



FARKLI ORANLARDA BOZUNMUŞ KAYIN LİFİ EKLENMİŞ PVA VE PÜ TUTKALLARININ YONGALEVHANIN HİGROSKOPİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gonca DÜZKALE SÖZBİR¹, İbrahim BEKTAŞ², Ayşenur KILIÇ AK^{2*}, Saniye ERKAN²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Bölümü, Mobilya ve Dekorasyon Programı, Kahramanmaraş, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu yazar: aysenurkiloc89@gmail.com

Gonca DÜZKALE SÖZBİR: <https://orcid.org/0000-0002-0728-841X>

İbrahim BEKTAŞ: <https://orcid.org/0000-0002-0617-6926>

Ayşenur KILIÇ AK: <https://orcid.org/0000-0002-3344-4551>

Saniye ERKAN: <https://orcid.org/0000-0002-6549-8319>

Please cite this article as: Düz kale Sözbir, G., Bektaş, İ., Kılıç Ak, A. & Erkan, S. (2021). Farklı oranlarda bozunmuş kayın lifi eklenmiş pva ve pü tutkallarının yongalevhanın higroskopik özellikleri üzerine etkisi, *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 327-338.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 17 Şubat 2021 / Received 17 February 2021

Düzeltilmelerin gelişi 9 Nisan 2021 / Received in revised form 9 April 2021

Kabul 16 Nisan 2021 / Accepted 16 April 2021

Yayımlanma 31 Ekim 2021 / Published online 31 October 2021

ÖZET: Bu makalede, mobilya endüstrisinin en önemli hammaddelerinden biri olan yonga levhalarda yaygın olarak kullanılan PVA (Polivinil Asetat) ve PÜ (Poliüretan) tutkallarına değişen oranlarında *Lentinus edodes* mantarı tarafından degrade edilen kayın lifi ilave edilerek hazırlanan örneklerin, su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla, üretilen test örneklerinde, kontrol grubu için yapışma yüzeylerine 150 g/m², diğer örneklerde ise 150 g/m² tutkala %2.5, %5 ve %7.5 oranlarında bozunmuş kayın lifi ilave edilmiştir. Yonga levha test numunelerinde higroskopik özelliklerin belirlenmesi amacı ile 2, 24, 48, 72, 96 ve 336 saat süreler için su alma (SA) ve kalınlığına şişme (KŞ) denemeleri yapılmıştır. Yapılan testler ve istatistik analizler sonucunda, PVA tutkalı ile muamele edilen örneklerin, PÜ tutkalı ile muamele edilenlere göre su alma değerlerinin yaklaşık %49 ve PVA tutkalının uygulandığı örneklerin kalınlık artış yüzdelerinin, PÜ ile işlem görenlerden ortalama %60 kadar daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tutkala eklenen bozunmuş kayın lifi ilavesi PVA ile muamele edilen örneklerde su alma ve kalınlığına şişme sonuçları üzerinde istatistiki olarak önemli bir etki göstermezken, PÜ ile işlem görenlerde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. Ancak, test örneklerinin uzun süreli (96 saat ve üzeri) su ile muamele edilmesinde lif ilavesinin su alma ve kalınlık artımı üzerinde, her iki tutkal türünde de olumlu yönde etki ettiği söylenebilir. Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre, yonga levhaların açık hava şartlarında ve rutubetli ortamlarda birbiri ile birleştirilerek kullanılması durumunda, yapıştırıcı olarak bozunmuş kayın lifleri eklenmiş PVA tutkalının tercih edilmesi önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Yongalevha, bozulmuş kayın lifi, PVA-PÜ, su alma, kalınlığına şişme

EFFECT OF PVA AND PU GLUES WITH DIFFERENT RATES OF DEGRADED BEECH FIBER ON THE HYGROSCOPIC PROPERTIES OF THE PARTICLEBOARD

ABSTRACT: In this article, it was aimed to demonstrate the values of water absorption and thickness swelling of samples prepared by adding beech fiber degraded by *Lentinus edodes* fungus to PVA (Polyvinyl Acetate) and PU (Polyurethane) adhesives, which are widely used in particle boards that one of the most important raw materials of the furniture industry. For this purpose, in the test samples produced, 150 g/m² was added to the adhesion surfaces for the control group, and 2.5%, 5% and 7.5% of degraded beech fiber was added to the glue for the other samples. In order to determine the hygroscopic properties of the particleboard test samples, water absorbing (WA) and thickness swelling (TS) tests were performed for 2, 24, 48, 72, 96 and 336 hours. As a result of the tests and statistical analysis, it was determined that the water absorption values of the samples treated with PVA were approximately 49% lower than those treated with PU. Also, thickness swelling percentages of the samples treated with PVA approximately 60% lower than those treated with PU. In addition to these, the addition of degraded beech fiber to the glue used did not statically have a significant effect on the results of water absorption and thickness swelling values in the samples treated with PVA, while it created significant differences in those treated with PU. However, it can be said that the fiber addition has a positive effect on the water absorbing and thickness swelling in both types of glue in the long-term (96 hours and above) treatment of test samples with water. According to the data obtained within the scope of the study, if the chipboards are combined with each other in open air conditions and humid environments, it may be recommended to prefer PVA glue with degraded beech fibers as an adhesive.

