

AKÜ FEMÜBİD 17 (2017) 035701 (1076-1087)
DOI: 10.5578/fmbd.66108

AKU J. Sci. Eng. 17 (2017) 035701 (1076-1087)

Fındık ve Çeltik Kabukları ve Odun Talaşı İle Takviye Edilmiş Termoset Kompozitlerde Reçine Türünün Fiziksel Özelliklere Etkisi

Nihan Kaya

Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum.
e-posta: nihankaya@hitit.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.02.2017 ; Kabul Tarihi: 23.11.2017

Özet

Ekonomik ve çevresel kaygılar sebebiyle son yıllarda mobilya sektörünün ana hammaddesi olan masif ağaç malzemeler yerine ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanılması tercih edilmektedir. Fındıkkağı ve çeltik kağı, ülkemizde henüz endüstriyel kullanıma girmemiş yenilenebilir doğal kaynaklardır. Çalışmanın amacı bu tarımsal atıkların ahşap kompozit panellerin üretimine uygunluğunu değerlendirmek ve kullanılan reçine türünün levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmada, iki tip reçine (fenol formaldehit (FF) ve melamin-üre formaldehit (MÜF)) kullanılarak levhalar üretilmiştir. Levhaların su tutma ve hacimsel genişleme gibi bazı fiziksel özellikleri ile eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü gibi bazı mekanik özellikleri standart metotlara göre belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, levha üretiminde kullanılan selülozik yapıda odunsu hammadde türü ve miktarı ile reçine türüne bağlı olarak levhalarda fiziksel ve mekanik özelliklerin değişkenlik gösterdiğini ancak üretilen çoğu levhada standartlarda istenilen değerlerin sağlandığını göstermiştir. Gözlemlenen sonuçlar, melamin-üre formaldehit kullanılarak üretilen levhaların fenol formaldehit kullanılarak üretilen levhalara kıyasla nispeten düşük hacimsel genişleme ve su tutma değerleri verdiğini göstermiştir. Yani melamin-üre formaldehit reçinesi levhalarda suya dayanımı geliştirmiştir. Mekanik testler ise fenol formaldehit reçinesi ile üretilen levhaların daha yüksek eğilme ve iç bağ dayanım değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler

Fındıkkağı; Çeltik kağı; Odun talaşı; Ahşap esaslı kompozit levha; Fiziksel ve mekanik özellikler

The Effect of Resin Type on the Physical Properties of Thermoset Composites Reinforced with Hazelnut and Rice Shells and Wood Shavings

Abstract

Due to economic and environmental concerns, it has been preferred in recent years to use wood based composite materials instead of massive wood materials, which is the main raw material of the furniture industry. Hazelnut shell and rice shell are renewable natural resources that has not industrial utilization yet in our country. The objective of study was to evaluate this agricultural waste's suitability to produce wood composite panels and to investigate the effect of the resin used on the physical and mechanical properties of the panels. For this study, particleboards were produced using two types of resins (phenol formaldehyde (PF) and melamine-urea formaldehyde (MUF)) were selected. Some physical properties such as water absorption and thickness swelling and also some mechanical properties such as bending

Keywords

Hazelnut shell; Rice shell; Wood sawdust; Wood based composite particleboard; Physical and mechanical properties.

strength and modulus of elasticity of the particleboards were determined according to standard methods. Experimental results showed that physical and mechanical properties of the particleboards were variable depending on the amount and type of woody raw material in the cellulosic structure and also type of resin used in particleboards production. But most particleboards produced in this study showed the desired values in the standards. The observed results indicated that particleboards produced utilizing melamine-urea formaldehyde gave relatively low thickness swelling and water absorption values compared to the boards made from phenol formaldehyde. That is, the melamine-urea formaldehyde resin has improved the water resistance in the particleboards. Mechanical tests indicated that particleboards which were produced with phenol formaldehyde resin resulted in higher bending and internal bond strength values.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Son yıllarda ahşap ürünlere karşı artan talep ve hammadde olarak kullanılan ormanların azalması nedeniyle ahşap esaslı kompozit ürünlerin önemi giderek artmış ve en fazla kullanım alanına sahip malzemeler arasında yerini almıştır. Özellikle kontrplak, yonga levha, lif levha gibi odun esaslı ürünlerin eldesinde masif ağaç malzeme yerine kompozit ürünlerin kullanılması gerek orman varlıklarının daha etkin kullanımına gerekse masif malzemelerin bazı özelliklerinin iyileştirilmesine vesile olmuştur. Çünkü kompozit levhalar teknik yöntemlerle istenilen şekil, boyut ve direnç özelliklerinde üretilebilmektedir. Bu nedenle de çok geniş kullanım alanlarına sahiptirler (Aydın et al. 2010).

Ahşap esaslı kompozit levhaların üretiminde her türlü lignoselülozik hammadde kullanılabilir. Ancak, kullanılacak hammaddenin teknik yönden uygun ve ekonomik olması bir zorunluluktur (İstek 2006). Bu kapsamda tarımsal kalıntılar ve yıllık bitkiler gerek ekonomik ve çevresel sebepler gerekse yenilenebilir olması nedeniyle ahşap esaslı levha endüstrisinde tercih edilmektedir (Çöpür et al. 2008; Alma et al. 2005; Güler and Özen 2004; Mantanis et al. 2000).

