



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**HİDRO-TERMAL İŞLEM UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ
SAPLARINDAN ÜRETİLEN YONGALEVHALARIN FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

BURAK GÜNAYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ODUN MEKANİĞİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ÜMİT BÜYÜKSARI**

DÜZCE, 2021

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HİDRO-TERMAL İŞLEM UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ
SAPLARINDAN ÜRETİLEN YONGALEVHALARIN FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Burak GÜNAYDIN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI

Kastamonu Üniversitesi

Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 24/08/2021

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

24 Ağustos 2021

Burak GÜNAYDIN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmamın hidro-termal işlem uygulanması aşamasındaki katkılarından dolayı Düzce Üniversitesi Ormancılık MYO Öğretim Üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÖZYÜREK hocama, bazı mekanik testlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Divapan Entegre A.Ş. Kalite Kontrol Müdürü Sayın Ömer DOĞAN beye, deney örneklerinin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ahşap Atölyesi sorumlusu Sayın Özcan GÜL'e ve deneysel çalışmalarım sırasında her konuda sürekli destek olan arkadaşlarım Şuayip OKUMUŐ ve Gökhan YILMAZ'a teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

24 Ağustos 2021

Burak GÜNAYDIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
SİMGELER	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.YONGALEVHANIN TANIMI.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER.....	3
2.1.1. Ağaç Malzeme	3
2.1.2. Yıllık Bitkiler	3
2.1.2.1. <i>Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Bitkisi Hakkında</i>	5
2.1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Sentetik Tutkallar	6
2.1.3.1. Üre Formaldehit (UF)	6
2.1.3.2. Fenol Formadehit (FF).....	7
2.1.3.3. Melamin Formadehit	7
2.2. YONGALEVHA ÜRETİMİ	8
2.2.1. Kabuk Soyma	8
2.2.2. Yongalama	8
2.2.3. Kurutma	8
2.2.4. Eleme.....	9
2.2.5. Depolama	9
2.2.6. Tutkallama	9
2.2.7. Serme.....	10
2.2.8. Presleme	10
2.2.9. Soğutma (Klimatize Etme).....	11
2.2.10. Ebatlama (Boyutlandırma)	11
2.2.11. Zımparalama	12
2.2.12. Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırma	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. MATERYAL	13
3.2. YÖNTEM	13
3.2.1. Hammaddelerin Hazırlanması	13
3.2.1.1. <i>Yıllık Bitki ve Odun Yongalarının Hazırlanması</i>	13
3.2.2. Yongalevhaların Üretimi.....	15
3.2.3. Deney Örneklerinin Kesilmesi ve Hazırlanması	17
3.2.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	18
3.2.4.1. <i>Yoğunluk</i>	18

3.2.4.2. Suda Bekletme Sonucu Kalınlığına Şişme	19
3.2.4.3. Suda Bekletme Sonucu Su Alma.....	19
3.2.5. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	19
3.2.5.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	19
3.2.5.2. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci (Yapışma Direnci).....	20
3.2.6. Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi.....	21
3.2.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü	21
3.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	23
4.1.1. Yoğunluk	23
4.1.2. Su Alma.....	24
4.1.3. Kalınlık Artımı.....	30
4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	36
4.2.1. Eğilme Direnci.....	36
4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	38
4.2.3. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci (Yapışma Direnci).....	41
4.3. YÜZEY ÖZELLİKLERİ	44
4.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	52
6. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Ayçiçeği saplarının öğütüldüğü Retsch SM100 öğütücü.	14
Şekil 3.2. Ayçiçeği saplarına buhar patlatma cihazı ile hidro termal işlem uygulanması	15
Şekil 3.3. Üretilen yongalevhalar	16
Şekil 3.4. Deney örnekleri	18
Şekil 3.5. Yoğunluk, su alma ve kalınlığa şişme test örnekleri.	19
Şekil 3.6. İMAL Modena test makinası ve eğilme testi.....	20
Şekil 3.7. İMAL Modena test makinası ve yüzeye dik çekme deneyi.....	21
Şekil 3.8. Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.....	22
Şekil 4.1. Yongalevha gruplarının su alma - zaman grafiği.	255
Şekil 4.2. Yongalevha gruplarının kalınlık artımı – zaman grafiği.	30
Şekil 4.3. Yongalevhaların eğilme direnci değerleri grafiği.....	36
Şekil 4.4. Yongalevhaların elastikiyet modülü değerleri grafiği.	39
Şekil 4.5. Yongalevhaların yapışma direnci değerleri grafiği.	41

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Yongalevhaların üretim dizaynı	16
Çizelge 3.2. Yongalevhaların üretim parametreleri.....	17
Çizelge 4.1. Yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikler.	233
Çizelge 4.2. Yoğunluk değerleri varyans analizi sonuçları.	244
Çizelge 4.3. Yoğunluk değerleri Duncan testi sonuçları.	244
Çizelge 4.4. Su alma değerleri tanımlayıcı istatistikler.	255
Çizelge 4.5. Su alma değerleri varyans analizi sonuçları.	288
Çizelge 4.6. 2 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.....	299
Çizelge 4.7. 24 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.....	299
Çizelge 4.8. 48 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.....	30
Çizelge 4.9. Kalınlık artımı değerleri tanımlayıcı istatistikler.....	31
Çizelge 4.10. Kalınlık artımı değerleri varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.11. 2 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.	34
Çizelge 4.12. 24 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.	35
Çizelge 4.13. 48 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.	35
Çizelge 4.14. Eğilme direnci değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	37
Çizelge 4.15. Eğilme direnci değerleri varyans analizi sonuçları.....	37
Çizelge 4.16. Eğilme direnci değerleri Duncan testi sonuçları.....	38
Çizelge 4.17. Elastikiyet modülü değerleri tanımlayıcı istatistikler.....	39
Çizelge 4.18. Elastikiyet modülü değerleri varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.19. Elastikiyet modülü değerleri Duncan testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.20. Yapışma direnci değerleri tanımlayıcı istatistikler.....	42
Çizelge 4.21. Yapışma direnci değerleri varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4.22. Yapışma direnci değerleri Duncan testi sonuçları.....	43
Çizelge 4.23. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	44
Çizelge 4.24. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait varyans analizi sonuçları....	46
Çizelge 4.25. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Duncan testi sonuçları.	46
Çizelge 4.26. On nokta yüksekliği değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.	47
Çizelge 4.27. On nokta yüksekliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları.	48
Çizelge 4.28. On nokta yüksekliği değerleri Duncan testi sonuçları.....	48
Çizelge 4.29. Maksimum pürüzlülük değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	49
Çizelge 4.30. Maksimum pürüzlülük değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4.31. Maksimum pürüzlülük değerleri Duncan testi sonuçları.....	50

KISALTMALAR

ASTM	American Society for Testing Materials
C_v	Varyasyon katsayısı
HT	Hidro Termal
ISO	International Organization for Standardization
MF	Melamin formaldehit
N	Örnek sayısı
NH_4Cl	Amonyum klorür
R_a	Ortalama pürüzlülük
R_{max}	Maksimum pürüzlülük
R_z	On nokta yüksekliği
SE	Standart hata
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TS	Türk Standartları
UF	Üre formaldehit
X	Ortalama değer
X_{max}	Maksimum değer
X_{min}	Minimum değer

SİMGELER

cm	Santimetre
g/cm ³	Gram/santimetre küp
mm	Milimetre
N/mm ²	Newton/milimetre kare
°C	Santigrat derece
δ	Standart sapma
µm	Mikrometre
%	Yüzde



ÖZET

HİDRO-TERMAL İŞLEM UYGULANMIŞ AYÇİÇEĞİ SAPLARINDAN ÜRETİLEN YONGALEVHALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Burak GÜNAYDIN

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun

Mekaniği ve Teknolojisi Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI

Ağustos 2021, 61 sayfa

Bu çalışmada hidro-termal işlem uygulanmış ve uygulanmamış belirli oranlarda ayçiçeği sapı yongaları karıştırılarak üretilen yongalevhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye’de yıllık bitkilerden oluşan sap miktarı 61 milyon ton civarındadır bunun da yaklaşık 3 milyon tonunu ayçiçeği sapı oluşturmaktadır. Bu çalışmada deneme materyali olarak, ayçiçeği sapsarı ve endüstriyel odun yongaları kullanılmıştır. Ayçiçeği sapsarı önce yongalanmış daha sonra elenerek levha üretimine uygun yongalar elenerek boyutsal olarak ayrılmıştır. Levha üretimi öncesinde ayçiçeği sapı yongalarına 10 ve 20 dakika süre ile 180 ve 200 °C’de hidro-termal işlem uygulanmıştır. Hidro-termal işlem uygulanmış ve uygulanmamış ayçiçeği sapı yongaları hem yüzey tabakalarına hem de orta tabakaya %10, %20, %30 ve %40 oranlarında, endüstriyel odun yongası ile karıştırılarak laboratuvar ortamında yongalevha üretimi yapılmıştır. Üretilen yongalevhaların bazı fiziksel, mekanik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür. 2, 24 ve 48 saat su alma ve kalınlık artımı değerleri bakımından aynı oranlarda ayçiçeği sapı içeren levha grupları karşılaştırıldığında, hidro-termal işlem uygulanmış gruplarda üretilen levhaların belirtilen değerlerinde iyileşmeler (daha düşük) olduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeği sapı içeren tüm levhaların eğilme direnci değerleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Hidro-termal (HT) işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların eğilme direnci değerlerinin %40 oranı hariç diğer oranlarda HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların yapışma direnci değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların yapışma direnci değerleri %100 odun yongası içeren levhalara göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm ayçiçeği sapı içeren levhaların yüzey pürüzlülüğü değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı yongası içeren levhalarda ayçiçeği sapı oranının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin iyileştiği, buna karşın HT işlem uygulanmış gruplarda ise genel olarak bozulma belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Ayçiçeği sapı, Hidro-termal işlem, Yıllık bitki, Yongalevha.