Keywords: Particleboard, degraded beech fiber, PVA-PU, water absorption, thickness swelling

GİRİŞ

Ahşap esaslı kompozit levhalar içerisinde yaygın olarak üretilen ve kullanılan levhalar arasında yer alan yonga levhalar, farklı geleneksel malzemelere kıyasla (metaller) işlenebilirliğinin kolay olması, farklı kalınlık ve ebatlarda üretilebilmesi ile düşük maliyette olması gibi pek çok avantaja sahiptir. Suya karşı duyarlılığı, üretimde kullanılan tutkala bağlı olarak değişiklik göstermesine rağmen higroskopisitesi yüksek bir malzemedir (Moubarik ve ark., 2013). Sentetik reçinelerin geliştirilmesi ile mobilya üretiminde teknik ve yapısal değişimler meydana gelmiştir. Masif ve tablalı (panel tipi) mobilya üretiminde tutkallı birleştirmeler, mekanik birleştirmelerin (vida, çivi, kamalı, kınışlı vb.) yerini almıştır. Günümüzde, farklı özelliklerde sentetik reçinelerden üretilen tutkallar rutubetli ortamlara elverişli, seri üretime uygun ve atölye tipi soğuk-sıcak olarak üretilmektedir. Tutkalların en uygun kullanım yerleri ve uygulanma esasları konularında araştırmaların devam etmesi, mobilya endüstrisinde kalitenin artırılması ve malzeme kayıplarının önlenmesine yönelik çalışmalar arasındadır (Atar, 2006). Daha çok mobilya ve yapı malzemelerinin yapıştırma işlerinde yaygın olarak kullanılan polivinilasetat (PVA) ve poliüretan (PÜ) tutkalları sentetik tutkallar olup her ikisinin de soğuk olarak uygulanabilmesi, hızlı sertleşebilmesi, ortamdaki nem ile küreşmesi, kokusuz olması, kolay uygulanabilmesi vb. gibi birçok avantajı bulunmaktadır. PVA tutkalı, mobilya üretimi sırasında masif parçaların yapıştırılması, yapay reçine kaplamalarının yapıştırılması, dekorasyon ürünlerinin montajı ve tutkalanması, çeşitli

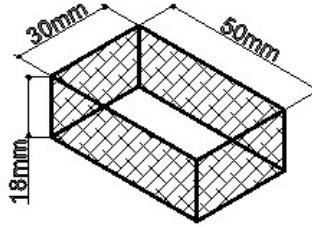
birleştirmelerde (zıvanalı, dişli, kavelalı) rahatlıkla kullanılabilen bir tutkaldır. Söz konusu tutkal ile yapılan montaj veya birleştirme işlerinde, yaklaşık olarak 1 m²'ye 180 gr tutkal sürülmektedir. Poliüretan tutkalı ise metal, seramik PVC, ahşap vb. yüzeylerde rahatlıkla kullanılan, çift karbonlu alkol ve izosiyanattan oluşan, kimyasal maddelere, mikroorganizmalara, yağlara ve kaynar suya dayanıklı olup oldukça elastiktir. Ayrıca, 1 m²'ye yaklaşık olarak 250 gr sürülmektedir (Burdurlu,1994).

Mobilya endüstrisinde kullanılan kompozit levhaların boyutsal kararlılığı (su alıp vermesi) önemli bir özellik olup, nemli ortamlarda ve su ile temas etmesi muhtemel alanlarda kullanım alanlarının artırılması bakımından suya dayanıklı kompozit malzemelerin üretimi büyük önem arz etmektedir (Ekpunobi ve ark., 2013). Üretilen ürünlerin kullanım ömrünü, suyun ve nemin etkisi ile oluşan çatlaklar azaltmaktadır. Levhaların özelliklerinin geliştirilmesi adına farklı dolgu maddeleri takviyesi ile boyutsal kararlılığı artırmak (Wang ve Yu, 1993), mekanik (Var ve ark., 2002) ve hidrofobik özelliklerini (Güler ve ark., 2015) iyileştirmek, yangına karşı, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı direncini artırmak için çeşitli kimyasal maddeler (borik sit, boraks, çinko borat, fosforik asit, monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfatlar) ile muamele (Atar ve ark., 2004; Peker ve ark., 2015; Pedieu ve ark., 2012) edilmek suretiyle literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma da ise, mobilya üretiminde sıklıkla kullanılan yonga levhaların yapışma esnasında higroskopik özelliklerini iyileştirmek amacıyla tutkala doğal dolgu maddesi ilave edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, dünyada en yaygın mantar türleri arasında ikinci sırada yerini alan *Lentinus edodes* (Shiitaki) mantarı kullanılmıştır. *Lentinus edodes*; meşe, kızılağaç, kestane, kayın, akçağağaç, kokulu ardıç, kavak gibi çeşitli yapraklı ağaç türleri ve lignoselülozik artıklar kullanılarak doğal olarak üretilebilen bir mantar çeşididir (Wasser, 2005). Son yıllarda önemli hale gelen mantar türlerinden *Lentidus edodes* isimli mantar, lignoselülozik malzemelerin hücre çeperi ana bileşenleri arasında yer alan lignini %40.7-%59.10 oranlarında tahrip ettiği için beyaz çürüklük mantarı olarak bilinmektedir (Morais ve ark., 2000).

