



## Investigation of mechanical and physical properties of glass fiber reinforced fiber plates (MDF) produced from agricultural wastes

Nihan Kaya\*

Department of Chemical Engineering, Hitit University, Çorum, 19030, Turkey

### Highlights:

- Use of annual agricultural residues such as walnut shell and sunflower stalks in particleboard manufacturing
- Effect of glass fiber on physical and mechanical properties
- Environmental and socio-economic advantages

### Keywords:

- Walnut shell
- Sunflower stalk
- Glass fiber
- Medium density fiberboard (MDF)
- Physical and mechanical properties

### Graphical/Tabular Abstract

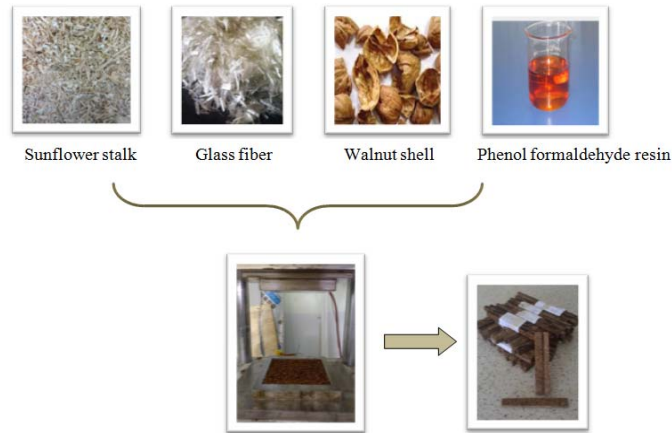


Figure A. Preparation of fiber plates using agricultural wastes and glass fibers

**Purpose:** In this study, the usability of various agricultural wastes in our country as a new fiber source in the production of composite materials is discussed. The physical and mechanical properties of the fiber sheets produced by using the mixture of walnut shells and sunflower stalks with glass fiber added at different ratios were investigated and it was aimed to evaluate the agricultural wastes economically in production.

### Article Info:

Received: 03.01.2017

Accepted: 24.01.2018

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416392

### Acknowledgement:

I would like to thank Hitit University and Akça Kontrplak Sanayi Tic. A.Ş. for their support.

### Correspondence:

Author: Nihan Kaya  
e-mail:  
nihankaya@hitit.edu.tr  
phone:  
+903642274533/1270

### Theory and Methods:

Sunflower stalks and walnut shell which were supplied domestically and subjected to drying, size reduction and sieve analysis were mixed with glass fiber at different ratios. Phenol formaldehyde resin was added to these homogeneous mixtures at different ratios and the mixtures were pressed by hydraulic press at 160 °C and 100 bar pressure for 15 minutes. The temperature, pressure and time values used in the pressing process are the optimal values determined by the previous experiments. Physical (Thickness Swelling % and Water Absorption %) and mechanical properties (Bending Strength, Elasticity Modulus, Shearing Force, Hardness and Compression Strength) of the prepared composite sheets were determined using the relevant TS EN standards. In addition, topographic images of the sample surface was obtained with a scanning electron microscope in order to be able to visualize the microstructure in the prepared composite sheets.

### Results:

It has been observed that the physical and mechanical properties of the fiberboard can vary depending on the type and amount of woody cellulosic raw materials used in the production of fiberboard, the ratio of resin, the homogeneity of mixing of resin and raw material and the pressing conditions.

### Conclusion:

As a result, most fiber plates produced in this study show the desired values in the standards. For this reason, it is possible that these agricultural wastes which are abundant in our country can be evaluated as an alternative raw material in the production of MDF. And also because of the improvement of the mechanical strength of plates produced with glass fiber, it has been demonstrated that it is possible to evaluate the production of agricultural wastes doped with glass fiber economically.



## Cam elyaf ile katkılanmış tarımsal atıklar kullanılarak üretilen lif levhaların (MDF) mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi

Nihan Kaya\*

Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum, 19030, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Ceviz kabuğu ve ayçiçeği sapı gibi yıllık tarımsal kalıntıların yonga levha imalatında kullanımı
- Cam elyafın fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi
- Çevresel ve sosyo-ekonomik avantajlar

### Makale Bilgileri

Geliş: 03.01.2017  
Kabul: 24.01.2018

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416392

### Anahtar Kelimeler:

Ceviz kabuğu,  
ayçiçeği sapı,  
cam elyaf,  
orta yoğunlukta lifli levha  
fiziksel ve mekanik  
özellikler

### ÖZET

Orman ve orman ürünleri, ülkelerin ekonomik kalkınmalarında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle mobilya sektörü malzeme ve ürün çeşitliliğinin yüksek olması sebebiyle ihracatını sürekli arttıran, yeniliklere açık bir sektördür. Ancak ormanlar gibi doğal kaynakların, tüketiminden sonra telafisi uzun zaman gerektirmektedir. Dolayısıyla bu kaynakların kullanımı ve ekonomiye kazandırılması en verimli şekilde olmalıdır. Bu kapsamda mobilya sektörünün ana hammaddesi olan masif ağaç malzemeler yerine ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanılması daha uygun olacaktır. Bu çalışmada, ülkemizde yıllık üretim miktarı oldukça yüksek olan ceviz kabuğu ve ayçiçeği sapı gibi tarımsal atıkların, orta yoğunlukta lif levhaların (MDF) üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bağlayıcı olarak fenol formaldehit reçinesi kullanılan çalışmada, farklı oranlarda cam elyaf ile katkılanmış lif levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, lif levha üretiminde kullanılan selülozik yapıda odunsu hammadde türü ve miktarı ile reçine oranına bağlı olarak levhalarda fiziksel (% hacimsel genişleme ve % su tutma) ve mekanik (eğilme dayanımı, basma dayanımı, elastisite modülü, sertlik ve kesme kuvveti) özelliklerin değişkenlik gösterdiğini ancak üretilen çoğu levhada standartlarda istenilen değerlerin sağlandığını göstermiştir. Cam elyafın üretilen lif levhalarda mekanik dayanımı geliştirmesi ise cam elyaf ile katkılanmış tarımsal atıkların ekonomik açıdan üretimde değerlendirilmesinin mümkün olabileceğini ortaya koymuştur.

## Investigation of mechanical and physical properties of glass fiber reinforced fiber plates (MDF) produced from agricultural wastes

### H I G H L I G H T S

- Use of annual agricultural residues such as walnut shell and sunflower stalks in particleboard manufacturing
- Effect of glass fiber on physical and mechanical properties
- Environmental and socio-economic advantages

### Article Info

Received: 03.01.2017  
Accepted: 24.01.2018

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416392

### Keywords:

Walnut shell,  
sunflower stalk,  
glass fiber,  
medium density fiberboard  
physical and mechanical  
properties

### ABSTRACT

Forestry and forestry products play an important role in the economic development of countries. Especially the furniture sector is an open sector with innovations that continuously increase exports because of the high variety of materials and products. However, the recovery of natural resources such as forests requires long time after consumption. Therefore, the use of these resources and earning the resources economically should be the most productive. In this context, it would be more appropriate to use wood based composite materials instead of massive wood materials, which is the main raw material of furniture sector. In this study, the use of agricultural wastes such as walnut shells and sunflower stalks as a filler material in the production of medium density fiberboards (MDF) has been investigated. The annual production of these wastes in our country is quite high. In this work using phenol formaldehyde resin as binder, the changes in mechanical and physical properties of fiber plates doped with glass fiber at different ratios were investigated. Experimental results show that physical (thickness swelling % and water absorption %) and mechanical (bending strength, compressive strength, modulus of elasticity, hardness and shearing force) properties of the plates are variable depending on the amount and type of woody raw material in the cellulosic structure and also amount of resin used in fiberboard production. However, most fiber plates produced in this study show the desired values in the standards. Because of the improvement of the mechanical strength of plates produced with glass fiber, it has been demonstrated that it is possible to evaluate the production of agricultural wastes doped with glass fiber economically.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: nihankaya@hitit.edu.tr / Tel: +90 364 227 4533 / 1270