ABSTRACT

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS PRODUCED FROM HYDRO THERMALLY TREATED AND NON-TREATED SUNFLOWER STALKS

Burak GÜNEYDİN

Düzce University

Institute of Graduate Studies, Department of Forest Industry Engineering, Wood
Mechanics and Technology Program

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI

August 2021, 61 pages

The objective of this study was to investigate the physical and mechanical properties of particleboards produced from hydro-thermally treated and non-treated sunflower stalks. In Turkey, approx. 3 million ton sunflower stalk, totally 61 million ton, annual plants are produced. There are a plenty of national and international study on the utilization of annual plants in the production of wood-based panels such as particleboard and fiberboard. In this study, industrial wood particles and sunflower stalks were used as a experimental materials. The sunflower stalks were coarsely chipped and then the particles were classified using a horizontal screen shaker. The particles of sunflower stalk were subjected to hydro-thermal treatment at temperatures of 180 and 200 °C for 10 and 20 minutes in a steam explosion machine. Hydro-thermal treated and untreated sunflower stalk particles were added to industrial wood particles at the rates of 10%, 20%, 30% and 40% both surface and middle layers, and particle board production was carried out in the laboratory conditions. The some physical, mechanical, and surface roughness values of the produced particleboards were determined. When the panel groups containing sunflower stalk at the same rates were compared, the hydro-thermal treated groups had lower 2, 24 and 48 hours water absorption and thickness swelling values. The bending strength values of all particle boards containing sunflower stalks were lower than that of the control group. It was found that the bending strength values of the panels containing HTT sunflower stalks were lower compared to the groups containing the same amount of un treated sunflower stalks, except for 40%. It was found that the internal bond strength values of the panels containing HTT sunflower stalks were higher than the groups containing the same amount of sunflower stalks without HTT. In addition, the internal bond strength values of the particleboards containing HTT sunflower stalks were found to be higher than the boards containing 100% industrial wood chips. All the boards containing sunflower particles had lower surface roughness than the control group. The surface roughness values of particleboards containing non-treated sunflower particles improved with the increase of sunflower particles ratio in the boards while it was contrary in HTT groups.

Keywords: Annual plants, Hydro-thermal treatment, Particleboard, Sunflower stalks.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde orman endüstrisinde orman kaynaklarının azalması hammadde konusunda sorun haline gelmeye başlamıştır. Bu sorunun nedenleri başlıca hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak tüketimin çoğalması, doğal afetler (yangın, heyelan vb.) ve geri dönüşüm çalışmalarının oldukça az olması olarak gösterilebilir. Hammadde kaynaklarının yetersiz oluşu sonucunda maliyetler artmış ve birçok firma için ekonomik sorunlar ortaya çıkmıştır.

Yongalevha endüstrisinin hızla gelişmesi ve üretimin artması, hammadde kaynağı olarak oduna alternatif yıllık bitkilerin kullanılabilmesi konusunda yapılan çalışmaların artmasına sebep olmuştur. Dünyada birçok yongalevha fabrikası yıllık bitkileri hammadde olarak kullanmaktadır. Ülkemizde önemli miktarlarda buğday, pamuk, mısır ve ayçiçeği bitkileri üretilmektedir. Her hasattan sonra ürünleri toplanan bu bitkilerin atıkları ise hayvan yemi olarak kullanılmakta veya tarlada yakılarak bertaraf edilmektedir.

Yongalevha endüstrisinde yıllık bitkilerin kullanılması konusunda yapılan araştırmaların sonucu giderek azalan orman kaynaklarının tüketiminin sınırlandırılması, üretim maliyetlerinin azalması ve üretim yapan çiftçiye ekonomik yönden önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu tezin amacı, hidro-termal işlemin ve ayçiçeği sapı oranının yongalevhanın fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi ve ayçiçeği sapının yongalevha üretiminde kullanılabilirliğini arttırmaktır.

1.1. YONGALEVHANIN TANIMI

TS EN 309 (Ahşap Yongalevhalar – Tarif ve Sınıflandırma) Standardına göre: Ahşap Yongalevhalar; Odun parçalarından (odun parçaları, yonga, testere talaşı, rende talaşı vb.) ve/veya lignoselülozik materyallerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği vb. odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkallanması sonrası sıcak

preslenmesiyle elde edilen levhalardır.

Yongalevhalar özgül ağırlık, tabaka sayısı, yonga büyüklüğü ve geometrisi, yüzey işlemleri, yüzey kaplama malzemesi, kalınlık, tutkal cinsi, kullanım amacı, üretimde kullanılan hammadde cinsi, presleme yöntemi ve kalıplanmış levha üretim metodu gibi kriterlere göre sınıflandırılmaktadır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

2.1.1. Ağaç Malzeme

Yongalevha üretiminde ana hammadde olarak odun kullanılmakta ve levha ağırlığının yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Yapacak ve yakacak odun olarak kullanılan tüm odun hammaddesi yongalevha üretiminde kullanılabilir. Ayrıca kapak tahtaları, çıtalar ve tahtalar, testere talaşı, kaplama üretimdeki ortaya çıkan artıklar gibi birçok madde de yongalevha üretiminde değerlendirilebilir. Ancak direnç değerlerine olumsuz etki edeceğinden kullanılan hammaddenin çürüklük içermemesi gerekmektedir.

Yongalevha üretiminde önceleri iğne yapraklı ağaç (çam, ladin, göknar) odunları kullanılırken, kolay bulunabilirliği ve maliyet açısından daha uygun olması sebebiyle kayın, kavak, kızılâğaç, meşe ve söğüt gibi yapraklı ağaç türleri de kullanılmaya başlanmıştır. Karacalıoğlu (1974) ve Öktem (1979) orman gülü odununun yongalevha üretiminde kullanılabileceğini bildirmiştir.

TS 1351' de belirtildiği üzere yonga odunları iğne yapraklı ve sert yapraklı olarak ikiye ayrılmakla birlikte yuvarlak odun ve yarma odun halinde hazırlanmaktadır. Yuvarlak olarak hazırlanan odunların uzunları 50-100-150-200 cm ince uç çapları ise 4-20 cm' dir. Yarma olarak hazırlananlarda ise uzunluk 100-200 cm, gövde uzunluğuna göre orta kısımdaki kalınlık en çok 20 cm olabilmektedir.

2.1.2. Yıllık Bitkiler

Yongalevha endüstrisinde üretimdeki en önemli hammadde odundur. Ancak son yıllarda odun hammaddesinin bulunmasında ortaya çıkan zorluklar neticesinde oduna alternatif olarak yıllık bitkilerin kullanılması bu soruna çözüm olarak görülmüştür.

Güler (2015) çalışmasında üretimi yapılan yıllık bitkilerden; pamuk sapı, ayçiçeği sapı,

mısır sapı, fındık zürufu, yer fıstığı kabukları kullanarak kompozit levhalar üretmiştir. İlgili standartlara göre örnekler alınan levhaların fiziksel özellikleri (su alma, kalınlık artımı) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme) test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda yıllık bitki atıklarından üretilen levhaların mekanik özelliklerinin odun bazlı yongalevhalarla göre daha düşük olmasına rağmen genel amaçlar için kullanılabilirdiği belirtilmiştir.

Yontar (2019) çalışmasında mısır sapını farklı oranlarda (%10, 25, 50, 75, 100) kullanarak yongalevhalar üretmiştir. Üç tabakalı olarak üre formaldehit tutkalı ile üretimi yapılan levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri standartlarda belirtilen esaslara uygun olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, mısır sapının üre formaldehit ile yongalevha üretiminde kullanılabilirdiğini ancak mısır sapı ilave oranın %75 ve %100 olduğu levhaların mekanik özelliklerinde yüksek miktarda düşüşün meydana geldiğini belirtmiştir.

Topbaşı (2013) çalışmasında farklı karışım oranlarında atık muz kabuğu ve kızılçam yongalarından, değişen oranlarda üre formaldehit tutkalı kullanarak $0,65 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta yongalevhalar üretmiştir. Üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi neticesinde, yüzeye dik çekme direnci değerlerinin standarda uygun, eğilme direnci ve kalınlığa şişme değerlerinin ise uygun olmadığı, levhaların hiçbirinden eğilmede elastikiyet modülü değeri elde edilemediğini belirtmiştir. Bu nedenle üretim yapılan parametrelerde orta yoğunluklu yongalevha üretimi yapılamayacağını ortaya koymuştur.

Mengeloğlu ve Alma (2002) yaptıkları çalışmalarında buğday saplarını kullanarak kompozit levhalar (yongalevha ve liflevha) üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen kompozit levhaların son derece kaliteli olduğunu belirtmiş olup odun kullanılarak üretilen levhalara göre birçok özellik (fiziksel ve mekanik) bakımından daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Karakuş (2007) tarafından sera atıklarının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi çalışmasında, %65'lik oranda çözelti değerine sahip üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkallarını farklı oranlarda kullanmıştır. Üç sera bitkisinin atıklarından toplamda 66 adet deneme levhası üretmiştir. Levhaların TSE standartlarına göre bazı fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, sera atıklarından

levha üretimi gerçekleştirmek için $0,730 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk değeri ve %10-12 oranında tutkal kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca atıklardan en iyi sonucu elde edebilmek için melamin üre formaldehitin üre formaldehite göre daha uygun olduğunu da belirtmiştir.

Sevincli (2014) farklı oranlar kullanarak atık lavanta bitkisinden yongalevhalar üretmiştir. Ürettiği levhalarda farklı oranlarda (%6, 8, 10, 12) üre formaldehit tutkalı kullanmıştır. $0,65 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğunda ürettiği yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Atık lavanta bitkisi ve kızılçam yongaları kullanılarak üretilen levhalara uygulanan testler sonucunda; yüzeye dik çekme direnci ve eğilme direnci değerlerinin TSE standartlarına uygun olduğu, kalınlığına şişme değerlerinin ise uygun olmadığı belirlenmiştir. Üretilen yongalevhaların hiçbirinden eğilmede elastikiyet modülü değeri tespit edilemediği belirtilmiştir.

Pirayesh ve Khazaeian (2012) çalışmalarında ceviz/badem kabuğundan üretilen yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile üre formaldehit emisyonu değerleri belirlenmiştir. Üre formaldehit tutkalı ile farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30, 100) ceviz/badem kabuğu kullanılarak levha üretimi yapılmıştır. Ceviz/badem kabuğunun eklenmesi ile levhaların su direncinin arttığı ve formaldehit emisyonunun azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak levha içerisindeki ceviz/badem kabuğu oranının artması ile mekanik özelliklerin azaldığı görülmüştür. Çalışma sonucunda ceviz/badem kabuklarının, kalınlığa şişme, su alma ve formaldehit emisyon oranı değerlerinin düşük olması sebebiyle iç mekanlarda kullanılan odun bazlı yongalevha imalatında alternatif hammadde kaynağı veya dolgu maddesi olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

2.1.2.1. Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Bitkisi Hakkında

Ayçiçeği yağ, küspe ve biyoyakıt amacı ile üretimi yapılan önemli bir yağ bitkisidir. Ayçiçeği yağı yemeklik kalitesi yönünden kullanımı en fazla olan bitkisel yağların başında gelir. Bu sebeple ülkemiz de başta olmak üzere dünyada birçok ülkede tarımı yapılmaktadır. Ayçiçeği, yetişeceği toprak tipi yönünden çok seçici olmamasına karşın organik madde olarak zengin, derin ve su tutması yüksek topraklarda daha iyi verim potansiyeline sahiptir. Kumsal topraklardan ağır yapıdaki killi topraklara kadar her türlü drenajı iyi sağlanmış toprakta tarımı yapılabilirliği mümkündür. Yetiştirilen önemli yağ bitkilerinden biri olan ayçiçeği ülkemizde de en fazla ekim alanına sahip olup en çok

üretimi yapılan yağ bitkisidir. Ayçiçeğinden bitkisel ham yağ üretiminin ülkemizdeki oranı %50'dir. Ayçiçeği, ülkemizde çoğunlukla yağlık olarak yetiştirilir. Ülkemizde ayçiçeği yağının tüketimi yıllık olarak yaklaşık 900 bin tondur. Ancak ülke mahsulünden üretimi yapılan ayçiçeği yağı ise yıllık yaklaşık 400-450 bin ton olmaktadır. Ayçiçeği tarımının dünyada en fazla olduğu ülkeler Ukrayna, Rusya, AB-28 ve Arjantin olup bu ülkeler dünyadaki toplam üretimin yaklaşık %75'lik oranını oluşturmaktadır. Türkiye'de yağlı tohum üretiminin toplamı 3,4 milyon ton civarındadır. Duru (2019) Türkiye İstatistik Kurumu 2018 yılı verilerine göre, 2017 yılında ülkemizde toplam 681,4 bin ha alanda yağlık ayçiçeği üretimi yapıldığını, 1 milyon 800 bin ton ayçiçeği tohumu ve 2640 kg/ha ortalama verim elde edildiğini belirtmektedir.