Ahşap esaslı levha endüstrisinde odundan ya da odun esaslı hammaddeden sonra gelen en önemli bileşen yapıştırıcı olarak kullanılan tutkallar olup, 1930 yılına kadar bitkisel ve hayvansal kökenli malzemeler (hayvansal jelatin, kan albümini, kazein,

soya, nişasta vb.) kullanılmıştır. 1930 yılından sonra genel olarak sentetik reçineler olarak isimlendirilen tutkallar hızlı bir gelişme göstermiş ve gerek sıcak suya ve mikroorganizmalara karşı gösterdikleri dayanıksızlık gerekse direnç azlığı nedeniyle bitkisel ve hayvansal tutkallar yerini sentetik reçinelere bırakmıştır. Böylelikle hem üretilen malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş hem de ürünler çok çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilme imkânı bularak, ahşap panel endüstrisine yeni boyutlar kazandırılmıştır (Göker 1976). Günümüzde ahşap esaslı levha endüstrisi ve mobilya endüstrisinde formaldehit ve türevleri bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Fenol Formaldehit (FF), Rezorsinol Formaldehit (RF), Melamin Formaldehit (MF) ve Üre Formaldehit (ÜF) reçineleri gibi termoset özellik gösteren reçineler bu sektörde yaygın olarak kullanılan tutkal türleridir. Bunlar sıcak presleme sırasında kurumakta ve tekrar ısıtıldıkları zaman bir daha yumuşamamaktadırlar. Bu tutkalların en önemlilerinden biri olan üre formaldehit reçineler gerek teknolojik özelliklerinin iyi oluşu gerekse düşük fiyat ve uygulama kolaylığı sebebiyle çoğunlukla kullanılan bir tutkal türüdür (Khanjanzadeh et al. 2014). Melamin formaldehit reçineleri genellikle rutubete ve suya dayanıklı kontrplak ve yonga levhaların üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır ancak maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle fiyatının ucuz olması açısından melamin-üre formaldehit (MÜF) yapıştırıcısı melamin formaldehite göre daha caziptir (Demirkır et al. 2005; Pizy 1983). Dayanıklılık bakımından daha üstün özelliklere sahip olan bağlayıcı özelliği

kuvvetli fenol formaldehit reçinesi de panel mobilya yapımında kullanılan vazgeçilmez tutkallardandır.

Bu çalışmada ülkemizde ısınma amaçlı kullanılmak suretiyle yakılarak bertaraf edilen ya da doğaya çürümeye bırakılan lignoselülozik yapıda tarım endüstrisi atıklarından olan fındikkabuğu ve çeltik kabuğunun ekonomik açıdan ahşap esaslı kompozit levha üretiminde değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Dünya fındık üretiminin %75'ini karşılayan ülkemizde yıllık 0,8 milyon ton fındikkabuğu açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte birçok ülkenin tarımsal alanında olduğu gibi ülkemizde de önemli bir yere sahip olan çeltik üretiminde ise yıllık 0,4 milyon ton çeltik kabuğu atık olarak açığa çıkmaktadır (Acar et al. 2014). Ülkemizde bulunan bu potansiyel göz önüne alındığında ve bu atıkların doğal ve geri dönüşüme uygun malzemeler olmaları sebebiyle bu konuda yapılan çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Çalışmada ayrıca lif levha üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan iki farklı reçinenin (fenol formaldehit ve melamin-üre formaldehit) kompozit levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan malzemeler ve kompozit levhaların üretimi

Çalışmalarda kullanılan doğal lignoselülozik atık olan çeltik kabuğu, ülkemizdeki çeltik üretiminin %7'sini karşılayan Çorum ilinin Osmançık ilçesinden temin edilmiştir. Göreceli sert bir yapıya sahip olan ve aynı zamanda ülkemizde bol miktarda bulunan fındikkabuğu ise Samsun ilinden temin edilmiştir. Her iki lignoselülozik hammadde 105 °C' de 24 saat etüvde bekletilerek, rutubetlerinin giderilmesi sağlanmıştır. Daha sonrasında öğütücülerden geçirilerek boyut küçültme işlemine tabi tutulan bu malzemeler, sarsak elekler yardımıyla değişik boyutlarda sınıflandırılmıştır. Deneylerde 60 mesh'lik elek üzerinde kalan tarımsal atıklar kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan bir diğer dolgu maddesi olan odun talaşı ise Çorum Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerden temin edilen odun endüstrisi atıklarıdır. Kaba (0,7-1 mm), orta boy (0,3-0,6 mm) ve ince talaş (0,15-0,3 mm)

olmak üzere üç farklı boyutta temin edilen odun talaşından, orta boy kategorisindeki malzeme çalışmalarda kullanılmıştır (Şekil 1).



a) Fındikkabuğu



b) Çeltik Kabuğu



c) Odun Talaşı

Şekil 1. Ahşap esaslı kompozit levha üretiminde kullanılan malzemeler

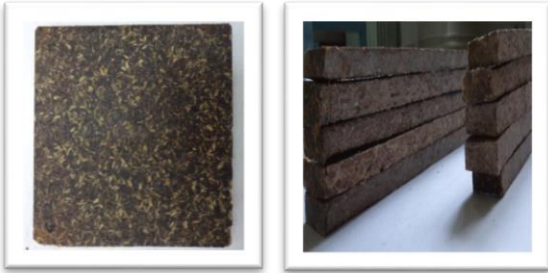
Hazırlanan ahşap esaslı kompozit levhalarda bağlayıcı olarak, formaldehit ve fenolün sıcaklık etkisi ve alkali bir katalizör yardımıyla reaksiyona girmesi sonucunda elde edilen fenol formaldehit reçinesi (Büyükarıcı et al. 2010) ile formaldehitin üre ile kondenzasyonu sonucu meydana gelen ve sertleştirici madde olarak melamin tuzlarının kullanıldığı sıcak preslemeye uygun melamin-üre formaldehit reçinesi (Göker 1976) kullanılmış olup, her iki reçine Çorum Organize Sanayi Bölgesinde