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mobilya, günlük yaşamın her alanında sosyal ve kültürel farklı ihtiyaçlarımızı karşılamak için yaygın olarak kullanılan ve bireylerin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen, ahşap malzemelerden (genelde ağaç) üretilmiş ürünlerdir. Gerek nüfus artışı ve yükselen hayat standardı gerekse sektörün ihracat değerinin artması her geçen gün bu ürünlere olan talebi de artırmaktadır. Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri İhracatçı Birlikleri Sektör raporuna göre, katma değeri yüksek nadir sektörler arasında yer alan mobilya sektöründe, yıllık 15 milyon m<sup>3</sup> endüstriyel oduna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu miktarın 9 milyon m<sup>3</sup>'ü iç piyasadan, geriye kalan bölümü ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'de ileri teknoloji ile yonga levha/sunta ve lif levha (MDF) üretimi yapılırken, üretim için gerekli hammadde tedarikinde, gerek hammaddenin ciddi oranlarda dış pazardan temin ediliyor olması nedeniyle gerekse döviz kurlarındaki dalgalanma nedeniyle sorunlar yaşanmakta olup bu durum üretimi etkilemekte, kapasite oranlarını düşürmekte ve fiyatlandırmalara etki etmektedir. Bununla birlikte ülkemizde mobilya sanayinin ihtiyaç duyduğu hammadde kaynaklarının yetersiz oluşu ve orman kaynaklarının önemli bir bölümünün doğrudan yakacak olarak kullanılması ya da yanlış kesim ve depolama sonucu endüstriyel odun kalitesinin düşmesi nedeniyle mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır [1].

Yıllardır ülkemizde mobilya sektörünün ana maddesini masif ağaç malzemeler oluşturmaktaydı. Ancak, son yıllarda gelişen teknoloji, mobilya sektöründe farklı ana hammaddelerin kullanılmasına da imkân vermiştir. Masif malzemeye alternatif olarak üretilen ahşap esaslı kompozit malzemeler, hem ekonomiklik hem de çeşitli teknik üstünlüklerinden dolayı mobilya üretiminde tercih edilmektedir. Odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen bu kompozitler, dünyada en fazla kullanım alanına sahip malzemeler arasında yer almakta olup; kontrplak, yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ve MDF gibi malzemelerin üretilmesinde kullanılabilmektedir [2, 3]. Yonga levha, odun veya odunlaşmış bitkilerin yongalarının, yapay reçine tutkalları ile karıştırılması, yüksek sıcaklık ve basınçta biçimlendirilmesi ile elde edilen malzemeye verilen isimdir. Türkiye'de bu ürünü ilk üreten markanın adı ile anılması sonucunda ismi sunta olarak da bilinmektedir. MDF (Medium Density Fiberboard, orta yoğunlukta lifli levha) yapay olarak sonradan mühendislik çalışmasıyla üretilmiş bir kompozit ahşap malzemedir. MDF, termomekanik olarak odun veya diğer selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür. Kontrplak ise ağaç tabakalarından oluşan bir panel olup; çok iyi mekanik dayanıma sahip olmasına karşın oldukça hafif bir malzemedir. Yoğun olarak inşaat sektöründe kullanılan

bir orman ürünü olan kontrplak, suya dayanıklılığı ve yüksek mukavemeti sebebiyle bu sektör için önemlidir [4]. Kullanım oranı her geçen yıl hızla artan kompozit malzemeler, geleneksel malzemelere göre hafiflik, düşük maliyet ve üstün mekanik, termal, kimyasal, fiziksel ve elektriksel özellikleri sebebiyle tercih edilmektedir [5]. Yüksek performanslı bir kompozit malzeme üretebilmek için kompoziti oluşturan farklı malzemeler arasında yüksek kaliteli ve dayanıklı bir bağ geliştirilmelidir. Bu amaçla kullanılan bağlayıcılar (tutkallar) malzemede yapısal entegrasyonun sağlanmasında önemli rol oynarlar [6-8]. Bu kapsamda ahşap esaslı levha endüstrisi ve mobilya endüstrisinde özellikle lif levha, yonga levha ve kontrplak üretiminde kullanım kolaylığı ve fiyatlarının uygun olması nedeniyle en çok tercih edilen bağlayıcılar reaksiyon yeteneği yüksek formaldehit ve türevleridir. Formaldehitin; üre, melamin, fenol ve rezorsinden biri veya bir kaçı ile kimyasal reaksiyonundan çeşitli tutkallar elde edilebilmektedir. Bu tutkallardan biri olan fenol formaldehit bağlayıcısı alkali (bazik) yapıda olup bağlayıcı özelliği oldukça kuvvetlidir [9].

Ahşap esaslı kompozit malzemelerde kullanılabilecek hammaddelerin lif yapısı ve kimyasının, kompozit malzeme üretimi esnasında işlenmesi ve de üretilen levhanın özellikleri üzerinde çok önemli etkisi olduğu bilinen bir gerçektir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde potansiyel olarak fazlaca mevcut olan tarımsal lifler/yıllık bitkiler hammadde kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir. Çevreci avantajlarının yanı sıra bir takım fiziksel özelliklerde iyileşmelere de sebep olduğu bilinen bu tarımsal atıkların ahşap esaslı kompozit malzemelerde mükemmel bir dolgu özelliği gösterdiği yapılan çalışmalardan görülmektedir [10-12]. Bu malzemeler, ucuz, kolay işlenebilir, bol miktarda bulunabilir ve yenilenebilir olmaları sebebiyle ahşap malzemelere alternatif mükemmel malzemelerdir. Bu tarımsal atıkların kullanılması gerek orman ürünleri endüstrisinde hammadde yetersizliğine bir çözüm olabilmekte ve milli ekonomiye katkı sağlamakta gerekse bu atıkların yakılarak bertaraf edilmesi sonucu oluşan çevresel problemlerin azalmasına vesile olmaktadır.

Bu kapsamda mevcut mühendislik malzemelerine alternatif olan ahşap kompozit malzemeler alanındaki çalışmalarda son yıllarda ivmelenme görülmektedir. Çünkü üretilen ahşap kompozitlerin kullanım alanlarına göre bazı mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması, dış etkilere ve atmosferik koşullara dayanıklı olması gerekmektedir. Gürü [13] 2001 yılında yaptığı bir çalışmada, zeytinyağı üretiminin kaçınılmaz atığı olan ve çevresel kirlilik yaratan pirina (zeytin çekirdekleri) ile yine çevresel sorunları beraberinde getiren kömür uçucu külünü kullanarak, bu atıkların çevre dostu endüstriyel yapı malzemeleri üretiminde değerlendirilmesini amaçlamıştır. Bağlayıcı olarak fenol formaldehit reçinesinin kullanıldığı çalışmada suya dayanıklı, sağlam ve işlenebilirliği kolay ahşap yapı malzemeleri üretilmiştir. Çöpür vd. [14], ülkemizde bol miktarda açığa çıkan tarımsal atıklardan biri olan

findikkabuğunun MDF üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında, farklı oranlarda findikkabuğu içeren levha örneklerinde elastisite modülü ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerdeki değişimi belirlemişlerdir. Bu parametreler için ilgili standartlardaki değerler göz önüne alınarak, MDF üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilen findikkabuğu miktarı için limit bir değer önermişlerdir. Khanjanzadeh vd. [11], nano-SiO<sub>2</sub> ile modifiye ettikleri üre formaldehit reçinesini bağlayıcı olarak kullandıkları çalışmalarında, farklı miktarlarda ceviz kabuğu ihtiva eden ahşap levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini kıyaslamışlardır. Tarımsal bir atık olan ceviz kabuğunun MDF üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilmesini önerdikleri çalışmalarında, EN standartları gereği optimum ceviz kabuğu miktarını belirlemeye çalışmışlardır. Bununla birlikte literatürde; bazı meyve çekirdeklerinin kabukları [10], çeltik kabuğu [15] ve pamuk sapları [16] gibi pek çok farklı hammaddenin ahşap kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanıldığı çalışmalar mevcut olmakla birlikte, lif levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla cam elyaf katkılı MDF üretimine rastlanmamıştır.