Ayçiçeği kazık kök yapısına sahip olmakla birlikte kök sistemi oldukça sağlamdır. Kökler 150-250 cm derinliğe kadar inebilmektedir. Gövde uzunlukları 0,5-5 metre arasında değişir ve tüylü bir yapıya sahiptir. Ayçiçeği sapının iç kısmı boş değildir. Çiçekler, ana sap veya dalların ucunda oluşan tablalarda meydana gelir. Tablalar altında birbirini üzerine kiremit benzeri dizilmiş olan sivri ve sapsız yapraklar bulundurulur. Tablalardaki tane sayısı 50-200 arasında değişmektedir. Tabla çapları 15-30 cm arasındadır. Ayçiçeği tohumları odunlaşmış bir kabuk içerisinde bulunur. Kabuk beyaz, siyah, grimsi-siyah veya alaca renklerinde olabilir. Tohumların %30-40'ı kabuk, %60-70'i iç kısımdan oluşmaktadır (Duru, 2019).

2.1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Sentetik Tutkallar

Levha üretiminde taslak oluşturulurken kullanılan hammadde (odun veya diğer lignoselülozik maddeler) çeşitli tutkallarla muamele edilir. Genellikle yongalevha endüstrisinde kullanılan termoset tutkallar çapraz bağlanma yapısına sahip olup ısı ile sertleşen polimerlerdir. Reaksiyon sonucunda fiziksel ve kimyasal yöntemlerle tutkalın geri dönüşümü mümkün değildir. Bu tür tutkallara üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit vb. formaldehit esaslı tutkallar örnek verilebilir (Demirkır, 2006).

2.1.3.1. Üre Formaldehit

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin kondenzasyonu reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Katı veya sıvı halde piyasada bulunabilen UF tutkalı yongalevha endüstrisinin %90' nında kullanılmaktadır. Bu tutkal sertleşme süresinin kısa,

kullanımının kolay, şeffaf ve ekonomik olması nedeniyle yüksek kullanım oranına sahiptir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). Sıvı formdaki tutkal 3-6 ay, katı formda ise 1 yıl bozulmadan saklanabilir. Tutkalın hazırlanması sırasında veya kullanımın öncesinde sertleştirici madde olarak en çok amonyum sülfat veya amonyum klorür ilave edilmektedir (Dinwoodie, 1983).

2.1.3.2. Fenol Formaldehit

FF tutkalı alkali katalizör ile fenol ve formaldehitin kondenzasyonu ile elde edilmektedir. UF gibi FF'de sıcaklık ile sertleşen bir reçinedir. Fenol formaldehit tutkalları resol ve novalak tipi olarak iki gruba ayrılmaktadır (Çolakoğlu, 1993).

135-155 °C arasındaki sıcaklıklarda sertleştirici bir maddeye gerek olmadan sertleşebilen FF tutkalı, UF tutkalı ile karşılaştırıldığında suya karşı daha dayanıklı olup maliyetleri yüksektir. Bu tutkal rutubet, yağ, organik çözücü ve aside karşı çok dirençlidir ancak mantar ve bakterilere karşı dayanıklı değildir. Genellikle dış cephelerde ve açık hava koşullarında kullanılması planlanan yongalevhaların üretiminde tercih edilir. Renginin koyu kahverengi olması sebebiyle kullanıldığı malzemenin rengini de koyulaştırır. Keskin ve ağır bir kokuya sahip olduğu için kullanıldığı yer iyi havalandırılmalı, üretimde ise görevli personel tarafından teneffüs edilmemeli ve koruyucu ekipmanlar giyilmelidir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

2.1.3.3. Melamin Formaldehit

Melamin formaldehit tutkalı üre formaldehit tutkalının üretimine benzer şekilde, melamin ile formaldehitin kondenzasyonu sonucu üretilmektedir. 90-140 °C arasındaki sıcaklıklarda sertleştirici eklemesi yapılmadan sertleşebilir. Sertleşme süresini azaltmak için sertleştirici kimyasal madde eklemesi yapılabilir. Bu tutkal üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkallarına göre daha yüksek su ve rutubet direncine sahip olsa da oldukça pahalı bir tutkaldır. Pahalı olması sebebiyle levha üretim tesislerinde kullanılması planlanan melamin tutkalına üre formaldehit ilavesi yapılmaktadır. Günümüzde daha çok laminat (yüzey kaplama) sektöründe kâğıtların emprenyesinde kullanılır. MF tutkalının kullanılması ile birlikte levha yüzeyleri parlak olup, kaynar suya, çizilmeye, yağ ve mürekkebe karşı dayanıklıdır.

2.2. YONGALEVHA ÜRETİMİ

Yongalevha üretiminin genel akışı; Kabuk soyma → Kaba Yongalama → Depolama → Yongaların inceltilmesi → Kurutma → Eleme → Depolama → Tutkallama → Serme → Taslak oluşumu → Soğuk Presleme (ön pres) → Sıcak presleme → Kenar alma → Soğutma (klimatize etme) → Zımparalama → Depolama → Satış aşamalarından meydana gelmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

2.2.1. Kabuk Soyma

Yongaların hazırlanmasında ilk aşama kabuk soymadır. Bu işlem elle veya makine ile yapılmaktadır. Orta tabakada kullanılacak yongaların üretiminde kabuk soyma kullanılmamaktadır. Ancak dış tabaka yongalarında yüzeyde lekelenmeye sebep olmasından dolayı kabuk soyma zorunludur.

2.2.2. Yongalama

Levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli etkenlerden biri yonga geometrisidir. Yongalar üretilirken kuvvetin uygulandığı yöne bağlı olarak; kırma, yarma ve ezme yöntemleri ile elde edilebilirler. Dış tabaka yongaları bıçaklı makinelerde kesme sureti ile üretimi gerçekleşir. Orta tabaka yongaları ise kalın olup çekiçli değirmenlerde kırma yöntemiyle üretilirler. İnce olan yongalar liflere paralel yönde kesme yoluyla veya kaba yongaların inceltme makinelerinde geçirilmesiyle elde edilir. Liflere dik yönde ve meyilli kesilen daha kalın olan odun parçaları da kaba yonga olarak adlandırılmaktadır.

2.2.3. Kurutma

Üretilen yongaların kurutma makinesine girmeden önceki rutubeti %35-120 arasındadır. Yonga rutubetinin fazla veya kuru olması durumunda; tutkalın sertleşmesinin zorlaşması, levhanın patlaması, yangın tehlikesi, presin kapanması sırasında yüzeydeki düzenin bozulması gibi problemler oluşabilmektedir. Bu nedenle levhaların presten çıkış rutubetine göre, yongaların %3-6 arasında rutubet miktarına kadar kurutulması gereklidir (Çakmak, 2008). Orta ve dış tabakada kullanılan yongaların rutubetlerinin farklı olması presleme aşamasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Yüzey

yongalarının birçok avantaj sağlamasından dolayı daha rutubetli olması istenir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). Rutubet oranındaki bu fark sıcak preslemede orta tabakaya ısının daha kolay geçmesini sağlayarak presleme süresini kısaltır. Dış tabaka yüzeyinin plastikleşmesi ile düzgün yüzey oluşumu sağlanır. Sıcak buharın etkisiyle yongaların direncinde azalma meydana gelir bununla birlikte daha fazla sıkışma sonucu yüzey özgül ağırlığı artar bu da eğilme ve deformasyon direncini artırmaktadır (Kalaycıoğlu, 1991).

2.2.4. Eleme

Üretim sırasında levha yüzeyinin oldukça homojen olması istenir. Bunun için de kurutulan yongalar eleme işlemine tabi tutulur. Bu aşamada toz ve küçük parçaların uzaklaştırılması ve çok kaba olan yongaların ise tekrar yongalanması için ayrıştırılması işlemi gerçekleşir.

Yongaların heterojen şekilde kullanılması durumunda yüzey düzgünlüğü bozulur ve porozite artar. Çok kaba olan yongalar orta kısımda birikerek levha kenar kaplamasının bozulmasına neden olur. Küçük veya toz halindeki parçacıkların kullanılması çok fazla tutkal sarfiyatına sebep olur. Mekanik eleklerin kullanılmasıyla yongalar boyutlarına göre sınıflandırılmış olur. Genellikle kurutma sonrasında yapılan bu sınıflandırma, kurutma öncesi yapıldığında daha ince yongaların kaba yongalara yapışmasıyla sınıflandırmanın düzgün olmasına engel olur (Bozkurt ve Göker, 1990).

2.2.5. Depolama

Yongalevha fabrikalarında üretilen veya üretimde kullanılacak olan kuru, yaş ve tutkallanmış yongaların depolanması için silolar kullanılır. Bu silolar üretim esnasında gerekli yonga miktarının gönderilmesi ile sonraki aşamada gecikme veya aksama yaşanmamasını sağlar.

Yonga siloları yongaların hareket yönüne göre; horizontal silo, vertikal silo ve döner silo olarak üçe ayrılmaktadır (Karakuş, 2007).

2.2.6. Tutkallama

Kullanılan yapıştırıcı madde de ağaç türünün yanı sıra levha kalitesini önemli ölçüde

etkilemektedir. Tutkal kalitesinin iyi ve yapışma direncinin yeterli olmasıyla birlikte, tutkallama işleminin de kusursuz şekilde yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yongaların tutkallanması işlemi, tutkal çözeltisinin çok küçük taneciklere ayrılarak yongalar üzerine püskürtülmesi ile noktasal tutkallama yöntemi şeklinde uygulanır (Çakmak, 2008).