faaliyet gösteren Akça Kontrplak Sanayi Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan dolgu maddeleri ve bağlayıcılar Tablo 1' de belirtilen oranlarda alınarak, mekanik karıştırıcı (Velp) yardımıyla oda sıcaklığında ve 30 rpm karıştırma hızında, 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem sonunda bağlayıcı ile tamamen ıslanmış dolgu maddelerinden oluşan, homojen bir karışım elde edilmiştir. Bu karışımlar, hidrolik pres (Şekil 2) ile 120 °C sıcaklık ve 100 bar basınçta, 15 dakika süre ile preslenmiştir. Presleme işleminde kullanılan sıcaklık, basınç ve süre değerleri daha önce yapılan ön denemelerle belirlenen optimum değerlerdir. Hazırlanan kompozit levhaların (Şekil 3) fiziksel (% hacimsel genişleme ve % su tutma) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü) TS EN standartları kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Hidrolik pres



Şekil 3. Hazırlanan kompozit levhalar

2.2. % su tutma ve % hacimsel genişleme miktarının belirlenmesi

Her deney numunesinden üçer adet olmak üzere, TS EN 317'de belirlenen esaslara uyularak 50x50 mm kesitinde ve levha kalınlığında örnekler hazırlanmıştır. Örnekler öncelikle 105 °C' deki etüvde 24 saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Etüvden çıkarılan örneklerin kuru tartımları $\pm 0,01$ g duyarlılıklı terazi ile alınmış ve boy, en ve yükseklikleri de 0,01 mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçülerek, hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı 20 ± 1 °C olan su içerisine daldırılarak, 24 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan örneklerin boyutları ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülerek suya daldırıldıktan sonraki hacim değerleri hesaplanmış ve son tartımları alınmıştır (TS EN 317 1999). % su tutma miktarları Eşitlik 1 yardımıyla, % hacimsel genişleme miktarı ise Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiş olup, hazırlanan her levha örneği için kullanılan üç adet deney numunesine ait sonuçların aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar verilmiştir.

$$\% \text{ su tutma} = [(m_{\text{son}} - m_{\text{ilk}}) / m_{\text{ilk}}] \times 100 \quad (1)$$

Burada, m_{ilk} ve m_{son} sırasıyla deney örneğinin suya daldırılmadan önceki (tam kuru) ve sonraki ağırlıklarıdır.

$$\% \text{ hacimsel genişleme} = [(V_{\text{son}} - V_{\text{ilk}}) / V_{\text{ilk}}] \times 100 \quad (2)$$

Burada, V_{ilk} ve V_{son} sırasıyla deney örneğinin suya daldırılmadan önceki (tam kuru) ve sonraki hacimleridir.

2.3. Eğilme dayanımı ve elastikiyet modülünün belirlenmesi

Üretilen kompozit levhalarda eğilme dayanımı ve elastikiyet modülünün tayin edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen mekanik testler, bu konuyla ilgili TS EN 310 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu standarda göre; hazırlanan her levha için enine ve boyuna yönde kesilen iki grup deney parçası seti hazırlanmıştır. Deney parçaları dikdörtgen biçiminde olup, 360x50x18 mm ölçülerinde olacak şekilde hazırlanmıştır. Deneylerde kuvvet, örneğin tam ortasından 2 mm/dak sabit hızla uygulanmış olup 10 kN başlıklı Autograph markalı universal test

cihazı (Şekil 4) kullanılarak, üç nokta eğilme dayanımları (σ_e) ve elastikiyet modülleri (E) sırasıyla Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 yardımıyla belirlenmiştir (TS EN 310 1999; Efe and Kasal 2007).

$$\sigma_e = (3 / 2) \times (F \times L_s / b \times h^2) \text{ (N/mm}^2 \text{)} \quad (3)$$

$$E = F \times L_s^3 / 4 \times b \times h^3 \times f \text{ (N/mm}^2 \text{)} \quad (4)$$

Burada, F kırılma anında maksimum kuvvet (N), L_s iki destek arası mesafe (mm) ve f yer değiştirme miktarı olup, b ve h kesit genişliği (mm) ve yüksekliğidir (mm).



Şekil 4. Universal test cihazı

3. Bulgular ve Tartışma

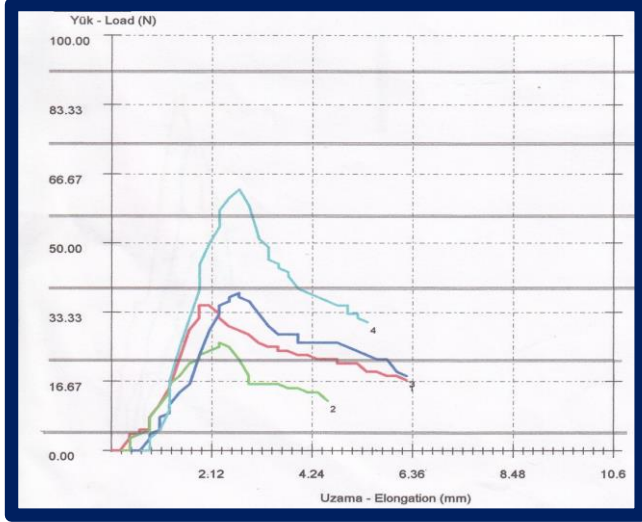
Tarımsal atıkların orman endüstrisinde değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması ve böylelikle masif ahşap malzemelerin kullanımının azaltılması amaçlanan bu çalışmada, yapıştırma amaçlı kullanılan tutkal (reçine) türü ve katkı maddelerinin oranına göre 28 farklı ahşap esaslı levha örneği hazırlanmıştır. Tablo 1'den görüldüğü üzere ilk sette bağlayıcı olarak melamin-üre