Bu çalışmada mobilya sektöründe hammadde konusunda ithalata bağımlılığın azaltılması amacıyla ağaç malzemelere alternatif kompozit malzemelerin üretilmesi ve masif ağaç malzemenin bazı özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiş olup bu kapsamda ülkemizdeki çeşitli tarımsal atıkların yeni lif kaynağı olarak kompozit malzeme üretiminde kullanılabilirliği ele alınmıştır. Farklı oranlarda cam elyaf ile katkılanmış ceviz kabuğu ve ayçiçeği sapı karışımlarının kullanılması ile üretilen lif levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmış, tarımsal atıkların ekonomik açıdan üretimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. DENEYSEL METOD (EXPERIMENTAL METHOD)

### 2.1. Kullanılan Malzemeler (Used Materials)

Ceviz kabuğu selülozik yapıda olması nedeniyle ahşap kompozitlerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Göreceli sert olması ve karakteristik bir renge sahip olması ve aynı zamanda ülkemizde bol miktarda bulunması nedeniyle bu

çalışmada Çorum ilinden temin edilen atık haldeki ceviz kabuğu öğütülerek kullanılmıştır. Ayçiçeği ise lignoselülozik bir yapıya sahiptir ve ülkemizde gıda ve bitkisel yağ sektörü başta olmak üzere pek çok endüstride hammadde ya da lif kaynağı olarak kullanılmaktadır. Tarımsal atıklardan biri olan ayçiçeği sapları ise yine Çorum ilinden temin edilmiş olup çalışmada öğütülerek kullanılmıştır. Cam elyaf ise çok ince cam telciklerinden üretilen bir maddedir. Yüksek mukavemet değerleri nedeniyle diğer malzemelerle karıştırılarak kompozit malzeme üretiminde kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada ticari olarak temin edilmiş olan kırılmış cam elyaf (6 mm) ipliklerine ayrılarak kullanılmıştır (Şekil 1).

Fenol formaldehit sentetik reçineleri, endüstride kullanılan ilk sentetik reçinelerdir. Bağlayıcı özelliği kuvvetlidir ve suya karşı oldukça dayanıklıdır. Ahşap kompozitlerde bağlayıcı olarak kullanılan bu tutkal, formaldehit ve fenolün sıcaklık etkisi ve alkali bir katalizör yardımıyla reaksiyona girmesi sonucunda (Şekil 2) elde edilmektedir [17]. Fenolik reçineler üre reçinelerinden daha yavaş olarak ve daha yüksek pres sıcaklığında sertleşirler. Saf halde veya bir sertleştirici katılmak suretiyle kullanılırlar. Çalışmalarda kullanılan fenol formaldehit reçine, Çorum Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Akça Kontrplak Sanayi Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir.

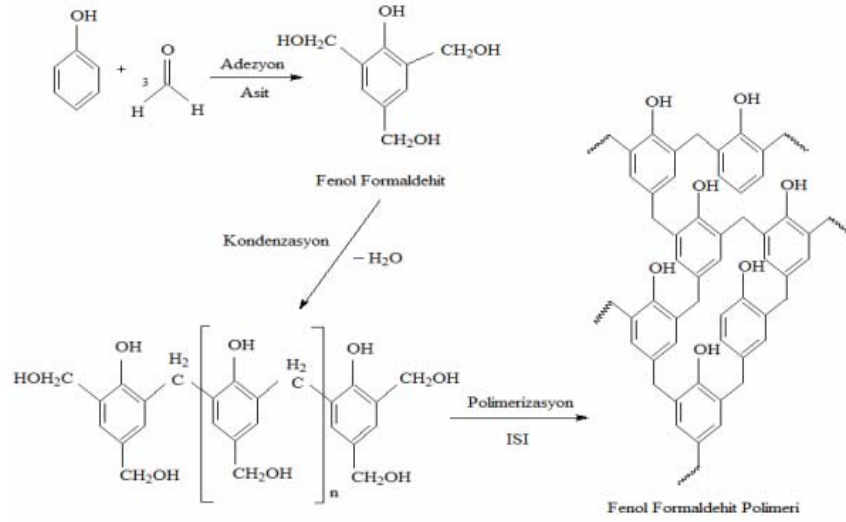
### 2.2. Kompozit Malzemelerin Üretimi

#### (Production of Composite Materials)

Yurt içinden temin edilen ve çalışmalarda kullanılan ayçiçeği sapı ve ceviz kabuğu, boyut küçültme işlemi öncesinde 25-30 °C sıcaklıkta 20 gün boyunca doğal olarak kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra öğütme işlemine tabi tutulan malzemeler, belirli tane büyüklüğüne ufaltılmıştır. Son aşamada 1-4 mm boyut aralığını korumak için elenmiştir. Elek analizine tabi tutulan bu tarımsal atıklar cam elyaf ile Tablo 1'de belirtilen oranlarda homojen olarak karıştırılmıştır. Bu homojen karışımlara bağlayıcı olarak farklı oranlarda fenol formaldehit reçine ilave edilmiş olup karışımlar hidrolik pres (Şekil 3) ile 160 °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.



Şekil 1. Ahşap esaslı kompozit üretiminde kullanılan malzemeler (Materials used in the production of wood based composites)



**Şekil 2.** Fenol formaldehit reçinesinin üretim reaksiyonları [17] (Production reactions of phenol formaldehyde resin)

**Tablo 1.** Hazırlanan ahşap kompozit levhalarda karışım oranları (Mixing ratios in prepared wood composite plates)

Deney Serisi	Numune No	Ceviz Kabuğu (%)	Ayçiçeği Sapı (%)	Cam Elyaf (%)	Fenol Formaldehit (%)
Seri 1	1	65	5	0	30
	2	60	5	5	30
	3	55	5	10	30
	4	50	5	15	30
	5	45	5	20	30
	6	50	0	20	30
	7	47	3	20	30
	8	45	5	20	30
	9	43	7	20	30
	10	40	10	20	30
Seri 2	11	89	0	3	8
	12	86	3	3	8
	13	84	5	3	8
	14	82	7	3	8
	15	79	10	3	8
	16	87	0	5	8
	17	84	3	5	8
	18	82	5	5	8
	19	80	7	5	8
	20	77	10	5	8
	21	85	0	7	8
	22	82	3	7	8
	23	80	5	7	8
	24	78	7	7	8
	25	75	10	7	8



Şekil 3. Hidrolik pres cihazı ve hazırlanan lif levha örneği (Hydraulic press and prepared fiber plate example)

Hazırlanan kompozit levhaların fiziksel (% hacimsel genişleme ve % su tutma) ve mekanik özellikleri (eğilme dayanımı, basma dayanımı, eğilmede elastisite modülü, sertlik ve kesme kuvveti) ilgili TS EN standartları (TS EN 317, TS EN 310, TS 3969 EN 314-1, TS 2479 ve TS 2595) kullanılarak belirlenmiştir.

