

Yağ ısıtılmasının kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununda yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarı üzerine etkileri

Ahmet Ali Var^{a,*} , Mehmet Demir^a 

Özet: Sıcak-soğuk biyo-yağ işleminin yerli çam türü ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkileri bilinmemektedir. Bu çalışmada sıcak-soğuk biyo-yağ işleminin kızılçam odunundan hazırlanan ağaç malzeme yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, hint yağı (*Ricinus communis* L.), keten yağı (*Oleum linii*), karma yağ (hint yağı + keten yağı) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) diri odunu kullanılmıştır. Odun örnekleri 6 saat sıcak (110 °C ± 2 °C) yağ ile muamele edildikten sonra 2 saat soğuk (23 °C ± 2 °C) yağ ile muamele edilmiştir. Test ve kontrol örneklerinin yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarları ölçülmüştür. Elde edilen veriler, SPSS istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir. Sonuçlar, sıcak-soğuk biyo-yağ işleminin kızılçam odununda yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarını istatistiksel anlamda önemli derecede etkilediğini, bu etkiler arasında %95 güvenle önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu uygulama ile test örneklerinin kontrole kıyasla yoğunluğu %40.38-%78.85 artarken, rutubet miktarı %93.44-%96.72 oranında azalmıştır. En yüksek yoğunluk keten yağı işleminde, en düşük yoğunluk ise hint yağı işleminde ölçülmüştür. Keten yağı muamelesi en düşük rutubet miktarını verirken en büyük rutubet miktarı karma yağ muamelesinde ölçülmüştür. Sıcak-soğuk karma yağ işlemi, diğerlerine göre rutubet miktarını yükseltirken, yoğunluğu hint yağına göre artırmış, keten yağına göre azaltmıştır. Buna göre, denge rutubeti azalıp yoğunluğu artan kızılçam diri odununda porozite ve penetrasyon sınırlandırdığından rutubet difüzyonu engellenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyo-yağ, Yağ ısıtılma işlemi, Kızılçam, Yoğunluk, Rutubet

The effects of oil heat treatment on oil uptake, density and moisture content in brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood

Abstract: The effects of hot-cold bio-oil treatment on properties of wood material from pine species are not known. The purpose of this study is to determine the effect of hot-cold bio-oil treatment on oil uptake, density and moisture content properties of Brutian pine wood. This study used castor oil (*Ricinus communis* L.), flaxseed oil (*Oleum linii*), mixture oil (castor oil + flaxseed oil) and Brutian pine sapwood (*Pinus brutia* Ten.). The wood samples were treated with hot oil (110 °C ± 2 °C) for 6 hours before cold oil (23 °C ± 2 °C) for 2 hours. Then, the oil uptake, density and moisture content of treated and untreated wood samples were measured. The data were analyzed by SPSS statistical program (p≤0.05). The results showed that hot-cold bio-oil treatment had a significant effect on oil uptake, density and moisture content of Brutian pine wood; and there were significant differences among these effects at 95% confidence level. Such treatment increased the treated wood density between 40.38% - 78.85% compared to untreated wood, while it reduced the moisture content between 93.44% - 96.72%. It was measured the highest density in linseed oil treatment, and the lowest density in castor oil treatment. Flaxseed oil treatment gave the lowest moisture content, while the highest moisture content was measured in mixed oil treatment. Mixed oil treatment increased the moisture content compared to others; increased the density compared to castor oil; reduced compared to flaxseed oil. Accordingly, the moisture diffusion may have been prevented. Because the porosity and penetration in Brutian wood have been limited with reduced the moisture content and increased the density.

Keywords: Bio-oil, Oil heat treatment, Brutian pine, Density, Moisture

1. Giriş

Isıl işlem, malzeme higroskopisiteyi azaltmakta, boyutsal stabiliteyi iyileştirmekte ve biyotik saldırıya karşı dayanımı arttırmaktadır. Son yıllarda, masif ahşap sektöründe endüstriyel ölçekte uygulanan ısıtılma işlemi modifikasyonunda buhar, azot veya yağ kullanılmaktadır (Wang ve Cooper, 2005). 320 °C'de 1 dakika veya 150 °C'de 1 hafta ısıtılma işlemi gören ahşapta %40 - %50 arasında higroskopisite azalması, boyutsal stabilite iyileşmesi ve daralma önleyici etkinlik sağlanmaktadır. Yağ içinde 220

