yapılmıştır. Yapılan bu testlerle, odun örneklerinin fiziksel özelliklerinde, mekanik özelliklerinde (Jamsa ve Viitaniemi 2001; Emperier ve ark., 2003; Mburu ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Aydemir ve ark., 2011; Bal 2014), kimyasal içeriğinde (Brito ve ark. 2008; Candelier ve ark. 2013a), yüzey renginde, parlaklığında (Ayata ve ark. 2018a; Ayata 2020) ve pürüzlülüğünde (Korkut ve Güller 2008; Ayata ve ark. 2018b) ne gibi değişikliklerin meydana geldiği araştırılmıştır. Özellikle bazı çalışmalarda, ısı taşıma aracının (azot gazı, su buharı, kızgın yağ vs.) ısı işlemin etkisini nasıl değiştirdiği belirlenmeye çalışılmıştır (Michell 1988; Candelier ve ark. 2013a; Candelier 2013b; Candelier ve ark. 2014; Bal 2015).

Isının taşınımı ile ilgili olarak üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar; iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) yöntemleridir. İletim yönteminde direk temas eden katı malzemeler vasıtasıyla ısı iletimi yapılmaktadır. Taşınım yönteminde ise hava veya sıvı madde ile ısı taşınmaktadır. Vakum ortamında yapılan ısı işlem metodunda, ortamdaki hava miktarı uygulanan vakumla azaltılmaktadır. ısı işlem gören keresteler, yüzeylerine temas eden metal plakalar vasıtasıyla temas yöntemi ile ısıtılmaktadır. Böylece, daha hızlı ve etkin bir ısı iletimi yapılmaktadır. Ayrıca, vakum ortamında hava miktarı azaltıldığı için, odun bileşenlerinin havadaki oksijenle reaksiyona girip bozulmaları azalmaktadır (Kılavuz 2020).

Bu çalışmanın amacı, vakum ortamında ve taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısı işlem uygulamasında, vakum miktarının etkisi ile, odunun bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimleri araştırmaktır. Bu amaç için, tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri araştırılmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada, testler için kavak (*Populus subsp.*) odunu kullanılmıştır. Kavak odunu Kahramanmaraş ilinde, özel bir kavak yetiştiricisinden tomruk olarak satın alma yoluyla temin edilmiştir. Tomruklar bir kereste atölyesinde biçilmiş ve keresteler elde edilmiştir. Biçme işlemi TS 2470'e göre yapılmıştır. Tomruklar kaba biçme sonrası, tahtalara biçilmiş ve bu haliyle doğal kurutmaya bırakılmıştır. İki aylık süreden sonra bu tahtalardan 2 x 2 x150 cm ölçüsünde çıtalara elde edilmiştir. Bu çıtalardan fiziksel testler için test örnekleri hazırlanmıştır. Aynı çıtalardan yan yana kesilen test örnekleri ile test grupları oluşturularak homojen test grupları elde edilemeye çalışılmıştır.

2.2 Metot

Fiziksel özelliklerin tespiti için, dört farklı deney grubu ve birde kontrol grubu olacak gruplar hazırlanmıştır. Test örnekleri hava kuru rutubet haline gelmesi için $20\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında bekletilmiştir. Daha sonra ısı işlem uygulanmıştır. Kontrol grubuna hiçbir işlem uygulanmamıştır. Vakum uygulanmayan gruba (0 mbar grubu) ısı işlem uygulanmış ancak vakumlu etüv içerisine vakum uygulanmamıştır. Bu grup ile ısı işlemin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. 200, 400 ve 600 mbar deney grubu için etüv içerisine vakum uygulanmış ve bu şartlarda ısı işlem uygulanmıştır. Bu gruplarda vakumun ve ısı işlemin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Isı işlem 210°C sıcaklık altında 3 saat boyunca Şekil 1'de görülen vakumlu etüvde devam etmiştir. Bu süreye ısıtma periyodu dahildir. Test örnekleri bu sürenin sonunda etüvden çıkarılmış ve naylon poşetlere bırakılarak hava ile teması önlenmiştir.