### 2.3. % Su Tutma Miktarının Belirlenmesi (Determination of Water Absorption %)

Her deney numunesinden üçer adet olmak üzere, TS EN 317'de [18] 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 hassasiyetli terazi ile alındıktan sonra pH değeri  $7 \pm 1$  ve sıcaklığı  $20 \pm 1$  °C olan su içerisine daldırılarak 24 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan örneklerin son tartımı alınarak, % su tutma miktarları Eş. 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Her levha örneği için kullanılan üç adet deney numunesine ait sonuçların aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar verilmiştir.

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

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

### 2.4. % Hacimsel Genişleme Miktarının Belirlenmesi (Determination of Thickness Swelling %)

TS EN 317'de [18] belirtilen esaslara uyularak, % su tutma miktarının belirlenmesi amacıyla hazırlanan deney numuneleri ile aynı ebatlarda ve her deney numunesinden üçer adet olmak üzere örnekler hazırlanmış olup, 105°C' deki etüvde 24 saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Etüvden çıkarılan örneklerin boy, en ve yükseklikleri 0,01 mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçülerek, hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler pH değeri  $7 \pm 1$  ve sıcaklığı  $20 \pm 1$  °C olan su içerisine daldırılarak, 24 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan örneklerin boyutları ilk ölçüm

noktasından tekrar ölçülerek her deney örneği için suya daldırıldıktan sonraki hacim değerleri tekrar hesaplanmıştır. % hacimsel genişleme miktarı ise Eş. 2 yardımıyla belirlenmiş olup hazırlanan her levha örneği için kullanılan üç adet deney numunesine ait sonuçların aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar verilmiştir.

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

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

### 2.5. Eğilme Dayanımı ve Elastisite Modülünün Belirlenmesi (Determination of Bending Strength and Elasticity Modulus)

Üretilen kompozit levhalarda eğilme dayanımı ve elastisite modülünün tayin edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen mekanik testler, bu konuyla ilgili TS EN 310 [19] 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 genişlikleri  $50 \pm 1$  mm, uzunlukları ise 350 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Deneylerde kuvvet, örneğin tam ortasından 2 mm/dk sabit hızla uygulanmış olup 10 kN başlıklı Autograph marka universal test cihazı (Şekil 4) kullanılarak, eğilme dayanımları ve elastisite modülleri belirlenmiştir.

### 2.6. Çekme-Makaslama Dayanımının (Kesme Kuvveti) Belirlenmesi

(Determination of Tensile-Shear Strength (Shearing Force))

Deney örneklerinde yapışma kalitesinin bir göstergesi olan çekme-makaslama dayanımı değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla TS 3969 EN 314-1'de [20] belirtilen esaslara uyulmuştur. Kesme uzunluğu  $25 \pm 5$  mm, kesme eni  $25 \pm 5$  mm, testere keşiğinin eni 2,5-4 mm, kelepçeler arası uzaklık 50 mm olarak ayarlanmıştır. Ön işlem olarak; deney numuneleri  $20 \pm 1$  °C' deki su içinde 24 saat bekletildikten sonra test edilmiştir.

### 2.7. Sertlik Tayini (Determination of Hardness)

Ahşap esaslı levha örneklerinde statik sertliğin tayini TS 2479 standardında yer alan esaslara göre yapılmıştır [21]. 50x50x20 mm boyutlarında hazırlanan örneklerin orta noktasından, 10 mm çapındaki çelik küre ile sabit 50 kgf' luk kuvvet uygulanmıştır. Maksimum kuvvete 15 saniyede ulaşacak şekilde hız ayarlanmış ve bu kuvvet etkisinde deney örnekleri 30 saniye bekletilerek, kürenin numune içerisinde meydana getirdiği çukur çapının  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçülmesiyle, Brinell sertlik değerleri (HB) belirlenmiştir.

### 2.8. Basma Dayanımının Belirlenmesi (Determination of Compression Strength)

Hazırlanan ahşap esaslı levhalarda, levha yüzeyine paralel yönde basınç direnci (basma dayanımı) deneyleri TS 2595'e [22] göre 20x20x30 mm boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılarak, üniversal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Deney hızı, örneklerin cihazda 1,5-2 dakika içerisinde kırılabilir şekilde ayarlanmış olup, kırılma anındaki

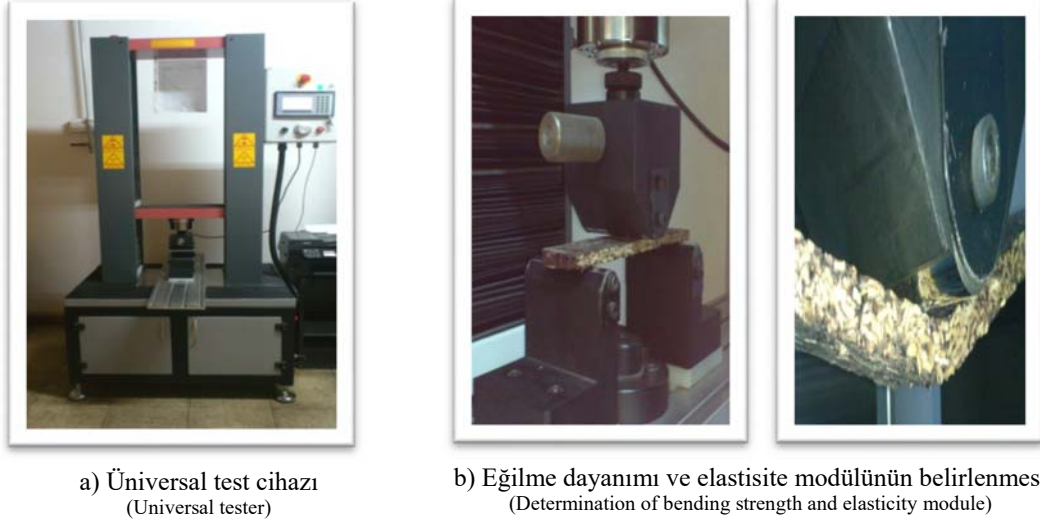
kuvvet ( $F_{max}$ ) ölçülerek, liflere paralel basınç direnci hesaplanmıştır.

