



Araştırma Makalesi

Gönderi
20/10/2023

Kabul
19/11/2023

Yayın
31/12/2023

 Yusuf Alperen ŞİŞMAN ^{a,*},  Hamza ÇINAR ^b

^a Tasarım Bölümü, Vezirköprü Meslek Yüksekokulu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, TÜRKİYE

^b Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

* Sorumlu yazar: yusuf.sisman@omu.edu.tr

Eko Tasarım Yaklaşımları Çerçevesinde, Formaldehit İçermeyen Ahşap Esaslı Kompozit Levhanın Malzeme Yoğunluğunun İncelenmesi

Özet

Bu çalışmada, formaldehit içermeyen ahşap esaslı levha üretimi amaç edilmiş, üretilen levhaların standart yonga levhalar ile karşılaştırılarak yoğunluk değerleri incelenmiştir. Levha üretiminde 3 çeşit ana katkı maddesi (Baklava unu, Mısır Nişastası ve Mısır Unu), salep ve bağlayıcı madde olarak yumurta akı kullanılmıştır. Bu amaca yönelik üretilen levhalardan elde edilmiş 50x50x10 mm deney numunelerinin yoğunlukları TS EN 323 (1999)' da belirtilmiş olan esaslara göre testler yapılmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre mısır unu kullanılarak elde edilen levhalarda en verimli sonucun elde edildiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre, 7,5 g salep ve mısır unu (125 g) kullanılarak elde edilen levhalarda en yüksek tam kuru yoğunluk değerine (0,695 g/cm³) ulaşıldığı görülmüştür. Buna ek olarak, hava kurusu yoğunluk sonuçlarına bakıldığında en yüksek değerin 7,5 g salep ve mısır unu (125 g) karışımında elde edildiği (0,724 g/cm³) tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda; mobilya sektörünün beklentilerine cevap verebilecek nitelikte yoğunluk değerine sahip formaldehit içermeyen ahşap esaslı kompozit levha (0,695 g/cm³) üretilmiş olup, standart yonga levha ile (0,64 g/cm³) eş değer özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Formaldehit, Salep, Un, Ahşap Esaslı Kompozit Levha

Investigation Of The Material Density Of Formaldehyde-Free Wood-Based Composite Board Within The Framework Of Eco-Design Approaches

Abstract

In this research, the aim was to produce formaldehyde-free wood-based panels, and the density values of the produced panels were compared with standard chipboards. In the production of panels, three main additives (Baklava flour, Corn Starch, and Corn Flour) were used, and egg white was used as a binder. Density tests were conducted on 50x50x10 mm test samples obtained from the panels produced for this purpose, following the principles stated in TS EN 323 (1999). According to the results obtained from the study, it was observed that the most efficient result was achieved in panels produced using corn flour. According to these results, it was found that the highest dry density value (0.695 g/cm³) was achieved in panels produced using 7.5 g of salep and 125 g of corn flour. Additionally, when looking at the air-dry density results, the highest value was determined to be obtained in the mixture of 7.5 g of salep and 125 g of corn flour (0.724 g/cm³). As a result of the research, a formaldehyde-free wood-based composite panel with a density value (0.695 g/cm³) suitable for the expectations of the furniture industry was produced, and it was found to have equivalent properties to standard chipboard (0.64 g/cm³).

Keywords: Formaldehyde, Salep, Flour, Wood Based Composite Board

1.Giriş

Ahşap malzeme ilk dönemlerde çeşitli işlemlere tabi tutularak kullanılırken, artan nüfus sebebiyle kıt olan kaynakların en verimli biçimde kullanılması gerekliliği öngörülmüştür. Bu bağlamda akademik ve endüstriyel literatüre çeşitli terimler girmiş olup bunlardan en önemlisi sürdürülebilirlik kavramıdır. Ahşap malzeme açısından değerlendirildiğinde, doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için en önemli husus, kesilen ağaçların yerine yenilerinin dikilmesi gerekliliğidir. Bu amaçla, doğal kaynakların verimli bir biçimde kullanılabilmesi için ahşap esaslı kompozit levha (yonga-lif levha, kontrplak vb.) üretimine başlanmış olup bu levhalar ekonomiklik açısından ahşap malzemelere göre oldukça avantajlı konumda bulunmaktadır. [1,2]