Yonga geometrisi, yüzey düzgünlüğü, tutkallama makinesindeki yongaların hareketi tutkallamaya etki eden etmenlerdir. Levha üretiminde m²'ye 2 gr kuru, 8-12 gr da sıvı tutkal uygulanmaktadır (Çakmak, 2008).

Tutkallama oranları orta ve dış tabakada kullanılan yongalarda değişiklik gösterir. Tam kuru yonga ağırlığına göre hesaplanan tutkal miktarı yüzey tabakaları için %11, orta tabaka için ise %8 civarındadır. Tutkal miktarının artması ile levha özellikleri iyileşse de maliyeti artırmaktadır. Küçük tanecikli tutkalın püskürtülerek daha iyi yapışma alanı oluşturmasıyla levhanın direnç özellikleri artırılabilir (Göker ve Akbulut, 1992).

2.2.7. Serme

Özgül ağırlık yongalevhanın en önemli fiziksel özelliğidir. Levhanın tamamında özgül ağırlığın homojen olması istenir bu da ancak doğru çalışan bir serme sistemi ile mümkündür. Bu aşamada ortaya çıkabilecek en küçük bir hata ile levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz etki eder. Tutkallamadan çıkan yongaların yeknesak olarak taslak halinde serilmesi ve preslemeye hazır hale getirilmesi işlemi levha üretiminin en önemli aşamasıdır. Yongalevha üretimindeki serme sistemleri dökme, savurma, rüzgârlama ve sınıflandırma şeklindedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Sermenin uygun şekilde yapılmaması sonucunda fiziksel özelliklerde ve özgül ağırlıkta değişime yol açacak aynı zamanda preslemenin de doğru yapılmamasına sebep olacaktır. Özgül ağırlıktaki değişiklik levhanın mekanik özelliklerini değiştirmesinin yanı sıra çarpılma ve eğrilmeler meydana getirmesi nedeniyle önem arz etmektedir (Avcı, 2007).

2.2.8. Presleme

Yongalevha üretiminde soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı presleme uygulanır. Levha taslağının doğrudan sıcak prese gönderilmesi durumunda pres katları arasında açıklık

oluşmakta bu nedenle presin kapanma süresi uzar ve ısı kaybı oluşur. Bununla birlikte yüzey pürüzlülüğü bozulmakta, dış ve orta tabaka git gide açılmakta, ince olan yongalar sarsıntı ile beraber alt tabakaya geçerek levha taslağındaki homojen yapıyı bozmaktadır. Soğuk presin (ön pres) basınç değeri 15-20 kg/cm² arasında değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Soğuk presin uygulanmasındaki amaç, levha tabakasının arasındaki bağın sağlamlaştırılması, sıcak preste açılma yüksekliğini azaltarak ısı ve süreden tasarruf edilmesi, sermenin sonrasında yongaların yüzeylere paralel hale gelmesidir (Kara, 2019).

Oluşturulan yongalevha taslağı sıcak pres aşamasında levha özelliğini kazanmış olur. Sıcak presleme sırasında uygulanan sıcaklığın ve basıncın etkisi ile yongalar plastikleşir ve istenilen kalınlıkta stabil bir malzeme elde edilir. Presleme süresi; levha taslağının rutubeti, pres sıcaklığı, levha kalınlığı ve presin kapanma süresine bağlıdır. Sıcak preste basınç değeri levhanın özgül ağırlığına ve taslak kalınlığına bağlı olarak 20-35 kg/cm² dir. Pres sıcaklığı kullanılan tutkal türüne göre 150-220 °C arasındadır (Bardak, 2014).

2.2.9. Soğutma (Klimatize Etme)

Presten çıkan levhanın orta tabakasında sıcaklık, rutubet dolayısıyla 100 °C civarındadır, dış yüzey sıcaklığı da pres plakasının sıcaklığına yakındır. Bu esnada dış yüzeyler hava ile temas ederek hızlı bir şekilde soğumakta, buna karşın orta tabakada ise soğuma daha yavaş şekilde gerçekleşir. Ayrıca soğuma sonucu levhanın orta kısmındaki rutubet dış tabakaya doğru ilerler. Bununla birlikte levhanın iç tarafında daralma, yüzey taraflarında ise rutubete bağlı genişleme ortaya çıkar. Bu sebeple presten çıkan levhalar yıldız soğutucularda 40-85 °C' ye kadar soğutulmaktadır (Biçer, 2014).

2.2.10. Ebatlama (Boyutlandırma)

Presten sonra veya soğutma işleminden sonra ebatlama yapılabilir. Ancak levhalar sıcakken yapılması uygun değildir. Kenar alma işlemi soğutma işleminden önce yapılırsa kenar görünümleri kaba olur ve yongalar kesilmeden koparak çıkar. Bu sebeple ebatlama işlemi klimatizasyondan sonra yapılmalıdır (Biçer, 2014).

Levhalar önce kenar kesme testereler ile eni yönünde ebatlanır sonrasında boy kesme testereleri ile istenilen uzunluğa göre boylanır. Testereler genellikle tesislerde yedekli olarak bulunur ve sürekli sistemlerde testereler en az günde 1 kez değiştirilir (Güler ve Sancar, 2016).

2.2.11. Zımparalama

Özellikle mobilya endüstrisinde kullanılacak olan yongalevhalar kullanım için hazır değildirler. Yüzeyleri pürüzlü ve kalınlıkları farklıdır. Levha yüzeylerini sonraki uygulanacak işlemlere hazırlamak ve kalınlıkta oluşabilecek hataların önüne geçmek için genellikle 6-8 silindirli zımparala makinelerinde zımparalanır (Biçer, 2014).

2.2.12. Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırma

Levhalar kalınlık ölçümünde elde edilen değerlere göre kalınlık değerlerinin sapmaları $\pm 0,3$ 'den fazla olanlar 2.sınıf olarak işlem görürler. Sınıflandırılan levhalar düz bir altlığın üzerine üst üste konarak 18-24 °C sıcaklıkta ve %60-65 rutubette depolanır. Levhalar içerisindeki reaksiyonun biterek formaldehit emisyonunun azalması ve levha yüzeyinde tam olarak sertleşmenin gerçekleşmesi için ambar ve depolarda en az 1 gün süre ile bekletilirler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Tez çalışması kapsamında materyal olarak ayçiçeği sapları ile yongalevha fabrikasından tedarik edilen endüstriyel odun yongaları kullanılmıştır. Tez kapsamında kullanılan endüstriyel odun yongaları Kocaeli Gebze’de faaliyet gösteren Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş.’nin yongalevha üretim tesislerinden temin edilmiştir. Yapıştırıcı materyal olarak yongalevha üretiminde çokça tercih edilen üre formaldehit (UF) tutkalı kullanılmıştır. Ayçiçeği bitkisi sapları Tekirdağ yöresinden temin edilmiştir.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Hammaddelerin Hazırlanması

3.2.1.1. Yıllık Bitki ve Odun Yongalarının Hazırlanması

Ayçiçeği sapları Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi’ne getirilerek yongalevha üretimi için Şekil 3.1’de gösterilen Retsch SM100 Marka öğütücüde öğütülmüştür. 3-1,5 mm ve 1,5-0,8 mm elekler arasında kalan yongalar sırasıyla orta ve yüzey tabakalarında kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Ayçiçeği saplarının öğütüldüğü Retsch SM100 öğütücü.

Elenen ayçiçeği sapı yongalarının bir kısmı hidro-termal işlem uygulanmamış gruplar için ayrılmış, diğer kısım ayçiçeği sapı yongalarına laboratuvar şartlarında Şekil 3.3’de gösterilen buhar patlatma (steam explosion) cihazı kullanılarak 180 °C’de 10 dakika ve 20 dakika, 200 °C’de 20 dakika süre ile hidro termal işlem uygulanmıştır. Hidro termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı yongaları etüvde 100 °C’de 24 saat süre ile kurutulmuşlardır.



Şekil 3.2. Ayçiçeği sapslarına buhar patlatma cihazı ile hidro termal işlem uygulanması.

3.2.2. Yongalevhaların Üretimi

Ayçiçeği sapsları orta ve yüzey tabakalar için öğütücü değirmen kullanılarak yongalama işlemi yapılmıştır. Sonrasında yongalar eleme makinesinde elenerek orta tabaka ve yüzey tabakaları için yongalar ayrıştırılmıştır. Endüstriyel odun yongaları fabrika ortamında kurutmayı takiben (ortalama %3-4 neme sahip) tutkallama hattına girmeden ambalajlanarak Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Ahşap Levha Üretim Laboratuvarına getirilmiştir.

Tez kapsamında ilk olarak %100 odun yongası içeren kontrol levhası üretilmiştir. Sonrasında HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış ayçiçeği sapı yongaları hem yüzey tabakalarına hem de orta tabakaya %10, %20, %30 ve %40 oranlarında odun yongası ile karıştırılarak levhalar üretilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Üretilen yongalevhalar.

Her deneme grubu için 18 mm kalınlığa sahip 50 x 50 cm boyutlarında 1'er adet levha üretilmiştir. Deneme levhalarının üretimi Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Ahşap Levha Üretim Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tutkallama işlemi sabit devirde dönen tamburlu tutkallama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Yongalevha üretiminde endüstriyel olarak en fazla tercih edilen üç tabakalı yatık yongalı üretim metodu tercih edilmiştir.

Çizelge 3.1'de yongalevhaların üretim dizaynı ve Çizelge 3.2'de yongalevhaların üretim parametreleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yongalevhaların üretim dizaynı.

Levha Türü	Termal İşlem Metodu	Uygulanacak Termal İşlem		Yıllık Bitki Oranı (%)	Odun Yongası Oranı (%)
		Sıcaklık	Süre		
		(°C)	(dak)		
A	-	-	-	0	100
B	-	-	-	10	90
C	-			20	80
D	-			30	70
E	-			40	60
F*	-	-	-	20	80
G	HT	180	20	10	90

Çizelge 3.1. (devam) Yongalevhaların üretim dizaynı.

I	HT	180	20	30	70
J				40	60
K		200	20	20	80
L		180	10	20	80
M*		180	20	20	80

* Sadece orta tabaka yongasına eklenmiş

Çizelge 3.2. Yongalevhaların üretim parametreleri.

