



**Selahattin Bardak**

Sinop University, sbardak@sinop.edu.tr, Sinop-Turkey

**Sebahattin Tiryaki**

Karadeniz Teknik Uni., sebahattintirkayi@hotmail.com, Trabzon-Turkey

**Timuçin Bardak**

Bartın University, timucinbardak@gmail.com, Bartın-Turkey

**Aytaç Aydın**

Karadeniz Teknik Uni., aytac@ktu.edu.tr, Trabzon-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.1.1A0376>

**POLİVİNİLASETAT TUTKALI İLE YAPIŞTIRILMIŞ DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) VE DOĞU LADİNİ (*Picea orientalis* (L.) Link.) ODUNLARININ YAPIŞMA PERFORMANSI ÜZERİNE SUDA BEKLETME FAKTÖRLERİNİN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**ÖZ**

Odunun yapıştırıcı bağı odun kaynaklarının etkili kullanımında anahtar bir faktördür. Bu nedenle, bir yapıştırıcı ile birleştirilen odun ürünlerinin performansının farklı şartlar altında değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, PVAc ile yapıştırılan odun örnekleri farklı sıcaklıktaki suya (20, 40, 60 ve 80°C) farklı süreler (10, 20, 30 ve 40 dakika) için maruz bırakılmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde, PVAc ile yapıştırılmış odun örneklerinin suya maruz bırakılması ile örneklerin yapışma direncinde önemli derecede bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Direnç değerlerinde gözlemlenen bu düşüşler özellikle 60 °C ve üzerindeki sıcaklıktaki su ile muamelede daha ciddi oranlara ulaşmıştır. Ayrıca, direnç değerlerindeki düşüşler maruz bırakılan sürenin artışı ile genellikle artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** PVAc, Yapışma Performansı, Su Sıcaklığı, Doğu Kayını, Doğu Ladini

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SOAKING FACTORS ON THE BONDING PERFORMANCE OF ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky) AND ORIENTAL SPRUCE (*Picea orientalis* (L.) Link.) WOODS BONDED WITH POLYVINYL ACETATE**

**ABSTRACT**

Adhesive bond of wood is a key factor in effective utilization of wood resources. Therefore, the evaluation of performance under different conditions of the wood products bonded with an adhesive is highly important. In this study, wood samples bonded with PVAc were subjected to water at different temperatures (20, 40, 60 and 80°C) for different durations (10, 20, 30 and 40 minutes). Once the experimental results were analyzed, it was observed that the bonding strength of the wood samples bonded with PVAc significantly decreased as the samples were exposed to water. These drops observed in strength values reached to larger ratios as a result of treatment with water at 60°C and temperatures above. In addition, the drops in strength values increased generally with the increase of the exposure time.

**Keywords:** PVA, Adhesion Performance, Water Temperature, Oriental Beech, Oriental Spruce

**How to Cite:**

Bardak, S., Tiryaki, S., Bardak, T., and Aydın, A., (2017). Polivinilasetat Tutkalı İle Yapıştırılmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* lipsky) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Odunlarının Yapışma Performansı Üzerine Suda Bekletme Faktörlerinin Etkilerinin Araştırılması, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 12(1):90-96, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.1.1A0376.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Farklı boyut ve şekildeki masif odun parçalarının bir yapıştırıcı ile birleştirilmesi modern odun ürünlerinin üretilmesi açısından oldukça önemlidir [1]. Bir başka deyişle, yapıştırıcıların katma değerli odun ürünlerinin üretilmesinde anahtar bir rol oynadığını söylemek mümkündür. Yapıştırıcılar özellikle mobilya endüstrisinin en önemli girdilerinden biri olup toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık olarak %30'una kadarlık bir kısmını oluşturabilmektedir [2 ve 3]. Polivinilasetat odun ürünlerinin birleştirilmesinde en yaygın kullanılan tutkallardan biridir. Bu tutkal yaygın olarak beyaz tutkal olarak isimlendirilir. Polivinilasetat renksiz yanmayan bir tutkal çeşidi olup düşük sıcaklıklarda kullanılabilir ve bu sıcaklık şartlarında hızlı bir şekilde katılma yeteneği göstermektedir. Bunun yanında, uygulaması kolay bir tutkal olup birleştirmiş olduğu odun ürünlerinin bir işleme sürecine maruz kalması durumunda kesici aletlerde bir hasar oluşturmama gibi avantaja sahiptir. Bu avantajlarının yanında polivinilasetat tutkalı kullanımını sınırlandıran bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu tutkalın mekanik direnci sıcaklık seviyesinin artışı ile beraber önemli ölçüde azalmakta ve genellikle 70°C üzerindeki sıcaklıklarda bağ yapma kapasitesini önemli ölçüde kaybetmektedir [4].