Özellikle kompozit levha sınıfında bulunan yonga ve lif levhaların çeşitli yeterlilikleri (ekonomiklik) sağlaması ile birlikte dekoratif özelliklerinden dolayı bu malzemelerin birçok dekorasyon işleminde sıklıkla tercih edilmesine sebebiyet vermiştir. [3]

Mamul veya yarı mamul olarak üretilen ahşap esaslı kompozit levhalar birçok kullanım alanında, farklı amaçlar doğrultusunda kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte, belirli standart ve şartlar altında üretilmektedir. Bu malzemelerin, inşaat ve mobilya gibi çeşitli sektörlerin iç ve dış mekanlarında kullanımı oldukça yaygındır. Özellikle ahşap esaslı levha üretim sektöründe bağlayıcı madde olarak kullanılan tutkallar yüksek reaksiyon kabiliyetine sahip yapıda bulunmaktadır. Geçmişte özellikle ahşap endüstrisinin gelişiminde ÜF (üre formaldehit) ve FF (fenol formaldehit) çok büyük katkı sağlamış olup hala da sağlamaya devam etmektedir. Fiyat performans açısından değerlendirildiğinde en çok ÜF tutkalı tercih edilmektedir. [4,5,6]

Ahşap ürünler, özellikle ahşap esaslı paneller, kompozitler ve mühendislik ürünü ahşap ürünler, aldehitlerin (formaldehit dahil) ve terpenlerin başlıca kaynakları olduklarından dolayı özellikle, son yıllarda çevresel bir sorun haline gelmiştir. [7]

Bununla birlikte son yıllarda, çalışma sırasında insan sağlığı üzerine olumsuz etki eden çeşitli kimyasal ve tozlarla ilgili çalışmalar da artmış olup bu konuda özellikle formaldehitin (FA) olumsuz etkileri incelenmiştir. Formaldehit esaslı tutkalların kullanımında yüksek reaksiyon kabiliyetinden kaynaklı olarak, levhalarda yüksek performans sağlanırken insan sağlığı açısından formaldehit salınımı sebebi ile önemli derecede olumsuz etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalara göre; 0,4 ppm (milyonda bir birim) formaldehit gazı değerinin altında olan levhaların herhangi bir rahatsızlık vermediği, 3,5 ppm üzeri değerlere sahip levhalarda ise; nefes darlığı, göz yanması (yaşarması), baş ağrısı, bulantı ve öksürük gibi şikâyetlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Formaldehit çeşitli kanser hastalıklarına (üst yutak kanseri, akciğer kanseri vb.) sebebiyet verdiği için kanserojen madde kategorisinde sınıflandırılmıştır. [8,9,10] Ayrıca, FA'nın, merkezi sinir sisteminde (MSS) toksik etkisi bulunan yaygın bir çevresel kirletici olduğu belirtilmiştir. Formaldehit etkisine maruz kalan işçilerde nazofarenks kanserine yakalanma oranının artması ve miyeloid lösemi hastalığına yakalanma riskinin göreceli olarak artışının, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın formaldehitin insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Ayrıca; solunum sistemine, ürogenital sistemine, sinir sistemine ve sindirim sistemine de birçok olumsuz etki yaptığı ortaya koyulmuştur. [11]

Güler vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada; nişasta içerikli Glucidex'i (Ticari Adı) ÜF içerisine farklı oranlarda katmış ve MDF üretimi gerçekleştirmiş ve bu kimyasalın levhanın bazı mekaniksel özellikleri ve FA salınımına etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, kimyasal maddenin katkısı ile levhanın bazı mekaniksel özelliklerinin kısmi olarak azaldığını, formaldehit salınımında ise %18,83 azalma

olduğunu göstermiştir. [12]. Literatür değerlendirmeleri doğrultusunda formaldehitin panel levha üretiminde yaygın bir şekilde kullanıldığı, insan sağlığı açısından zararlı olduğu dikkat çekicidir.

