

# MODİFİYE EDİLMİŞ POLİVİNİLASETAT (PVAc) VE KLEBİT 303 (K.303) TUTKALLARININ FARKLI SICAKLIK ORTAMLARINDA YAPIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

**Mustafa ALTINOK, Alev KILIÇ**

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Teknikokullar/Ankara

Geliş Tarihi : 19.12.2002

## ÖZET

Bu çalışmada, termoplastik sertleşen Polivinilasetat (PVAc), Klebit 303 (K.303) tutkalları ve bunların termoset sertleşen Üre – formaldehit (UF) tutkalı ile modifiye edilmiş çeşitleri olan PVAc + UF ve K.303 + UF tutkalları ile yapışmış ağacın farklı sıcaklık ortamlarındaki yapışma performansları araştırılmıştır. Bu maksatla, sarıçam (Pinus Sylvestris L.) ve Doğu kayını (Fagus Orientalis L.) odunlarından hazırlanan toplam 320 adet deney örneği PVAc, K.303, PVAc + UF ve K.303 + UF tutkalları ile yapıştırılmıştır. Örnekler 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C'lik sıcak ortamlarda bekletildikten sonra TS EN 205 esaslarına göre çekme deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak, modifikasyonsuz PVAc ve K.303 tutkalı örneklerde ortamın sıcaklığı arttıkça yapışma performansının azaldığı, bu azalmanın PVAc + UF ve K.303 + UF tutkalı örneklerde modifikasyonsuzlara ve kayında sarıçama göre daha düşük oranda olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Polivinilasetat tutkalı, Klebit tutkalı, Tutkal modifikasyonu

## DETERMINATION OF BONDING PERFORMANCES OF MODIFIED POLYVINYLACETATE (PVAc) AND KLEBIT 303 (K.303) ADHESIVES IN DIFFERENT HOT-SURROUNDINGS

## ABSTRACT

In this study, performances of woods bonded with polyvinylacetate (PVAc) and Klebit 303 (K.303) thermoplastics glues and PVAc+UF and K.303+UF thermoset glues that were modified with Urea-fomaldehyde were investigated at various temperatures. In total, 320 experimental samples were investigated at various temperatures which were prepared from pine wood (Pinus sylvestris L.), beech wood (Fagus orientalis L.) and were bonded with PVAc, K.303, PVAc+UF, K.303+UF glues. After these experimental samples were held for two hours at 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C temperature, tensile test was applied according TS EN 205. It was found that the adhesion performance of unmodified PVAc and K.303 bonded samples decreases when temperature increases, moreover, this reduction is smaller in samples bonded with PVAc+UF and K.303+UF in comparison to unmodified glues and in samples of beech wood in comparison to pine wood.

**Key Words :** Polyvinylacetate glue, Klebit 303 glue, Modification of adhesive

## 1. GİRİŞ

Ahşap sistemler, birden çok elemanın çeşitli yapım teknikleri ile birleştirilerek oluşturulduğu bir sistem bütünüdür. Özellikle ahşap mobilyada bu birleşmelerin direnç kaynağı tutkaldır. Ahşap tutkalları, 300 yıldan beri kullanıldığı bilinmektedir.

Yapıştırıcı maddeler, yapıştırılacak malzemeyi yüzeysel tutum (adhezyon) ve iç direnç (kohezyon) özellikleri ile diğerine bağlayan ve yapıştırıcı maddenin yapısını önemli bir şekilde değiştirmeyen maddelerdir (Huş, 1977).

Ahşap tutkallarının bir kısmı fiziksel bir kısmı da kimyasal olarak sertleşirler. Fiziksel sertleşen hayvansal esaslı gluten tutkalı ve sentetik esaslı polivinilasetat (PVAc) emülsiyon tutkalının sertleştikten sonra sıcaklık derecesinin artırılması ile tekrar yumuşadığı, yapışma bağlarının çözüldüğü bilinmektedir.

Polivinilasetat emülsiyon tutkalı ahşap birleşmenin sıcaklığı 60 °C - 80 °C'ye kadar artırıldığında birleşme yerindeki sertleşmiş tutkal katmanının çözüldüğü bildirilmiştir (Corey et al., 1977).

Kimyasal sertleşen aminoplastik ve fenoplastik esaslı tutkallarda sıcaklık artışı yapışma sürecinde tepkimeyi hızlandırıcı etki yapar ve tepkimenin tamamlanmasından sonra geri dönüşümsüz bir sertleşme meydana gelir. Bunlardan melamin reçinesi esaslı ahşap tutkallarında 75 °C - 80 °C (140 F) sıcaklığa ulaşıldıktan sonra sertleşmenin gerçekleştiği ve dolayısıyla yapışmanın başladığı bildirilmiştir (Manilal, 1977).