Yapışma direnci odun ile yapıştırıcı arasındaki bağın performansını değerlendirmede güvenilir bir parametre olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [5]. Ancak, odun ürünlerin yapışma direnci çok sayıda faktör tarafından etkilenebilmektedir [6]. Bu bağlamda, birçok araştırmacı farklı koşullar altında birleştirilen odun ve yapıştırıcı arasındaki bağın mekanik direncini değerlendirmek için çalışmalar yürütmüştür. Altınok [7] PVAc ve ürefoformaldehid (UF) ile birleştirilmiş odun ürünlerinin yapışma performansına sıcaklık artışının etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda PVAc ve UF tutkalı ile birleştirilen deneysel odun örneklerinde sıcaklık artışına paralel olarak yapışma performansında bir azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, yapışma direncindeki azalma miktarının UF ile birleştirilen örneklerde PVAc ile birleştirilen örneklere kıyasla daha küçük olduğu belirlenmiştir. Altınok ve Kılıç [8] PVAc tutkalı kullanılarak birleştirilmiş sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) örneklerinin yapışma performanslarına farklı sıcaklık koşullarının etkisini belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yürütülen çalışmanın sonuçları sıcaklığın artması ile yapışma performansının azaldığını ortaya koymuştur. Clauß ve diğerleri [9] farklı yapıştırıcı türleri ile bağlanan odun birleştirmelerin yapışma direncini değerlendirdiği çalışmada, PVAc ile birleştirilen deneysel örneklerin yapışma direncinin artan sıcaklık ile azaldığını tespit etmiştir.

Tiryaki ve diğerleri [10] PVAc tutkalı ile birleştirilmiş Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) örneklerinin yapışma direnci üzerine yapıştırıcı miktarı, presleme basıncı ve presleme süresinin etkilerini incelemiştir. Yazarlar yapıştırıcı miktarı, presleme basıncı ve presleme süresinin artışı ile yapışma direnci değerlerinin genellikle bir artış gösterdiğini bildirmiştir. Bir başka çalışmada, Bardak et al. [11] farklı presleme koşullarına dayalı olarak PVAc tutkalı ile birleştirilmiş odun örneklerinin yapışma direncini değerlendirmiştir. Sonuçlar presleme süresi uzun seçildiğinde düşük presleme sıcaklıklarının, buna karşın kısa presleme süreleri seçildiğinde yüksek presleme sıcaklıklarının daha yüksek yapışma direnci değerleri verdiğini ortaya koymuştur.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Mevcut literatürde farklı koşullar altında birleştirilen odun birleştirmelerin yapışma direnci üzerine çok sayıda farklı değişkenin etkisi ayrıntılı bir şekilde tartışılmaktadır. Yürütülen bu çalışmalar odun örneklerinin yapışma direnci üzerine üretim değişkenlerinin önemli derecede etki ettiğini göstermektedir. Farklı proses değişkenleri kullanarak bu konu üzerine yürütülen yoğun çalışmalara rağmen, odun birleştirmelerin yapışma direncinin farklı sıcaklıklarda farklı süreler için nasıl bir davranış göstereceği üzerine kapsamlı bir çalışmanın eksikliği göze çarpmaktadır. Bu yüzden bu çalışmanın amacı farklı su sıcaklıklarına farklı süreler için maruz bırakılan odun birleştirmelerin yapışma direncini araştırmaktır.

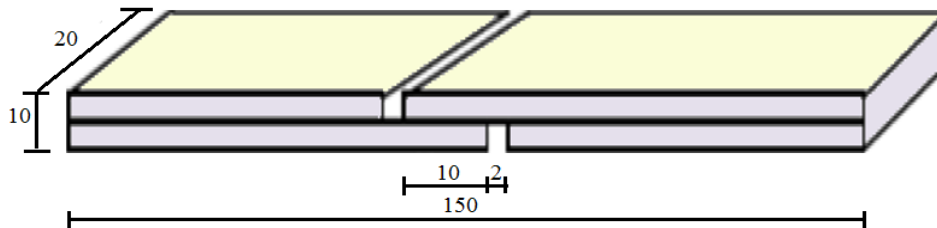
## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD-PROCESS)