Fiorelli vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada; 10:80:10 (Dış katman: iç katman: dış katman) kütle oranlarında dış katmanda şeker kamışı küspesi, iç katmanda yeşil Hindistan cevizi liflerini, dış katman ve iç katmanda sırasıyla % 15-%12 poliüretan reçine kullanarak 500 kg/m^3 - 700 kg/m^3 yoğunluklarında iki tip levha üretimi gerçekleştirilmiştir. [13]

Oktay vd. (2021); Mısır nişastası (CS), mimoza taneni (MT), şeker (S) ve sitrik asit (CA) içeren biyobazlı ahşap yapıştırıcı formülasyonu geliştirerek ortalama 761 kg/m^3 ($0,761 \text{ g/cm}^3$) yoğunluğunda yonga levha üretimi gerçekleştirmişlerdir. [14]

Chalapud vd. (2020); pirinç kabuğu ve soya proteini konsantresiyle elde ettikleri yapıştırıcılarla, P-BSBC (tung yağı empenye edilmemiş), T-BSPC (tung yağı empenyeli) olarak iki tip yonga levha üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucuna göre, P-BSBC’de ortalama yoğunluk $0,91 \text{ g/cm}^3$, T-BSPC de ise $1,05 \text{ g/cm}^3$ ortalama yoğunluk değerleri tespit edilmiştir. Sonuçlar, tung yağı ile empenyeli levhalarda daha yüksek yoğunluk değerlerine ulaşıldığını göstermiştir. [15]

Bu bağlamda FA içermeyen bir levha geliştirilmesi anlamlı olup, bu çalışmada FA içermeyen, insan sağlığına daha uygun niteliklerde levha üretimi amaç edilmiş ve FA’sız olarak üretilen levhanın yoğunluk özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Yonga

Levha üretiminde kullanılan yongalar, Kastamonu Entegre Fabrikasının Kastamonu’da bulunan yonga levha üretim fabrikasından temin edilmiş olup, %1,5-3 rutubete kadar kurutulmuş ve ilk tabakada kullanılan ince yongalar halinde temin edilmiştir. Yongalar; %50 karaçam (Pinus nigra), %25 kayın (Fagus oryentalis) ve %25 piyasa talaşı karışımından oluşmaktadır.

2.1.2. Bağlayıcı madde

Levha üretiminde yonga ve diğer malzemeleri (un, salep ve yongalar) yapıştırma işlemi için, özellikle geleneksel metotlarla, inşaat sektöründe kullanılan yumurta akı kullanılmıştır. Yumurta akı 1 litre likit halde paketlenmiş ve İPAY yumurta firmasından temin edilmiştir.

2.1.3. Diğer materyaller

Levha üretiminde kullanılan materyaller ve temin edildiği firmalar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Levha üretiminde kullanılan materyaller

Diğer Materyaller	
Un ve diğer (Baklavalık un, Mısır unu ve Mısır Nişastası)	Piyale marka
Salep (Avrupai Salep)	Altınoğulları marka
Oksijenli Su (Hidrojen Peroksit)	Dermostept marka
Destile Su	Gazi T.F Laboratuvarı

2.2. Metot

2.2.1. Levha üretimi

Üretilen ahşap esaslı kompozit levhalar tek katman halinde tanzim edilerek; yüksek sıcaklık (150 ± 10 °C) ve basınç ($15,5 \text{ kg/cm}^2$) altında 30 dk. Süre ile preslendikten sonra düzlemsel formunun muhafazası için uygun şartlarda klimatize edilmiştir. Tablo 2’de Levha grupları ve karışım miktarları verilmiştir.

Tablo 2. Levha grupları ve karışım miktarları

Levha Grubu	Yonga Miktarı (g)	Katkı Maddesi Un Türü (g)	Yumurta Akı (g)	Destile Su (g)	Oksijenli Su (g)
Baklavalık Un 0 g Salep	125	125	250	25	25
Baklavalık Un 7,5 g Salep	125	125	250	25	25
Baklavalık Un 12,5 g Salep	125	125	250	25	25
Baklavalık Un 17,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Nişastası 0 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Nişastası 7,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Nişastası 12,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Nişastası 17,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Unu 0 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Unu 7,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Unu 12,5 g Salep	125	125	250	25	25
Mısır Unu 17,5 g Salep	125	125	250	25	25