Ahşap sistemlerin üretilmesinde sentetik tutkallar yaygın olarak kullanılmasına rağmen açık hava şartları (sıcaklık değişimi ve rutubet) uygulamada önemli problemler meydana getirmektedir. Bu nedenle, tutkalların özelliklerini geliştirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan birisi modifikasyondur. Modifikasyon; tutkalların olumsuz özelliklerini gidermek ya da azaltmak veya yapıştırma ve rutubete karşı dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için birbirleri ile belirli oranlarda karıştırılmasıdır.

Bu çalışmada, termoplastik sertleşen polivinilasetat (PVAc) ve kleberit 303 (K303) tutkalları termoset sertleşen üre-formaldehit (UF) tutkalı ile modifiye edilerek yapıştırılmış deney örneklerinin oda sıcaklığında (20 °C ± 2 °C) ve, 40 °C, 60 °C, 80 °C'deki yapışma performanslarındaki değişim araştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Edward and Snelgrove (1977), fenol reçinesi ile modifiye edilmiş polivinilasetat tutkalı alüminyum deney örneklerinde 190 °C (350 F) sıcaklıkta bir saat bekletildikten sonra uygulanan çekme testinde, fenol reçinesi oranı arttıkça (3/10-5/10-7/10) yapışma performansının arttığı, düşük oranlı fenol reçinesi ile modifiye edilmiş tutkalı alüminyum örnekler oda sıcaklığında en yüksek yapışma performansı gösterirken, sıcaklık 140 °C (250 F)'ye yükseltildiğinde yapışma derzinin tamamen çözüldüğü, bu durum fenol reçinesi oranı yüksek olanlarda daha yüksek sıcaklık derecelerinde meydana geldiği bildirilmiştir.

Goetze and Schultz-Devitz (1987), 3,5 ve 15 mm kalınlığındaki kayın kaplamalar 50 °C, 80 °C ve 100 °C de 2.5 MPa basınç altında 4.6 ve 20 dakika sürelerle preslenmiştir. Elde edilen kalıplarda wikol ve modifiye edilmiş wikol yapıştırıcıları kullanılmıştır. Buna göre wikol tutkalı ile soğuk suya dayanıklı ve mobilya üretimine uygun, üstün nitelikli kontrplak kalıpların elde edilebileceğini belirtmiştir.

Suh (1989), Üre-formaldehid (UF), Polivinilasetat (PVAc) ve UF+PVAc tutkalları kullanılarak, 3, 6 ve 9 mm kalınlığındaki yonga levha, lif levha ve kontrplak parçaları meşe, karaağaç, tik ve paulownia odunlarından elde edilen 0.25 mm kalınlığındaki kaplamalar ile kaplanmış ve yapışma dirençlerini belirlemiştir. En yüksek yapışma direnci UF+PVAc tutkalları ile elde edilmiştir.

Liu (1997), üre-formaldehid reçinesini, % 1-2 polivinil alkol ve % 10-15 amylum ile modifiye etmiştir. Serbest formaldehit miktarı modifiye edilmiş tutkalda % 3, karışimsız tutkalda ise % 5 çıkmıştır. Çekme direnci deneyi sonuçlarına göre; modifiye edilmiş tutkalla yapılan deney örneklerinde yapışma direncinin arttığı belirlenmiştir.

Shen (1997), üre-formaldehid tutkalının suya karşı direncini artırmak amacıyla, polivinil alkol ve melamin ile modifiye etmiştir. Böylece tutkaldaki serbest formaldehit miktarının azaldığını, çekme direnci değerlerine göre yapışma direncinin arttığını bildirmiştir.

Altınok ve ark. (1999), sarıçam, sedir, akasya ve meşe odunlarından hazırlanan örnekler ST10, ST10 + % 10 UF, ST10 + % 20 UF, ST10 + % 30 UF karışımlarıyla yapıştırıldıktan sonra çekme deneyi uygulamışlardır. Yapışma direnci, en yüksek standart atmosfer bekletme ortamında % 20 UF

modifikasyonla yapıştırılmış meşe odununda, en düşük kaynatma deney ortamında % 20 UF modifikasyonla yapıştırılmış akasya odununda elde edilmiştir.

Altınok ve ark. (2000), sarıçam, sedir, akasya ve meşe odunlarını polivinilasetat dispersiyonu (VB20), VB 20+ % 10 üre-formaldehit (UF), VB 20 + % 20 UF, VB 20 + % 30 UF karışımlarıyla yapıştırdıktan sonra çekme deneyi ile yapışma direncini belirlemişlerdir. Yapışma direnci en yüksek, % 10 UF modifikasyonu ile yapıştırılmış meşe odununda, en düşük modifikasyonsuz VB20 tutkalı ile yapıştırılmış akasya odunundan elde edilmiştir.