### 3.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada deneysel materyal olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) odun örneklerinden faydalanılmıştır. Deneyselerde kullanılan Doğu kayını ve Doğu ladini ağaç türleri Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişmekte olup deneysel örnekler bu bölgede yer alan Artvin ilinin ormanlık alanlarından elde edilmiştir. Yapışma direncinin deneysel örnekleri bu ağaç türlerinden 150x20x5 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deneysel odun örneklerinin hazırlanmasında örneklerin herhangi bir kusur içermemesine özen gösterilmiştir. Hazırlanan örnekler daha sonra %12'lik bir rutubet miktarı elde etmek için %65±5 bağıl nem ve 20±2°C'de kondisyonlanmıştır. Yapıştırıcı olarak odun ürünlerinin birleştirilmesinde en yaygın kullanılan yapıştırıcı olan PVAc kullanılmıştır. PVAc deneysel odun örneklerinin yüzeylerine 180g/m<sup>2</sup>'lik bir miktarda uygulanmıştır.

### 3.2. Yöntem (Method)

Hazırlanan deneysel kayın ve ladin örnekleri PVAc yapıştırıcısı ile birleştirilmiştir. Birleştirilen deneysel örnekler farklı sıcaklık derecelerine kadar ısıtılmış suya (20, 40, 60 ve 80°C) farklı süreler (10, 20, 30 ve 40 dakika) için maruz bırakılmıştır. Bu proses sırasında su sıcaklığındaki değişimleri minimuma indirmek için iki dakika bir termometre ile suların sıcaklıkları ölçülmüştür. Sıcaklığı azalan sulara tekrar sıcak su eklenerek istenilen sıcaklığa gelmeleri sağlanmıştır. Suda bekletme işlemi tamamlanan örneklerin üzerindeki fazla sular bir bez yardımıyla alınmıştır. Bu örnekler daha sonra 65±5% bağıl nem ve 20±2°C'de bir hafta süre ile bekletilmiştir. Bekletme sürecinin bir sonucu olarak, yaklaşık olarak aynı denge rutubetine ulaşan deneysel odun örneklerinin yapışma dirençleri universal test makinesinde ölçülmüştür. Deneyselerde her varyasyon için on adet örnek kullanılmıştır. Böylece, iki çeşit odun türü, dört farklı sıcaklık ve dört farklı süre olmak üzere toplamda 320 adet deneysel örnek kullanılmıştır. Şekil 1 yapışma direncinin deneysel örneklerinin boyutlarını göstermektedir.



Şekil 1. Yapışma direnci odun örneklerinin boyutları  
(Figure 1. The size of the bonding strength wood samples)

Örneklerin yapışma direnci 1'nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_y = \frac{F}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

Eşitlikte;  $\sigma_y$  yapışma direnci değeri,  $F$  kırılma anındaki maksimum yük,  $a$  ve  $b$  yapıştırılan yüzeyin genişliği ve uzunluğudur.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Yapışma direnci testi örneklerine ait ortalama değerler, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapışma direncinin deneysel değerleri  
(Table 1. The experimental values of bonding strength)

Suda Bekletme Sıcaklığı (°C)	Suda Bekletme Süresi (dakika)	Yapışma Direnci (N/mm <sup>2</sup> )					
		Doğu Kayını			Doğu Ladini		
		Örnek Sayısı	Deneysel Değer	Standart Sapma	Örnek Sayısı	Deneysel Değer	Standart Sapma
20	10	10	11.008	(1.2126)	10	10.098	(0.5608)
20	20	10	7.704	(0.9852)	10	7.348	(1.1523)
20	30	10	6.312	(0.5832)	10	6.126	(0.5643)
20	40	10	6.736	(0.7491)	10	6.372	(0.4619)
40	10	10	5.322	(0.2816)	10	5.122	(0.3303)
40	20	10	4.328	(0.3449)	10	4.372	(0.3723)
40	30	10	4.708	(0.3371)	10	4.626	(0.2381)
40	40	10	4.004	(0.1401)	10	4.284	(0.4235)
60	10	10	2.876	(0.2011)	10	2.784	(0.2970)
60	20	10	3.194	(0.1793)	10	3.056	(0.2142)
60	30	10	2.948	(0.2674)	10	2.642	(0.2957)
60	40	10	2.178	(0.3004)	10	2.122	(0.3131)
80	10	10	2.186	(0.3184)	10	2.286	(0.2575)
80	20	10	1.442	(0.1621)	10	1.336	(0.1454)
80	30	10	0.982	(0.3789)	10	0.624	(0.2508)
80	40	10	0.466	(0.2755)	10	0.188	(0.1880)