2.2.2. Yoğunluğun belirlenmesi

Deney numunelerinin hava kurusu yoğunlukları TS EN 323 (1999)’ da belirtilmiş olan esaslara göre yapılmıştır. Farklı özellikte levha gruplarından alınan, 4 grupta ki 60 adet numune $\% 65 \pm 5$ bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık değerlerine sahip olan iklimlendirme kabininde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Ağırlık ölçümleri 24 saat aralıkla yapılmış olup, son iki ölçüm sonucu ağırlık farklarının deney numunesi ağırlığının $\% 0,1$ ’inden fazla olmadığı durumundaki ağırlık değerleri sabit ağırlık değeri olarak kabul edilmektedir. Elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak Eş. 1’deki formül ile numunelerin yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$\rho_{12} = \frac{m}{l \cdot w \cdot t} = \frac{m_{12}}{v_{12}} \quad (1)$$

$$\rho_{12} = \text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{Numune ağırlığı (g)}$$

$$l, w, t = \text{Numune ölçüsü (uzunluk, genişlik, kalınlık) (mm) [16]}$$

Numunelerin iklimlendirilme işleminde kullanılan cihaz Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. İklimlendirme Kabini

3. Bulgular

Tespit edilen değerler yonga levha yoğunlukları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda, piyasada bulunan yonga levha yoğunlukları $0,64 \text{ g/cm}^3$ olarak öngörülmektedir. [3]

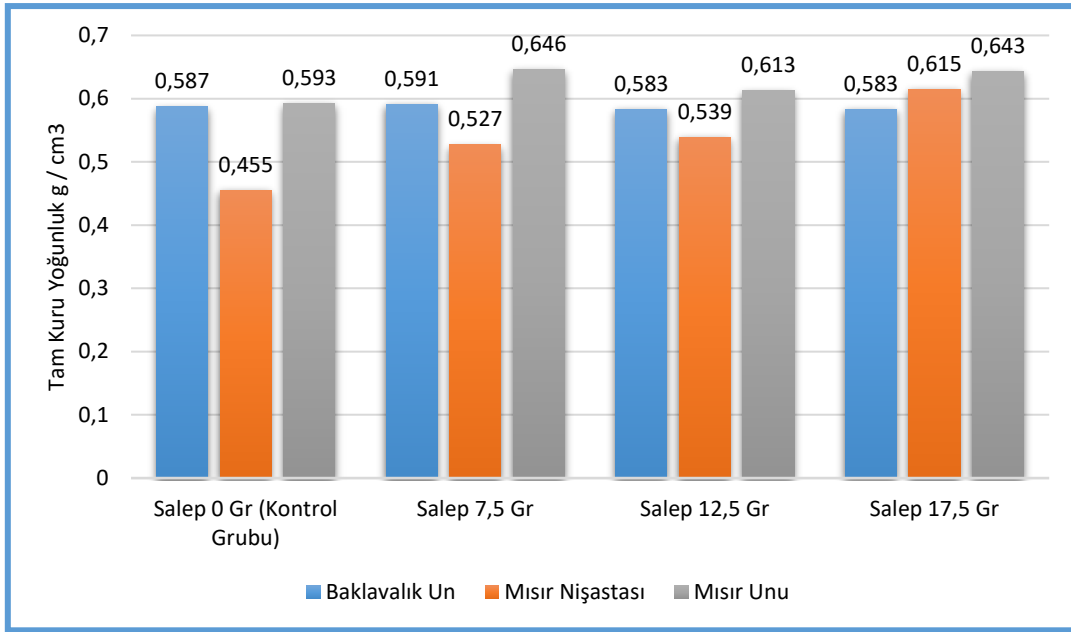
3.1. Tam kuru yoğunluk

Yapılan bu çalışmada üretilen deney numunelerinin, katkı maddesi ve salep miktarına bağlı olarak levhaların tam kuru yoğunlukları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunlukları

Katkı Maddesi	Salep Miktarı (g)	Tam kuru yoğunluk (g/cm^3)			
		X_{\min}	X_{\max}	X_{ort}	ss
Baklavalık Un	0	0,559	0,632	0,587	0,028
	7,5	0,556	0,606	0,591	0,020
	12,5	0,567	0,618	0,583	0,021
	17,5	0,553	0,624	0,583	0,027
Mısır Nişastası	0	0,397	0,504	0,455	0,042
	7,5	0,502	0,552	0,527	0,020
	12,5	0,502	0,600	0,539	0,039
	17,5	0,597	0,648	0,615	0,020
Mısır Unu	0	0,565	0,615	0,593	0,021
	7,5	0,590	0,695	0,646	0,041
	12,5	0,586	0,648	0,613	0,027
	17,5	0,608	0,673	0,643	0,023