Altınok (2002), sarıçam, doğu kayını, meşe ve akasya odunlarından hazırlanan odun örneklerini 20 °C, 40 °C, 60 °C ve 80 °C'lik ortamlarda iki saat beklettikten sonra çekme deneyi uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, PVAc ve UF tutkalı deney örneklerinde sıcaklık arttıkça yapışma performansının azaldığı, azalma miktarının UF tutkallılarda PVAc tutkallılara ve akasyada diğer ağaç türlerine göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

### 3. METARYEL VE METOD

#### 3. 1. Materyal

##### 3. 1. 1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada, ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanımı nedeniyle sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunları deney materyali olarak tercih edilmiş ve Ankara'daki kereste işletmelerinden tesadüfi olarak temin edilmiştir. Deney örneklerinin yapıştırılmasında kullanılan polivinilasetat (PVAc), üre-formaldehid (UF) ve kleberit 303 tutkalları çeşitli üretici firmalardan temin edilmiştir.

##### 3. 1. 2. Polivinilasetat Tutkalı (PVAc)

Soğuk uygulanabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu ve yapıştırılmış ahşabın işleniş sırasında kesici aletleri köreltmemesi gibi avantajları yanında, mekanik direnci sınırlı olup uygulandıktan sonra sıcaklık arttıkça yumuşamakta ve 70 °C'den itibaren bağlantı maddesi görevini gerektiği gibi yapamamaktadır. Üretici firma katalogunda bazı teknik özellikleri; yoğunluğu 1.1 gr/cm<sup>3</sup>, viskozitesi 160 - 200 cps, pH değeri 5, kül miktarı % 3, masif ağaç malzemenin birleştirilmesinde odun rutubeti % 6-15, presleme süresi; soğuk tutkallamada (20 °C'de) en az 20

dakika olarak verilmekte ve pres sıcaklığı artırılarak bu sürenin kısaltılacağı bildirilmektedir. Birleştirilecek yüzeylerden yalnız birinin tutkalanması ve ağaç türü ile birleşme yüzeyinin durumuna göre 150 - 200 gr/mm<sup>2</sup> tutkal kullanılması iyi bir birleşme için yeterli olmaktadır. Sıcak preslemede soğuyuncaya kadar pres ortamında bekletilmesi öngörülmektedir.

##### 3. 1. 3. Kleberit 303 Tutkalı (K 303)

Kleberit 303; tek ve çift bileşenli, sıcak ve soğuk olarak uygulanabilen bir tutkaldır. Plastik fiçilerde 10 kg'lık ve 20 kg'lık karton içinde 12 adet yarım kiloluk plastik tüplerde piyasaya sürülmüştür. Birleştirme yüzeyine 120-200 gr/mm<sup>2</sup> hesabıyla sürülmelidir. Açık bekleme süresi 6-10 dakikadır. Tek bileşenli tutkal uygulamalarında, bu süre, önceden ısıtılmamış kenar yapıştırılmalarında 20 °C de 15 dakika, önceden ısıtılmış kenar yapıştırılmalarında 50 °C'de 5 dakika, kenar yapıştırmada 80 °C'de 2 dakika, laminant yapıştırılmalarında 20 °C'de 15-20 dakika, 50 °C de 5 dakika, yüzeylerin yapıştırılmasında 80 °C de 1 - 2 dakikadır. Çift bileşenli tutkal uygulamalarında bu süreler yarıya düşmektedir (Altınok ve ark. 2000).

##### 3. 1. 4. Üre-Formaldehid Tutkalı (UF)

Ucuzluğu, kullanma kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeniyle ağaç işleri endüstrisinde en çok kullanılan tutkaldır. Rutubete karşı dayanıksızdır. Bu nedenle dış ortamda kullanılması sakıncalıdır. UF tutkalının suya karşı dayanıklılığını artırmak için içerisine melamin katılarak Üre-Melamin-Formaldehid tutkalı elde edilmektedir. Sıcak preslemede sertleştirici olarak amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl) kullanılır. Belirli oranlarda, UF tutkalına bazik ve asidik reaksiyon vermeyen, minarel kökenli (alçı, koalin v.b.) dolgu maddeleri ile yapıştırma gücüne sahip dolgu maddeleri (un, nişasta, suda çözünen selüloz ) ilave edilmektedir. Dolgu maddeleri tutkal viskozitesini ayarlamak ve ekonomik avantaj sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. UF tutkalı ile sıcak preste tutkallama yapılacağı zaman odun rutubeti % 7 - 10, kullanılacak tutkal miktarı 110 - 170 gr/m<sup>2</sup>, pres basıncı yumuşak odunlar için 0.3 - 0.8 N/mm<sup>2</sup>, sert odunlar için 0.6 - 12 N/mm<sup>2</sup>, presleme süresi 95 - 105 °C sıcaklıkta 6 - 8 dakika ve bu süreye ek olarak odun kalınlığının yarısına kadar her mm için 1 dakika olup, yeterli mekanik direncin sağlanması için bekletme süresi 3 - 4 gün olarak tavsiye edilmektedir. UF tutkalı ile soğuk preste tutkallama yapılacağı zaman; odun rutubeti % 10/12, tutkal miktarı 130 - 180 gr/m<sup>2</sup>, pres basıncı 0.5 N/mm<sup>2</sup>, presleme süresi sertleştiriciye ve yapıştırma ortamındaki sıcaklığa göre değişmek üzere 1.5 ile 10 saat, yeterli mekanik direnç sağlanması için