°C'de 4 saat ısıtılma işlemi gören ahşabın lif doygunluğu noktası rutubeti %14'e inmektedir (Rapp ve Sailer, 2000). Thermo Wood ve diğer ısıtılma işlemleri higroskopisite ve genişlemeyi %50'ye kadar azaltmaktadır (Syrjänen ve Kangas, 2000). 180 °C-260 °C arası sıcaklıklarda uygulanan ısıtılma modifikasyon işlemleri, ağaç malzemenin boyut istikrarını sağlayabildiği gibi biyotik zararlılara karşı dayanımını da arttırabilmektedir. 140 °C'den düşük sıcaklıklarda malzemenin özelliklerini hafifçe değiştirebilen ısıtılma işlemleri uygulamaları 260°C'den yüksek sıcaklıklarda malzemenin yapısını bozabilmektedir (Hill, 2006). Çürüme ve rutubete

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): alivar@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.02.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 12.08.2020



Citation (Atıf): Var, A.A., Demir, M., 2020. Yağ ısıtılmasının kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununda yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarı üzerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 318-323.
DOI: [10.18182/tjf.684387](https://doi.org/10.18182/tjf.684387)

bağlı kusurlara karşı direnci arttıran ısı işlem, özellikle ladin ve göknar gibi ağaç türleri için daha uygun bulunmaktadır. Çünkü bu tür ağaçlarda ahşap emprenye maddeleri veya kimyasal modifikasyon ajanlarının penetrasyonu zordur. İyi bir ısı transfer ortamı olan yağlar ise diğer maddeler için potansiyel bir taşıyıcı konumunda bulunmaktadır. Bu durum, uygulanan işlemin etkinliğini daha da arttırabilmektedir (Wang ve Cooper, 2005).

Çevre dostu bir işlem olan ısıl biyo yağ muamelesi ahşap modifikasyonunda alternatif bir yöntem olabilir. Bu yöntemde yağlar ısı ortamı olarak değişen sıcaklıklarda farklı sürelerde kullanılabilir. Birçok bitkisel yağın kaynama noktası sıcaklığı normal ısı işlem için uygulanan sıcaklıklardan daha yüksektir. Normal ısı işlemle mukayese edildiğinde, ısıl biyo yağ muamelesi de ağaç malzeme boyut stabilizasyonu ve higroskopisite gibi özellikleri iyileştirilebilir. Isıl işlem belli şartlar altında kimyasal tepkime vermeyen inert gazlar içinde gerçekleşirken, ısıl biyo yağ muamelesi kızgın yağlar içinde gerçekleşmektedir. İntert gazlar, genellikle oksidasyon ve hidroliz gibi istenmeyen kimyasal tepkimelerin ağaç malzeme üzerindeki negatif etkilerini önlemek için kullanılmaktadır (Taşdelen vd., 2019).

Son yıllarda odun modifikasyonunda bitkisel yağların kullanımına yönelik çalışmalarda artış görülmektedir. Isıl işlemde yüksek sıcaklığa bağlı kimyasal tepkimeler odun higroskopisite ve boyutsal stabiliteyi iyileştirmektedir. Kızgın yağlı ısıl işlemler, özellikle su alımını azaltarak odunun su alımı kaynaklı olumsuzluklara karşı performansını da arttırmaktadır (Wang ve Cooper, 2005). Isıl yağ muamelesinde, yüksek dayanım ve düşük yağ sarfiyatı için 220°C önerilirken, yüksek mekanik direnç ve yüksek dayanım performansları için önerilen 180°C – 200°C sıcaklıklar kontrollü bir yağ alımı sağlamaktadır. Bu maksatla ısıl ortam olarak kolza yağı, keten yağı, ayçiçek yağı gibi ham bitkisel yağlar kullanılmaktadır (Rapp ve Sailer, 2000). Kızgın soya yağı ile 220°C'de 2 saat muamele edildikten sonra aynı yağ içinde 180 °C ve 135 °C'ye kadar soğutulmuş çam ve ladin odunlarında yağ alımının soğutma süresiyle arttığı; su alımı ve genişleme miktarının daha fazla azaldığı; hidrofobisite ve boyutsal stabilitenin iyileştiği belirtilmektedir (Awoyemi vd., 2009). Ayçiçek, keten ve kolza yağları ile ısıl yağ işlemine maruz bırakılan kavak odununda denge rutubeti ve genişleme miktarının azaldığı; ayrıca süre ve sıcaklık artışına bağlı olarak denge rutubeti azalırken genişleme önleyici etkinliğin arttığı açıklanmaktadır (Bak ve Nemeth, 2012). Kızgın keten yağı ile muamele edilen titrek kavak odununda denge rutubeti ve hacimsel daralmanın iyileştiği; beyaz ve kahverengi çürüklük mantarlarına karşı dayanımın arttığı; bu dayanımın sıcaklık artışıyla yükseldiği ifade edilmektedir (Bazyar, 2012).