Üretilen levhalarda en düşük ortalama tam kuru yoğunluk değeri, salepsiz mısır nişasta katkılı panelde $0,455 \text{ g/cm}^3$ iken, en yüksek ortalama tam kuru yoğunluk değeri ise 7,5 g salep karıştırılmış mısır unu katkılı panelde $0,646 \text{ g/cm}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunluklarının karşılaştırmalı görseli Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunlukları

Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem $p < 0,05$
Katkı Maddesi Türü (A)	2	0,081	0,041	49,8141	0,0000
Salep Miktarı (B)	3	0,037	0,012	14,9462	0,0000
AxB	6	0,038	0,006	7,6569	0,0000
Hata	48	0,039	0,001		
Toplam	59	0,195			

Üretilen levhaların, katkı maddesi türü (A), salep miktarı (B) ve bunların ikili etkileşimleri (AxB) istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p \leq 0,05$) tespit edilmiştir. Katkı maddesi türüne ait tam kuru yoğunluk homojenlik grupları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Katkı maddesi türüne ait tam kuru yoğunluk homojenlik grupları

Katkı Maddesi Türü (A)	X (g/cm³)	HG
Baklavalık Un	0,5858	B
Mısır Nişastası	0,5341	C
Mısır Unu	0,6240	A
LSD: 0,02001		

Mısır unu kullanılarak üretilen levhada en yüksek yoğunluk değerine (0,624) ulaşılmıştır. Ayrıca, katkı maddesi türü bakımından homojenlik grupları farklı oldukları için, aralarında ki fark önem arz etmektedir. Salep miktarına ait tam kuru yoğunluk homojenlik grupları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Salep miktarına ait tam kuru yoğunluk homojenlik grupları

Salep Miktarı (B) (g)	X (g/cm ³)	HG
0	0,5450	C
7,5	0,5879	B
12,5	0,5782	B
17,5	0,6140	A
LSD: 0,02311		

Salep miktarı en yüksek seviyede (17,5 g) kullanılan levhada en yüksek yoğunluk değerine (0,614 g/cm³) ulaşılmıştır. Ayrıca, salep miktarı bakımından homojenlik grupları birbirinden farklılık gösterirken, sadece 7,5-12,5 g salep katkılı grupta ise aynı homojenlik grubunda (B) oldukları tespit edilmiştir. Katkı maddesi ve salep miktarına bağlı olarak panellerin tam kuru yoğunlukları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın tam kuru yoğunluklarına ait homojenlik grupları

Karışım		X (g/cm ³)	HG
Katkı Maddesi ve Salep Karışımı	Baklavalık Un + 0 g Salep	0,5864	B
	Baklavalık Un + 7,5 g Salep	0,5910	B
	Baklavalık Un + 12,5 g Salep	0,5826	B
	Baklavalık Un + 17,5 g Salep	0,5832	B
	Mısır Nişastası + 0 g Salep	0,4556	D
	Mısır Nişastası + 7,5 g Salep	0,5268	C
	Mısır Nişastası + 12,5 g Salep	0,5386	C
	Mısır Nişastası + 17,5 g Salep	0,6154	AB
	Mısır Unu + 0 g Salep	0,5930	B
	Mısır Unu + 7,5 g Salep	0,6460	A
	Mısır Unu + 12,5 g Salep	0,6134	AB
	Mısır Unu + 17,5 g Salep	0,6434	A
LSD: 0,04002			

En yüksek tam kuru yoğunluk değerine (0,6460 g/cm³) mısır unu karışımının 7,5 g ve 17,5 g’lık salep katkılı levha gruplarında ulaşılmıştır.