formaldehit kullanılırken, ikinci sette bağlayıcı olarak fenol formaldehit reçinesi kullanılmıştır. Hazırlanan tüm deney örneklerinde reçine miktarı sabit tutulmuş ve ağırlıkça %35 olacak şekilde ayarlanmıştır. Üretilen ahşap kompozit levhaların kullanım alanlarına göre bazı mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Özellikle dış etkilere ve atmosferik koşullara dayanıklı olması gerektiği unutulmamalıdır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda ahşap kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla sadece farklı reçineler kullanılmamış aynı zamanda hammadde olarak kullanılan dolgu ve katkı malzemelerinin oranı da değiştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda yurtiçinden temin edilen ve kimyasal bileşimi yaklaşık olarak %43 lignin, %26 selüloz ve %30 hemiselülozdan oluşan fındıkkaşığı ile yine selülozik bir madde olan çeltik kaşığı hammadde olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte ülkemizde, gerek endüstriyel odun üretimi gerekse bu odunlar kullanılarak üretilen orman ürünlerinden açığa çıkan binlerce metreküp artık odun tozu ve talaşı meydana gelmektedir. Oluşan bu odun artıklarını yakıt olarak kullanmak yerine tekrar endüstriyel üretimde değerlendirmek üzere çalışmalarımızda orta boy odun talaşı da hammadde olarak kullanılmıştır.

Hazırlanan kompozit levhalara, suya dayanım, hacimsel genişleme, elastikiyet modülü ve eğilme dayanımı gibi parametrelerin belirlenebilmesi için birçok deney uygulanmış ve elde edilen deneysel sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen eğilme direnci deneylerinde elde edilen yük-yer değiştirme (uzama) eğrilerine ait örnek bir grafik Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu çalışmada her levha örneği için kullanılan üç adet deney numunesine ait sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, deneysel sonuçlar verilmiştir. Bununla birlikte yeniden üretilebilirliği incelemek için iki farklı zamanda gerçekleştirilen numune hazırlama ve analiz işlemi ile deney verilerinin tekrarlanabilirliği için ortalama standart sapma değeri 0,10 olarak belirlenmiştir. Bu değer, tüm sonuçların yüksek tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik avantajlarını sergilediğini göstermiştir.

Tablo 1. Hazırlanan ahşap kompozit levhalarda karışım oranları

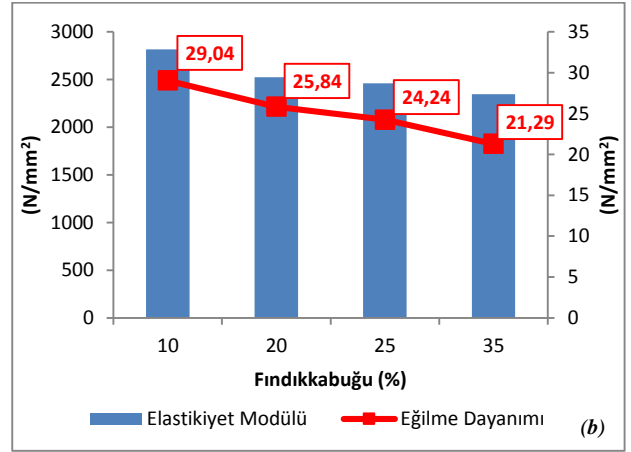
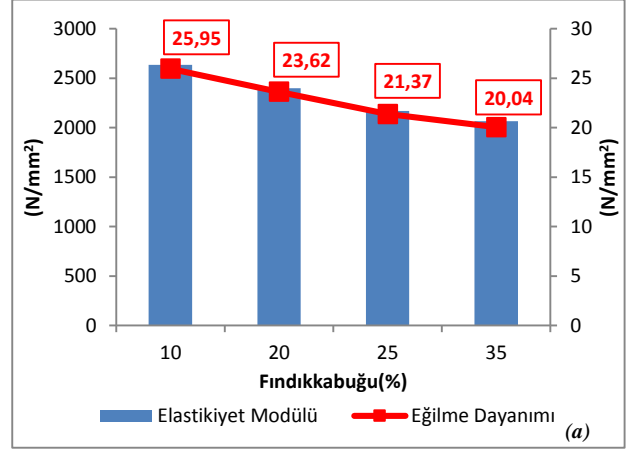
Set No	Numune No	Fındıkkabuğu (%)	Çeltik Kabuğu (%)	Odun Talaşı (%)	Melamin-Üre Formaldehit (%)
Set 1	1	25	25	15	35
	2	20	20	25	35
	3	15	15	35	35
	4	15	10	40	35
	5	15	5	45	35
	6	15	0	50	35
	7	40	0	25	35
	8	35	5	25	35
	9	30	10	25	35
	10	25	15	25	35
	11	10	10	45	35
	12	20	10	35	35
	13	25	10	30	35
	14	35	10	20	35
Set 2	15	25	25	15	35
	16	20	20	25	35
	17	15	15	35	35
	18	15	10	40	35
	19	15	5	45	35
	20	15	0	50	35
	21	40	0	25	35
	22	35	5	25	35
	23	30	10	25	35
	24	25	15	25	35
	25	10	10	45	35
	26	20	10	35	35
	27	25	10	30	35
	28	35	10	20	35