Şekil 1. Test örneklerine vakumlu etüvde ısı işlem uygulaması

Tam kuru yoğunluk ölçümleri TS 2472 de belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. Rutubet miktarının belirlenmesi için TS 2471 numaralı standarttan yararlanılmıştır. Genişleme miktarının belirlenmesi için TS 4084 ve TS 4086 numaralı standartlar kullanılmıştır. Bu standartlara göre deney parçaları; tabanı 20x20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçaları kurutma dolabında $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sıcaklıkta değişmez boyutlara ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Bu durumdaki ölçüleri ve ağırlığı alınmıştır. Daha sonra, deney parçaları ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde $20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta damıtık su içerisine 2 hafta süre ile batırılmıştır. Sonra tam yaş haldeki son ölçüleri alınmış ve genişleme yüzdeleri hesaplanmıştır.

Laboratuvar denemeleri sonrası, fiziksel özelliklere ait testlerden elde edilen bulgular Excel programına kaydedilmiş ve düzenlenmiştir. Bazı istatistik değerler (aritmetik ortalama, standart sapma, maksimum değer ve minimum değer) bu program vasıtasıyla elde edilmiştir. Gruplar arasında önemli

bir fark olup olmadığı basit varyans analizi ile (One-Way ANOVA) SPSS programında belirlenmiştir. Duncan testi ile farklılık gösteren gruplar belirlenmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Laboratuvar şartlarında yapılan ısıtma işlem uygulaması sonrası test örnekleri uygun şekilde kondisyonlanmış ve sonra bazı fiziksel özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler; tam kuru yoğunluk (TKY), denge rutubeti miktarı (DRM), teğet genişleme (TG), radyal genişleme (RG), boyuna genişleme (BG), hacimsel genişleme (HG) yüzdeleridir. Elde edilen fiziksel özelliklere ait istatistiksel değerlerden (İD), aritmetik ortalama (\bar{x}), standart sapma (ss), maksimum değer (mak) ve minimum değer (min) Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde bu fiziksel özelliklerin farklı miktarlarda değiştiği görülmektedir. Kontrol grubuna göre en büyük değişim ise, hiç vakum uygulanmayan (0 mbar) deney grubunda gerçekleştiği görülmektedir. Vakum uygulanan gruplarda en az değişim ise 600 mbar deney grubunda meydana gelmiştir.

Çizelge 1. Fiziksel özelliklere ait istatistiksel değerler (Kılavuz 2019)

Gruplar	İD	TKY	DRM	TG	RG	BG	HG
		kg/m ³	%	%	%	%	%
Kontrol grubu	\bar{x}	385	11.5	8.24	3.94	0.47	12.64
	ss	20	0.4	1.18	0.90	0.16	0.73
	mak	447	12.2	9.88	6.08	0.77	13.85
	min	345	10.9	5.44	2.80	0.13	11.08
0 mBar	\bar{x}	363	5.7	4.83	2.50	0.29	7.63
	ss	19	0.7	1.26	1.26	0.13	0.90
	mak	408	7.3	6.37	7.98	0.49	8.86
	min	323	4.7	0.25	1.22	0.10	5.83
200 mBar	\bar{x}	368	5.8	5.40	2.75	0.26	8.41
	ss	30	1.2	0.82	0.86	0.10	1.11
	mak	452	7.0	6.91	4.81	0.52	10.30
	min	331	4.4	3.48	1.58	0.10	6.06
400 mBar	\bar{x}	370	6.0	5.54	2.75	0.25	8.54
	ss	15	0.7	0.85	1.33	0.11	1.75
	mak	406	7.5	7.50	6.12	0.48	12.02
	min	342	4.8	3.61	1.18	0.10	6.37
600 mBar	\bar{x}	372	6.3	5.55	2.94	0.27	8.76
	ss	21	0.5	0.79	0.83	0.13	0.88
	mak	423	7.2	6.97	4.54	0.64	10.80
	min	339	5.6	3.99	1.97	0.10	6.63

İD: istatistik değer, \bar{x} : aritmetik ortalama, ss: standart sapma, mak: maksimum değer, min: minimum değer, TKY: tam kuru yoğunluk, DRM: denge rutubeti miktarı, TG: teğet genişleme, RG: radyal genişleme, BG: boyuna genişleme, HG: hacimsel genişleme yüzdeleridir.