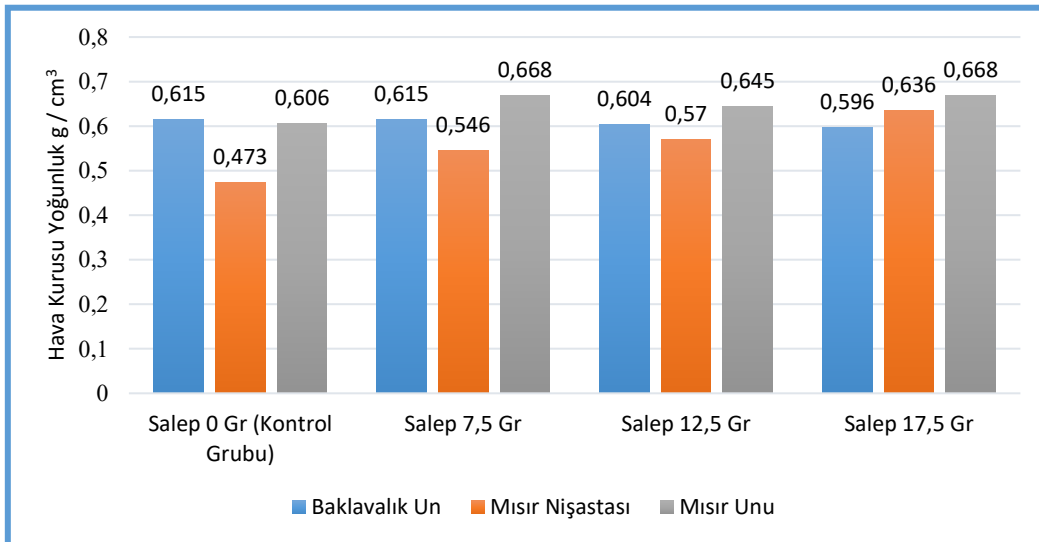
3.2. Hava kuruşu yoğunluk

Yapılan bu çalışmada üretilen deney numunelerinin, katkı maddesi ve salep miktarına bağı olarak levhaların tam kuru yoğunlukları hava kuruşu yoğunlukları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuruşu yoğunlukları

Katkı Maddesi	Salep Miktarı (g)	Hava Kuruşu yoğunluk (g/cm ³)			
		X _{min}	X _{max}	X _{ort}	ss
Baklavalık Un	0	0,585	0,667	0,615	0,031
	7,5	0,579	0,626	0,615	0,020
	12,5	0,563	0,625	0,604	0,025
	17,5	0,571	0,647	0,596	0,030
Mısır Nişastası	0	0,410	0,525	0,473	0,045
	7,5	0,525	0,580	0,546	0,021
	12,5	0,531	0,619	0,570	0,037
	17,5	0,611	0,681	0,636	0,028
Mısır Unu	0	0,573	0,630	0,606	0,023
	7,5	0,604	0,724	0,668	0,047
	12,5	0,615	0,697	0,645	0,034
	17,5	0,645	0,702	0,668	0,020

Üretilen levhalarda en düşük ortalama hava kuruşu yoğunluk değeri, salepsiz mısır nişasta katkı panelde 0,473 g/cm³ iken, en yüksek ortalama hava kuruşu yoğunluk değeri ise 7,5-17,5 g salep karıştırılmış mısır unu katkı panelde 0,668 g/cm³ olduğu tespit edilmiştir. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuruşu yoğunlukları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuruşu yoğunlukları

Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuruşu yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuru yoğunluk değerlerine ait çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem p<0,05
Katkı Maddesi Türü (A)	2	0,083	0,041	41,6875	0,0000
Salep Miktarı (B)	3	0,037	0,012	12,4338	0,0000
AxB	6	0,045	0,008	7,6435	0,0000
Hata	48	0,048	0,001		
Toplam	59	0,213			

Üretilen levhaların, katkı maddesi türü (A), salep miktarı (B) ve bunların ikili etkileşimleri (AxB) istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p \leq 0,05$) tespit edilmiştir. Katkı maddesi türüne ait hava kuru yoğunluk homojenlik grupları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Katkı maddesi türüne ait hava kuru yoğunluk homojenlik grupları

Katkı Maddesi Türü (A)	X (g/cm ³)	HG
Baklavalık Un	0,6078	B
Mısır Nişastası	0,5562	C
Mısır Unu	0,6468	A
LSD: 0,02001		

Katkı maddesi olarak mısır unu kullanıldığında en yüksek değere (0,6468 g/cm³) ulaşılmıştır. Ayrıca, katkı maddesi türü bakımından homojenlik grupları farklı oldukları için, aralarındaki fark önem arz etmektedir. Salep miktarına ait hava kuru yoğunluk homojenlik grupları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Salep miktarına ait hava kuru yoğunluk homojenlik grupları

Salep Miktarı (g) (B)	X (g/cm ³)	HG
0	0,5647	C
7,5	0,6096	B
12,5	0,6065	B
17,5	0,6337	A
LSD: 0,02311		