Bu araştırma ile yonga levhanın su alma ve kalınlığına şişme değerlerini daha stabil hale getirmek için test örneklerinin, içerisine belirli oranlarda lignin tahripçisi *Lentinus edodes* mantarı tarafından değrede edilen kayın lifleri eklenen PVA ve PÜ tutkalları ile muamelesi sonucu elde edilen su alma ve kalınlığına şişme değerleri tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Testlerde, piyasadan temin edilen 18 mm kalınlığında orta yoğunlukta üretilmiş yonga levhalar kullanılmıştır. Test örnekleri 18×30×50 mm boyutlarında hazırlanmıştır (şekil 1). Test ölçülerine getirilen levha örnekleri 20°C sıcaklık ve %65 bağırl nemde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilerek hava kurusu rutubete getirilmıştir. Bozunmuş lifler, kültür mantarı üretimi yapan tesisten elde edilmiştir (Agroma Mantar, Denizli). Tutkallara eklenen bozunmuş kayın liflerin mantar misel atıkları temizlenerek yıkanmış ve kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Lifler daha sonra sarsak elekte elenmiş ve 60 mesh ölçüsündeki lifler tutkal içerisine katkı maddesi olarak katılarak kullanılmıştır. Bu çalışmada katkı maddesi olarak, PVA (Polivinil asetat) ve PÜ (Poliüretan) tutkalları içerisine %2.5, %5 ve %7.5 oranlarında bozunmuş lifler katılarak levhanın, su alma ve kalınlığına şişme miktarları değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Yonga Levha Su Alma, Kalınlığına Şişme Test Örnek Boyutları ve Tutkallama Yüzeyleri

Test örneklerine PVA (Polivinil asetat) ve PÜ (Poliüretan) tutkalları 150 gr/m² olacak şekilde örneklerin yüzeyine sürülmüştür. Bu tutkalların genel özellikleri şu şekildedir:

Test örneklerinin hazırlanmasında uygulanan parametreler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Test Örneklerinin Hazırlama Düzeni

Numune kodu	Numune grupları	Tutkal tipi ve miktarı		Lif katkı oranı (%)
		PVA (g)	PÜ (g)	
KN0	Kontrol 0	0	0	0
KN1	Kontrol 150	150	150	0
N2.5	Bozunmuş kayın lifi	150	150	2.5
N5.0	Bozunmuş kayın lifi	150	150	5.0
N7.5	Bozunmuş kayın lifi	150	150	7.5

Çalışma kapsamında test edilecek su alma ve kalınlığına şişme testleri TS EN 317’deki esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Su alma (SA) ve kalınlığına şişme (KŞ) testlerinde örnekler, sırası ile 2, 24, 48, 72, 96 ve 336 (2 hafta) saat süreyle suda bekletilmiş ve daha sonra ölçümler yapılmıştır. Testlerde elde edilen verilere, Basit varyans analizi (Anova) ve Duncan testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Testlerde, yonga levha örnekleri için elde edilen su alma (SA) ve kalınlığına şişme (KŞ) ölçümlerine ait veriler ve uygulanan istatistik analiz sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler, tablolar halinde aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 2. PVA ile Üretilmiş Örneklerin Su Alma Testi Analiz Sonuçları(*).

Numune Kodu	Bekletme Süresi (sa)	LKO (%)	Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hata	VK (%)	DG (%)	Önem düzeyi
KN0		0	22.73a(**)	3.297	1.474	14.51	7.73	
KN1		0	20.59a	4.643	2.077	22.55	12.09	
N2.5	2	2.5	22.72a	4.407	1.971	19.40	10.91	0.374
N5.0		5.0	21.56a	2.472	1.106	11.47	5.97	
N7.5		7.5	26.63a	7.709	3.448	28.95	20.06	
KN0		0	47.23a	4.398	1.967	9.31	10.15	
KN1	24	0	45.94a	3.977	1.779	8.66	10.74	0.700
N2.5		2.5	46.27a	6.651	2.974	14.38	12.65	

N5.0		5.0	45.21a	2.910	1.302	6.44	6.69	
N7.5		7.5	49.83a	7.625	3.410	15.30	20.10	
KN0		0	61.13a	4.372	1.955	7.15	11.76	
KN1		0	58.18a	4.285	1.916	7.37	11.80	
N2.5	48	2.5	53.27a	8.477	3.791	15.91	19.44	0.361
N5.0		5.0	56.30a	6.395	2.860	11.36	15.80	
N7.5		7.5	57.76a	5.257	2.351	9.10	14.43	
KN0		0	72.49a	4.430	1.981	6.11	11.35	
KN1		0	77.35a	3.699	1.654	4.78	10.06	
N2.5	72	2.5	72.83a	5.409	2.419	7.43	13.06	0.501
N5.0		5.0	74.94a	5.393	2.412	7.20	14.26	
N7.5		7.5	74.80a	4.308	1.926	5.76	11.70	
KN0		0	80.78a	3.607	1.613	4.47	9.61	
KN1		0	81.68a	3.481	1.557	4.26	8.35	
N2.5	96	2.5	78.01a	5.009	2.240	6.42	11.97	0.808
N5.0		5.0	82.71a	5.132	2.295	6.20	13.16	
N7.5		7.5	82.45a	5.972	2.671	7.24	16.26	
KN0		0	93.24b	2.344	1.048	2.51	5.90	
KN1		0	94.65bc	3.626	1.622	3.83	9.52	
N2.5	336	2.5	87.04a	4.653	2.081	5.35	10.95	0.001
N5.0		5.0	99.55c	4.942	2.210	4.96	13.35	
N7.5		7.5	96.54bc	3.858	1.725	4.00	9.84	

(*)Numune sayısı: 18, LKO: Lif katılım oranı, VK: Varyasyon katsayısı, KN: Kontrol örneği, DG: Dağılım genişliği, (***)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre signifikant bir fark yoktur.