Sıcaklık seviyesinin, suda bekletme süresinin ve malzeme türünün PVAc tutkalının yapışma testi üzerine etkilerini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yapışma direnci üzerine odun türü (A), suda bekletme sıcaklığı (B) ve suda bekletme süresi (C)'nin etkilerini gösteren varyans analizi sonuçları

(Table 2. The results of analysis of variance indicating the effects of the wood species (A), soaking temperature (B) and soaking time (C) on the bonding strength)

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F Değer	P
Odun Türü (A)	1.414	1	1.414	6.122	0.015
Suda Bekletme Sıcaklığı (B)	946.306	3	315.435	1366.022	0.000
Suda Bekletme Süresi (C)	84.171	3	28.057	121.503	0.000
A * B	1.125	3	0.375	1.624	0.187
A * C	0.191	3	0.064	0.275	0.843
B * C	64.554	9	7.173	31.062	0.000
A * B * C	1.270	9	0.141	0.611	0,786
Hata	29.557	128	0.231		
Toplam	3760.283	160			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklık seviyesinin, suda bekletme süresinin ve odun türünün PVAc tutkalının yapışma direnci üzerindeki etkisi 0.05 hata payı ile istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan Testi uygulanmıştır. Sıcaklık seviyesi, suda bekletme süresinin ve odun türü faktörlerinin yapışma direnci üzerindeki etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Proses değişkenlerine bağlı olarak yapışma direncinin homojenlik grupları  
(Table 3. Homogeneity groups of bonding strength depending on process variables)

Değişkenler	Yapışma Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		
	Ortalama	Homojenlik Grubu	
Suda Bekletme Sıcaklığı (°C)	20	7.713	A
	40	4.596	B
	60	2.725	C
	80	1.188	D
Suda Bekletme Süresi (dakika)	10	5.210	A
	20	4.098	B
	30	3.621	C
	40	3.294	D
Odun Türü	Kayın	4.150	A
	Ladin	3.962	B

Sıcaklık seviyesi bakımından değerlendirildiğinde gruplar arasındaki farklar anlamlı çıkmış ve sıcaklık seviyesi artıka yapışma direnci düştüğü görülmüştür. En yüksek yapışma direnci 7.713 N/mm<sup>2</sup> ile 20°C sıcaklıkta suda bekletilen test örneklerinde, en düşük yapışma direnci ise 1.188 N/mm<sup>2</sup> ile 80°C sıcaklıkta suda bekletilen test örneklerinde elde edilmiştir. PVAc tutkalının termoplastik bir polimer olması ve belirli bir sıcaklık aralığı aşıldığı zaman termal bozulmanın oluşması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir [12]. PVAc tutkalı kullanılarak yapılan ahşap birleşmenin sıcaklığı 60°C-80°C'ye kadar artırıldığında birleşme yerindeki sertleşmiş tutkal katmanının çözüldüğü belirlenmiştir [13]. Özellikle 70°C sıcaklıktan sonra PVAc tutkalı yapışma özelliğini kaybetmektedir. Bulunan sonuçlar literatür bilgileriyle uyum göstermektedir [7 ve 8].

Suda bekletme süresi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde gruplar arasında farklar anlamlı bulunmuştur. Suda bekletme süresi ile yapışma direnci arasında ters bir ilişki vardır. En yüksek yapışma direnci sonuçları 10 dakika suda bekletilen test örneklerinde, en düşük yapışma direnci sonuçları ise 40 dakika suda bekletilen test örneklerinde bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda PVAc tutkalının suda zayıf olduğu vurgulanmıştır. Bu durum PVAc tutkalının su geçirmez özelliğe sahip olmaması ile açıklanmaktadır [4]. Odun türü açısından bakıldığında en yüksek yapışma dirençleri doğu kayını odununda en düşük yapışma direnci ise ladin odununda görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak kayın odunun ladin odununa göre daha yüksek yoğunluğa sahip olması ile açıklanabilir. Önceki çalışmalarda ahşap yoğunluğundaki artış genellikle yüksek yapışma direncine neden olduğu belirtilmiştir [7, 11, 14 ve 15].