Salep miktarı 17,5 g kullanılarak üretilen levhada en yüksek hava kuru yoğunluk değerine (0,6337 g/cm³) ulaşılmıştır. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuru yoğunluklarına ait homojenlik grupları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Katkı maddesi ve salep miktarına göre karışımın hava kuru yoğunluklarına ait homojenlik grupları

Karışım		X (g/cm ³)	HG
Katkı Maddesi ve Salep Karışımı	Baklavalık Un + 0 g Salep	0,6154	BC
	Baklavalık Un + 7,5g Salep	0,6150	BC
	Baklavalık Un + 12,5 g Salep	0,6042	CD
	Baklavalık Un + 17,5 g Salep	0,5966	CD
	Mısır Nişastası + 0 g Salep	0,4726	F
	Mısır Nişastası + 7,5g Salep	0,5460	E
	Mısır Nişastası + 12,5 g Salep	0,5702	DE
	Mısır Nişastası + 17,5 g Salep	0,6360	ABC
	Mısır Unu + 0 g Salep	0,6060	BCD
	Mısır Unu + 7,5g Salep	0,6678	A
	Mısır Unu + 12,5 g Salep	0,6450	AB
	Mısır Unu + 17,5 g Salep	0,6684	A

LSD: 0,04002

Katkı maddesi olarak mısır unununun 7,5-17,5 g salep katkılı levhalarında, en yüksek hava kuru yoğunluk değerlerine (0,6678-0,6684 g/cm³) ulaşıldığı görülmüştür.

4. Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın sonucuna göre; tam kuru yoğunluk için en düşük yoğunluk değeri 0,397 g/cm³ ile mısır nişastalı karışımın salep katkısız grubunda, en yüksek değer ise 0,695 g/cm³ ile mısır unununun 7,5 g salep katkılı grubunda, ortalama en düşük tam kuru yoğunluk değeri 0,455 g/cm³ ile mısır nişastasının salep katkısız grubunda, en yüksek ise 0,646 g/cm³ ile mısır unununun 7,5 g salep katkılı grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Hava kuru yoğunluk için en düşük değer 0,410 g/cm³ ile mısır nişastasının salep katkısız grubunda, en yüksek değer ise 0,724 g/cm³ ile mısır unununun 7,5 g salep katkılı grubunda, ortalama en düşük hava kuru yoğunluk 0,473 g/cm³ ile yine mısır nişastasının salep katkısız grubunda, en yüksek ise 0,668 g/cm³ ile mısır unununun 7,5-17,5 g salep katkılı gruplarında tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere, ortalama 0,64 g/cm³ olarak kabul edilen yonga levha yoğunluk değerine, mısır unu ile üretilmiş olunan kompozit levhalarda ulaşılmıştır.

Tam kuru ve hava kuru yoğunluklar için çalışmanın sonucunda; her iki yoğunluğa en büyük katkının mısır unu kullanılarak üretilen levhalarda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca katkı maddelerinden birisi olan salebin yoğunluk üzerine, özellikle mısır nişastası kullanılarak elde edilen levhalarında daha olumlu sonuçlar verdiği, diğer gruplarda ise aşırı fark yaratacak durumların olmadığı gözlemlenmiştir. Ahşap esaslı levha üretiminde kullanılmakta olan formaldehit türevli tutkallar kullanılmadan da ahşap esaslı kompozit levha üretiminin yapılabileceği ve istenilen ortalama yoğunluk değerlerine ulaşılabileceği görülmüştür. Bu bağlamda ilerleyen çalışmalar için, farklı bağlayıcı ve katkı maddelerinin kullanılmasının alana özgün nitelikte yeni çalışmalar kazandıracığı öngörülmektedir.

Semboller

g: Gram
g/cm³: Gram / santimetre³
dak : Dakika
FA: Formaldehit
ÜF: Üre Formaldehit
FF : Fenol Formaldehit
Ppm :Milyonda bir birim
MSS : Merkezi sinir sistemi
ss : Standart sapma
X_{Ort}: Ortalama değer
LSD : Least significant difference (En küçük anlamlı fark)
HG : Homojenlik grubu

Deklarasyon ve Etik Standartlar

Yazarlar bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanmasıyla ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir. Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

Yazar Katkısı

Yazar 1 sunulan fikri tasarımı, teorisinin geliştirilmesi, hesaplamaların ve deneylerin yapılmasında, Yazar 2 yapılan çalışmanın modelinin oluşturulmasında ve sonuçların denetlenmesi işlemlerinde önemli rol aldı. Tüm yazarlar sonuçları tartıştı ve makaleyi son haline getirdi.