Parametre	Değer
Levha yoğunluğu (g/cm ³)	0.650
Pres sıcaklığı (°C)	160
Pres süresi (dak)	10
Basınç (N/mm ²)	2.4-2.6
Kalınlık (mm)	18
Levha boyutları (mm)	500x500
Dış tabaka oranı (%)	60
Orta tabaka oranı (%)	40

Yapıştırıcı olarak katı madde miktarı %55 olan UF tutkalı kullanılmıştır. Tutkal miktarı (kuru yonga ağırlığına oranla) orta tabaka için %8 ve yüzey tabakası için %10 olarak kullanılmıştır. Tutkala ayrıca sertleştirici olarak tam kuru tutkal ağırlığının %1'i oranında Amonyum Klorür (NH₄Cl) katılmıştır. Tutkallı yonga karışımı uniform olarak serilerek levha taslağı oluşturulmuş ve sıcak preste belirlenen sıcaklık ve basınç altında preslenmek suretiyle levha haline getirilmiştir.

3.2.3. Deney Örneklerinin Kesilmesi ve Hazırlanması

Üretilen yongalevhalarından ilgili standartlarda belirtilen ölçülerde Şekil 3.4 ve 3.5'te görülen deney örnekleri hazırlanmıştır. Deney örnekleri Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi ahşap atölyesinde hazırlanmıştır. Su alma ve yüzey pürüzlülüğü testleri için grup başına 20'şer adet 50x50x18 mm, yapışma testi için 50x50x18 mm 10'ar adet, eğilme ve elastikiyet modülü testleri için grup başına 10'ar adet 420x50x18 mm ebatlarında örnekler kesilip hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Deney örnekleri.

3.2.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Üretilen yongalevhaların yoğunluk, 2, 24 ve 48 saat su alma ve kalınlık artımı değerleri belirlenmiştir.

3.2.4.1. Yoğunluk

Üretilen deneme levhalarından hazırlanan 5 cm x 5 cm x levha kalınlığı boyutlarında her bir gruptan en az 20 adet olmak üzere yoğunluk örneği hazırlanmıştır ve Şekil 3.5'te verilen örneklerde TS EN 323 standardına göre yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.6. İMAL Modena test makinası ve eğilme testi.

3.2.5.2. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci (Yapışma Direnci)

Üretilen deneme levhalarından hazırlanan 5 cm x 5 cm x levha kalınlığı boyutlarında olan örnekler Şekil 3.7’de gösterildiği şekilde TS EN 319 standardına göre levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. İMAL Modena test makinası ve yüzeye dik çekme deneyi.

3.2.6. Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri 50x50 mm boyutlarındaki deney örnekleri yüzeylerinde rasgele seçilen kısımlarda yapılmıştır. Her deney grubu için 20 örnek kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde Şekil 3.8’de gösterilen iğne taramalı Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ortalama pürüzlülük (R_a), maksimum pürüzlülük (R_{max}) ve on nokta yüksekliği (R_z) değerleri TS 6956 EN ISO 4287 standardına göre belirlenmiştir. Pürüzlülük değerleri 0.5 μm duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçümlerde tarama uzunluğu 12,5 mm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.8. Mitutoyo SJ-301 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.

3.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler

İstatistiksel hesaplar ve değerlendirmeler için SPSS programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki tüm gruplara ait bazı tanımlayıcı istatistiksel değerler tablolar halinde verilmiştir. Ayçiçeği sapı oranı, hidro-termal işlemin sıcaklık ve süresi ölçüm sonuçları üzerine etkisinin %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığı basit varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığının belirlenmesi için Duncan testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

4.1.1. Yoğunluk

Üretilen yongalevhaların yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikler.

Grup	Örnek sayısı(N)	Ortalama (g/cm ³)	Std. Sapma(δ)	Std. Hata(SE)	En düşük değer (g/cm ³)	En yüksek değer (g/cm ³)	C _v (%)
A	20	0,632	0,031	0,007	0,538	0,684	4,91
B	20	0,623	0,029	0,006	0,556	0,659	4,65
C	20	0,627	0,046	0,010	0,499	0,682	7,34
D	20	0,596	0,055	0,012	0,464	0,679	9,23
E	20	0,603	0,036	0,008	0,502	0,652	5,97
F	20	0,621	0,057	0,013	0,551	0,807	9,18
G	20	0,639	0,038	0,009	0,553	0,695	5,95
H	20	0,607	0,076	0,017	0,496	0,712	12,52
I	20	0,596	0,057	0,013	0,490	0,686	9,56
J	20	0,620	0,042	0,009	0,504	0,666	6,77
K	20	0,617	0,042	0,009	0,541	0,675	6,81
L	20	0,624	0,054	0,012	0,492	0,691	8,65
M	20	0,641	0,042	0,009	0,518	0,683	6,55

%100 odun yongası içeren A grubu levhaların yoğunluk değeri 0,632 g/cm³ olarak bulunmuştur. En düşük yoğunluk değeri D ve I gruplarında (0,596 g/cm³) ve en yüksek yoğunluk değeri M grubunda (0,641 g/cm³) tespit edilmiştir.

Üretilen yongalevhaların yoğunluk değerleri arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. Yoğunluk değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Yoğunluk değerleri varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	0,053	12	0,004	1,886	0,037
Grup İçi	0,576	247	0,002		
Genel	0,628	259			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen levhaların yoğunluk değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır. Yoğunluk değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

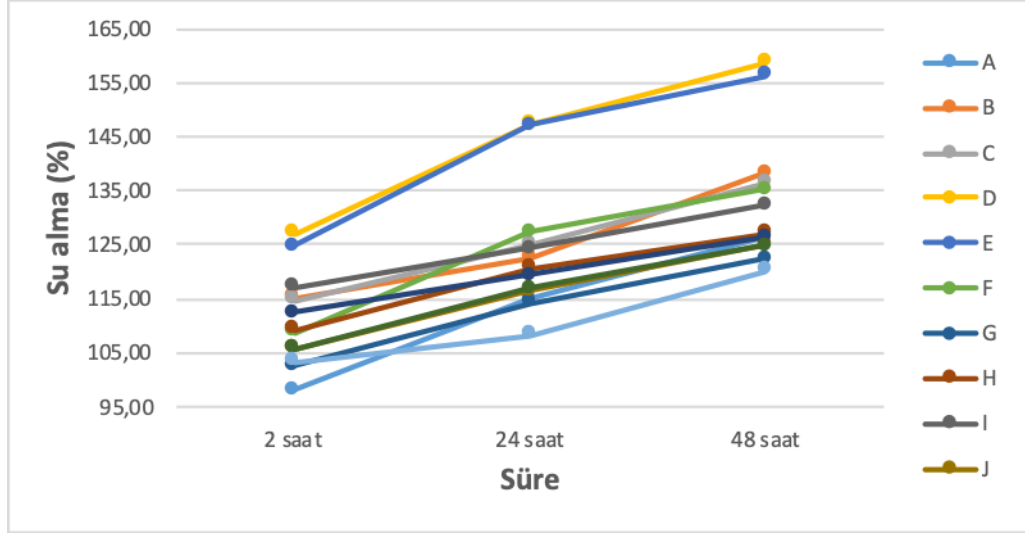
Çizelge 4.3. Yoğunluk değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
D	20	0,596		
I	20	0,596		
E	20	0,603	0,603	
H	20	0,607	0,607	0,607
K	20	0,617	0,617	0,617
J	20	0,620	0,620	0,620
F	20	0,621	0,621	0,621
B	20	0,623	0,623	0,623
L	20	0,624	0,624	0,624
C	20	0,627	0,627	0,627
A	20		0,632	0,632
G	20			0,639
M	20			0,641
Önem düzeyi		0,095	0,116	0,061

Duncan testi sonuçlarına göre yoğunluk değerleri bakımından D-I-E-H-K-J-F-B-L-C grupları, E-H-K-J-F-B-L-C-A grupları ve H-K-J-F-B-L-C-A-G-M grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

4.1.2. Su Alma

Üretilen levhaların su alma değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Yongalevha gruplarının su alma - zaman grafiği.

Çizelge 4.4. Su alma değerleri tanımlayıcı istatistikler.

Süre	Grup	N	X (%)	δ	SE	X_{\min} (%)	X_{\max} (%)	C_v (%)
2 saat	A	20	98,7	14,07	3,15	73,9	140,4	14,26
	B	20	115,7	13,93	3,11	91,4	136,9	12,04
	C	19	116,7	25,13	5,77	78,9	200,9	21,53
	D	20	128,8	23,99	5,36	104,2	212,9	18,62
	E	20	125,6	13,12	2,93	101,4	147,2	10,45
	F	20	110,5	20,67	4,62	53,6	144,7	18,70
	G	20	103,1	13,15	2,94	80,5	131,9	12,75
	H	20	112,0	24,17	5,40	73,2	142,4	21,57
	I	20	118,9	20,03	4,48	91,3	160	16,85
	J	20	107,0	20,38	4,56	76,6	165,4	19,05
	K	20	113,5	15,52	3,47	82,1	138,8	13,67
	L	20	107,6	22,48	5,03	73,4	164,4	20,89
	M	20	104,2	15,58	3,48	88,5	135,5	14,95
24 saat	A	20	115,6	17,15	3,84	87,4	167,5	14,84
	B	20	123,3	16,85	3,77	99,7	150	13,67
	C	19	127,1	26,29	6,03	91,1	216,3	20,69
	D	20	149,5	27,31	6,11	117,1	242,2	18,27
	E	20	147,9	14,97	3,35	121,9	174,5	10,12
	F	20	129,3	23,16	5,18	62,1	163	17,92
	G	20	114,9	14,13	3,16	91,4	147,3	12,30
	H	20	123,2	24,60	5,50	83,7	155,2	19,96
	I	20	126,0	21,20	4,74	97	170,1	16,82

Çizelge 4.4. (devam) Su alma değerleri tanımlayıcı istatistikler.