### 2.9. Mikro Yapının Belirlenmesi (Determination of Microstructure)

Hazırlanan kompozit levhalarda mikro yapıyı görüntüleyebilmek için Quanta (USA) marka FEI/Quanta 450 FEG model taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmış olup, numune yüzeyinin topografik görüntüsü elde edilmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Masif ahşap malzemelere alternatif olarak yeni bir kompozit malzeme geliştirilmesi amaçlanan bu çalışmada, yapıştırma amaçlı kullanılan tutkal (reçine) miktarı ve katkı maddelerinin oranına göre 25 farklı ahşap esaslı lif levha hazırlanmıştır. Tablo 1'den görüldüğü üzere ilk seride bağlayıcı olarak kullanılan fenol formaldehit oranı yüksek tutularak (ağırlıkça %30), oldukça hafif bir malzeme olan



Şekil 4. Üniversal test cihazı (Universal tester)

Tablo 2. Seri 1'de hazırlanan lif levhalara ait fiziksel ve mekanik özellikler (Physical and mechanical properties of fiber plates prepared in Series 1)

Numune No	% Su Tutma	% Hacimsel Genişleme	Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Kesme Kuvveti (N/mm <sup>2</sup> )	Basma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Brinell Sertlik (HB)
1	20,35	9,69	24,71	2727	1,23	13,95	60,05
2	23,86	9,92	25,29	2798	1,23	14,28	61,47
3	25,04	10,43	26,81	2961	1,24	15,14	65,17
4	27,45	10,80	28,48	3145	1,25	16,08	69,22
5	28,96	11,30	29,32	3236	1,25	16,56	71,28
6	27,35	9,72	30,69	3387	1,24	17,33	74,60
7	27,93	10,53	29,83	3292	1,25	16,84	72,49
8	28,96	11,30	29,32	3236	1,25	16,56	71,28
9	29,83	12,89	28,93	3193	1,26	16,34	70,34
10	31,48	13,10	27,75	3065	1,26	15,67	67,45

ayçiçeği sapı ve bu malzemeye kıyasla oldukça mukavemetli olan cam elyaf dolgu maddesi olarak kullanılmış ve miktarca sabit tutulan bu dolgu maddeleri ile farklı oranlarda karıştırılarak hazırlanmış ahşap kompozit levhalarda ceviz kabuğu miktarının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen eğilme dayanımı deneylerinde elde edilen yük-yer değiştirme (uzama) eğrileri yardımıyla elde edilen deneysel sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2’den görüldüğü üzere, selülozik bir atık olan ayçiçeği sapı kullanım oranının artması, levhaların su tutma ve hacimsel genişleme değerlerinde de artışa sebep olmuştur. Hazırlanan kompozit levhalarda takviye elemanı olarak kullanılan sert yapıllı ceviz kabuğu miktarının azalması da suya karşı dayanımı azaltmıştır. Ceviz kabuğu, yapısında başta lignin olmak üzere selüloz ve hemiselüloz (holoselüloz) içermektedir. Holoselüloz çok sayıda polar hidroksil grubu yapısında barındırır ve bu gruplar hidrojen bağından sorumlu gruplardır. Dolayısıyla lignoselülozik bir malzeme olan ceviz kabuğunda su alımı, esas olarak su moleküllerinin, selüloz ve hemiselülozlarla bulunan serbest hidroksil gruplarına hidrojen bağıyla bağlanması ile gerçekleşir. Bu noktada ceviz kabuğunun selülozik içeriğinden dolayı hazırlanan ahşap kompozit levhalarda ceviz kabuğu miktarı arttıkça su tutma yüzdesinin de artması beklenmektedir.

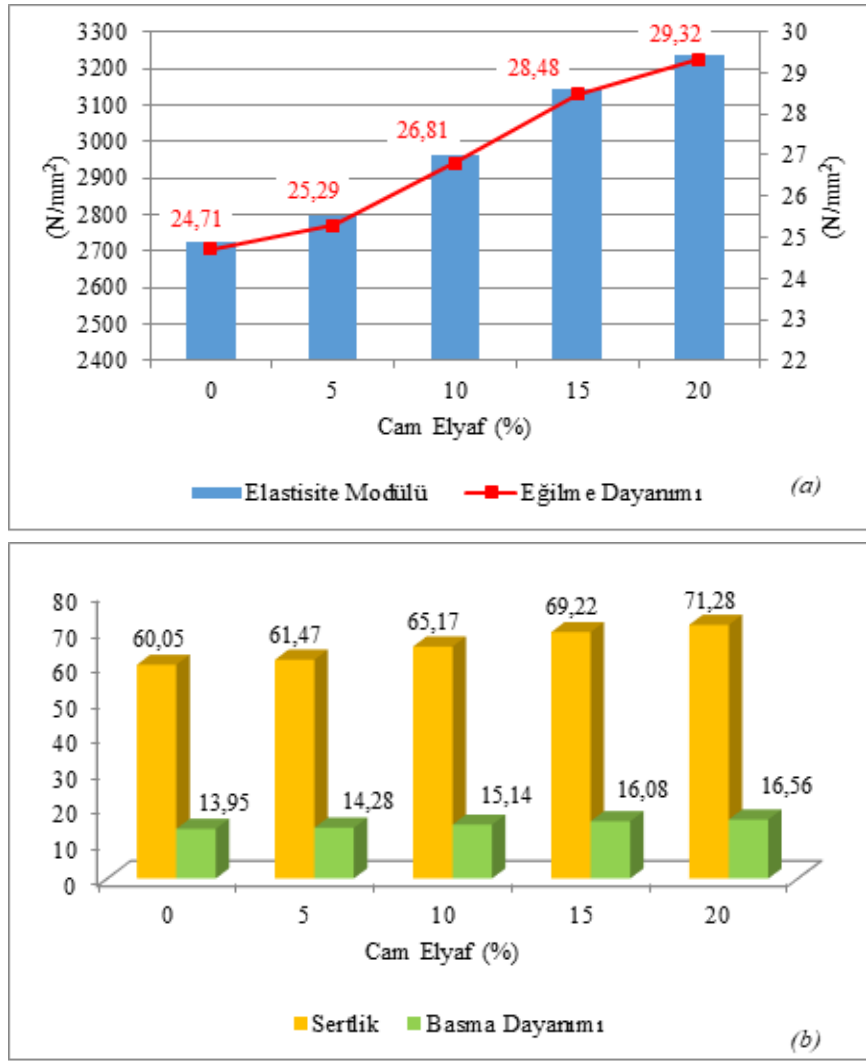
Ancak deneysel sonuçlar ceviz kabuğu miktarı arttıkça malzemenin suya dayanımının geliştiğini yani daha az su tuttuğunu göstermektedir. Bu sonuç ceviz kabuğunda sadece holoselüloz yapının olmadığı ve bu yapıya oranla daha fazla lignin içeriğine sahip olduğu gerçeği ile açıklanabilir. Çünkü lignin tamamen amorf ve hidrofobik bir yapıdır ve bu nedenle lignin içeriğinin yüksek olmasından dolayı hazırlanan kompozit levhalarda ceviz kabuğu miktarı arttıkça su tutma özelliği azalmıştır [23-25]. Bununla birlikte yüksek lignin içeriği malzemenin kırılma dayanımını artırırken, yüksek selüloz içeriği kırılma dayanımını azaltır [26]. Kırılma dayanımının azalmasına sebep olmaktadır. Bu açıdan deneysel sonuçlar incelendiğinde, ceviz kabuğundaki yüksek lignin içeriği nedeniyle hazırlanan kompozit levhalarda ceviz kabuğu miktarı azaldıkça, kırılma dayanımında da azalmakta dolayısıyla eğilme dayanımı ve aynı zamanda elastisite modülünde de artma gözlenmektedir. Elastisite modülü, malzemenin rijitlik (esnemezlik) özelliğinin bir ölçüsüdür. Dolayısıyla yüksek elastisite modülüne sahip rijit malzeme, elastik yüklenme altında boyut ve şeklini korur. Mekanik özelliklerde elde edilen bu iyileşme sadece ceviz kabuğu miktarına bağlı olmayıp aynı zamanda yüksek dayanıma sahip cam elyafın da kompozit karışımlardaki miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Şekil 5’den görüldüğü üzere hazırlanan ahşap kompozit levhalarda cam elyaf miktarı arttıkça eğilme dayanımı ve aynı zamanda elastisite modülünde de artma gözlenmektedir. Bununla birlikte cam elyaf katkısının basma dayanımı ve sertlik gibi diğer mekanik özelliklerde de iyileşmeye vesile olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Hazırlanan kompozit levhalarda maliyeti düşürmek için dolgu maddesi olarak kullanılan bir diğer tarımsal atık