beklenmesi gereken süre 8 - 10 gün olarak verilmektedir (Örs, 1987).

Görünüşü beyaz, opak, sıvı, viskozitesi 20 °C'de 150 - 200 cPs, pH 25 °C'de 7.5 - 8.5, yoğunluğu 20 °C'de 1.220 -1.240 gr/cm<sup>3</sup>'tür (Anon., 1999).

### 3. 2. Tutkal Modifikasyonunun Hazırlanması

Modifiye edilecek PVAC ve kleberit 303 tutkalları ambalaj viskozitesinde kullanılmışlardır. Modifikasyon tutkalı UF ağırlık esasına göre aşağıdaki reçete ile hazırlanmıştır.

Üre reçenesi (sıvı) : %60  
 Katkı maddesi : %20 (Buğday unu )  
 Sertleştirici : %10 (Amonyum klorür)  
 Su : %10 (Viskozite ayarlama sıvısı)

Modifikasyonlar için gerekli olan tutkal karışım miktarları elektronik terazide tartılarak yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Tutkal Modifikasyonlarında Alınan Tutkal Miktarları

Modifiye edilmiş Tutkal	Tutkal	Tutkal Miktarı (gr)*
		%
PVAC+UF	PVAC	50
	UF	50
K. 303+UF	Kl.303	50
	UF	50

\*Her 100 gr'lık karışım için alınan tutkal miktarı

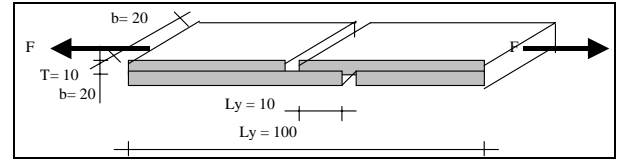
Tablo 1'de belirtilen miktarlarda birbirine katılan modifikasyon tutkalları mikser yardımı ile yeterli kadar karıştırıldıktan sonra 20 dak. dinlenmeye bırakılmıştır.

### 3. 3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, 2 ağaç türü, 2 tutkal çeşidi, 2 modifiye edilmiş tutkal, 4 sıcaklık ortamı (20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C) olmak üzere; toplam (2 x 2 x 2 x 4 x 10) 320 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deney örneklerinin kusursuz ağaç malzemeden olmasına özen gösterilmiştir. Kayın ve sarıçam kerestenin diri odun kısmından radyal yönde kaba toleranslı ölçülerde kesilen parçalar direk güneş ışığı almayan ve havalandırılabilen kapalı mekanda araları açık olarak istiflenmiştir. 20 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarındaki bu iklimlendirme odasında üç ay süre ile değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

Ortalama rutubet miktarı % 12 olarak ölçülen taslak parçaların kalınlığı 5 mm'ye kesilmiş ve bunlardan birinin yüzeyine 160 gr/m<sup>2</sup> hesabı ile tutkal sürülmüş ve 0.2 N/mm<sup>2</sup>'lik basınç uygulanarak preslenmiştir.

Pres süresi PVAC ve Kleberit 303 için oda sıcaklığında 60 dakika, UF için 100 °C'de 4 dakika olarak ayarlanmıştır. Tutkallanmış büyük boyutlu örnek taslakları tekrar iklimlendirme odasında aynı şartlarda bekletilerek Şekil 1'deki ölçülerde kesilmiştir. Hazırlanan deney örneklerinin genişlikleri (b), uzunlukları (L), kalınlıkları (t) ve yapışma yüzeyi uzunlukları (Ly) mikrometrik kumpas yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 1 Çekme deneyi örneği (ölçüler mm).