	J	20	117,7	20,7	4,63	87,8	177	17,58
	K	20	120,4	15,85	3,54	90	147,3	13,16
	L	20	118,6	22,87	5,11	83,7	177,4	19,28
	M	20	109,2	15,99	3,57	89	137,3	14,65
48 saat	A	20	127,4	19,55	4,37	99,5	176,2	15,35
	B	20	138,7	17,46	3,9	110,1	168,8	12,59
	C	19	138,7	27,19	6,24	98,6	224,8	19,61
	D	20	160,8	29,3	6,55	122,3	261,6	18,22
	E	20	156,9	14,95	3,34	124,6	180,1	9,52
	F	20	137	23,18	5,18	75,1	166,9	16,92
	G	20	123,2	16,11	3,6	95,9	159,9	13,07
	H	20	129,9	25,11	5,62	85,2	163,9	19,33
	I	20	134,1	22,85	5,11	102,4	185,1	17,04
	J	20	126,3	22,99	5,14	92	191,9	18,19
	K	20	127,3	17,77	3,97	91,4	160	13,96
	L	20	126,6	24,06	5,38	88,5	195,8	19,01
	M	20	121,1	18,1	4,05	100,3	153,8	14,95

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 2 saat su alma değeri %98,7 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların 2 saat su alma değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun ayçiçeği saplarının odun yongalarına göre daha higroskopik olmasından kaynakladığı düşünülmektedir. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki/tarımsal atık içeren levhalarda daha yüksek su alma değerleri bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 1992; Yalınkılıç vd., 1998; Nemli, Kalaycıoğlu, Alp, 2001; Nemli, Kırıcı, Serdar, Ay, 2003; Alma, Kalaycıoğlu, Bektaş, Tutuş, 2005; Bektaş, Güler, Kalaycıoğlu, 2002; Bektaş, Güler, Kalaycıoğlu, Mengeloğlu, Nacar, 2005; Cöpür, Güler, Akgül, Taşcıoğlu, 2007; Güler ve Özen, 2004; Güler, Bektaş, Kalaycıoğlu, 2006; Güler, Cöpür, Taşcıoğlu, 2008; Grigoriou, Passialis, Youlgradis, 2000; Turreda, 1983; Mo, Cheng, Wang, Sun, 2003). Yapılan çalışmalarda levhaların daha su alma değerlerine sahip olması genel olarak üretimde kullanılan yıllık bitkilerin yüksek derecede su tutucu olmasına ve kimyasal yapısının oduna göre farklı olmasına bağlanmıştır.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 2 saat su alma değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktardaki ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) 2 saat su alma değeri %112,0'dan %113,5'e artmıştır. HT işlem süresi 20

dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 2 saat su alma değeri %112,0'dan %107,6'ya düşmüştür.

Sadece orta tabaka yongasına % 20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) 2 saat su alma değeri % 110,5 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına % 20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) % 104,2 olarak bulunmuştur.

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 24 saat su alma değeri %115,6 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat su alma değerleri genel olarak kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki içeren levhalarda daha yüksek su alma değerleri bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 1992; Yalınkılıç vd., 1998; Nemli vd., 2001; Nemli vd., 2003; Alma vd., 2005; Bektaş vd., 2002; Bektaş vd., 2005; Cöpür vd., 20007; Güler ve Özen, 2004; Güler vd., 2006; Güler vd., 2008; Grigoriou vd., 2000; Turreda, 1983; Mo vd., 2003). Yapılan çalışmalarda levhaların yüksek kalınlık artışına sahip olması genel olarak üretimde kullanılan yıllık bitkilerin yüksek derecede su tutucu olmasına bağlanmıştır.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat su alma değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktardaki ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) 24 saat su alma değeri %123,2'den %120,4'e düşmüştür. HT işlem süresi 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 24 saat su alma değeri %123,2'den %118,6'ya düşmüştür. Tomek (1966) tarafından da bulunmuştur. Tomek (1966) meşe yongalarına kısa süreli aralıklarla (1-8 dakika) ve değişen sıcaklıklarda (230-300 °C) ısıtma işlemi uygulamıştır. 260 °C de 4 dakika uygulanan işlemin optimum sonuçlar verdiğini, 24 saat su alma değerlerinde %33 azalma meydana geldiğini belirtmektedir.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) 24 saat su alma değeri %129,3 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) %109,2 olarak bulunmuştur.

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 48 saat su alma değeri %127,4 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat su alma değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat su alma değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktardaki ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) 48 saat su alma değeri %129,9'dan %127,3'e düşmüştür. HT işlem süresi 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 48 saat su alma değeri %129,9'dan %126,6'ya düşmüştür.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) 48 saat kalınlık artımı değeri %137,0 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) %121,1 olarak bulunmuştur.

Üretilen levhalar arasında 2, 24, 48 saat su alma değerleri arasında farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir. 2, 24, 48 saat su alma değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Su alma değerleri varyans analizi sonuçları.

	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
2 saat	Gruplar Arası	18248,6	12	1520,7	4,165	0
	Grup İçi	89814,7	246	365,1		
	Genel	108063,3	258			
24 saat	Gruplar Arası	34234,9	12	2852,9	6,776	0
	Grup İçi	103579,9	246	421,1		
	Genel	137814,8	258			
48 saat	Gruplar Arası	35965	12	2997,1	6,29	0
	Grup İçi	117221,4	246	476,5		
	Genel	153186,3	258			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen levhaların su alma değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Duncan testi ile belirlenmiştir. Su alma değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8' de gösterilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 2 saat su alma değerleri bakımından A-G-M-J-L-F-H, G-M-J-L-F-H-K-B-C, J-L-F-H-K-B-C-I, K-B-C-I-E ve B-C-I-E-D grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.6. 2 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$				
		1	2	3	4	5
A	20	98,7				
G	20	103,1	103,1			
M	20	104,2	104,2			
J	20	107,0	107,0	107,0		
L	20	107,6	107,6	107,6		
F	20	110,5	110,5	110,5		
H	20	112,0	112,0	112,0		
K	20		113,5	113,5	113,5	
B	20		115,7	115,7	115,7	115,7
C	19		116,7	116,7	116,7	116,7
I	20			118,9	118,9	118,9
E	20				125,6	125,6
D	20					128,8
Önem düzeyi		0,056	0,058	0,097	0,076	0,053

Çizelge 4.7. 24 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
M	20	109,2		
G	20	114,9	114,9	
A	20	115,6	115,6	
J	20	117,7	117,7	
L	20	118,6	118,6	
K	20	120,4	120,4	
H	20	123,2	123,2	
B	20	123,3	123,3	
I	20		126	
C	19		127,1	
F	20		129,3	
E	20			147,9
D	20			149,5
Önem düzeyi		0,065	0,065	0,805

Duncan testi sonuçlarına göre 24 saat su alma değerleri bakımından M-G-A-J-L-K-H-B, G-A-J-L-K-H-B-I-C-F ve E-D grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

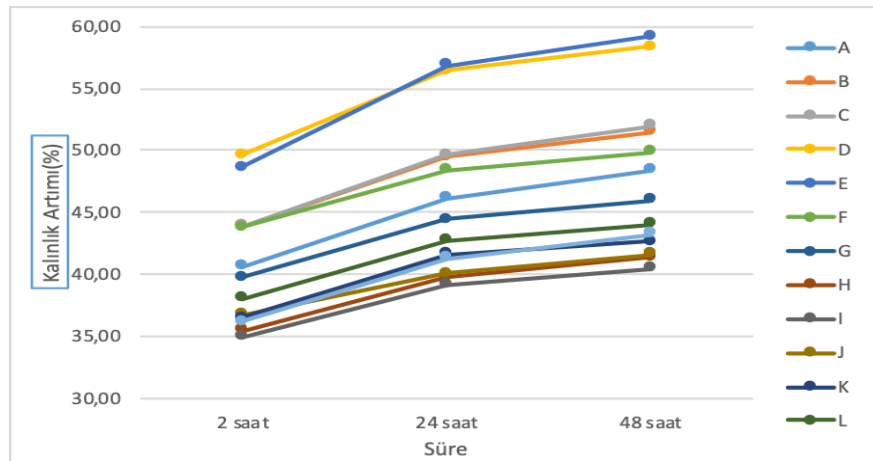
Çizelge 4.8. 48 saat su alma değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
M	20	121,1		
G	20	123,2	123,2	
J	20	126,3	126,3	
L	20	126,6	126,6	
K	20	127,3	127,3	
A	20	127,4	127,4	
H	20	129,9	129,9	
I	20	134,1	134,1	
F	20	137,0	137,0	
C	19		138,7	
B	20		138,7	
E	20			156,9
D	20			160,8
Önem düzeyi		0,052	0,062	0,574

Duncan testi sonuçlarına göre 48 saat su alma değerleri bakımından M-G-J-L-K-A-H-I-F, G-J-L-K-A-H-I-F-C-B ve E-D grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

4.1.3. Kalınlık Artımı

Üretilen levhaların kalınlık artımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.9’da ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yongalevha gruplarının kalınlık artımı – zaman grafiği.

Çizelge 4.9. Kalınlık artımı değerleri tanımlayıcı istatistikler.

Süre	Grup	N	X (%)	δ	SE	X_{\min} (%)	X_{\max} (%)	C_v (%)
2 saat	A	20	40,7	3,99	0,89	33,8	48,2	9,81
	B	20	43,9	4,48	1	35,1	50,7	10,21
	C	19	43,7	5,35	1,23	34	54,3	12,22
	D	20	49,7	4,58	1,02	37,2	55,9	9,21
	E	20	48,7	3,71	0,83	41,6	57,1	7,62
	F	20	43,8	4,25	0,95	35,7	55,5	9,72
	G	20	39,8	3,43	0,77	33	47,9	8,61
	H	20	35,4	2,82	0,63	29,2	39,9	7,97
	I	20	35	2,62	0,59	31,7	41,3	7,5
	J	20	36,7	2,94	0,66	31	41,8	8,02
	K	20	36,5	3,23	0,72	32	43	8,84
	L	20	38	3,27	0,73	31,1	44,2	8,61
	M	20	36,2	4,76	1,07	23,7	45,4	13,15
24 saat	A	20	46,2	4,28	0,96	38,2	53,4	9,27
	B	20	49,5	4,95	1,11	38,6	57,2	9,98
	C	19	49,5	6,42	1,47	36,9	61,5	12,95
	D	20	56,4	4,57	1,02	46	64,4	8,1
	E	20	56,9	4,11	0,92	48,6	64,2	7,22
	F	20	48,5	4,98	1,11	40,6	57,8	10,28
	G	20	44,5	3,72	0,83	37,2	51,6	8,36
	H	20	39,7	3,47	0,78	32	45,4	8,75
	I	20	39,2	3,04	0,68	34,9	45,5	7,75
	J	20	40	3,59	0,8	33	46,5	8,97
	K	20	41,6	3,2	0,72	35,1	48,6	7,68
	L	20	42,8	3,27	0,73	36,5	48,3	7,64
	M	20	41,3	4,4	0,99	29,8	47,8	10,66
48 saat	A	20	48,5	4,63	1,04	38,9	57,1	9,56
	B	20	51,5	5,1	1,14	40,4	59,6	9,9
	C	19	51,8	6,53	1,5	39,1	65	12,6
	D	20	58,5	5,05	1,13	47,8	66,4	8,64
	E	20	59,2	4,22	0,94	51,6	66,8	7,13
	F	20	49,9	5,26	1,18	42,7	59,6	10,54
	G	20	46	3,68	0,82	39,3	52,7	8,01
	H	20	41,3	3,65	0,82	33,8	46,8	8,85
	I	20	40,4	2,99	0,67	36,5	46,9	7,4
	J	20	41,6	3,74	0,84	34,1	47,5	8,99
	K	20	42,7	3,64	0,81	36	49,7	8,52
	L	20	44	3,52	0,79	36,8	50,9	7,98
	M	20	43,3	4,36	0,98	30,8	52,6	10,07