Şekil 5. Yük-uzama (uzama) eğrisi

Deneysel sonuçlar göstermektedir ki hammaddelerin kimyasal bileşimi ve miktarı üretilen kompozit levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde güçlü etkilere sahiptir (Belgacem and Pizzi 2016). Kullanılan fındıkkağundaki yüksek lignin içeriği (~%43) malzemelerin kırılma dayanımını artırırken, dayanımın ve elastikiyet modülünün azalmasına sebep olmuştur (Şekil 6) (Nemli et al. 2009). Bu nedenle hazırlanan kompozitlerde fındıkkağı miktarının çok yüksek tutulmaması gerektiği, yaklaşık %15 civarındaki miktarın mekanik özelliklerde standart değerleri karşıladığı görülmektedir. Üretilen levha kalınlığına bağlı olarak ilgili Türk Standartları gereği eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü sırasıyla $\geq 23 \text{ N/mm}^2$ ve $\geq 2500 \text{ N/mm}^2$ olması gerekmektedir. Bununla birlikte lignin tamamen amorf ve hidrofobik bir

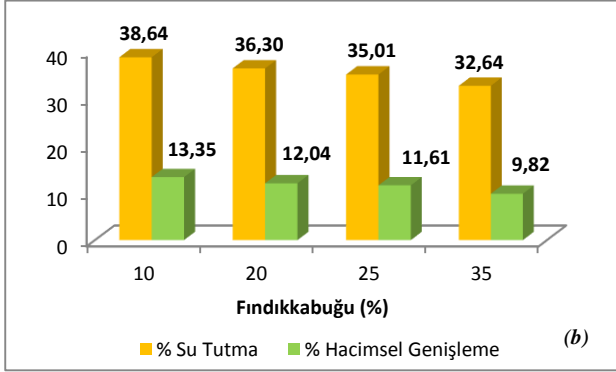
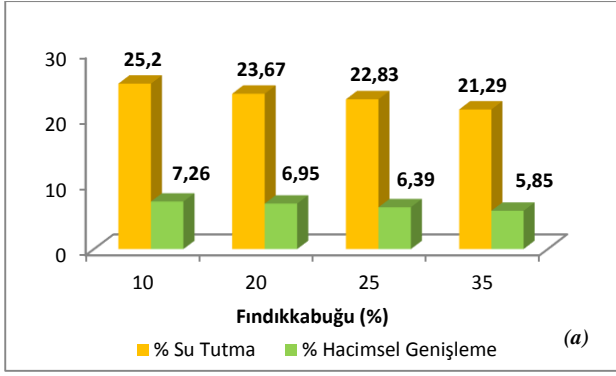
yapıdır. Bu nedenle hazırlanan kompozit levhalarda fındıkkağı miktarı arttıkça su tutma özelliği azalmıştır (Şekil 7) (Pirayesh et al. 2012; Khanjanzadeh et al. 2014; Pirayesh and Khazaeian 2012).



Şekil 6. Fındıkkağı katkısının kompozit levhaların eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü üzerine etkisi a) Bağlayıcı: Melamin-Üre Formaldehit, b) Bağlayıcı: Fenol Formaldehit

Tablo 2. Hazırlanan ahşap kompozit levhalara ait fiziksel ve mekanik özellikler

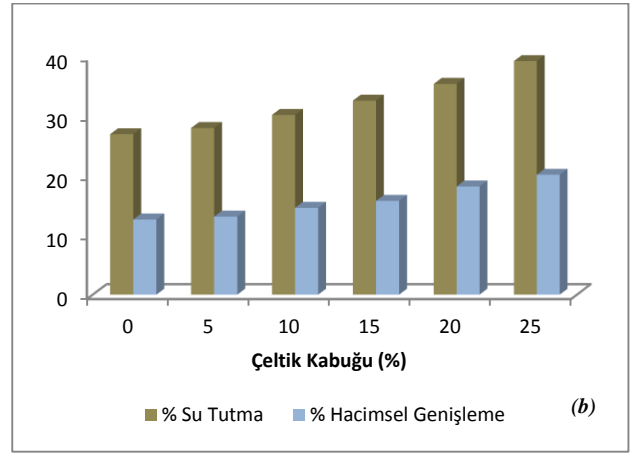
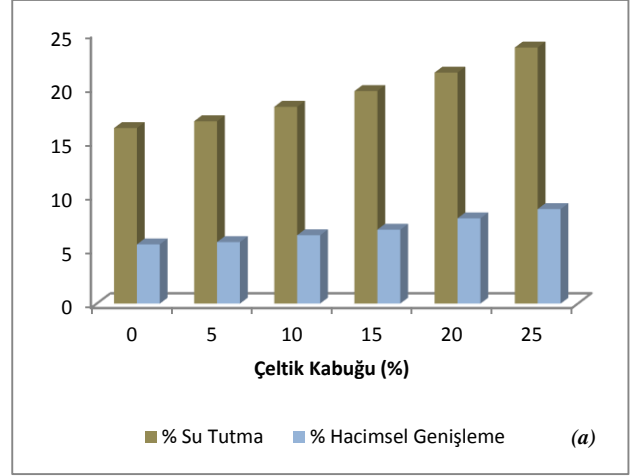
Set No	Reçine Türü	Numune No	% Su Tutma	% Hacimsel Genişleme	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Set 1	Melamin-Üre Formaldehit	1	23,67	8,76	18,85	1921,30
		2	21,36	7,90	20,42	2326,33
		3	19,66	6,85	21,62	2567,88
		4	18,21	6,34	22,88	2762,77
		5	16,88	5,70	24,14	3073,10
		6	16,25	5,49	25,20	3380,17
		7	18,51	6,27	19,84	1945,58
		8	20,11	6,79	21,60	2136,46
		9	21,32	7,27	22,42	2216,92
		10	22,14	7,59	23,97	2466,23
		11	25,2	7,26	25,95	2635,61
		12	23,67	6,95	23,62	2398,41
		13	22,83	6,39	21,37	2170,05
		14	21,29	5,85	20,04	2065,71
Set 2	Fenol Formaldehit	15	39,3	20,15	20,29	2346,22
		16	35,46	18,18	21,98	2841,40
		17	32,64	15,76	23,27	3136,35
		18	30,23	14,59	24,63	3374,35
		19	28,02	13,12	25,98	3753,02
		20	26,98	12,63	27,13	4128,82
		21	31,93	15,72	20,63	2272,63
		22	34,58	17,03	22,46	2496,13
		23	36,43	18,15	23,31	2590,46
		24	38,2	19,03	24,92	2881,61
		25	38,64	13,35	29,04	2817,34
		26	36,30	12,04	25,84	2523,58
		27	35,01	11,61	24,24	2461,38
		28	32,64	9,82	21,29	2346,22