ayçiçeği sapıdır. Ayçiçeği sapı oldukça hafif bir malzeme olması sebebiyle karışım içerisinde yüksek miktarda bulunması sadece kompozit levhalarda suya karşı direnci azaltmamakta aynı zamanda mekanik özellikler üzerinde de olumsuz etkileri olmaktadır. Şekil 6’dan görüldüğü üzere, karışımlarda ayçiçeği sapı miktarı arttıkça elastisite modülü, eğilme ve basma dayanımı ve sertlik değerlerinde düşme gözlenmektedir. Seri 1 için hazırlanan lif levha örneklerine ait deneysel sonuçlar her bir kontrol kriteri için ilgili Türk Standartlarının (TS EN 317, TS EN 310 ve TS 3969 EN 314-1) öngördüğü değerler göz önüne alınarak incelenecek olursa, elde edilen sonuçların kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı görülür. Bu çalışmada üretilen levha kalınlığına bağlı olarak ilgili Türk Standartları gereği 24 saat suda bekletme sonunda fiziksel özelliklerden su tutma miktarının maksimum %40 ve hacimsel genişleme yüzdesinin ise  $\leq$ %15 olması gerekmektedir. Mekanik özellikler açısından ise eğilme dayanımı, eğilme elastisite modülü ve makaslama dayanımının (kesme kuvveti) sırasıyla  $\geq$ 23 N/mm<sup>2</sup>,  $\geq$ 2500 N/mm<sup>2</sup> ve  $\geq$ 1 N/mm<sup>2</sup> olması gerekmektedir. Sonuç olarak deneysel çalışmaların ilk aşamasında hazırlanan lif levhaların kalitesi ilgili standartlarla değerlendirildiğinde, bu 10 farklı deney örneğinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin standart değerleri karşıladığı görülmektedir. Ancak standartlarda ahşap kompozit levhalar için basma dayanımı ve sertlik değerleri değişkenlik gösterebildiğinden, kullanım yeri ve amacı göz önüne alınarak uygun levha örneğinin seçilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Örneğin, basınç ve sertliğin gerekli olduğu tezgah, banko, merdiven ve yer döşemesi gibi zeminlerde kullanılacak levhaların en yüksek basma dayanımı ve sertlik değerlerine sahip olması gerekmektedir.

Deneysel çalışmaların ikinci aşamasında formaldehit emisyonunun taşıdığı önem göz önüne alınarak hazırlanan lif levhalarda reçine miktarı, ağırlıkça %8 olacak şekilde azaltılmıştır. Bağlayıcı olarak kullanılan reçinelerin üretiminde kullanılan formaldehit, orman ürünleri endüstrisinde en yaygın bilinen kapalı ortam kirleticisidir. Özellikle iç mekânlarda kullanılan lif levhalarda formaldehit salınımının kanserojen etki göstererek, insan sağlığını tehdit ettiği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle odun esası ürünler sertifikalandırılırken, formaldehit emisyonu ile ilgili sınırlandırmalar getirilmiştir [27]. Özalp ve Ordu [28] tarafından yapılan bir çalışmada, ahşap kompozitlerde kullanılan dolgu maddesi miktarının formaldehit ayrışmasına etkisi incelenmiş ve dolgu maddesi miktarının artması ile formaldehit emisyonunun azaldığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda Seri 2’de 15 farklı deney örneği hazırlanırken reçine oranı düşük tutulmuş, dolgu maddelerinin miktarı ise artırılmıştır. Bununla birlikte kullanılan dolgu maddelerinden cam elyafın, kompozit levhaların dayanımı üzerine etkisini belirleyebilmek için ikinci seride ağırlıkça %3, 5 ve 7 oranlarında cam elyaf içeren lif levhalar hazırlanmıştır. Bu seride hazırlanan deney numunelerine ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3’de verilmektedir. Hazırlanan ahşap kompozit malzemelerin nemli veya dış ortamlarda kullanılabilirliğinin tespit

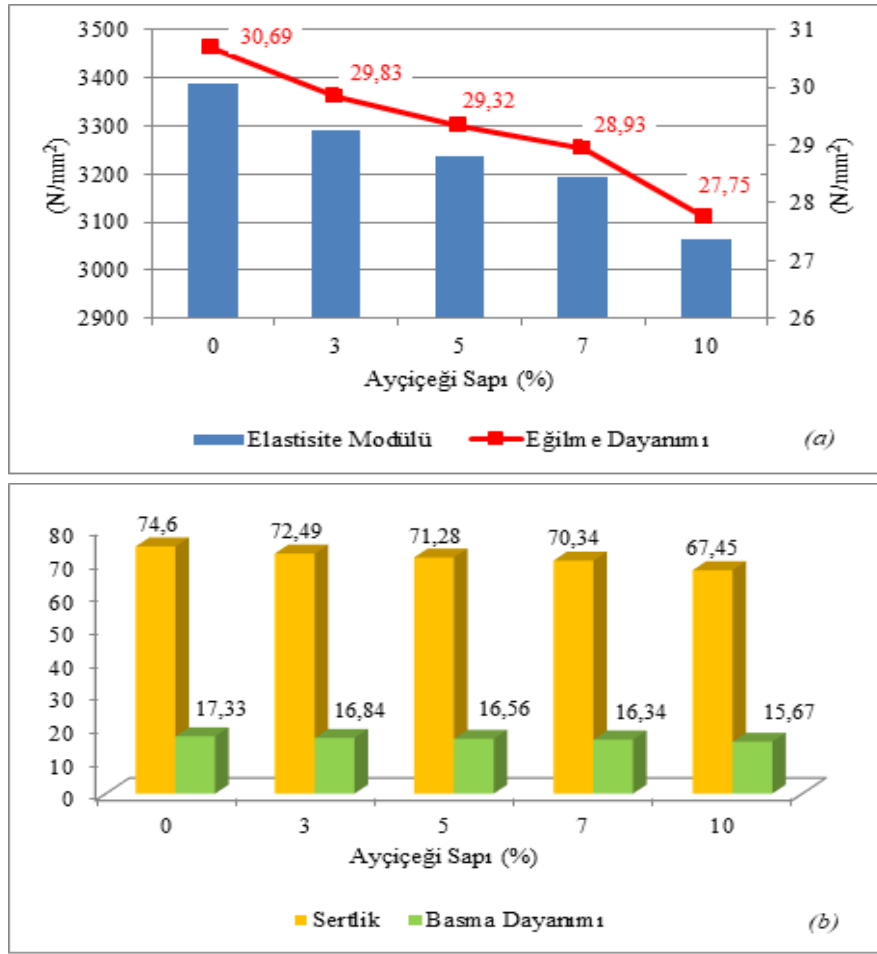




**Şekil 5.** Cam elyaf katkısının kompozit levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi a) elastisite modülü ve eğilme dayanımındaki değişim, b) sertlik ve basma dayanımındaki değişim (Effect of glass fiber addition on the mechanical properties of composite particleboards a) change in elastic modulus and bending strength, b) change in hardness and compressive strength )

edilebilmesi için belirlenen % su tutma miktarı ve % hacimsel genişleme değerleri en önemli fiziksel özelliklerdendir. Seri 1 ve Seri 2’de belirlenen bu fiziksel özellikler bir arada değerlendirildiğinde, su alma ve hacimsel genişleme miktarının reçine oranı arttıkça, azaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla kompozit malzemelere suya dayanıklı olma özelliği kazandırdığı bilinen fenol formaldehit reçinesinin miktarı, fiziksel özellikler için önemli bir kontrol parametresidir. Reçine miktarının %30’dan %8’e düşürülmesi, sadece fiziksel özelliklerde değil mekanik özelliklerde de değişime sebep olmuştur. Tablo 2 ve Tablo 3’de verilen deneysel sonuçlar incelendiğinde, hazırlanan lif levhalarda reçine oranının azalması ile eğilme ve basma dayanımı ile sertlik değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Eğilme dayanımı, levhaların kullanım yerinde taşıyacağı ve maruz kalacağı yükün miktarını hesaplamada kullanılan en önemli mekanik özelliktir. Eğilme dayanımının düşmesi atomlar arasındaki bağ kuvvetinin ve dolayısıyla elastisite