Tablo 2 incelendiğinde, PVA tutkalı kullanılarak hazırlanan yonga levha test örneklerinin su alma değerlerinin, Tablo 1’de verilen numune grupları (KN0, KN1, N2.5, N5.0 ve N7.5) arasında 2 hafta (336 saat) suda bekletilenler hariç, diğerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık oluşmamıştır. KN0 ve KN1 örnekleri karşılaştırıldığında, KN1 grubuna 72 saate kadar uygulanan 150 g tutkal dolayısı ile su alma değerleri KN0 örneklerinden daha düşük ölçülmüş, ancak ilerleyen sürelerde tutkalın çözünmesi sonucu su alma değerleri (%77.35) yükselmiştir. Yapılan bir çalışmada tutkalın bozucu şartları üzerinde bir araştırma yapılmış ve PVA tutkalının bozunumunu sağlayan konjuge çift bağlarla bağlı olan asetil gruplarının kaybindan kaynaklandığı belirlenmiştir (Chelazzi ve ark., 2014).

Bozunmuş lif ilaveli örnek grupları (N2.5, N5.0 ve N7.5) arasında ise, genel olarak lif oranının artması ile su alma yüzdelerinin de arttığı görülmüştür. Lif katkılı örnekler KN0 grubuna göre, 72 sa. suda bekletme süresine kadar, su almayı bir miktar engellemiş, daha sonra ligninin bozunması sonucu, su alma değerleri artmıştır. Beyaz çürüklük mantarı tarafından bozunmuş liflerin, holoselüloz miktarı normal liflere göre yüksektir (Lee ve ark., 2007). Bu durum hidrofilik özellik gösteren bozunmuş liflerin daha yüksek su tutma özelliği göstermesinin nedeni olarak düşünülmektedir.

Öte yandan, tutkallı KN1 grubuna göre ise lif ilaveli örneklerin ilk 24 saate kadar daha fazla su aldığı, ancak PVA tutkalının suda çözünmeye başlaması ile su alma yönünün 48 saatten itibaren KN1 grubu lehine değiştiği yine Tablo 2’deki verilerden anlaşılabilir. Test örneklerinin kendi içlerinde suda bekletmenin başlangıcından (2 sa.) 2 haftalık sürenin

sonuna kadar, su alma yüzdelerindeki artışta, sonuçlar hakkında bir fikir verebilir. Buna göre, bu artış KN0 grubunda %410, KN1’de %460, N2.5 için %383, N5.0 için %462 ve N7.5 için de %363 olarak hesaplanmıştır. Yüzdelerden de anlaşılacağı üzere, lif katkıları özellikle, N2.5 ve N7.5 grubu örneklerinde su alma yüzdelerini önemli oranda azaltmıştır. Genel olarak bakıldığında, 2,5 oranında katılan bozunmuş lif belli oranda PVA ile çapraz bağ oluşturmuştur. Konu ile ilgili PVA’ya katılan katkıların bağ yapabilme özelliği farklı çalışmalarda (Mathew ve ark., 2011; Geng ve ark., 2017) ortaya konmuştur. Lif miktarının artması, açık uçlu OH⁻ grubunun artmasına neden olmakta ve bunun da PVA’ya bağlanamayan grupların bünyesine daha fazla su alması sonucunu doğurduğu düşünülebilir. PÜ tutkalı ile muamele görmüş test örneklerinin Tablo 3’te gösterilen su alma verileri, 2 hafta (336 sa.) suda bekletme dışındaki örneklerin tamamı Anova ve Duncan analiz sonuçlarına göre gruplar arası etkileşimde en azından $p < 0.005$ önem düzeyinde anlamlı sonuçlar ortaya koymuştur. Yine aynı tablodaki verilerden, istatistiksel manada aralarında önemli bir fark oluşmamakla birlikte, KN1 grubu örneklerinin su alma yüzdelerinin suda bekletme sürelerinin (2, 24, 48, 72, 96 ve 336 sa.) tamamında KN0 grubu numunelerinden daha düşük su alma değerleri gösterdiği söylenebilir. Bu durum, 150 g uygulanan PÜ tutkalının su itici özelliğinin açık bir göstergesidir. Aynı data bozunmuş lif ilaveli gruplar açısından ele alındığında, 2. saatten itibaren her iki kontrol grubuna (KN0 ve KN1) kıyasla yüksek bir su alma yüzdesi göstermiştir. Ancak, 2 hafta sonunda su alma yüzdeleri arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonucun, tutkala, katkı maddesi olarak katılan bozunmuş liflerin yapısındaki ligninin bozunması ve bünyesinde selüloz miktarının fazlalığı nedeniyle, normal life göre daha hidrofilik (suyu seven) özelliğe sahip olmasından kaynaklanması muhtemeldir. Bu özelliği nedeniyle, bozunmuş lifler, ilk suya daldırılması itibarıyla katkı oranı miktarına göre bünyesine hızlı ve çok miktarda su almaya başlamaktadır. Lignoselülozik materyal içerisinde lignin miktarı azaldıkça malzemenin su alma miktarının arttığı bilinmektedir (Fabiya ve ark., 2011).