Su itici yağlar, ağaç malzemeye derin bir şekilde nüfuzu ettirilirse, su iticilik etkileri daha etkili ve uzun süreli olabilmektedir. Bu tür yağlar genellikle basit daldırma veya vakumlu yöntemler ya da açık kazanda sıcak-soğuk daldırma yöntemleri ile kullanılmaktadır. Açık kazanda sıcak-soğuk yağ işlemi, ahşapta iyi ve yeknesak bir emilim sağlamaktadır. Bu işlemin temel ilkesi; kızgın yağ içinde bir süre bekletilip çıkarılan ahşabın, tekrar, soğuk yağ içinde bir süre daha bekletilip çıkarılmasıdır. Bu esnada, sıcaklık değişimi ile oluşan basınç farkı (vakum), su itici yağların, ahşabın iç kısımlarına daha iyi nüfuz etmesini sağlamaktadır (Bozkurt vd., 1993).

Stratejik öneme sahip malzemelerden biri de ağaç malzemedir. Ahşap sektörü dahil, tüm endüstriyel sektörler için ticari ve ekonomik başarının temelini yenilikler ve yenilikçi yaklaşımlar oluşturmaktadır. Yoğunluk, rutubet ve ağırlık, ağaç malzemenin diğer tüm özellikleri ile doğrudan bağlantılı olan fiziksel özellikler arasında bulunmaktadır. Ahşabın fiziksel özelliklerini değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır. Ancak sıcak-soğuk biyo-yag işlemi ile kızılçam odununun sözkonusu fiziksel özelliklerinin ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, çeşitli bitkisel yağlar (hint yağı, keten/bezir yağı, hint yağı + keten yağı) kullanılarak sıcak-soğuk biyo-yag işlemine maruz bırakılan kızılçam diri odununda, ahşabın fiziksel özelliklerden yağ alımı, yoğunluk ve rutubet özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, bu çalışmada sıcak-soğuk biyo-yag işlemi uygulanmış odunun bahsedilen fiziksel özellikleri ile işlem görmemiş odunun özelliklerine ilişkin karşılaştırma sonuçları yanında, uygulanan işlemin bu özellikler üzerine etkileri ve bu etkilerin önem düzeylerine dair bulgulara yönelik değerlendirme sonuçları verilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Yapılan bu çalışmada, materyal olarak kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) diri odun numuneleri, hint yağı (*Ricinus communis* L.), keten yağı (*Oleum linii*) ve karma yağ (%50 hint yağı + %50 keten yağı) kullanılmıştır.

2.1. Odun numuneleri

Kızılçam tomruğunun diri odun kısmından radyal yönde elde edilen numuneler, laboratuvarında hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanan (TS 4176, 1984) latalardan 20 × 20 × 30 mm³ ($R \times T \times B$) ölçülerde hazırlanmış; 103°C ± 2°C etüvde sabit (tam kuru) ağırlığa ulaşıncaya dek kurutulmuş; desikatörde normal oda sıcaklığına (23 °C ± 2 °C) kadar soğutulmuş (TS 2471, 1976); Çizelge 1'de gösterildiği gibi rastgele dört farklı işlem sınıfına ayrılmış ve sıcak-soğuk yağ işlemine kadar kilitli naylon torbalarda muhafaza edilmiştir. Her test için 10'ar adet örnek kullanılmıştır

2.2. Biyo-yaglar

Çizelge 1'de verilen ve piyasadan temin edilen yağlar farklı özelliklere sahiptir. Hint yağı, çok hafif kokar veya kokusuzdur, soluk sarı renkli sıvı haldedir, suda çözünmez, kaynama noktası 313°C' dir (Acar Kimya, 2019); yoğunluğu (25 °C) 0.950 g/cm³ - 0.974 g/cm³ ve viskozitesi (40 °C) 240 mm²/s - 300 mm²/s arasında değişir (Scholz ve Silva, 2008). Keten yağı, vernik ve yağlı boyanın hammaddesini oluşturur, doymamış yağ asitleri (yüksek oranda), potasyum (bol miktarda), magnezyum, demir, bakır ve çinko içerir (Can, 2018); su itici formülasyonlarda hidrojen bağları oluşturabilir, suya oranla molekül ağırlığı yüksektir, rutubete karşı iç ve dış yüzey tabakaları oluşturabilir (Schneider, 1980); odun içinde hızlı ve dengeli ısı transferi sağlayabilir, odunun fiziksel özelliklerini ve dayanımını iyileştirebilir (Bazyar, B., 2012); ısıl işlemde uygun kaynama noktası ve polimerizasyon eğilimi gibi önemli yağ parametrelerine sahiptir (Rapp ve Sailer, 2000).