Şekil 7. Fındıkkabuğu katkısının kompozit levhalarda su tutma ve hacimsel genişleme miktarı üzerine etkisi a) Bağlayıcı: Melamin-Üre Formaldehit, b) Bağlayıcı: Fenol Formaldehit

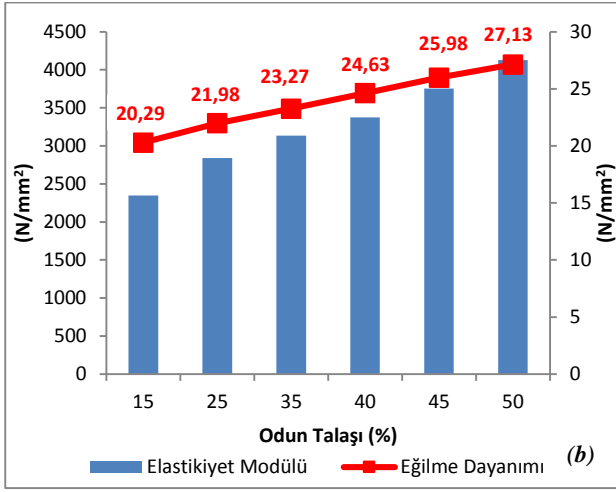
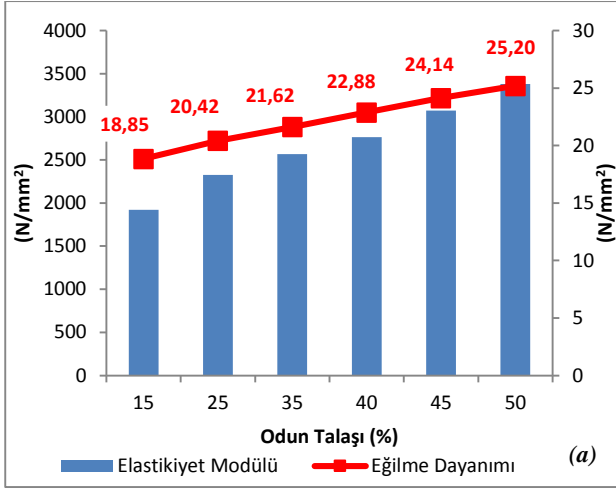
Ancak su tutma miktarı sadece lignin ile değil selüloz içeriği ile de önemli değişimler göstermektedir. Özellikle selüloz ve hemiselülozun yapısındaki serbest hidroksil gruplarının varlığı su tutma yüzdesini arttırmaktadır. Bu sonuç hazırlanan ilk 6 ahşap kompozit levhada açıkça görülebilmektedir. Bu levhalarda selülozik yapıda olan çeltik kabuğu miktarının artması su tutma ve hacimsel genişleme miktarlarında da önemli artışa sebep olmuştur (Şekil 8). İlgili Türk Standartları gereği 24 saat suda bekletme sonunda fiziksel özelliklerden su tutma miktarının maksimum %40 ve hacimsel genişleme yüzdesinin ise ≤ 15 olması gerektiği bilinmektedir. Bu kapsamda numuneler incelendiğinde birkaçı hariç genelinde fiziksel özelliklerde standart değerleri karşıladığı söylenebilir. Ancak çeltik kabuğu gibi oldukça hafif malzemelerin karışım içerisinde yüksek miktarda olması sadece levhalarda su direncini azaltmamakta bununla birlikte dayanım üzerinde de olumsuz etkileri olmaktadır. Bu çerçevede deneysel sonuçlar incelendiğinde ortalama %10'luk çeltik

kabuğu ilavesinin çoğunlukla kabul edilebilir sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Çeltik kabuğu katkısının kompozit levhalarda su tutma ve hacimsel genişleme miktarı üzerine etkisi a) Bağlayıcı: Melamin-Üre Formaldehit, b) Bağlayıcı: Fenol Formaldehit