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 2 saat kalınlık artımı değerleri %40,7 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların kalınlık artımı değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki içeren levhalarda daha yüksek kalınlığına şişme değerleri bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 1992; Yalınkılıç vd., 1998; Nemli vd., 2001; Nemli vd., 2003; Alma vd., 2005; Bektaş vd., 2002; Bektaş vd., 2005; Cöpür vd., 20007; Güler ve Özen, 2004; Güler vd., 2006; Güler vd., 2008; Grigoriou vd., 2000; Turreda, 1983; Mo vd., 2003). Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla kalınlık artımı değerlerinin genel olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun ayçiçeği saplarının odun yongasına göre kimyasal yapısının farklı olması ve daha higroskopik olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bektaş vd. (2002) %100 ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların 2 saat kalınlık artımı değerlerinin pres basıncı ve tutkal miktarına bağlı olarak %19,50- %42,56 arasında değiştiğini belirlemiştir.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 2 saat kalınlık artımı değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların kalınlık artımı değerleri %100 odun yongası içeren levhalara göre de daha düşük bulunmuştur. Uygulanan HT işlem sonucunda kalınlık artımı değerlerinde önemli derecede iyileşmeler meydana gelmiştir. HT işlem sıcaklığının 180 °C ‘den 200 °C’ye çıkması durumunda (H-K grupları) 2 saat kalınlık artımı değeri %35,4’den %36,5’e artmıştır. HT işlem süresinin 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 2 saat kalınlık artımı değeri %35,4’den %38,0’e artmıştır.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) 2 saat kalınlık artımı değeri %43,8 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) %36,2 olarak bulunmuştur

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 24 saat kalınlık artımı değeri %46,2 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat kalınlık artımı kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki içeren levhalarda daha yüksek kalınlığına şişme değerleri bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 1992; Yalınkılıç vd., 1998; Nemli vd., 2001; Nemli vd.,

2003; Alma vd., 2005; Bektaş vd., 2002; Bektaş vd., 2005; Cöpur vd., 20007; Güler ve Özen, 2004; Güler vd., 2006; Güler vd., 2008; Grigoriou vd., 2000; Turreda, 1983; Mo vd., 2003).

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat kalınlık artımı değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktardaki ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların 24 saat kalınlık artım değerleri %100 odun yongası içeren levhalara göre de daha düşük bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) 24 saat kalınlık artımı değeri %39,7'den %41,6'ya artmıştır. HT işlem süresi 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 24 saat kalınlık artımı değeri %39,7'den %42,8'e artmıştır. Tomek (1966) meşe yongalarına kısa süreli aralıklarla (1-8 dakika) ve değişen sıcaklıklarda (230-300 °C) ısıtma işlemi uygulamıştır. 260 °C de 4 dakika uygulanan işlemin optimum sonuçlar verdiğini ve 24 saat kalınlığına şişme değerlerinde % 45-50 azalma meydana geldiğini belirtmektedir.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) 24 saat kalınlık artımı değeri %48,5 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) %41,3 olarak bulunmuştur.

%100 odun yongası kullanılarak üretilen yongalevhaların 48 saat kalınlık artımı değeri %48,5 olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat kalınlık artımı kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat kalınlık artımı değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktardaki ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların 48 saat kalınlık artım değerleri %100 odun yongası içeren levhalara göre de daha düşük bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) 48 saat kalınlık artımı değeri %41,3'den %42,7'ye artmıştır. HT işlem süresi 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) 48 saat kalınlık artımı değeri %41,3'den %44,0'a artmıştır.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı

eklenen levhaların (F grubu) 48 saat kalınlık artımı değeri %49,9 olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) %43,3 olarak bulunmuştur.

Üretilen levhalar arasında 2, 24, 48 saat kalınlık artımı değerleri arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. 2, 24, 48 saat kalınlık artımı değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Kalınlık artımı değerleri varyans analizi sonuçları.

	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
2 saat	Gruplar Arası	5914,5	12	492,9	32,746	0,000
	Grup İçi	3702,6	246	15,1		
	Genel	9617,2	248			
24 saat	Gruplar Arası	8675,2	12	722,9	40,222	0,000
	Grup İçi	4421,5	246	18,0		
	Genel	13096,8	258			
48 saat	Gruplar Arası	9515,4	12	792,9	40,515	0,000
	Grup İçi	4814,6	246	19,6		
	Genel	14330,0	258			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen levhaların 2, 24 ve 48 saat kalınlık artımı değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Duncan testi ile belirlenmiştir.

Kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11, 4.12 ve 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. 2 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$					
		1	2	3	4	5	6
I	20	35,0					
H	20	35,4	35,4				
M	20	36,2	36,2				
K	20	36,5	36,5				
J	20	36,7	36,7				
L	20		38,0	38,0			
G	20			39,8	39,8		
A	20				40,7		

Çizelge 4.11. (devam) 2 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.

C	19					43,7	
F	20					43,8	
B	20					43,9	
E	20						48,7
D	20						49,7
Önem düzeyi		0,221	0,059	0,14	0,48	0,902	0,419

Duncan testi sonuçlarına göre 2 saat kalınlık artımı değerleri bakımından I-H-M-K-J, H-M-K-J-L, L-G, G-A, C-F-B ve E-D grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.12. 24 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$						
		1	2	3	4	5	6	7
I	20	39,19						
H	20	39,68						
J	20	40,01	40,01					
M	20	41,305	41,305					
K	20	41,62	41,62					
L	20		42,75	42,75				
G	20			44,515	44,515			
A	20				46,2	46,2		
F	20					48,48	48,48	
C	19						49,5368	
B	20						49,54	
D	20							56,415
E	20							56,9
Önem düzeyi		0,109	0,063	0,19	0,211	0,091	0,492	0,718

Duncan testi sonuçlarına göre 24 saat kalınlık artımı değerleri bakımından I-H-J-M-K, J-M-K-L, L-G, G-A, A-F, F-C-B ve D-E grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.13. 48 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$						
		1	2	3	4	5	6	7
I	20	40,43						
H	20	41,3	41,3					
J	20	41,595	41,595					

Çizelge 4.13. (devam) 48 saat kalınlık artımı değerleri Duncan testi sonuçları.

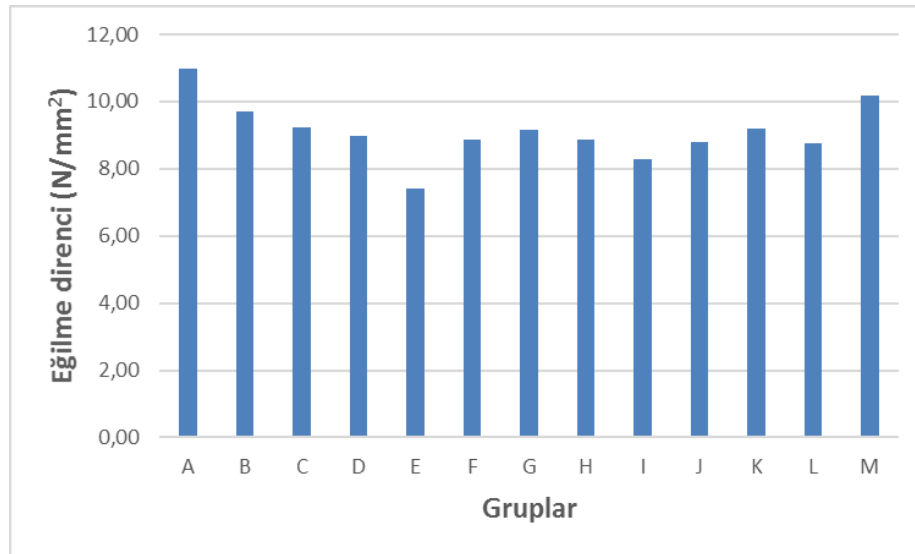
K	20	42,705	42,705					
M	20	43,305	43,305	43,305				
L	20		44,04	44,04				
G	20			45,975	45,975			
A	20				48,47	48,47		
F	20					49,925	49,925	
B	20						51,53	
C	19						51,8316	
D	20							58,455
E	20							59,195
Önem düzeyi		0,068	0,083	0,072	0,076	0,3	0,202	0,598

Duncan testi sonuçlarına göre 48 saat kalınlık artımı değerleri bakımından I-H-J-K-M, H-J-K-M-L, M-L-G, G-A, A-F, F-B-C ve D-E grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

4.2.1. Eğilme Direnci

Üretilen yongalevhaların eğilme direnci değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.14'te ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Yongalevhaların eğilme direnci değerleri grafiği.

Çizelge 4.14. Eğilme direnci değerleri tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (N/mm ²)	δ	SE	X _{min} (N/mm ²)	X _{max} (N/mm ²)	C _v (%)
A	10	10,99	1,72	0,55	8,5	13,3	15,69
B	10	9,71	1,36	0,43	6,3	10,8	13,96
C	10	9,23	2,04	0,64	5,9	11,5	22,07
D	10	8,98	1,37	0,43	6,4	10,2	15,26
E	10	7,40	1,16	0,37	4,9	8,6	15,73
F	10	8,85	1,41	0,45	5,2	10,2	15,91
G	10	9,15	1,60	0,51	6,2	10,6	17,50
H	10	8,88	1,29	0,41	6,0	10,8	14,55
I	10	8,30	1,23	0,39	6,4	10,8	14,87
J	10	8,80	1,42	0,45	6,3	11,0	16,11
K	10	9,19	1,48	0,47	5,9	11,0	16,14
L	10	8,74	1,79	0,57	5,3	11,3	20,46
M	10	10,20	1,13	0,36	7,8	11,4	11,03

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların eğilme direnci değeri 10,99 N/mm² olarak bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki içeren levhalarda eğilme direnci değerlerinin azaldığı (Geibler, 1983; Jarusombuti, Ayrılmış, Fuengvivat, Bauchongkol, 2011) veya etkilenmediği (Ali, Jayaraman, Bhattacharyya, 2015) bulunmuştur.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların eğilme direnci değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre genel olarak daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) eğilme direnci değeri 8,88 N/mm²'den 9,19 N/mm²'ye yükselmiştir. HT işlem süresinin 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) eğilme direnci değeri 8,88 N/mm²'den 8,74 N/mm²'ye düşmüştür.

Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. Eğilme direnci değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Eğilme direnci değerleri varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	90,483	12	7,540	3,426	0,000

Çizelge 4.15. (devam) Eğilme direnci değerleri varyans analizi sonuçları.