2.3. Sıcak-soğuk yağ işlemi

Bu işlem, *termal metot* olarak bilinen açık kazanda sıcak-soğuk daldırma yöntemine (TS 345, 2012) uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, tüm numuneler, önce, içinde $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kızgın yağ bulunan muamele tankına 6 saat boyunca daldırılmış; 6 saatlik sürenin sonunda sıcak yağın içinden hemen çıkarılmıştır. Sonra, içinde $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta soğuk yağ bulunan muamele tankına 2 saat boyunca daldırılmış; 2 saatlik sürenin sonunda soğuk yağın içinden derhal çıkarılmıştır (Bozkurt vd., 1993). Daha sonra, örnekler, kurulanmış; ağırlıkları tartılıp boyutları ölçülmüş; $6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa kadar kurutulmuş; oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tekrar ölçülüp tartılmıştır. Bu işlemler, her yağ için ayrı ayrı tekrar edilmiştir.

2.4. Yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarının belirlenmesi

Her odun numunesi için yağ alımı ASTM D1413-07E1 (2007), yoğunluk TS 2472 (1976) ve rutubet miktarı TS 2471 (1976) standartlarına uygun olarak belirlenmiştir.

2.5. Verilerin istatistiksel analizi

Elde edilen değerler, IBM SPSS 22 istatistik programı yardımıyla varyans analizi (one-way ANOVA) ve Duncan testi kullanılarak analiz edilmiştir. ANOVA, sıcak-soğuk yağ işleminin, yağ alımı, yoğunluk ve rutubet miktarı üzerine etkisinin önem düzeyinin belirlenmesi için ($p \leq 0.05$) kullanılmıştır. Duncan testi, etkisi önemli çıkan faktörler için ortalamaların karşılaştırılması ve bu ortalamalar arasındaki farkın %95 güven düzeyinde belirlenmesi için kullanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Çizelge 2'de, 6 saat sıcak ($110\text{ }^{\circ}\text{C}$) yağ işleminin ardından 2 saat soğuk ($23\text{ }^{\circ}\text{C}$) yağ işlemi uygulanan kızılçam odunu için yağ alımı (ağırlık artışı), yoğunluk ve rutubeti özellikleri ile

ilgili istatistiksel bulgular sunulmuştur. Bu işlemin kızılçam odununun bu fiziksel özelliklerindeki (ağırlık, yoğunluk, denge rutubeti) değişim üzerine etkisi de Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'deki ağırlık değişimi işlem öncesine oranla ölçülen değerleri, yoğunluk ve rutubet miktarındaki değişimler ise işlem görmeyen kontrol odununa oranla bulunan değerleri ifade etmektedir.

3.1. Yağ alımı

Sıcak-soğuk biyo-yağ işlemi, kızılçam odununda yağ alımına bağlı ağırlık artışı istatistiksel anlamda önemli derecede etkilemiştir. Bu etkiler %95 ($p \leq 0.05$) güven düzeyinde önemli farklılık göstermiştir. Sıcak-soğuk yağ işleminden sonra, odun örneklerinde, tam kuru ağırlık bazında, %40.84-%75.72 oranında ağırlık artışı olmuştur. Çizelge 2'de görülmektedir ki, bu artışın en büyüğü keten yağı muamelesi ile bulunurken en düşüğü ise hint yağı muamelesi ile elde edilmiştir.

Yağ alımındaki artış, sıcak-soğuk yağ işlemi esnasında hem yağ soğurken soğumanın etkisinden hem de odun örneklerinin yağ içinde geçirdiği zamandan kaynaklanmış olacağı düşünülmektedir. Sıcak-soğuk yağ işleminde odun içindeki havanın büzülmesine neden olan soğutma işlemi vakum etkisi yaparak yağın odun içine daha iyi nüfuz etmesini sağlamıştır. İşlem sırasında yağ alımını arttıracak her hangi bir basınç uygulanmamasına rağmen, soğuma esnasında, sıcaklık değişimi ile oluşan basınç farkı vakum etkisi yaparak yağ penetrasyonunu arttırmıştır. Awoyemi vd. (2009) yağ ısıtma işleminde soğutma işleminin odundaki havanın büzülmesine neden olduğunu ve yağın odunun iç kısımlarına girmesine yönelik bir vakum etkisi yaptığını belirtmiştir. Dubey vd. (2012), yağ ısıtma işlemindeki soğutma periyodunun odunda ağırlık artışına neden olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan Çizelge 2'deki sonuçların literatür bulguları ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Çizelge 1. Kızılçam odununda sıcak-soğuk biyo-yağ işlemine ilişkin işlem sınıfları