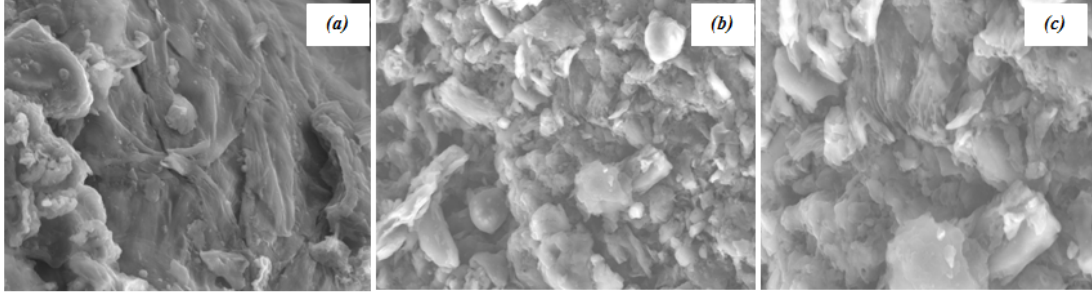
modülünün de azalmasına neden olmuştur [29, 30]. Tablo 3’te verilen deneysel sonuçlar, hazırlanan kompozit levhalara iplikli yapıya sahip cam elyaf eklenmesinin üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Oldukça sağlam, yanmaz, emici olmayan, çekme ve gerilmeye dayanıklı bir iplik olarak bilinen cam elyafın yanı sıra düşük oranlarda ayçiçeği sapının kullanılması ile lif içerikli malzeme oranı arttıkça, eğilme dayanımı ile birlikte elastisite modülü değerlerinde de artış gözlenmiştir [12]. Hazırlanan ahşap kompozit 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 reçine oranı düşük olsa bile hazırlanan lif levhaların aşırı yük taşımayacak yerlerde ve ıslak mekânlarda kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 6.** Ayçiçeği sapı katkısının kompozit levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi a) elastisite modülü ve eğilme dayanımındaki değişim, b) sertlik ve basma dayanımındaki değişim  
(Effect of sunflower stalk addition on the mechanical properties of composite particleboards a) change in elastic modulus and bending strength, b) change in hardness and compressive strength )

**Tablo 3.** Seri 2’de hazırlanan lif levhalara ait fiziksel ve mekanik özellikler  
(Physical and mechanical properties of fiber plates prepared in Series 2)

Numune No	% Su Tutma	% Hacimsel Genişleme	Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Kesme Kuvveti (N/mm <sup>2</sup> )	Basma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Brinell Sertlik (HB)
11	34,79	11,89	21,58	2382	1,03	12,19	52,47
12	36,00	12,30	22,14	2445	1,03	12,50	53,81
13	36,86	12,83	22,86	2528	1,04	12,91	55,57
14	37,98	13,21	23,79	2654	1,04	13,43	57,81
15	39,21	13,89	24,38	2713	1,05	13,77	59,27
16	35,76	12,07	22,32	2465	1,05	12,60	54,24
17	36,99	12,75	23,07	2574	1,06	13,03	56,09
18	37,83	13,16	24,55	2733	1,06	13,86	59,66
19	39,12	13,65	25,63	2805	1,07	14,47	62,29
20	40,21	14,79	26,89	2976	1,07	15,18	65,34
21	36,39	12,63	23,14	2583	1,06	13,07	56,26
22	37,61	13,24	24,68	2755	1,08	13,94	60,01
23	38,97	13,89	25,96	2879	1,08	14,66	63,11
24	39,85	14,42	27,03	2997	1,09	15,26	65,69
25	41,57	15,08	28,84	3184	1,09	16,28	70,08



**Şekil 7.** Kompozit levhaların farklı büyütme oranlarında SEM görüntüleri a) x100, b) x200, c) x250 (SEM images of composite plates at different magnification ratios a) x100, b) x200, c) x250)

Deneysel çalışmalar göstermektedir ki, lif levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri levha yapımında kullanılan hammadde kaynağına, katkı maddelerinin miktarına ve çeşidine, reçine oranına ve pres şartlarına göre istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Hazırlanan kompozit levhalarda mikro yapıyı gözlemleyebilmek için taramalı elektron mikroskopunda farklı büyütme oranlarında numune yüzeyinin topografik görüntüsü alınmıştır. Numunelere ait örnek bir SEM görüntüsü Şekil 7’de verilmektedir. Görüntülerde cam elyaf partiküllerinin ana matrisle uyumlu olduğu görülmektedir. Aynı zamanda lignoselülozik dolgu maddeleri arasındaki gelişmiş ara yüz ile kompoziti oluşturan her bir bileşenin yığın özelliklere katkıda bulunduğu dolayısıyla üretilen ahşap kompozit levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmede kritik bir rol oynadığı söylenebilir.

#### 4. SİMGELER (SYMBOLS)

$m_{ilk}$	: Deneysel örneğin suya daldırılmadan önceki (tam kuru) ağırlığı (g)
$m_{son}$	: Deneysel örneğin suya daldırıldıktan 24 saat sonraki ağırlığı (g)
$V_{ilk}$	: Deneysel örneğin suya daldırılmadan önceki (tam kuru) hacmi ( $cm^3$ )
$V_{son}$	: Deneysel örneğin suya daldırıldıktan 24 saat sonraki hacmi ( $cm^3$ )

#### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Doğal kaynakların giderek azaldığı ve orman ürünlerine talebin yaygınlaştığı günümüzde, mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Sektörde yaşanan hammadde sıkıntısı nedeniyle son yıllarda ağaç yerine daha çok MDF kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada genellikle yakılarak yok edilen ayçiçeği sapı ve ceviz kabuğu gibi tarımsal atıkların ekonomiye kazandırılması, masif malzemelerin kullanımının azaltılması ve ormanların korunması amaçlanmıştır. Bununla birlikte bu tarımsal atıkların orman endüstrisinde değerlendirilmesi ile gerek depolama sorunu oluşturmaları gerekse yakıldıkları zaman çevre kirliliğine neden olmaları gibi bazı problemler de bertaraf edilmiş olacaktır. Çalışmada, mekanik özellikleri iyileştirmek için kullanılan cam elyaf ile maliyeti düşürmek için kullanılan ayçiçeği sapının farklı oranlarda ceviz kabuğu ile karıştırılmasıyla hazırlanan lif levhaların, fiziksel ve