### 3. 4. Çekme (Yapışma) Deneyi Metodu

Çekme deneyi Gazi Üniversitesi - Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Bölümü Mekanik Laboratuvarında yapılmıştır. Deneyin yapılmasında Üniversal Test Cihazınının 800 Kgf' luk kademesi kullanılmıştır. Yapışma performansı deneyi öncesinde örneklerden her bir grup 20 °C, 40 °C, 60 °C ve 80 °C'lık sıcaklık kademelerine ayarlanmış etüvde iki saat süre ile bekletilmişlerdir. Deneme sıcaklığına ulaşan örnekler TS EN 205'e göre 50 mm/dak. hızda tedricen artan bir kuvvetle çekme deneyi uygulanmıştır. Deney örneklerinin yapışma yerlerindeki kopma anında meydana gelen maksimum çekme kuvveti N cinsinden kaydedilmiştir. Her bir ağaç türü ve tutkal çeşidi için tespit edilen kuvvetler (Fmax), yapışma yeri yüzey alanı (A) olmak üzere yapışma derzinde meydana gelen en büyük yapışma direnci (τ<sub>yap</sub>):

$\tau_{yap} = F/A$  (N/mm<sup>2</sup>),  $\tau_{yap} = F/(b \times L_y)$  eşitliği kullanılarak 0.1 N/mm<sup>2</sup> hassasiyetle hesaplanmıştır.

Burada:

b : Yapışma yüzeyi genişliği (mm)

Ly : Yapışma yüzeyi uzunluğu (mm)

### 3. 5. İstatistiksel Değerlendirme

Deneyler sonunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede yapışma direnci değerlerine 2 x 2 x 2 x 4 faktöryel tertibine göre çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Sonuçların anlamlı çıkması halinde farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için sonuçlara Duncan testi uygulanmıştır.

## 4. BULGULAR

Bu çalışmada elde edilen ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamına göre yapışma direnci değerleri ortalamaları Tablo 2’de, bunlara ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 2’ye göre, her bir tutkal çeşidi ile tutkallanmış deney örneklerinde deney ortamının sıcaklığı

arttıkça yapışma performanslarının azaldığı, bu azalma tüm tutkal çeşitleri için çamda daha yüksek, kayında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yapışma direnci performansı PVAC+UF tutkallı kayında 20 °C’den sonraki sıcaklık artışları karşısında PVAC tutkallıya göre artarken, K.303+UF tutkallı kayında ise K.303 tutkallıya göre azalma şeklinde gerçekleşmiştir.

Tablo 2. Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Sıcaklık Ortamına Ait Yapışma Direnci Değeri Ortalamaları (N/mm<sup>2</sup>)

İstatistik Kaynağı	Sıcaklık Ortamı	Tutkal Çeşidi			
		PVAC	K.303	PVAC+UF	K.303+UF
Sarıçam	20 °C	8.34	9.25	6.66	8.27
	40 °C	6.87	8.54	4.53	5.13
	60 °C	5.79	8.07	4.26	3.69
	80 °C	5.01	7.57	3.84	2.69
Kayın	20 °C	13.22	13.35	10.33	10.93
	40 °C	6.1	11.14	9.62	9.22
	60 °C	5.01	10.46	9.43	8.28
	80 °C	4.18	10.14	9.36	8.12

Tablo 3. Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Sıcaklık Ortamına İlişkin Çoklu Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kayn.	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ort.	F	P< 0.05
Ağaç Türü (A)	1	1173.206	1173.206	33.2144	0.0000
Tutkal (B)	3	476.053	158.684	4.4975	0.0042
Sıcaklık (C)	3	517.400	172.467	4.8827	0.0055
AB	3	454.296	151.642	4.2931	0.0025
AC	3	121.459	40.486	1.1462	0.3307
BC	9	535.235	59.471	1.6837	0.0927
ABC	9	639.859	71.095	2.0128	0.0378
HATA	288	10172.778	35.322	-	-
TOPLAM	319	14090.138	-	-	-

Tablo 3’e göre yapışma direncine etkileri bakımından ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamı grupları ve tutkal çeşidi-ağaç türü ikili ilişkiler arasındaki farklılık 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli; ağaç türü-sıcaklık ortamı ve tutkal çeşidi-sıcaklık ortamı ikili ilişkileri arasındaki farklılık 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek için ortalama değerlere 0.95 güven düzeyinde uygulanan LSD testi sonuçları, ağaç türü bakımından Tablo 4’de, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamı bakımından Tablo 5’de,

ağaç türü- tutkal çeşidi ikili etkileşimi bakımından Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 4. Ağaç Türü Bakımından Duncan Testi Sonuçları

Ağaç Türü	x	HG
Çam	6.276	B
Kayın	10.11	A

LSD: 1.307

Tablo 4’e göre yapışma direnci en büyük kayında 10.11 N/mm<sup>2</sup>, daha sonra çamda 6.276 N/mm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir.