Tablo 3. PÜ ile Üretilmiş Örneklerin Su Alma Testi Analiz Sonuçları(*)

Numune Kodu	Bekletme Süresi (sa)	LKO (%)	Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hata	VK (%)	DG (%)	Önem düzeyi
KN0		0	22.73a	3.297	1.474	14.51	7.73	
KN1		0	16.26a	6.902	3.087	42.45	16.46	
N2.5	2	2.5	64.59b	4.797	2.145	7.43	11.98	0.000
N5.0		5.0	69.84b	9.193	4.111	13.16	20.76	
N7.5		7.5	63.93b	13.391	5.988	20.95	25.50	
KN0		0	47.23a	4.398	1.967	9.31	10.15	
KN1		0	39.95a	7.576	3.388	18.96	17.58	
N2.5	24	2.5	70.75b	4.270	1.910	6.04	9.17	0.000
N5.0		5.0	75.11b	7.419	3.318	9.88	19.43	
N7.5		7.5	73.00b	12.081	5.403	16.55	23.88	
KN0		0	61.13a	4.372	1.955	7.15	11.76	
KN1		0	51.91a	7.047	3.151	13.57	16.23	
N2.5	48	2.5	79.47b	5.859	2.620	7.37	11.74	0.000
N5.0		5.0	79.41b	5.338	2.387	6.72	12.55	
N7.5		7.5	76.48b	11.074	4.952	14.48	21.74	
KN0		0	72.49a	4.430	1.981	6.11	11.35	
KN1	72	0	66.05a	5.207	2.329	7.88	12.70	0.000

N2.5		2.5	80.28b	3.487	1.560	4.34	8.04	
N5.0		5.0	88.83c	4.701	2.103	5.29	11.40	
N7.5		7.5	83.72bc	8.972	4.012	10.72	18.80	
KN0		0	80.78b	3.607	1.613	4.47	9.61	
KN1		0	71.64a	5.666	2.534	7.91	13.42	
N2.5	96	2.5	80.97b	3.137	1.403	3.87	7.57	0.003
N5.0		5.0	86.88b	3.895	1.742	4.48	9.87	
N7.5		7.5	83.22b	8.191	3.663	9.84	18.93	
KN0		0	93.24a	2.344	1.048	2.51	5.90	
KN1		0	92.21a	3.851	1.722	4.18	8.11	
N2.5	336	2.5	97.69a	7.898	3.532	8.08	21.57	0.320
N5.0		5.0	99.93a	8.725	3.902	8.73	22.68	
N7.5		7.5	98.24a	8.076	3.612	8.22	17.63	

(*)Numune sayısı: 18, LKO: Lif katılım oranı, VK: Varyasyon katsayısı, KN: Kontrol örneği, DG: Dağılım genişliği, (***)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre signifikant bir fark yoktur.

Tablo 4'te sunulan verilerden, PVA tutkalı ile üretilen örnek gruplarının tamamında tutkal miktarı ve lif ilavesinin örneklerin kalınlığına şişme değerleri üzerinde bir etkisinin olmadığı görülebilir. Bu çıkarımın, aynı örneklerin (2 hafta suda bekletme hariç) Tablo 2'deki su alma değerlerinde gösterdikleri analiz sonucuna paralel olduğu açıktır. Bu tablo ile ilgili muhtemelen ifade edilebilecek en ilgi çekici tespit, özellikle 2 hafta sonunda KN0 ve KN1 gruplarına göre lif katkısının boyut genişlemesi üzerinde gösterdiği frenleme etkisidir.

Suda bekletmenin başlangıcından (2 sa.) sonuna kadar (2 hafta) 334 saat boyunca, numune gruplarında, KN0 %410, KN1 %460, N2.5 %383, N5.0 %363 ve N7.5 %363'lük bir kalınlık artışı meydana gelmiştir. Ortalama artış ise %412 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, N2.5 ve N7.5 gruplarının kalınlığına genişleme oranları üzerinde lif ilavesinin etkisini göstermektedir. Bu değerlendirmeler ışığında, test örnekleri en fazla kalınlık artışı gösterenden en aza doğru, KN1 (%18.57), KN0 (%18.47), N2.5 (%18.11), N5.0 (%18.10) ve N7.5 (%17.23) şeklinde sıralanabilir. Kalınlığına artış miktarının sınırlandırıcı etkisi, daha öncede bahsedildiği üzere liflerdeki hidroksil gruplarının PVA ile çapraz bağ yaparak, malzemenin kalınlığına artışında sınırlandırıcı etki yapmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışmada, nano boyutta selülozun PVA tutkalı ile homojen dağılım gösterdiği ve çapraz bağlandığı bildirilmektedir (Geng ve ark., 2018).