İşlem sınıfı	Sıcak yağ işlemi		Soğuk yağ işlemi	
	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (saat)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (saat)
Hint yağı (<i>Ricinus communis</i> L.)	110 ± 2	6	23 ± 2	2
Keten yağı (<i>Oleum linii</i>)	110 ± 2	6	23 ± 2	2
Karma yağ (Hint yağı + Keten yağı)	110 ± 2	6	23 ± 2	2
Kontrol*	-	-	-	-

* İşlem yapılmamıştır.

Çizelge 2. Sıcak-soğuk biyo-yağ işlemi görmüş kızılçam odununda yağ alımı, yoğunluk ve denge rutubetine dair bulgular

İşlem yağı	İstatistiksel değer	Yağ alımı (g)		Yoğunluk (g/cm^3)		Denge rutubeti (%)
		Hava kuru	Tam kuru	Hava kuru	Tam kuru	
Kontrol	X	0 A	0 E	0.525 A	0.498 E	12.200 J
	Ss	0	0	0.029	0.028	1.373
	Sh	0	0	0.009	0.009	0.434
Hint Yağı	X	25.601 B	40.838 F	0.738 B	0.735 F	0.498 I
	Ss	10.436	11.315	0.035	0.038	0.036
	Sh	3.300	3.578	0.011	0.012	0.011
Keten Yağı	X	56.691 D	75.719 H	0.936 D	0.922 H	0.397 I
	Ss	10.554	11.361	0.072	0.071	0.033
	Sh	3.337	3.593	0.023	0.023	0.010
Karma yağ	X	39.395 C	56.908 G	0.836 C	0.832 G	0.804 I
	Ss	6.961	5.698	0.052	0.053	0.051
	Sh	2.201	1.802	0.002	0.017	0.016

X: Ortalama, Ss: Standart sapma, Sh: Standart hata. Her sütündeki aynı harfli ortalamalar arasındaki fark istatistiksel anlamda ($p \leq .05$; %95) önemsizdir.

Çizelge 1’de verilen tüm sıcak-soğuk yağ işlemleri için, ağırlık değişimi, keten yağı ile muamelede en yüksek, hint yağı ile muamelede en düşük ölçülmüştür. Karma yağ muamelesi ise yaklaşık %56’lık bir ağırlık artışı sağlamıştır. Ayrıca %50 hint yağı ve %50 keten yağı karışımından oluşan karma yağ, sıcak-soğuk yağ işleminde, hint yağına göre yağ alımında istatistiksel olarak önemli bir artış sağlamıştır. Hint yağı ve keten yağı karışımı, yağ alımını önemli ölçüde etkilemiştir. Bu karışım için, yağ alımındaki artış, hint yağı muamelesine göre çok daha belirgin (yaklaşık %39.35) olurken, keten yağı muamelesine göre önemli ölçüde (yaklaşık %33.05) azalmıştır. Bu azalma, sıcak-soğuk yağ işleminde, karışımdaki hint yağının, yağ alımını azaltma yönünde bir etki yapmış olmasından ileri gelebilir. Hava kuru örneklerin de benzer davranışlar sergilediği görülebilir (Çizelge 2, Şekil 1).