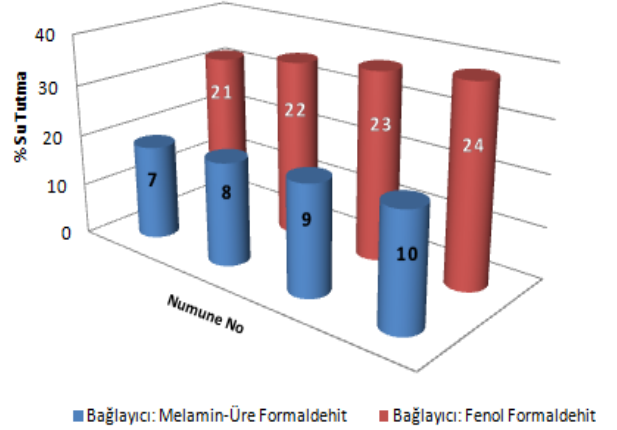
Çalışmalarda kullanılan bir diğer katkı maddesi ise odun talaşı olup, bu malzemenin özellikle mekanik özelliklerde iyileşmelere sebep olduğu söylenebilir. Artan odun talaşı ile kompozitlerin gerek dayanıklılığı gerekse elastikiyeti artmıştır (Şekil 9). Elastikiyet modülü, malzemenin rijitlik (esnemezlik) özelliğinin bir ölçüsüdür. Dolayısıyla yüksek elastikiyet modülüne sahip rijit malzeme, elastik yüklemeye altında boyut ve şeklini korur. Deneysel sonuçlar hazırlanan levhalarda gerekli standardın sağlanabilmesi için minimum odun talaşı miktarının %25-30 civarında olması gerektiğini göstermektedir.



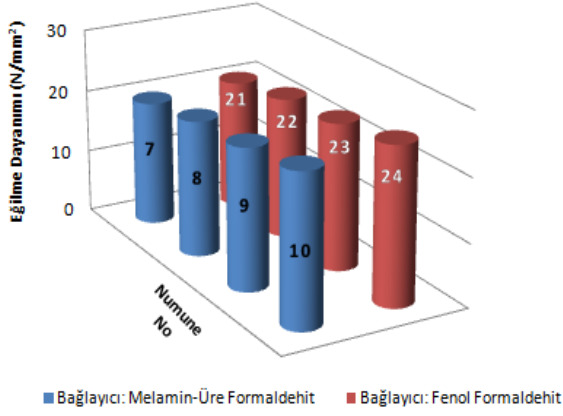
Şekil 9. Odun talaşı katkısının kompozit levhaların eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü üzerine etkisi a) Bağlayıcı: Melamin-Üre Formaldehit, b) Bağlayıcı: Fenol Formaldehit

Hazırlanan levha örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine reçine türünün etkisini belirleyebilmek için çalışmalarda iki farklı tutkal kullanılmıştır. Literatürde üre formaldehit reçinesi kullanılarak üretilen kontrplak ve lif levhaların suya karşı dayanıklılığını arttırmak için tutkal çözeltisine doğrudan %10-11 oranında melamin ilave edilmesinin önemli fayda sağladığı belirtilmektedir (Demirkır et al. 2005; Cremonini et al. 1997; Cremonini and Pizzi 1999). Dolayısıyla melamin-üre formaldehit reçinesi ile üretilen ürünlerin nemli ve dış ortamlarda kullanımı çok daha uygun olabilmektedir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde melamin-üre formaldehit reçinesi kullanılarak hazırlanan kompozit levhalarda suya karşı direncin daha yüksek olduğu ve fenol formaldehit ile

hazırlanan levhalarla kıyaslandığında daha az su tuttuğu ve dolayısıyla daha düşük hacimsel genişleme değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 10). Bu sonuç literatür ile uyumlu olup, bu üstünlüğün melamin-üre formaldehit tutkalının yapısındaki üre bileşeninden kaynaklandığı söylenebilir. Ancak melamin-üre formaldehit ile üretilen levhaların yapışma direncinin ve dolayısıyla dayanıklılığının fenol formaldehit reçinesiyle üretilenler kadar iyi olmadığı bilinen bir gerçektir (Demirkır et al. 2005; Pizzi 1983). Bu çerçevede hazırlanan levhaların eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde, fenol formaldehit reçinesi ile üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 11). Özellikle eğilme direnci, levhaların kullanım yerinde taşıyacağı ve maruz kalacağı yükün miktarını hesaplamada kullanılan en önemli mekanik özelliktir. Eğilme direncinin düşmesi atomlar arasındaki bağ kuvvetinin ve dolayısıyla elastisite modülünün de azalmasına neden olmaktadır (Gürü et al. 2008; Chang and Hung 2003). Bu nedenle deneysel sonuçlar göz önüne alınarak, kullanım yeri ve amacına uygun levha örneğinin seçilmesi daha doğru olacaktır.