Tablo 4. PVA Tutkalı ile Hazırlanmış Test Örneklerinin Kalınlığına Şişme Testi Analiz Verileri(*)

Numune kodu	Bekletme süresi (sa)	LKO (%)	Ortalama (%)	Standart sapma	Standart hata	VK (%)	DG (%)	Önem düzeyi
KN0		0	5.21a(**)	0.808	0.361	15.51	2.12	
KN1		0	4.99a	0.576	0.258	11.54	1.42	
N2.5	2	2.5	5.10a	1.340	0.599	26.24	3.48	0.829
N5.0		5.0	4.80a	0.592	0.265	12.34	1.50	
N7.5		7.5	5.50a	1.209	0.541	21.99	3.16	
KN0		0	13.10a	1.151	0.515	8.79	2.91	
KN1	24	0	13.27a	0.984	0.440	7.41	2.22	0.915
N2.5		2.5	13.15a	1.378	0.616	10.48	3.64	

N5.0		5.0	12.99a	0.502	0.225	3.87	1.38	
N7.5		7.5	12.68a	0.917	0.410	7.23	2.37	
KN0		0	14.29a	1.055	0.472	7.39	2.70	
KN1		0	14.22a	0.901	0.403	6.34	2.34	
N2.5	48	2.5	13.90a	0.443	0.198	3.19	1.19	0.722
N5.0		5.0	14.50a	0.829	0.371	5.72	2.07	
N7.5		7.5	13.86a	0.841	0.376	6.06	2.06	
KN0		0	15.58a	1.049	0.469	6.74	2.83	
KN1		0	15.78a	1.394	0.623	8.83	3.13	
N2.5	72	2.5	16.99a	2.537	1.135	14.93	5.81	0.421
N5.0		5.0	15.57a	0.838	0.375	5.38	2.08	
N7.5		7.5	15.13a	1.383	0.619	9.14	3.55	
KN0		0	15.82a	1.048	0.469	6.63	2.45	
KN1		0	16.07a	1.370	0.613	8.52	3.18	
N2.5	96	2.5	16.17a	1.394	0.623	8.62	3.62	0.922
N5.0		5.0	16.18a	1.230	0.550	7.60	3.14	
N7.5		7.5	15.54a	1.405	0.628	9.04	3.50	
KN0		0	18.47a	1.025	0.458	5.55	2.69	
KN1		0	18.57a	1.363	0.610	7.34	2.89	
N2.5	336	2.5	18.11a	1.577	0.705	8.71	3.90	0.560
N5.0		5.0	18.10a	0.912	0.408	5.04	2.28	
N7.5		7.5	17.23a	1.691	0.756	9.82	4.20	

(*)Numune sayısı: 18, LKO: Lif katılım oranı, VK: Varyasyon katsayısı, KN: Kontrol örneği, DG: Dağılım genişliği, (**)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre signifikant bir fark yoktur.

PÜ tutkalı uygulanan numunelerde kalınlık artışlarına ait Tablo 5’te verilen analiz sonuçları, 96 sa. suda bekletilenler hariç diğer test gruplarında tutkal miktarı ve bozunmuş lif katkısının kalınlığına şişme değerleri üzerinde $p < 0.05$ güven düzeyinde istatistiki olarak bir etkisinin varlığını göstermektedir. Örnekleri 2 sa.’lik suda bekletmenin sonunda, lif katkılı gruplarda kalınlığına şişme değerleri (sırası ile %12.91, %11.92 ve %12.71) iken, kontrol gruplarında (sırası ile %5.21 ve %4.27) oldukça düşük seviyelerde seyretmiştir. 2 haftalık suda bekletme sonucunda aynı ölçümler bu defa lif katkılı gruplarda (sırası ile %17.88, %16.31 ve %17.06) iken, kontrol gruplarında (sırası ile %18.47 ve %18.01) lif eklenmiş örneklerdeki kalınlık artım değerlerine göre oldukça yüksek olarak hesaplanmıştır. Yani, bozunmuş kayın liflerinin başlangıçta suyu kontrol numunelerinden daha fazla tuttuğu, yaklaşık 24 sa.’lik bekletme sonunda bir denge durumunun oluştuğu, ilerleyen sürelerde ise söz konusu numunelerde su almanın azaldığı görülmüştür. Bu durum, bozunmuş lifler ile PÜ tutkalının kendi içerisinde bağ yaptığı için, uzun süre su içerisinde bekletmede, malzemenin kalınlığına şişmesini sınırlandırdığı düşünülmektedir. PÜ tutkalının farklı bileşiklerle de kendi içerisinde bağ yapabildiği yapılan çalışmalarda görülmektedir (Vega-Baudrita ve ark., 2007; Kong ve ark., 2016).

Tablo 5. PÜ Tutkalı Kullanılan Deney Numunelerinde Kalınlığına Şişme Testi Analiz Değerleri(*)

Numune Kodu	Bekletme Süresi (sa)	LKO (%)	Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hata	VK (%)	DG (%)	Önem düzeyi
-------------	----------------------	---------	--------------	----------------	---------------	--------	--------	-------------