Tablo 5. Tutkal Çeşidi ve Sıcaklık Ortamı Bakımından Duncan Testi Sonuçları

Tutkal çeşidi	$\bar{X}$	HG	Sıcaklık ortamı	$\bar{X}$	HG
PVAC	6.82	B	20 °C	10.07	A
K. 303	9.90	A	40 °C	7.64	B
PVAC+ UF	7.27	B	60 °C	8.46	AB
K. 303+UF	8.75	AB	80 °C	6.58	B

LSD : 1.849; LSD : 1.849

Tablo 5’ye göre, yapışma direnci en büyük K. 303’ de 9.90 N/mm<sup>2</sup>, daha sonra K. 303+UF tutkal modifikasyonunda 8.75 N/mm<sup>2</sup>, en küçük PVAC+UF tutkal modifikasyonunda 7.27 N/mm<sup>2</sup> ve

PVAC’de 6.82 N/mm<sup>2</sup> elde edilmiştir. Termoplastik sertleşen PVAc tutkallı termoset sertleşen UF tutkallı ile modifiye edildiğinde yapışma direncinde 6.82 N/mm<sup>2</sup>’den 7.27 N/mm<sup>2</sup>’ye artış, K. 303 tutkallı UF

tutkalı ile modifiye edildiğinde ise 9.90 N/mm<sup>2</sup>'den 8.75 N/mm<sup>2</sup>'ye azalma meydana gelmiştir. Bu değişim PVAC+UF'nin yapışma direncinde % 7 oranında artış, K. 303+UF'nin yapışma direncinde % 12 oranında azalma şeklinde gerçekleşmiştir.

Sıcaklığı arttıkça yapışma direncinin 10.07 N/mm<sup>2</sup>'den 7.64 N/mm<sup>2</sup>'ye azaldığı ancak, 60 °C'den 40 °C'ye göre 7.64 N/mm<sup>2</sup>'den 8.46 N/mm<sup>2</sup>'ye artış meydana geldiği görülmüştür. Bu değişim 20 °C'lik sıcaklık ortamından 40 °C'lik sıcaklık ortamına geçişte % 25 oranında azalma, 40 °C'den 60 °C sıcaklık ortamına geçişte % 10 oranında artış, 60 °C'den 80 °C sıcaklık ortamına geçişte % 23 oranında azalma şeklinde gerçekleşmiştir

Tablo 6'ya göre, yapışma direnci en büyük K.303+UF 12.27 N/mm<sup>2</sup> ve K.303 tutkalı kayında 11.27 N/mm<sup>2</sup>, en düşük PVAC+UF 4.82 N/mm<sup>2</sup> ve K. 303+UF tutkalı çam da 5.23 N/mm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. Termoplastik sertleşen PVAC ve K.303 tutkalları UF ile modifiye edildiğinde, yapışma direnci PVAc tutkalı çamda 6.5 N/mm<sup>2</sup>'den 4.82 N/mm<sup>2</sup>'ye ve K.303 tutkalı çamda 8.53 N/mm<sup>2</sup>'den 5.23 N/mm<sup>2</sup>'ye azalma, PVAc tutkalı kayında 7.14

N/mm<sup>2</sup>'den 9.73 N/mm<sup>2</sup>'ye ve K.303 tutkalı kayında 11.27 N/mm<sup>2</sup>'den 12.27 N/mm<sup>2</sup>'ye artış meydana gelmiştir. Bu değişim PVAC + UF'li çamın yapışma direncinde % 26 ve K.303 + UF'li çamın yapışma direncinde % 49 oranında azalma, PVAC + UF'li kayının yapışma direncinde % 27 ve K.303 + UF'li kayının yapışma direncinde %9 oranında artış şeklinde gerçekleşmiştir.

Tablo 6. Ağaç Türü-Tutkal Çeşidi Etkileşiminin Duncan Testi Sonuçları

Ağaç türü-Tutkal çeşidi		$\bar{X}$	HG
Çam	PVAC	6.50	DE
	K. 303	8.53	BCD
	PVAC+ UF	4.82	E
	K. 303+UF	5.23	E
Kayın	PVAC	7.14	CDE
	K. 303	11.27	AB
	PVAC+ UF	9.73	ABC
	K. 303+UF	12.27	A

LSD : 2.615

Ağaç türü- tutkal çeşidi - sıcaklık ortamı üçlü etkileşimi bakımından Duncan testi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ağaç Türü-Tutkal Çeşidi ve Sıcaklık Ortamı Üçlü Etkileşiminin Duncan Testi Sonuçları