Kaynaklar

- [1] S. Boran, “Orta yoğunlukta lif levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına farklı kimyasal maddeler ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi, Trabzon, 2010.
- [2] E. Özen, “Bağ budama artıklarından elde edilen levhaların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve mobilya köşe birleştirmelerinin performans özelliklerinin araştırılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [3] O. Ülker, “Bazı mineral lifler kullanılarak yonga levhaların yanma dayanımlarının artırılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi, Ankara, 2013.
- [4] Özlüsoylu İ., A. İstek, “Effect of urea formaldehyde resin reinforced with sodium carboxymethylcellulose (Na- CMC) on particleboard properties and formaldehyde emission”, Turkish Journal of Forestry, 19:3 (2018) 317-322. Doi: 10.18182/tjf.402355.
- [5] H. Öztürk, “Formaldehit içermeyen yeni nesil ahşap kompozit yalıtım malzemesi”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman endüstri Mühendisliği, Trabzon, 2018.

- [6] Kim S., Kim J.-A., An J.-Y., Kim H.-J., Kim S. D., Park J. C., “TVOC and formaldehyde emission behaviors from flooring materials bonded with environmental-friendly MF/PVAc hybrid resins”, *Indoor Air*, 17:5 (2007) 404-415. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2007.00488.x>
- [7] Adamová T., Hradecký J., Pánek M., “Volatile organic compounds (VOCs) from wood and (VOCs) from wood and wood-based panels: methods for evaluation, potential health risks, and mitigation”, *Polymers*, 12:10 (2020) 2289. Doi: 10.3390/polym12102289.
- [8] Aydın İ., Demirkır C., Çolakoğlu G., Çolak S., “The effects of pressing time of plywood manufactured from different types of wood with muf glue on formaldehyde emission”, *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 14:2 (2015) 590-600.
- [9] Keskin H., Tekin A., “Determination of VOC emissions in composite components furniture and development of emissions reduction processes”, *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15:1 (2015) 120-132.
- [10] Çınar H., Yıldırım K., Okurcan E., “Effects of wood and composite panel powders on human health in furniture producing enterprises”, *GU J Sci, Part C*, 8:4 (2020) 909-921. Doi: 10.29109/gujsc.804458
- [11] R. Taşdemir, “Ratlarda formaldehit inhalasyonunun sinir sistemi üzerindeki etkisinin morfolojik ve biyokimyasal yöntemlerle incelenmesi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2019.
- [12] Güler C., Yüksek K., Altıntaş B., “Using starch as an additive in medium density fiber production”, *Duzce University Forestry Faculty, Journal of Forestry*, 13:2 (2017) 1-8.
- [13] Fiorelli J., Bueno S.B., Cabral M.R., “Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers”, *Construction and Building Materials*, 205 (2019) 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.024>
- [14] Oktay S., Kızılcan N., Bengü B., “Development of bio-based cornstarch - mimosa tannin - sugar adhesive for interior particleboard production”, *Industrial Crops and Products*, 170 (2021). Doi: 113689
- [15] Chalapud M.C., Herdt M., Nicolao E.S., Ruseckaite R.A., Ciannanea E.M., Stefani P.M., “Biobased particleboards based on rice husk and soy proteins: Effect of the impregnation with tung oil on the physical and mechanical behavior”, *Construction and Building Materials*, 230 (2020). Doi: 116996,
- [16] TS EN323, “Ahşap esaslı levhalar – birim hacim ağırlığının tayini”, TSE, Ankara, 1999.

Yazar Biyografileri



1.Yazar: Öğr. Gör. Yusuf Alperen ŞİŞMAN
Lisans : Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya Ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü
Yüksek Lisans : Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya Ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü

	Doktora : Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü
	2.Yazar: Prof. Dr. Hamza Çınar Lisans : Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya Ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Yüksek Lisans : London Guildhall University, Art And Design Faculty, Birleşik Krallık Doktora: University of Manchester-Manchester Business School, Three Dimensional Design, Arhitecture, Birleşik Krallık