mekanik özellikleri araştırılmış ve üretilen ahşap kompozitlerin kalitesi ilgili standartlarla değerlendirilmiştir. Buna göre yapıştırma amaçlı kullanılan reçine miktarı ve katkı maddelerinin oranına göre hazırlanan 25 farklı ahşap esaslı lif levhaya ait deneysel sonuçlar incelendiğinde, fiziksel özelliklerden olan %su tutma ve %hacimsel genişleme için elde edilen en iyi sonuçlar sırasıyla %20,35 ve %9,69 olup, ahşap esaslı kompozitlerin su direnci özelliklerinin lignoselülozik içeriğe bağlı olarak değişim gösterdiği sonucuna varılmıştır. Özellikle kullanılan ceviz kabuğunun suya dayanımı geliştirdiği görülmüştür. Reçine miktarı arttıkça da mekanik dayanımın artması ile birlikte su tutma özelliği azalmıştır. Ayrıca üretilen levhaların yük altında eğilmeye maruz kalabilecek yerlerdeki deformasyonunda önem arz eden eğilmede elastisite modülünün, basma dayanımının ve sertliğinin cam elyaf takviyesi ile arttığı yani cam elyafın mekanik dayanımı geliştirdiği sonucuna varılmıştır. Eğilme dayanımı, elastisite modülü, basma dayanımı ve sertlik için elde edilen en iyi sonuçlar sırasıyla 30,69 N/mm<sup>2</sup>, 3387 N/mm<sup>2</sup>, 17,33 N/mm<sup>2</sup> ve 74,60 HB’ dir. Levhalarda yapıştırma kalitesinin bir göstergesi olan kesme kuvveti için elde edilen ve 1,03-1,26 N/mm<sup>2</sup> arasında değişen farklı sonuçların, standart değerleri karşıladığı görülmüştür. Sonuç olarak lif levha üretiminde kullanılan selülozik yapıda odunsu hammadde türü ve miktarı, reçine oranı, reçine ile hammaddenin karıştırılmasındaki homojenlik ve presleme şartlarına bağlı olarak levhalarda fiziksel ve mekanik özelliklerin değişkenlik gösterebildiği ancak üretilen çoğu levhada standartlarda istenilen değerlerin sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle ülkemizde bol miktarda bulunan bu tarımsal atıkların MDF üretiminde alternatif hammadde olarak değerlendirilebilmesinin mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

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

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çınar H., Türkiye mobilya sektörü, TSE Standard-Ekonomik ve Teknik Dergi, 620, 30-39, 2014.
2. Kasal A., Diler H., Bayındır F., Demirci S. ve Kuşkun T., Alternatif panel mobilya malzemesi olarak polivinil

- klorür (PVC) levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikler açısından geleneksel malzemelerle karşılaştırılması, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (2), 228-244, 2013.
3. Aydın İ., Demirkır C., Çolak S. ve Çolakoğlu G., Çeşitli Ağaç Kabuğu Unlarının Kontrplaklarda Dolgu Maddesi Olarak Değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin-Türkiye, 1825-1833, 20-22 Mayıs, 2010.
  4. Şahin B., Uğurlu H.A., Kaldırım K. ve Çırak Y., Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sektör Raporu, Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA), 5-11, 2013.
  5. Özüyağlı A., Mehmetlioğlu C., Özsoy M. ve Akıncı A., Investigation of mechanical properties of GFRP pipe production waste filled PVC matrix composites, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (2), 465-472, 2016.
  6. Herzog B., Goodell B., Lopez-Anido R. ve Gardner D., Durability of fiber-reinforced polymer (FRP) composite-wood hybrid products fabricated using the composites pressure resin infusion system, Forest Prod. J., 55 (11), 54-60, 2005.
  7. Raftery G., Harte A. ve Rodd P., Bond quality at the FRP-wood interface using wood-laminating adhesives, International Journal of Adhesion&Adhesives, 29 (2), 101-110, 2009.
  8. Tankut A.N., Bardak T., Ulunam M. ve Bardak S., İleri mühendislik malzemelerinin orman endüstrisinde kullanımı, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13 (19), 90-99, 2011.
  9. Gündüz M., Mobilya ve ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyonu ve insan sağlığına etkileri”, TSE Standard-Ekonomik ve Teknik Dergi, Sayı: 620, 88-89, 2014.
  10. Gürü M., Tekeli S. ve Bilici İ., Manufacturing of urea - formaldehyde based composite particleboard from almond shell, Material & Design, 27, 1148-1151, 2006.
  11. Khanjanzadeh H., Pirayesh H. ve Sepahvand S., Influence of walnut shell as filler on mechanical and physical properties of MDF improved by nano-SiO<sub>2</sub>, J. Indian Acad. Wood Sci., 11 (1), 15-20, 2014.
  12. Acar H., Salan T., Altuntaş E. ve Alma M.H., 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, 808-818, 22-24 Ekim, 2014.
  13. Gürü M., Uçucu kül ve pirinadan plastik kompozit malzeme üretimi, Journal of Polytechnic, 4 (1), 35-38, 2001.
  14. Çöpür Y., Güler C., Taşçıoğlu C. ve Tozluoğlu A., Incorporation of hazelnut shell and husk in MDF production, Bioresource Technology, 99, 7402-7406, 2008.
  15. Rodolfo de Melo R., Stangerlin D.M., Campomanes Santana R.R., Pedrosa T.D., Physical and mechanical properties of particleboard manufactured from wood, bamboo and rice husk, Materials Research., 17 (3), 682-686, 2014.
  16. Güler C., Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi ve Fabrikasyon İşlemi, Türkiye Alım Kitapları Yayınları, İstanbul, Türkiye, 2015.
  17. Büyükarıcı F., Yıldırım F. ve Duran B., Meyve Çekirdek Kabuklarının Polimer Ahşap Kompozit Malzeme Olarak Değerlendirilmesi, TÜBİTAK-BİDEB Kimya Lisans Öğrencileri Araştırma Projesi Eğitimi Çalıştayı, Kepez/Çanakkale-Türkiye, 1-24, 3-11 Temmuz, 2010.
  18. TS EN 317, Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığa Şişme Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.
  19. TS EN 310, Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.
  20. TS 3969 EN 314-1, Kontrplak Kaplanmış-Yapışma Kalitesi Bölüm 1: Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1998.
  21. TS 2479, Odunun Statik Sertliğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1976.
  22. TS 2595, Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
  23. Pirayesh H., Khazaeian A. ve Tabarsa T., 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, 2012.
  24. Nourbakhsh A., Farhani Baghlani F., Ashori A., Nano-SiO<sub>2</sub> filled rice husk/ polypropylene composites: Physico-mechanical properties, Industrial Crops and Products, 33 (1), 183-187, 2011.
  25. Pirayesh H., Khazaeian A., Using almond (*Prunus amygdalus* L.) shell as a bio-waste resource in wood based composite, Composites Part B: Engineering, 43 (3), 1475-1479, 2012.
  26. Nemli G., Demirel S., Gümüşkaya E., Aslan M. ve Acar C., Feasibility of incorporating waste grass clippings (*Lolium perenne* L.) in particleboard composites, Waste Manag., 29 (3), 1129-1131, 2009.
  27. Gündüz M. ve Ayan S., Melamin kaplı yonga ve lif levhalarda formaldehit emisyonu belirleme yöntemleri, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2, 433-443, 2014.
  28. Özalp M. ve Ordu M., Dolgu maddesi olarak kullanılan pet şişe tozunun (polietilenterefalat) formaldehit emisyonuna etkisi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, 251-258, 2004.
  29. Gürü M., Atar M. ve Yıldırım R., Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements, Materials&Design, 29 (1), 284-287, 2008.
  30. Kaya N., Fındık ve çeltik kabukları ve odun talaşı ile takviye edilmiş termoset kompozitlerde reçine türünün fiziksel özelliklere etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (3), 1076-1087, 2017.