Yapılan laboratuvar denemeleri sonunda elde edilen tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. En yüksek yoğunluk değeri 385 kg/m³ ile kontrol grubunda ve en küçük yoğunluk değeri ise 363 kg/m³ olarak 0 mbar grubunda vakum uygulanmayan şartlarda yapılan denemeler sonunda elde edilmiştir. Vakum uygulanan gruplardan 600 mbar grubu ısıtma işleminden en az etkilenen grup olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere ait ANOVA testi sonuçları ise aşağıda Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde ANOVA testi sonucuna göre gruplar arasında tam kuru yoğunluk değerleri birbirlerinden istatistiksel olarak önemli derecede (P <0.01) farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Isıl işlemin yoğunluk üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Fiziksel özellik	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F oranı	Önem seviyesi
Tam kuru yoğunluk	Gruplar arası	7966.8	4	1991.69	4.24	0.003*
	Gruplar içi	68060.2	145	469.38		
	Toplam	76027.0	149			
*ileri düzeyde önemli						

Çizelge 2’de ANOVA testi sonuçları verilmiştir. Ancak ANOVA testi sonuçlarında göre hangi grupların birbirlerinden farklılık gösterdiği tespit edilememektedir. Gruplar arasındaki farklılıkları görebilmek için Duncan çoklu ayırım testi yapılmıştır. Duncan testi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, en küçük yoğunluk değeri 0 mbar grubunda ve en büyük yoğunluk değeri ise kontrol grubunda tespit edilmiştir. 400 ile 600 mbar grupları arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. Buradan elde edilen verilere göre ısıl işlem esnasında vakum uygulanmasının odun bileşenlerindeki bozulmayı azalttığı söylenebilir.

Çizelge 3. Tam kuru yoğunluk (TKY) gruplarına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	TKY (kg/m ³)
0 mBar	30	362 A*
200 mBar	30	368 A
400 mBar	30	370 AB
600 mBar	30	370 AB
Kontrol	30	385 B

*Birbirlerinde farklılık gösteren gruplar büyük harflerle gösterilmiştir. A en küçük değeri göstermektedir.

Denge rutubeti miktarına (DRM) ait istatistik veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Bu test verilerine ait ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 4’de gösterilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, yapılan ısıl işlem denemelerinin, denge rutubeti miktarı üzerine çok ileri düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Isıl işlemin denge rutubetine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Fiziksel özellik	Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F oranı	Önem seviyesi
Denge Rutubeti Miktarı	Gruplar arası	750.9	4	187.7	498.4	0.000*
	Gruplar içi	54.6	145	0.4		
	Toplam	805.5	149			
* İstatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli (P< 0.001)						

Yapılan ısıl işlem denemeleri sonunda elde edilen denge rutubeti miktarları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğunu yapılan ANOVA testi sonucundan anlıyoruz. Ancak, hangi grupların birbirlerinden farklılık gösterdiğini ise Çizelge 5’de verilen

Duncan testi sonuçlarında görebiliriz. Bu çizelge incelendiğinde, 0, 200 ve 400 mbar vakum uygulanan gruplar arasında denge rutubetinin farklılık göstermediği ancak, kontrol grubu ve 600 mbar vakum uygulanan grupların diğerlerinde daha farklı denge rutubeti miktarına sahip oldukları görülmektedir. Özellikle kontrol grubu ile kıyaslandığında ısıtma işlemi uygulanmış olan grupların denge rutubeti miktarının yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmektedir. Isıtma işlemi uygulamasının ahşap malzemeye uygulanarak elde edilmeye çalışılan en önemli çıktılarda birisi ahşabın rutubet alışverişini azaltmaktır.

Çizelge 5. Denge rutubeti gruplarının karşılaştırılmasına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	DRM (%)
0 mBar	30	5,7 A
200 mBar	30	5,9 A
400 mBar	30	5,9 A
600 mBar	30	6,3 B
Kontrol	30	11,5 C

Teğet yönde, radyal yönde, boyuna yönde ve hacmen genişleme yüzdelere ait ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 6'da aşağıda verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, genişleme yüzdelerinin ısıtma işlemi uygulamasından çok ileri düzeyde önemli derecede ($P < 0.001$) etkilendiği tespit edilmiştir. Çizelgede verilen F değeri göz önüne alındığında ise, en fazla etkilenen değişkenin hacmen genişleme yüzdesi olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Genişleme üzerine ısıtma işleminin etkisini gösteren ANOVA testi

Fiziksel özellik	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F oranı	Önem seviyesi
Teğet genişleme	Gruplar arası	213.8	4	53.46	54.08	0.000*
	Gruplar içi	143.3	145	0.99		
	Toplam	357.1	149			
Radyal genişleme	Gruplar arası	37.6	4	9.41	8.48	0.000
	Gruplar içi	160.9	145	1.11		
	Toplam	198.5	149			
Boyuna genişleme	Gruplar arası	0.8	4	0.20	10.95	0.000
	Gruplar içi	2.7	145	0.02		
	Toplam	3.5	149			
Hacmen genişleme	Gruplar arası	466.8	4	116.69	92.99	0.000
	Gruplar içi	182.0	145	1.25		
	Toplam	648.7	149			

* İstatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli ($P < 0.001$)

Yapılan ANOVA testi sonucunda kavak odununun ısıtma işlemi uygulamasında çok ileri düzeyde önemli derecede etkilendiği ve gruplar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Birbirlerinden farklılık gösteren grupları belirlemek için Duncan çoklu ayırım testi yapılmıştır. Yapılan bu test sonucunda elde edilen veriler Çizelge 7'de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, teğet genişleme ve hacmen genişleme değerlerinin, kontrol grubu ile 600 mBar vakum uygulanan grubun diğer gruplardan farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Radyal ve

boyuna genişleme yüzdelerinde kontrol grubundan farklılık vardır, ancak, deney grupları arasında farklılık belirlenmemiştir.

Cizelge 7. Genişleme miktarları gruplarına ait Duncan testi sonuçları

Gruplar	Örnek sayısı (n)	TG* (%)	RG (%)	BG (%)	HG (%)
0 mBar	30	4.8 A	2.5 A	0.27 A	7.6 A
200 mBar	30	5.4 AB	2.7 A	0.27 A	8.4 AB
400 mBar	30	5.5 AB	2.7 A	0.28 A	8.5 B
600 mBar	30	5.6 B	2.9 A	0.30 A	8.7 B
Kontrol	30	8.2 C	3.9 B	0.46 B	12.6 C

*TG: teğet genişleme, RG: Radyal genişleme, BG: Boyuna genişleme, HG: Hacmen genişleme

Bu çalışmada, 5 grup test örneği oluşturulmuş ve bu test örneklerinin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Vakum altında ısı işlem uygulanan gruplardan yoğunluğu, denge rutubeti ve genişleme yüzdeleri en fazla azalan grup 200 mbar vakum uygulanan grup olmuştur. Elde edilen bulgulara göre; ısı işlem uygulamasının kavak odununun burada denenen fiziksel özelliklerini azalttığı belirlenmiştir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, diğer bazı araştırmacılar tarafından da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. (Bekta ve Niemz 2003; Korkut ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Gündüz ve ark., 2009; Korkut ve Kocafe 2009; Bal ve Bektaş 2012; Bal 2013a, b; Aydemir ve Gündüz 2009; Orhan 2017; Bal 2018). Yapılan bu çalışmalarda, özellikle, fiziksel özelliklerden denge rutubetinin azalmasının ve genişleme miktarının azalmasının ahşap malzemenin kullanım yerinde uzun yıllar sorunsuz kullanılabilmesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Denge rutubetinin düşmesi, odunun içinde bulunduğu ortamdan daha az rutubet almasını sağlamaktadır. Böylece, daralma ve genişleme gibi odun-su ilişkilerine bağlı olarak gelişen fiziksel olaylar azalmaktadır. Odun ne kadar az hücre çeperine su bağlarsa o kadar az genişler. Böylece, kullanım yerinde servis süresince meydana gelen rutubet alışverişleri sonunda ahşap malzemenin genişleme ve daralması sonunda oluşan deformasyonun önüne geçilmiş olur.

Bu çalışma sonunda elde edilen ikinci önemli sonuç vakum miktarının fiziksel özellikler üzerine olan etkisidir. Isıl işlem esnasında uygulanan vakum ahşabın daha az zarar görmesine neden olmuştur. Odunun genişleme miktarındaki azalma vakum miktarı arttıkça azalmıştır. Bunun en önemli nedeni, ısı işlem esnasında, odun bileşenleri başta hemiselülozlar olmak üzere bozulmaya başlar. Sıcaklık arttıkça selüloz ve ligninde zarar görür (Mburu ve ark., 2008; Esteves and Pereira 2009; Korkut ve Kocafe 2009). Ekstraktif madde miktarı ve lignin miktarı artar (Brito ve ark.2008), yüksek sıcaklıkta ısı işlem uygulaması hidroksil gruplarını azaltır (Aydemir ve ark., 2011). Ancak, ısı işlem uygulanan odun oksijen ile teması azaltılır veya tamamen engellenirse bu durumda, hücre bileşenlerinin oksijenle reaksiyona girmesi önlenir ve sonuçta odun daha az zarar görür. Bu nedenle, bazı ısı işlem metodlarında azot gazı veya sıcak bitkisel yağ veya doymuş buhar kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, vakum miktarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bazı önceki çalışmalarda, farklı ortamlarda ısı işlemin odun özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Michell (1998), Candelier ve ark., (2013a) ve Emperier (2003) azot gazı varlığında ve vakum altında yapılan ısı işlemin odunun kimyasal bileşenleri ve biyolojik dayanıklılığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Candelier ve ark., (2013b) ve Candelier ve ark. (2014) ve Bal (2018) tarafından yapılan çalışmada ise azot gazı altında ve vakum atmosferinde yapılan ısı işlemin odunun mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bir başka çalışmada ise normal atmosfer ortamında ve sıcak bitkisel yağ içerisinde yapılan ısı işlemin odunun fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir (Bal 2015). Bu çalışmalarda elde edilen verilere göre ısı işlem uygulaması esnasında kullanılan ısı taşıyıcıya göre (hava, yağ, azot gazı, su buharı, vakum) ısı işlemin