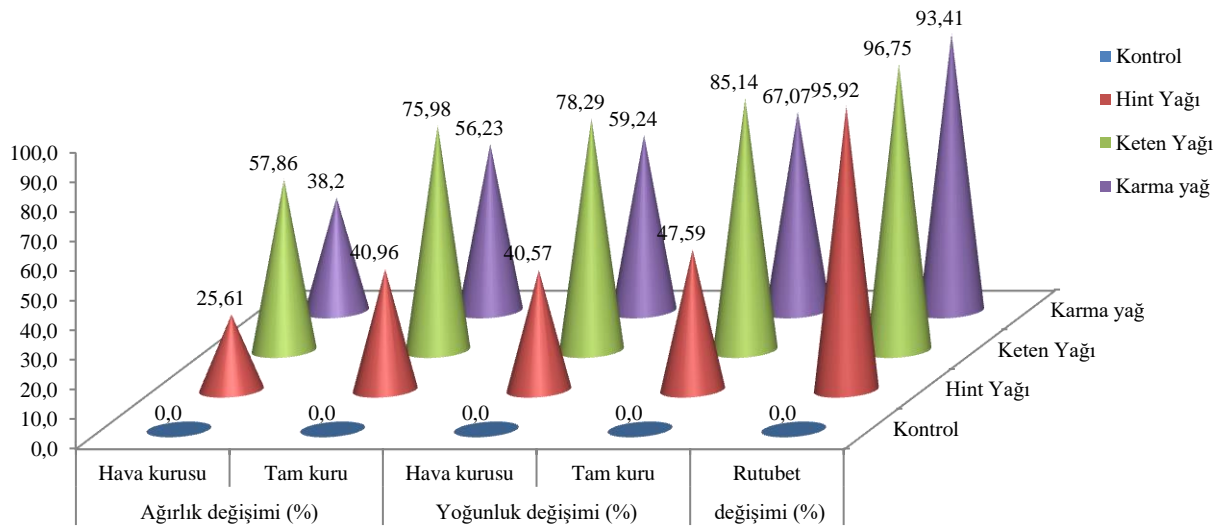
3.2. Yoğunluk

Çizelge 2’deki sonuçlara göre, sıcak-soğuk biyo-yag işlemine tabi tutulan kızılçam odununda, yoğunluk miktarı istatistiksel olarak ciddi oranda artmıştır. Yoğunluktaki bu artış, Şekil 1’de de görülmektedir ki, işlem görmemiş odunkine oranla, tam kuru yoğunluk bazında, keten yağı muamelesinde yaklaşık %85 oranda olurken, hint yağı muamelesinde ise yaklaşık %48 oranda gerçekleşmiştir. Yani; sıcak-soğuk biyo-yag işleminde, 0.922 g/cm³’lik en yüksek tam kuru yoğunluk değeri keten yağı muamelesinde ölçülürken, 0.735 g/cm³’lik en düşük yoğunluk değeri ise hint yağı muamelesinde ölçülmüştür. Sonuçta, keten yağı ile sıcak-soğuk işlem gören kızılçam odununun yoğunluğu işlem görmemiş odunkinden daha yüksek yoğunluk değeri vermiştir. Bu olgu, diğer yağlar ile karşılaştırıldığında, sıcak-soğuk keten yağı işleminin yoğunluk artışı üzerindeki etkisinin daha büyük olmasından kaynaklanısıyla açıklanabilir. Çizelge 2 ve Şekil 1’e göre benzer sonuçların hava kuru örnekler için de elde edildiği söylenebilir.

Yoğunluk miktarındaki artışın derecesi, kuru haldeki odunda hücre lümenleri ve hücreler arası boşluklarda bulunan havanın sıcak işlem sırasında genişleyip soğuk işlem sırasında büzülme şiddetine bağlı olabilir. Bu işlemin sonunda, birim hacimde alınan yağ miktarına bağlı oluşan hacim artışı odunun yüksek yoğunluk değeri vermesiyle sonuçlanabilir. Ayrıca, yoğunluktaki artışlar küresel artışlarla da ilişkili olabilir. Bu nedenle sıcak-soğuk biyo-yag işlemi uygulanmış odundaki küresel artışlar aynı zamanda odunun hem yoğunluğunu hem de boşluk hacmini etkileyebilir.

3.3. Denge rutubeti

Sıcak-soğuk biyo-yag işlemi görmüş kızılçam odununun, işlem görmemiş odundan çok daha az nem aldığı tespit edilmiştir. Şekil 1’deki sonuçlar, işlem görmemiş oduna kıyasla, işlem görmüş odunun denge rutubetindeki en yüksek azalmanın, sırasıyla, keten yağı muamelesi için %96.75, hint yağı muamelesi için %95.92 ve karma yağ muamelesi için %93.41 daha düşük olduğunu göstermiştir. Çizelge 2’deki sonuçlara göre, istatistiksel anlamda, denge rutubeti, kızılçam odunu için, işlem görmemiş örnekler ile işlem görmüş örnekler arasında önemli bir farklılık gösterirken, işlem görmüş örneklerin kendi aralarında ise önemli hiçbir farklılık göstermemiştir. Aynı çizelgede, işlem görmüş numunelerin %0.397-%0.804 arasında değişen, işlem görmemiş örneklerin ise %12.20’lik bir denge rutubetine sahip oldukları görülmektedir. Yani; işlem görmüş örneklerin denge rutubeti, normal oda koşullarında (sıcaklık 23°C ± 2°C, bağıl nem %65 ± %5) yaklaşık %0.80’e kadar düşmüştür. Bu sonuçlar, kızılçam odunu için, sıcak-soğuk yağ işleminden sonra denge rutubetinin kontrol örneklerine kıyasla ciddi anlamda azaldığını ortaya koymuştur. Bu azalma odunun yüksek yağ alımından kaynaklanan düşük rutubet emilimine bağlı olabilir.