Ağaç-Tutkal-Sıcaklık			$\bar{X}$	HG
Çam	PVAC	20 °C	8.340	BCDEFG
		40 °C	6.880	BCDEFG
		60 °C	5.790	CDEFG
		80 °C	5.010	CDEFG
	Kleb 303	20 °C	9.250	BCDEFG
		40 °C	8.540	BCDEFG
		60 °C	8.070	BCDEFG
		80 °C	8.290	BCDEFG
	PVAC+UF	20 °C	6.660	CDEFG
		40 °C	4.530	DEFG
		60 °C	4.260	EFG
		80 °C	3.840	FG
	Kleb 303+UF	20 °C	8.270	BCDEFG
		40 °C	5.130	CDEFG
		60 °C	4.100	EFG
		80 °C	3.450	G
Kayın	PVAC	20 °C	13.30	B
		40 °C	6.100	CDEFG
		60 °C	5.013	CDEFG
		80 °C	4.180	EFG
	Kleb 303	20 °C	13.35	B
		40 °C	11.14	BC
		60 °C	10.46	BCDE
		80 °C	10.14	BCDEF
	PVAC+UF	20 °C	10.43	BCDE
		40 °C	9.620	BCDEFG
		60 °C	9.420	BCDEFG
		80 °C	9.460	BCDEFG
	Kleb 303+UF	20 °C	10.93	BCD
		40 °C	9.180	BCDEFG
		60 °C	20.62	A
		80 °C	8.329	BCDEFG

LSD: 5.229

Tablo 7'ye göre, yapışma direnci en büyük, K.303+UF tutkallı kayında 20.62 N/mm<sup>2</sup> ile 60 °C'de ve K.303 tutkallı kayında 13.35 N/mm<sup>2</sup> ile 20 °C'de, en düşük K.303+UF tutkallı çamda 3.450 N/mm<sup>2</sup> ile 80 °C'de ve PVAc + UF tutkallı çamda 3.840 N/mm<sup>2</sup> ile 80 °C'de olduğu görülmüştür. Her dört tutkal çeşidi ile tutkallanmış çam ve kayında sıcaklık ortamının ilk 20 °C'den 40 °C'ye artırıldığında yapışma dirençlerinde önemli bir azalma meydana geldiği, sıcaklık ortamının 40 °C'den sonraki durumlarında ise yapışma direnci azalmasının daha düşük oranda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Termoplastik esaslı PVAc ve K.303 tutkallı ve bunların termoset esaslı UF tutkalı ile modifiye edilmiş çeşitleri olan PVAc+UF ve K. 303+UF tutkallı deney örneklerinde genel olarak bekletme ortamının sıcaklığı arttıkça her iki ağaç türünde de yapışma direncinin azaldığı tespit edilmiştir. Yapışma direncindeki bu azalma sıcaklık ortamının 20 °C' den 40 °C' ye ulaştığında daha büyük bir oranda, 40 °C' den sonraki sıcaklık ortamlarında ise

daha düşük oranda meydana gelmiştir. 20 °C'lik oda sıcaklığı esas alındığında her dört tutkal çeşidi ile tutkallanmış iki ağaç türünden deney örneklerine ait sıcaklık ortamlarındaki yapışma direnci azalma % miktarları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8'e göre, soğuk preste preslenmiş modifikasyonsuz PVAc ve K.303 tutkallı örneklerdeki ilk 20 °C'lik sıcaklık artışında yapışma performansı azalması en yüksek kayında meydana gelmiştir. Çamda bu değişim kayına göre daha düşük gerçekleşmiştir. İkinci ve üçüncü 20 °C'lik sıcaklık artışlarındaki yapışma performansı azalması ise her iki ağaç türünde daha düşük oranlarda meydana gelmiştir. Bunun nedeni, soğuk preslemede ağaç türlerinin kimyasal bileşenleri etkilenmeden yapışma, düşük yoğunluklu çamda tutkal çözeltisinin difüzyon yoluyla ağaç bünyenin derinliklerine daha fazla girerek, yüksek yoğunluklu kayında ise yüzeysel kalarak gerçekleşmiştir. Deney ortamı sıcaklığının artışı ile çamdaki yapışmayı sağlayan termoplastik sertleşen tutkal katmanının bir kısmı ağaç bünyenin derinliklerinde kalarak, sıcaklıktan etkilenmesi kayın ağacına göre daha az olduğundan kaynaklanabilir.

Tablo 8. Ağaç Türü ve Tutkal Çeşidine Göre Sıcaklık Ortamlarındaki Yapışma Direnci Azalma % Miktarları (N/Mm2)

Sıcaklık Ortamı (°C)	PVAc		K. 303		PVAc+UF		K.303+UF	
	Çam	Kayın	Çam	Kayın	Çam	Kayın	Çam	Kayın
20	-	-	-	-	-	-	-	-
40	18	55	8	17	32	8	38	17
60	31	63	13	22	37	10	50	2 kat artış
80	40	69	11	25	43	10	58	24