Şekil 10. Reçine türünün su tutma miktarına etkisi



Şekil 11. Reçine türünün mekanik dayanıma etkisi

4. Sonuç

Bu çalışmada çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlamalarının yanı sıra bir takım fiziksel özelliklerde iyileşmelere de sebep olduğu bilinen tarımsal atıkların ahşap esaslı kompozit levha üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış ve üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine kullanılan reçine türünün etkisi incelenmiştir. Çalışmalarda kullanılan ahşap kökenli katkı malzemelerinin türü ve miktarı, üretim aşamasındaki koşullar (uygulanan basınç ve sıcaklık) ve yapıştırma amaçlı kullanılan tutkal türü gibi faktörler, üretilen ahşap kompozit levhaların özelliklerini, mekanik dayanımını, nerede hangi amaçla kullanılacağını etkileyen temel parametreler olmuştur. Bu levhaların geri dönüşümlü, ekolojik malzemelerden üretilmiş olması, işleme ve taşıma kolaylığı ve üretim maliyetleri dikkate alınacak olursa ve hazırlanan deney numunelerinden birkaç tanesi hariç çoğunluğunun standart özellikleri sağladığı göz önüne alınırsa levhaların aşırı yük taşımayacak yerlerde ve ıslak mekânlarda kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir. Yeterli direnç özelliklerine sahip olmaları ve çevreye zararlı olmamaları gibi nedenlerin yanı sıra ülkemizde atık potansiyeli yüksek olan bu malzemelerin değerlendirilmesi ve orman endüstrisi için alternatif hammadde olabilmeleri gerek ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynayacak gerekse katı atık tehlikesinin önüne geçecektir.

Teşekkür

Bu çalışmamı destekleyen Hitit Üniversitesi'ne ve Akça Kontrplak Sanayi Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Acar, H., Salan, T., Altuntaş, E. and Alma, M.H., 2014. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve atık pirinç saplarından üretilen kompozitlerin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta-Türkiye, 22-24 Ekim, 808-818.
- Alma, H.A., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ. and Tutuş, A., 2005. Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products*, **22**, 141–149.
- Aydın, İ., Demirkır, C., Çolak, S. and Çolakoğlu, G., 2010. Çeşitli ağaç kabuğu unlarının kontrplaklarda dolgu maddesi olarak değerlendirilmesi. *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Artvin-Türkiye, 20-22 Mayıs, **Cilt:V**, 1825-1833.
- Belgacem, M.N. and Pizzi, A., 2016. Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook: Renewable Materials for Today's Environment. John Wiley & Sons, ISBN: 978-1-118-77352-9, 389-393.
- Büyükarıcı, F., Yıldırım, F. and Duran, B., 2010. Meyve çekirdek kabuklarının polimer ahşap kompozit malzeme olarak değerlendirilmesi. *TÜBİTAK-BİDEB Kimya Lisans Öğrencileri Araştırma Projesi Eğitimi Çalıştayı*, Kepez/Çanakkale-Türkiye, 1-24.
- Chang, C.P. and Hung, S.C., 2003. Manufacture of flame retardant foaming board from waste papers reinforced with phenol-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*, **86(2)**, 201-202.
- Cremonini, C. and Pizzi, A., 1999. Field weathering of plywood panels bonded with UF adhesives and low proportions of melamine salts. *Holz als Roh- und Werkstoff*, **57**, 318.
- Cremonini, C., Pizzi, A. and Toro, C., 1997. Improved waterproofing of UF plywood adhesives by melamine salts as glue mix hardeners: System performance optimization. *Holzforchung und Holzverwertung*, **49**, 11-15.
- Çöpür, Y., Güler, C., Taşcıoğlu, C. and Tozluoğlu, A., 2008. Incorporation of hazelnut shell and husk in

- MDF production. *Bioresource Technology*, **99**, 7402-7406.
- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Aydın, İ. and Çolak, S., 2005. Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) ile üretilmiş okume kontrplakların bazı özelliklerine orta tabakada kullanılan ağaç türünün etkisi. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, **6(1-2)**, 94-101.
- Efe, H. and Kasal, A., 2007. Çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, **10(3)**, 303-311.
- Göker, Y., 1976. Kontrplak, kontrtabla ve yonga levhaları sanayiinde kullanılan tutkallar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **Cilt:XXVI, Sayı:1**, 89-99.
- Güler, C., Özen, R., 2004. Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium Hirsutum L.*). *Holz als Roh-und Werkstoff*, **62**, 40-43.
- Gürü, M., Atar, M. and Yıldırım, R., 2008. Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements. *Materials&Design*, **29(1)**, 284-287.
- İstek, A., 2006. Sert lif levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine sıcaklık ve basıncın etkisi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **Cilt:8, Sayı:10**, 29-35.
- Khanjanzadeh, H., Pirayesh, H. and Sepahvand, S., 2014. Influence of walnut shell as filler on mechanical and physical properties of MDF improved by nano-SiO₂. *J. Indian Acad. Wood Sci.*, **11(1)**, 15-20.
- Mantanis, G., Nakos, P., Berns, J., Rigal, L., 2000. Turning agricultural straw residues into value-added composite products: A new environmentally friendly technology. *Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Pollution*, Aristotelian University, Thessaloniki, Greece, August 28-31, 840-848.
- Nemli, G., Demirel, S., Gümüşkaya, E., Aslan, M. and Acar, C., 2009. Feasibility of incorporating waste grass clippings (*Lolium perenne L.*) in particleboard composites. *Waste Manag.*, **29(3)**, 1129-1131.
- Pirayesh, H., Khazaeian, A., 2012. Using almond (*Prunus amygdalus L.*) shell as a bio-waste resource in wood based composite. *Composites Part B: Engineering*, **43(3)**, 1475-1479.
- Pirayesh, H., Khazaeian, A. and Tabarsa, T., 2012. The potential for using walnut (*Juglans Regia L.*) shell as a raw material for wood-based particleboard manufacturing. *Composites Part B: Engineering*, **43(8)**, 3276-3280.
- Pizzy, A., 1983. Wood Adhesives; Chemistry and Technology. Vol. 1, Marcel Dekker, New York, 30-50.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığa şişme tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.