Şekil 1. Sıcak-soğuk biyo-yag işlemi görmüş kızılçam odununda ağırlık, yoğunluk ve denge rutubeti değişim (%) grafiği

Şekil 1 ve Çizelge 2 bu açıdan incelenirse, bu çalışmada elde edilen denge rutubetine ilişkin bulguların Bozkurt vd. (1993)'nin sonuçlarıyla tutarlı olduğu görülebilir. Gunduz vd. (2009), işlem görmüş test grubu örneklerin, işlem görmemiş kontrol grubu numunelerden daha az nem aldığını; dolayısıyla denge rutubetindeki azalmanın, kontrol numunesine kıyasla, yaklaşık %1.0 ile %6.5 arasında değişen oranlarda olduğunu tespit etmiştir. Çizelge 2'deki sonuçlara göre, denge rutubeti miktarı için en az değer keten yağı muamelesinde %0.397 ölçülürken, en fazla değer karma yağ muamelesinde %0.804 olarak bulunmuştur. Denge rutubetindeki bu düşüşler, esas olarak artan yağ alımına bağlı olabilir. Bu nedenle sıcak-soğuk biyo-yag işlemi görmüş odunda artan yağ alımı, aynı zamanda yoğunluk ve denge rutubeti özelliklerini de pozitif yönünde etkileyebilir. Önceki bazı çalışmalarda, denge rutubetinin düşük su emilimi nedeniyle azaldığı (Gunduz vd., 2009; Hanger, 2002; Can, 2011); bu azalmaya, işlem sırasında polisakkaridlerdeki azalmanın neden olduğu belirtilmiştir (Burmester, 1995; Giebeler, 1983). Taşdelen vd. (2019), yağ ısıtma işlemi görmüş numuneler için su alımının işlem görmemiş numunelere kıyasla azaldığına; keten yağı ile işlem gören örneklerin su alımının diğer yağlara göre çok daha düşük olduğuna dikkat çekmiştir. Bourgois ve Guyonnet (1988), odundaki higroskopik azalmanın sebebini, ısıtma sırasında odunun hücre çeperindeki hidrofilik bileşenlerin (hemiselüloz) bozunmasına bağlamıştır. Salim vd. (2010), bambu için ham palmye yağı ısıtma işleminin higroskopisteyi azalttığını bildirmiştir. Keten yağı ısıtma işlemi gören kavak odununun denge rutubetinin (Bak ve Nemeth, 2012) ve su alımının (Bazyar, 2012) işlem görmeyen odundan daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çizelge 2 ve Şekil 1'deki sonuçlara göre, sıcak-soğuk biyo yağ işleminden sonra kızılçam odununun denge rutubeti azalmıştır. Bu bakımdan bu çalışmada elde edilen bulguların literatür sonuçlarına yakın olduğu söylenebilir.

4. Sonuç ve öneriler

- Orta yoğunluğa sahip kızılçam odunu az dayanıklıdır; kullanım yerindeki herhangi bir rutubet değişiminden etkilenir; bu etki fazla diri odunlu malzemelerde kendisini fazlaca hissettirir; sonuçta dayanımını hızla kaybeder ve kullanımdan düşer.
- Yapılan bu çalışmada sıcak-soğuk yağ işlemi görmüş kızılçam odununun hava kurusu yoğunluğu 0.53 g/cm³'den 0.84 g/cm³'e ve tam kuru yoğunluğu ise 0.50 g/cm³'den 0.83 g/cm³'e yükselmiştir. Yoğunluktaki bu iyileşme, oduna arız olan mantar ve böceklerin gelişebileceği oksijen seviyesini düşürebilir. Ayrıca kızılçam odununun denge rutubeti de %12'den %0.80'e düşmüştür. Rutubetteki bu düşüş, oduna arız olan mantarların gelişebileceği en alt rutubet sınırından çok daha küçük bir değerdir. Dolayısıyla böyle bir uygulama yoğunluk ve rutubet açısından kızılçam diri odununun biyolojik dayanımı artırabilir.
- Bu sonuçlara göre; kızılçam özelinde, sıcak-soğuk biyo-yag işlemi, su itici yağların oduna daha iyi nüfuz etmesini sağlamış, odunun porozite ve penetrasyonunu sınırlandırmış, birim hacim ağırlığını arttırmış, hücre çeperi ve lümenlerinde boşluk hacmini azaltmıştır.