KN0		0	5.21a(**)	0.808	0.361	15.51	2.12	
KN1		0	4.27a	1.644	0.735	38.52	4.16	
N2.5	2	2.5	12.91b	0.798	0.357	6.18	2.18	0.000
N5.0		5.0	11.92b	1.256	0.562	10.54	3.15	
N7.5		7.5	12.71b	1.165	0.521	9.17	2.88	
KN0		0	13.10ab	1.151	0.515	8.79	2.91	
KN1		0	12.30a	1.416	0.633	11.50	3.08	
N2.5	24	2.5	14.72b	1.218	0.545	8.28	3.17	0.041
N5.0		5.0	13.13ab	1.524	0.682	11.61	3.66	
N7.5		7.5	14.13b	0.462	0.207	3.27	1.20	
KN0		0	14.29ab	1.055	0.472	7.39	2.70	
KN1		0	13.55ab	1.231	0.551	9.09	2.70	
N2.5	48	2.5	15.14b	1.201	0.537	7.93	2.90	0.047
N5.0		5.0	13.26a	1.617	0.723	12.19	4.06	
N7.5		7.5	14.54ab	0.936	0.419	6.44	2.30	
KN0		0	15.58b	1.049	0.469	6.74	2.83	
KN1		0	14.83ab	1.491	0.667	10.06	3.33	
N2.5	72	2.5	15.59b	1.282	0.573	8.22	3.13	0.048
N5.0		5.0	13.67a	1.652	0.739	12.09	4.07	
N7.5		7.5	14.98ab	0.881	0.394	5.88	2.20	
KN0		0	15.82a	1.048	0.469	6.63	2.45	
KN1		0	15.43a	1.341	0.599	8.69	3.06	
N2.5	96	2.5	16.02a	1.206	0.539	7.53	2.75	0.266
N5.0		5.0	14.20a	1.926	0.861	13.56	4.85	
N7.5		7.5	15.34a	0.888	0.397	5.79	2.42	
KN0		0	18.47b	1.025	0.458	5.55	2.69	
KN1		0	18.01ab	1.264	0.565	7.02	3.20	
N2.5	336	2.5	17.88ab	1.517	0.679	8.49	3.74	0.027
N5.0		5.0	16.31a	1.894	0.847	11.61	4.89	
N7.5		7.5	17.06ab	0.692	0.309	4.06	1.70	

(*)Numune sayısı: 18, LKO: Lif katılım oranı, VK: Varyasyon katsayısı, KN: Kontrol örneği, DG: Dağılım genişliği, (***)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre signifikant bir fark yoktur.

SONUÇ

Bu çalışmada, mobilya imalat sanayinin temel hammaddelerinden olan yonga levhaların bazı fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile söz konusu sanayi kolunda yaygın olarak kullanılan PVA ve PÜ tutkallarına lignin tahripçisi *Lentinus edodes* mantarı tarafından degrede edilen (bozunan) kayın lifleri ilave edilerek su alma ve kalınlığına şişme değerlerine etkisi çalışılmıştır. Araştırma sonunda ulaşılan çıktılar şu şekildedir;

Su alma yüzdeleri bakımından, PVA tutkalı ile muamele edilen örneklerin, PÜ tutkalı ile muamele edilenlere (KN1, N2.5, N5.0 ve N7.5) göre yaklaşık olarak %49 daha düşük su alma değerlerine sahip olduğu Tablo 2 ve Tablo 3'teki verilerden anlaşılmaktadır. Bu fark

sadece PVA tutkalı ile muamele edilen KN1 kontrol grubu örneklerinde yine %49 olarak hesaplanmıştır.

Kalınlığına şişme miktarlarına göre Tablo 4 ve Tablo 5'teki veriler karşılaştırıldığında, PVA tutkalının uygulandığı örneklerin (KN1, N2.5, N5.0 ve N7.5) kalınlık artış yüzdelerinin, PÜ ile işlem görenlerden daha %60 kadar daha düşük olduğu tespit edilmiştir. KN1 kontrol grubu örneklerinde ise kalınlığına şişme ortalamaları, PVA tutkalı ile işlem görenlerde PÜ tutkalına göre %44 daha az olarak ölçülmüştür.

Test örneklerine ilave edilen bozunmuş kayın lifleri, su alma değerleri üzerine PVA tutkalı ile üretilen N2.5, N5.0 ve N7.5 grubu örneklerde PÜ tutkalı kullanılan numunelere ait Tablo 2 ve Tablo 3'teki verilerin kıyaslanması ile %49 oranında azaltıcı yönde etki ettiği belirlenmiştir.

Aynı zamanda, bozunmuş lif ilavesinin N2.5, N5.0 ve N7.5 grubu örneklerin kalınlığına şişme sonuçlarına etkisinin, PVA tutkalı numunelerde PÜ içeriğine sahip örneklere nazaran %66 kadar daha azaltma yönünde olduğu Tablo 4 ve Tablo 5'teki analizlerle ortaya konmuştur.

Öte yandan, kullanılan tutkala bozunmuş kayın lif ilavesi PVA ile muamele edilen örneklerde su alma ve kalınlığına şişme sonuçları üzerinde genel olarak istatistiki olarak önemli bir etki göstermezken, PÜ ile işlem görenlerde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur.

Sonuç olarak, yonga levhalarda PVA tutkalının, PÜ tutkalına göre su alma ve kalınlık artımı üzerine olumlu etkisinin daha fazla olduğu, bozunmuş kayın liflerinin eklenmesinin ise özellikle uzun süre su ile muamele edilmesi durumunda söz konusu etkinin daha da artırdığı söylenebilir. Ayrıca, PVA ve PÜ tutkalı uygulanan malzemenin daha uzun süre suda bekletilmesi ve doymuş hale getirilmesi sırasında, liflerin birlikte kullanıldıkları takdirde tutkalla daha fazla oranda bağ yapması beklenebilir. Bu tespitler ışığında, yonga levhaların açık hava şartlarında ve rutubetli ortamlarda birbiri ile birleştirilerek kullanılması durumunda, yapıştırıcı olarak bozunmuş kayın lifleri eklenmiş PVA tutkalının tercih edilmesi önerilebilir.