odun özellikleri üzerine etkisi farklı olmaktadır. Endüstriyel olarak vakum altında yapılan ısı işlem uygulaması esnasında, ısı ahşap malzemeye metal plakalar vasıtasıyla iletilmektedir. Isı iletim (kondüksiyon) yöntemi ile yapılmaktadır. İletim yönteminde direk temas eden katı malzemeler vasıtasıyla ısı iletimi yapılmaktadır. Taşınım yönteminde ise hava veya sıvı madde ile ısı taşınmaktadır. Vakum ortamında yapılan ısı işlem metodunda, ortamdaki hava miktarı uygulanan vakumla azaltılmaktadır. Isıl işlem gören ahşap malzeme, yüzeylerine temas eden metal plakalar vasıtasıyla temas yöntemi ile ısıtılmaktadır. Böylece, daha hızlı ve etkin bir ısı iletimi yapılmaktadır. Ayrıca, vakum ortamında hava miktarı azaltıldığı için, odun bileşenlerinin havadaki oksijenle reaksiyona girip bozulmaları azaltılmaktadır. Elde edilen verilere göre; vakum miktarı arttıkça fiziksel özelliklerde vakum uygulanmayan gruba göre artış kaydedilmiştir. Bu durum fiziksel özellikler bakımından istenmeyen bir durumdur.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, vakum ortamında ve taşınım yöntemiyle ısı iletimi yapılarak uygulanan ısı işlem uygulamasında, vakum miktarının etkisi ile, odunun bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Bu amaç için, tam kuru yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet genişleme, radyal genişleme, boyuna genişleme ile hacmen genişleme yüzdeleri gibi fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre;

- Yapılan bu çalışmada, vakum altında yapılan ısı işlem uygulaması esnasında vakum miktarının değişmesi ile odunun fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler tespit edilmiştir.
- Yoğunluk miktarı, denge rutubeti miktarı ve teğet, radyal ve boyuna yönde genişleme miktarları azalmıştır. Bu azalmalar en fazla vakum uygulanmayan (0 mBar) grupta elde edilmiştir.
- Bu çalışmada ölçülen fiziksel özelliklerden, vakum uygulanan gruplarda en fazla azalma 200 mBar grubunda bulunan test örneklerinde meydana gelmiştir.
- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, vakum altında uygulanan ısı işlemin odunun kimyasal özellikleri üzerine etkisinin araştırılması önerilir.

Teşekkür

Bu makale, Murat Kılavuz isimli yazarın “Vakum atmosferinde yapılan ısı işlemin kavak odununun teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

Kaynaklar

- Ayata, Ü, Gürleyen, T, Gürleyen, L., (2018a), Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapelli and merbau woods, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 11-20, DOI: 10.33725/mamad.428913
- Ayata, Ü, Gürleyen, T., Gürleyen, L., Çakıcıer, N., (2018b), Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated scotch pine, oak and beech woods. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 46-50, DOI: 10.33725/mamad.433945
- Ayata, Ü., (2020), Ayous odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ısı işleminden sonra renk ve parlaklık özellikleri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 22-33, DOI: 10.33725/mamad.724596
- Aydemir, D., Gündüz, G., (2009), Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15; 71–81.

- Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntas, E., Ertas, M., Sahin, H. T., Alma, M. H., (2011), Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and Uludağ fir wood, *BioResources*, 6(2), 1308-1321.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., (2012), The effects of heat treatment on the physical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*. *Bioresources*, 7(4), 5117-5127.
- Bal, B.C. (2013a), Effects of Heat Treatment on the Physical Properties of Heartwood and Sapwood of *Cedrus Libani*, *Bioresources*, 8(1), 211-219.
- Bal, B.C. (2013b), A Comparative Study of the Physical Properties of Thermally Treated Poplar Wood and Plane Wood, *Bioresources*, 8(4), 6493-6500.
- Bal, B.C., (2014), Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood, *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 61–66, DOI: 10.1007/s00107-013-0753-9
- Bal, B.C. (2015), Physical properties of beech wood thermally modified in hot oil and in hot air at various temperatures, *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 17(4), 789-798.
- Bal, BC, (2018), A Comparative Study of Some of the Mechanical Properties of Pine Wood Treated in Vacuum, Nitrogen, and Air Atmospheres, *Bioresources*, 13(3), 5504-5511.
- Bekhta, P., P. Niemz (2003), Effect of high temperature on the change in colour, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung* 57:539–546.
- Brito, J.O., Silva, F.G., L Eao, M.M. Almeida, G., (2008), Chemical Composition changes in *Eucalyptus* and *Pinus* Woods submitted to Heat Treatment, *Bioresource Technology*, 99 (2008) 8545-8548. 10.1016/j.biortech.2008.03.069
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Desharnais, L., Gérardin, P., Párisans, M. (2013a), Comparison of chemical composition and decay durability of heat-treated wood cured under different inert atmospheres: Nitrogen or vacuum. *Polymer degradation and Stability*, 98(2), 677-681. DOI:10.1016/j.polymdegradstab.2012.10.022
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Gérardin, P., Párisans, M. (2013b), Comparison of mechanical properties of heat-treated beech wood cured under nitrogen or vacuum. *Polymer degradation and stability*, 98(9), 1762-1765. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab. 2013.05.026
- Candelier, K., Dumarçay, S., Párisans, A., Gérardin, P., Párisans, M. (2014), Advantage of vacuum versus nitrogen to achieve inert atmosphere during, *Pro Ligno*, 10(4), 10-17.
- Epmeier, H., M. Westin, A.O. Rapp and T. Nilsson (2003), Comparison of Properties of Wood Modified by 8 Different Methods - Durability, Mechanical and Physical Properties. The First European Conference on Wood Modification Ghent, Belgium. 9080656526
- Esteves, BM., Pereira, HM. (2009), Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404
- Gunduz G, Aydemir D, Kaygin B, Aytekin A., (2009), The Effect of Treatment Time on Dimensionally Stability, Moisture Content and Mechanical Properties of Heat-Treated Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Wood. *Wood Research* 54 (2), 117-126.
- Jamsa S, Viitaniemi P (2001), Heat treatment of wood - Better durability without chemicals, Review on heat treatments of wood, In proceedings of Special Seminar held in Antibes, France.

- Kılavuz M., (2019), Vakum atmosferinde yapılan ısıl işlemin kavak odununun teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Korkut D.S., Güller B., (2008), The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource technology*, 99 (2008) 2846-2851.
- Korkut, S., Korkut, D.S., Bekar İ., (2008), Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, I. Okaliptüs sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus-Türkiye.
- Korkut, S., Kocaefe, D., (2009), Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Ormancılık dergisi, 5(2), 11–34.
- Mburu, F., Dumarçay, S., Bocquet, J.F., Petrissans, M. and Gerardin, P., (2008), Effect of Chemical Modifications Caused by Heat Treatment on Mechanical Properties of *Grevillea robusta* Wood, *Polymer Degradation and Stability* 93 (2008) 401-405.
- Michell, P. H., (1988), Irreversible property changes of small loblolly pine specimens heated in air, nitrogen, or oxygen, *Wood and Fiber Science*,20(3), 320-335.
- Orhan H., (2017), Kavak Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Azot Gazı Varlığında Yapılan Isıl İşlemin Etkilerinin Belirlenmesi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- TS 2470 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2472 Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4084, Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, TSE, Ankara.
- TS 4086 Odunda Hacimsel Şişmenin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL1, (2019), <http://www.novawood.com/>, son erişim tarihi; 29.06.2019.
- URL2, (2019), <http://www.nashouse.com.tr>, son erişim tarihi; 29.06.2019.
- URL3, (2019), <https://www.tantimber.com/tr>, son erişim tarihi; 29.06.2019.