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada PVAc tutkalının yapışma direnci üzerine sıcaklık seviyesi, suda bekletme süresi ve odun türünün etkileri belirlenmiştir. Çalışmada deney örnekleri 20, 40, 60, 80°C derecede



10, 20, 30 ve 40 dakika sürede ve farklı ağaç türleri kullanılarak test edilmiştir. En yüksek yapışma direnci 20°C su sıcaklığında, 10 dakika suda bekletilen kayın örneklerinde, en düşük yapışma direnci ise 80°C su sıcaklığı ve 40 dakika suda bekletilen ladin örneklerinde bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde sıcaklık ve suda bekletme süresi arttıkça yapışma performansı düştüğü görülmüştür. Odun türü açısından bakıldığında ise en yüksek yapışma direnci sonuçları doğu kayını kullanılarak üretilen yapışma direnci örneklerinde, en düşük yapışma direnci sonuçları ise ladin odunu kullanılan örneklerde elde edilmiştir. Tutkallar kullanım alanlarında yüksek sıcaklığa ve suya maruz kalmaktadır. Örneğin güneş ışığına açık alanlar, kalorifer peteklerinin yanı ve banyo içi rutubetin yüksek olduğu yerler PVAc tutkallı için zorlu ortamlardır. Sonuç olarak elde edilen verilere göre PVAc tutkalının yüksek sıcaklık ve rutubetin bulunduğu ortamlarda (açık alanlar, mutfak, banyo, kalorifer yanları vb.) kullanılmaması önerilmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Stoeckel, F., Konnerth, J., and Gindl-Altmutter, W., (2013). Mechanical Properties of Adhesives for Bonding Wood—A Review, Elsevier, International Journal of Adhesion & Adhesives, 45, 32-41.
2. Chikamai, B., Kabii, T., and Ndegwa, N., (1996). A Guide to the Production of Laminated (Fancy) Items. Forest Products Research Programme, KEFRI. Occasional Paper No:1.
3. Muthike, G.M. and Githiomi, J.K., (2011). Choice and Utilization of Adhesives n Wood Gluing, Guidelines for Users of Wood Adhesives, Kenya Forestry Research Institute, Forest Products Research Centre-Karura.
4. Kim, S. and Kim, H.J., (2005). Effect of Addition of Polyvinyl Acetate to Melamine-Formaldehyde Resin on the Adhesion and Formaldehyde Emission in Engineered Flooring, Elsevier, International Journal of Adhesion & Adhesives, 25, 456-461.
5. Pizzo, B., Lavischi, P., Misani, C., Triboulot, P., and Macchioni, N., (2003). Measuring the shear strength ratio of glued joints within the same specimen, Springer, Holz als Rohund Werkstoff, 61, 273-280.
6. Kamke, F.A., and Lee, J.N., (2007). Adhesive Penetration of Wood A Review, Wood Fiber Science, 39, 205-220.
7. Altınok, M., (2002). Ahşap Tutkallı Birleşmelerde Yapışma Performansına Sıcaklık Artışının Etkileri, Politeknik Dergisi, 5(4), 341-345.
8. Altınok, M. ve Kılıç, A., (2004). Modifiye Edilmiş Polivinilasetat (Pvac) ve Klebit 303 (K.303) Tutkallarının Farklı Sıcaklık Ortamlarında Yapışma Performanslarının Belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(1), 73-80.
9. Clauß, S., Joscak, M., and Niemez, P., (2011). Thermal Stability of Glued Wood Joints Measured by Shear Tests, European Journal of Wood and Wood Products, 69, 101-11.
10. Tiryaki, S., Bardak, S., and Bardak, T., (2015). Experimental Investigation and Prediction of Bonding Strength of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Bonded With Polyvinyl Acetate Adhesive, Journal of Adhesion Science and Technology, 29(23), 2521-2536.
11. Bardak, S., Tiryaki, S., Nemli, G., and Aydın, A., (2016). Investigation and Neural Network Prediction of Wood Bonding Quality Based on Pressing Conditions, Elsevier, International Journal of Adhesion & Adhesives, 68, 115-123.



- 
12. Sedliacik, J., and Smidriakova, M., (2012). Heat resistance of adhesive joints for wood constructions, *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 54(2), 79-94.
  13. Corey, A.E., Draghetti, P M., and Frantl, J., (1977). Polyvinl Acetate Emulsions and Polyvinl Alcohol for Adhesives, Springfield, Massachusetts, Monsanto Company, pp:465-483.
  14. Burdurlu, E., Usta, I., Kilic, Y., and Ulupinar, M., (2007). The effect on shear strength of different surfacing techniques in Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) bonded joints, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 21(3-4), 319-30.
  15. Dunky M., and Pizzi A., (2002). Wood adhesives. In: Chaudhury M, Pocius AV, editors. *Adhesive science and engineering-2: surfaces, chemistry and applications*. Amsterdam, Elsevier: pp:1039-103 [chapter 23].