Sıcak preste preslenmiş modifikasyonlu PVAc+UF ve K.303+UF tutkallı deney örneklerindeki ilk 20 °C'lik sıcaklık artışında yapışma performansı azalması en yüksek çamda meydana gelmiştir. Kayında bu değişim çama göre daha düşük gerçekleşmiştir. İkinci ve üçüncü 20 °C'lik sıcaklık artışlarındaki yapışma performansı azalması ise her iki ağaç türünde ihmal edilebilecek kadar düşük oranlarda meydana gelmiştir. Bunun nedeni, termoplastik esaslı tutkallara modifikasyon amaçlı katılan termoset sertleşen UF tutkalının sıcak preslemede dönüşümsüz sertleşmesinden kaynaklanmış olabilir. Bu durum, Altınok (2002)'nin benzer alandaki çalışması ile paralellik göstermektedir. Ayrıca, çamdaki doğal reçinenin sıcak presleme sırasında UF tutkalının dönüşümsüz sertleşmesini olumsuz etkilemesi nedeniyle, modifikasyon tutkallı deney örneklerinde yapışma performansı azalması çamda kayına göre daha yüksek oranda meydana geldiği söylenebilir.

K.303 tutkalının UF ile modifiye edildiği K.303+UF tutkallı kayın örneklerin 60 °C'lik sıcaklık ortamındaki yapışma performansı 20 °C'lik oda sıcaklığındaki yapışma performansına göre iki kat artmıştır. Bu sonucun, ağaç türü, tutkal modifikasyonu ve sıcaklık ortamı için özel bir durumu teşkil ettiği söylenebilir.

Sonuç olarak, termoplastik sertleşen modifikasyonsuz PVAc ve K.303 tutkalları yapışma performansı bakımından normal oda sıcaklığında birbirlerine yakın değerlerde olmalarına rağmen, ortamın sıcaklığı arttıkça yapışma performanslarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu tutkalların termoset sertleşen UF tutkalı ile modifiye edilmeleri durumunda, sıcaklık artışı karşısındaki yapışma performansı kayıpları modifikasyonsuz olanlara göre daha da azalmıştır. Modifikasyonsuz PVAc ve K.303 tutkalları ile yapılandırılmış çamdaki

azalma kayna göre daha düşük iken, aynı tutkallar UF ile modifiye edildiğinde, çamdaki azalmada artış, kayındakinde ise düşüş meydana gelmiştir.

Bu durumda, normal oda sıcaklığında kullanılmak üzere çam ve kayından üretilecek mobilyalarda önce K.303 sonra PVAc tutkalı tercih edilebilir. Ancak, yüksek sıcaklık ortamlarında kullanılacak mobilyaların veya ahşap sistemlerin birleşme yerlerinde, özellikle kayında, K.303+UF modifikasyon tutkalı ya da PVAc+UF modifikasyon tutkalının tercih edilmesi önerilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Altınok, M. 2002. Ahşap Tutkalı Birleşmelerde Yapışma Performansına Sıcaklık Artışının Etkileri, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Ankara.
- Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C. 1999. Üre-Formaldehid (uf) ile Modifiye Edilmiş ST10 Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi, Teknoloji Dergisi, Z.K.Ü., Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Sayı 3-4, s.193-201, Zonguldak.
- Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C. 2000. Modifiye Edilmiş Polivinilasetat Dispersiyonu (VB20) Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 13, No: 2, Ankara.
- Anonim, 1999. POLİSAN San. ve Tic. Tanıtım Broşürü, İzmit.
- Corey, A. E., Draghetti, P. M., Frantl, J. 1977. Polyvinil Acetate Emulsions and Polyvinil Alcohol for Adhesives, Monsanto Company, s. 465-483, Springfield, Massachusetts.
- Edward, L., Snelgrove, J. A., (1977), Polyvinil Acetate Adhesive, Monsanto Company, Springfield, s.507-527, Massachusetts.
- Goetze, H., Schultz-Devitz, G. 1987. The Influence of Fillers and other Additionel Substances on the Bonding Strenght of Adhesives with Solid Wood / Particleboard Joint, Drevivsky-Vyskum, n114,p 41-46, 7. ref. Slowakian –Russion.
- Huş, S. 1977. Ağaç Malzeme Tutkalları, İ. Ü., Orman Fakültesi Yayını, No: 242, İstanbul.
- Liu, J. 1997. Preparation of Urea-formaldehyde Resin Modified with Polyvinyl Alcohol and Amylum, Xiangtion Mineral Institute, Journal Ca Section, s.35-37, China.
- Maninal, S. 1977. Amino Resin Adhesives, Consultantskeist Laboratories, Inc.Livingston, New Jersey.
- Örs, Y. 1987. Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzemedede Mekanik Özellikler, Yardımcı Ders Kitabı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, s 29-34, Trabzon.
- Shen, J. 1997. Developpment of Urea-formaldehyde Adhesive, Nort-China Engineering Institute, Journal Ca Section, s. 37, Taiyvan.
- Suh, J. S. 1989. “A Study on the Wood Adhesion Technigues for Furniture Use”, Research Reports of the Forestry Research Institute Report, n 39, p. 24-31, 13. Ref., Seul.