YAZAR KATKILARI

Gonca Düzkale Sözbir: Literatürün taranması, araştırmanın kurgulanması, verilerin değerlendirilmesi ve makalenin yazımı, **İbrahim Bektaş:** Verilerin değerlendirilme ve yorumlanması, makalenin yazım aşamasında ve verilerin kontrol edilmesinde, **Ayşenur Kılıç Ak:** Testlerin gerçekleştirilmesi, makale düzeni ve verilerin kontrol edilmesinde, makalenin yazımı ve son kontrollerde, **Saniye Erkan:** Testlerin gerçekleştirilmesi ve verilerin toplanması.

KAYNAKLAR

- Atar, M., Keskin, H. &Yavuzcan, HG. (2004) Varnish layer hardness of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood as affected by impregnation and color bleaching, *J. Coatings Technol.*, 1, 498-504.
- Atar, M. (2006). Melamin reçineli kağıtla kaplanmış yonga levhanın çeşitli malzeme ve tutkallarla yüz yüze yapışma direnci. *Politeknik Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 4, 319-324.
- Burdurlu, E. (1994). Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim Teknolojisi, Ankara.

- Chelazzi, D., Chevalier, A., Pizzorusso, G., Giorgi, R., Menu, M., Baglioni, P. (2014). Characterization and degradation of poly(vinyl acetate)-based adhesives for canvas paintings, *Polymer Degradation and Stability*, 107, 314-320.
- Ekpunobi, U., Eboatu, A.N. & Okoye, P.A. (2013). Comparative study on the effect of density on water absorption of particle boards produced from nipa palm fibres with HDPE wastes. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 21(2), 499-506.
- Fabiyi, J. S., McDonald, A.G., Morrell, J.J., Freitag, C. (2011). Effects of wood species on durability and chemical changes of fungal decayed wood plastic composites, *Composites: Part A*, 42, 501-510.
- Geng, S., Ullah Shah, F., Liu, P., Antzutkin, O.N., Oksman, K. (2017). Plasticizing and crosslinking effects of borate additives on the structure and properties of poly(vinyl acetate). *RSC Advances*, 7, 7483-7491.
- Geng, S., Wei, J., Aitomäki, Y., Noëla, M., Oksmana, K. (2018). Well-dispersed cellulose nanocrystals in hydrophobic polymers by in-situ polymerization for highly reinforced bio-nanocomposites. *Nanoscale*, 10(25), 11797-11807.
- Güler, C., Karademir, A., Işık, H. (2015). Yongalevhelerde alkil keten dimer'in alternatif hidrofobik madde olarak kullanımı ve etkisi, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 163-170.
- Kong, X., Zhao, L., Curtis, J. M. (2016). Polyurethane nanocomposites incorporating biobased polyols and reinforced with a low fraction of cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 152, 487-495.
- Lee, J.W., Gwak, K.S., Park, J.Y., Park, M.J., Choi, D.H., Kwon, M., Choi, I.G. (2007). Biological pretreatment of softwood pinus densiflora by tree white rot fungi. *Journal of Microbiology*, 45(6), 485-491.
- Mathew, A. P., Gong, G., Bjorngrim, N., Wixe, D., Oksman, K. (2011). Moisture absorption behavior and its impact on the mechanical properties of cellulose whiskers based polyvinylacetate nanocomposites. *Polymer Engineering & Science*, 51(11), 2136-2142.
- Morais, M. H., Ramos, A. C., Matos, N., & Oliveira, E. J. S. (2000). Note. Production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) on lignocellulosic residues/Nota. Cultivo del hongo shiitake (*Lentinus edodes*) en residuos lignocelulósicos. *Food science and technology international*, 6(2), 123-128.
- Moubarik, A., Mansouri, H.R., & Pizzi, A. (2013). Improving UF particleboard adhesives water resistance by small albumin and sunflower oil additions. *European Journal of Wood and Wood Products*, 71(2), 277-279.
- Pedieu, R., Koubaa, A., Riedl, B., Wang X.M., & J. Deng. (2012). Fire-retardant properties of wood particleboards treated with boric acid. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(1-3), 191-197.
- Peker, H., & Atılğan, A. (2015). Doğal Bir Enerji Kaynağı Odun: Yanma Özelliği ve Koruma Yöntemleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 1-12.
- TS EN 317, 1999: Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. Yongalevhalar ve lif levhalar. TSE, Ankara.
- Var, A.A., Yıldız, Ü.C., & Kalaycıoğlu, H. (2002). Çeşitli emprenye maddelerinin yongalevhanın mekanik özelliklerine etkileri. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 3(1), 19-38.
- Vega-Baudrit, J., Sibaja-Ballester, M., Vázquez, P., Torregrosa-Maciá, R., & Martín-Martínez, J. M. (2007). Properties of thermoplastic polyurethane adhesives containing

- nanosilicas with different specific surface area and silanol content. *International journal of Adhesion and Adhesives*, 27(6), 469-479.
- Wang, F., & Yu, J. (1993). A Method to improve dimensional stability of PF-Particleboard, *J. Northeast For. Univ*, 4(2).
- Wasser, S. P. (2005). Shiitake (*Lentinus edodes*). *Encyclopedia of dietary supplements*, 653-664.