- Sıcak-soğuk biyo-yag işleminden sonra kızılçam odununun ağırlık (yağ alımı), yoğunluk ve rutubet değerleri önemli ölçüde arttırılmıştır. Bu iyileşmelerin istatistiksel anlamda önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, sıcak-soğuk yağ işlemi görmüş kızılçam odunu, herhangi bir rutubet değişiminden etkilenme tehlikesi olan farklı kullanım yerlerinde alternatif ahşap yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu çalışmada ortaya konan bulgular, kızılçam odununun dayanımını etkileyen ve yukarıda bahsedilen fiziksel özelliklerin iyileşmesinde sıcak-soğuk keten yağı işleminin diğer yağ işlemlerine nazaran daha etkili olduğu ortaya konmuştur.

Açıklama

Bu çalışma TÜBİTAK-BİDEB 2209-A kapsamında 1919B011601622 başvuru numarası ile desteklenen araştırma projesinin bir bölümüdür. Yazarlar, desteklerinden dolayı TÜBİTAK-BİDEP Başkanlığı'na teşekkür eder.

Kaynaklar

- Acar Kimya, 2019. Acar Kimya A.Ş., <http://www.acarchemicals.com>, Erişim: 01.11.2019.
- ASTM D1413-07E1, 2007. Standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. ASTM. West Conshohocken, PA, USA.
- Awoyemi, L., Cooper, P.A., Ung, T.Y., 2009. In-treatment cooling during thermal modification of wood in soy oil medium: soy oil uptake, wettability, water uptake and swelling properties. *European Journal of Wood and Wood Products*, 67(4): 465. DOI: 10.1007/s00107-009-0346-9
- Bak, M., Németh, R., 2012. Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil-heat-treated poplar (*Populus euramericana* CV. Pannónia) wood. *BioResources*, 7: 5128–5137.
- Bazyar, B., 2012. Decay resistance and physical properties of oil heat-treated aspen wood. *Bioresources*, 7: 696-705.
- Burmester, A., 1995. The dimensional stabilization of wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 2(2):112–9.
- Bourgois, J., Guyonnet, R., 1988. Characterization and analysis of terfified wood. *Wood science and Technology*, 22(2): 143-155.
- Bozkurt, A.Y., Goker, Y., Erdin, N., 1993. *Emprenye Tekniği Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Can, A., 2011. Endüstriyel ölçekli ısıtma işlem ve borlu bileşiklerle emprenyenin odunun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Can, A., 2018. Su itici maddeler ile kombine edilmiş bazı emprenye maddelerinin performansının incelenmesi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Dubey, M.K., Pang, S., Walker, J., 2012. Oil uptake by wood during heat-treatment and post-treatment cooling, and effects on wood dimensional stability. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(1-3): 183-190.
- Giebeler, E., 1983. Dimensional stabilization of wood by moisture-heat-pressure treatment. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 41: 87–94.
- Gunduz, G., Aydemir, D., Karakas, G., 2009. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties. *Materials and Design*, 30: 4391–4395. DOI:10.1016/j.matdes.2009.04.005
- Hanger, J., 2002. Physical properties of domestic species after thermal treatment. *Holzforchung*, 6:11-13.
- Hill, C.A.S., 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. John Wiley & Sons, Chichester. UK.

- Rapp, A.O., Sailer, M., 2000. Heat treatment of wood in Germany- State of the art. In Proceedings of the seminar on production of heat treated wood in Europe, 20 November, Helsinki, Finland, pp. 2000.
- Scholz, V., Silva, J.N., 2008. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass and Bioenergy*, 32: 95-100. DOI:10.1016/j.biombioe.2007.08.004
- Salim, R., Ashaari, Z., Samsi, H.W., Wahab, R., Alamjuri, R.H., 2010. Effect of oil heat treatment on physical properties of semantan bamboo (*Gigantochloa scortechinii* Gamble). *Modern Applied Science*, 4(2): 107.
- Schneider, M.H., 1980. Hygroscopicity of wood impregnated with linseed oil. *Wood Science and Technology*, 14(3): 107-114.
- Syrjänen, T., Kangas, E., 2000. Heat treated timber in Finland. The international research group on wood preservation, IRG/WP 00-40158, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.
- Taşdelen, M., Can, A., Sivrikaya, H., 2019. Some physical and mechanical properties of maritime pine and poplar exposed to oil-heat treatment. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3): 254-260. DOI: 10.18182/tjf.566647
- TS 4176, 1984. Odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tayini için homojen meşçerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması. TSE, Ankara.
- TS 345, 2012. Ahşap emprenye maddeleri etkilerinin deney yöntemleri. TSE, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara.
- Wang, J., Cooper, P., 2005. Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz Roh-Werkst*, 63: 417-422. DOI: 10.1007/s00107-005-0033-4.