Grup İçi	257,492	117	2,201		
Genel	347,975	129			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen levhaların eğilme direnci testine ait değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan oluştuğu Duncan testi ile belirlenmiştir. Eğilme direnci değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

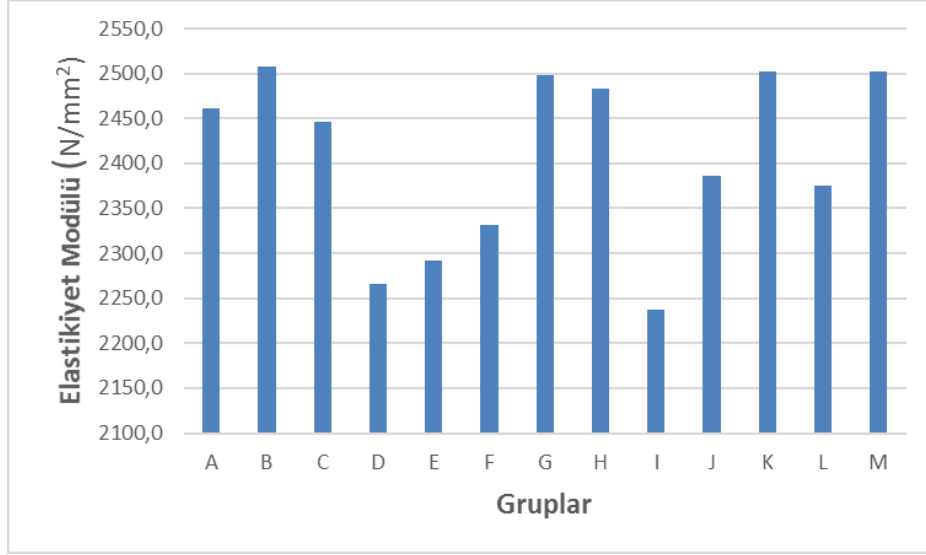
Çizelge 4.16. Eğilme direnci değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek sayısı	$\alpha = 0,05$			
		1	2	3	4
E	10	7,400			
I	10	8,302	8,302		
L	10	8,741	8,741	8,741	
J	10	8,804	8,804	8,804	
F	10	8,850	8,850	8,850	
H	10	8,878	8,878	8,878	
D	10		8,976	8,976	
G	10		9,154	9,154	
K	10		9,194	9,194	
C	10		9,225	9,225	
B	10		9,712	9,712	9,712
M	10			10,196	10,196
A	10				10,991
Önem düzeyi		0,052	0,077	0,068	0,070

Duncan testi sonuçlarına göre eğilme direnci değerleri bakımından E-I-L-J-F-H, I-L-J-F-H-D-G-K-C-B, L-J-F-H-D-G-K-C-B-M ve B-M-A grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Üretilen yongalevhaların elastikiyet modülü değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.17’te ve Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4. Yongalevhaların elastikiyet modülü değerleri grafiği.

Çizelge 4.17. Elastikiyet modülü değerleri tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (N/mm ²)	δ	SE	X _{min} (N/mm ²)	X _{max} (N/mm ²)	C _v (%)
A	10	2461,4	293,4	92,8	1973,9	2717,1	11,92
B	10	2508,0	306,7	97,0	1857,1	2798,9	12,23
C	10	2446,1	455,5	144,0	1655,7	2881,8	18,62
D	10	2266,0	298,5	94,4	1724,7	2547,1	13,17
E	10	2292,4	313,1	99,0	1741	2677,4	13,66
F	10	2331,8	331,2	104,7	1511,7	2678,3	14,20
G	10	2497,8	285,4	90,2	2036,9	2845,7	11,43
H	10	2483,7	268,0	84,8	1824,3	2774	10,79
I	10	2237,6	222,7	70,4	1657,3	2455,9	9,95
J	10	2385,7	286,9	90,7	1803,2	2733,4	12,03
K	10	2501,8	327,3	103,5	1704,3	2836,3	13,08
L	10	2375,4	408,3	129,1	1531,3	2850,4	17,19
M	10	2501,6	247,7	78,3	1982,4	2737	9,90

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların elastikiyet modülü değeri 2461,4 N/mm² olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış %10 oranında ayçiçeği sapı içeren levhaların elastikiyet modülü değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek iken %20, %30 ve %40 oranlarında elastikiyet modülü değerleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla elastikiyet modülü değerlerinin genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki oranının

artmasıyla levhalarda daha düşük elastikiyet modülü değerleri bulunmuştur (Jarusombuti vd., 2011; Nemli vd., 2001; Nemli vd., 2003; Alma vd., 2005; Bektaş vd., 2002; Bektaş vd., 2005; Cöpür vd., 2007; Güler ve Özen, 2004; Güler vd., 2006; Güler vd., 2008).

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların elastikiyet modülü değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre %20 ve %40 eklenen gruplarda daha yüksek %10 ve %30 eklenen gruplarda daha düşük olduğu bulunmuştur. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) elastikiyet modülü değerinin arttığı bulunmuştur. HT işlem süresinin 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) elastikiyet modülü değerinin azaldığı bulunmuştur.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) elastikiyet modülü değeri 2331,8 N/mm² olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) 2501,6 N/mm² olarak bulunmuştur.

Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. Elastikiyet modülü değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Elastikiyet modülü değerleri varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	1155654,4	12	96304,5	0,959	0,491
Grup İçi	11743382	117	100370,8		
Genel	12899036	129			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen yongalevhaların elastikiyet modülü değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Elastikiyet modülü değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

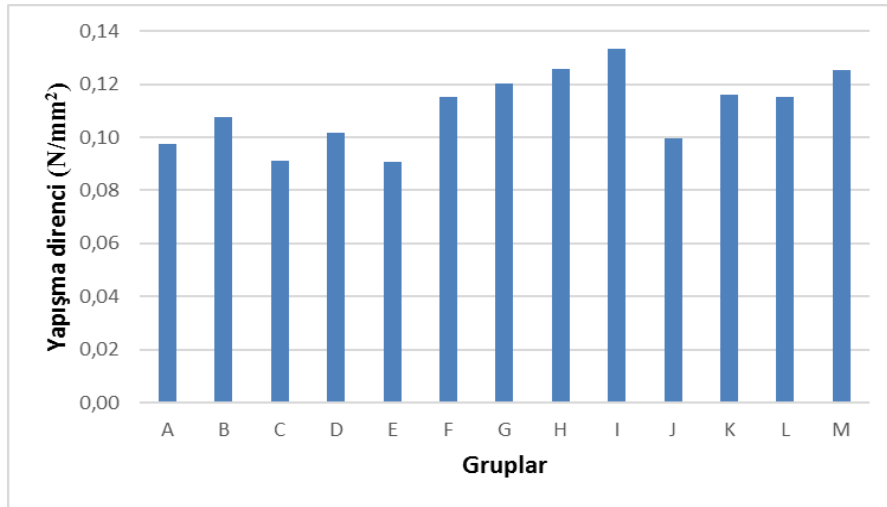
Çizelge 4.19. Elastikiyet modülü değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$
		1
I	10	2237,6
D	10	2266,0
E	10	2292,4
F	10	2331,8
L	10	2375,4
J	10	2385,7
C	10	2446,1
A	10	2461,4
H	10	2483,7
G	10	2497,8
M	10	2501,6
K	10	2501,8
B	10	2508,0
Önem düzeyi		0,121

Duncan testi sonuçlarına göre elastikiyet değerleri bakımından tüm gruplar benzer olarak bulunmuştur.

4.2.3. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci (Yapışma Direnci)

Üretilen yongalevhaların yapışma direnci değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.20’de ve Şekil 4.5’te verilmiştir.



Şekil 4.5. Yongalevhaların yapışma direnci değerleri grafiği.

Çizelge 4.20. Yapışma direnci değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (N/mm ²)	δ	SE	X _{min} (N/mm ²)	X _{max} (N/mm ²)	C _v (%)
A	10	0,097	0,041	0,013	0,05	0,15	41,0
B	10	0,108	0,028	0,009	0,04	0,14	25,5
C	10	0,091	0,027	0,009	0,06	0,14	30,0
D	10	0,102	0,023	0,007	0,05	0,13	23,0
E	10	0,091	0,025	0,008	0,05	0,12	27,8
F	10	0,115	0,025	0,008	0,07	0,16	20,8
G	10	0,120	0,022	0,007	0,07	0,14	18,3
H	10	0,126	0,047	0,015	0,06	0,18	36,2
I	10	0,133	0,012	0,004	0,11	0,14	9,2
J	10	0,100	0,014	0,004	0,08	0,12	14,0
K	10	0,116	0,019	0,006	0,09	0,15	15,8
L	10	0,115	0,035	0,011	0,07	0,16	29,2
M	10	0,125	0,045	0,014	0,05	0,18	34,6

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların yapışma direnci değeri 0,097 N/mm² olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmamış %10 ve %30 oranında ayçiçeği sapı içeren levhaların yapışma direnci değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek iken %20 ve %40 oranlarında yapışma direnci değerleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da yıllık bitki içeren levhalarda daha düşük yapışma direnci değerleri bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 1992; Yalınkılıç vd., 1998; Nemli vd., 2001; Nemli vd., 2003; Alma vd., 2005; Bektaş vd., 2002; Bektaş vd., 2005; Cöpür vd., 20007; Güler ve Özen, 2004; Güler vd., 2006; Güler vd., 2008; Grigoriou vd., 2000; Turreda, 1983; Mo vd., 2003). Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla yapışma direnci değerlerinin genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bektaş vd. (2002) %100 ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların yapışma direnci değerlerinin pres basıncı ve tutkal miktarına bağlı olarak 0,260- 0,466 N/mm² arasında değiştiğini belirlemiştir.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların yapışma direnci değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların yapışma direnci değerleri %100 odun yongası içeren levhalara göre de daha yüksek bulunmuştur. Uygulanan HT işlem sonucunda ayçiçeği sapı içeren levhaların yapışma direnci değerlerinde önemli derecede iyileşmeler meydana gelmiştir. HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması (H-K grupları) ve işlem süresinin 20

dakikadan 10 dakikaya düşmesinin (H-L grupları) yapışma direnci değerini azalttığı bulunmuştur.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) yapışma direnci değeri 0,115 N/mm² olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) 0,125 N/mm² olarak bulunmuştur.

Üretilen levhaların yapışma direnci değerleri arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. Yapışma direnci değerleri varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Yapışma direnci değerleri varyans analizi sonuçları.

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	0,023	12	0,002	2,127	0,020
Grup İçi	0,105	117	0,001		
Genel	0,128	129			

Varyans analizi sonuçlarına göre üretilen levhaların yapışma direnci değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Duncan testi ile belirlenmiştir. Yapışma direnci değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Çekme direnci değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	$\alpha = 0,05$		
		1	2	3
E	10	0,091		
C	10	0,091		
A	10	0,097	0,097	
J	10	0,100	0,100	
D	10	0,102	0,102	
B	10	0,108	0,108	0,108
F	10	0,115	0,115	0,115
L	10	0,115	0,115	0,115
K	10	0,116	0,116	0,116

Çizelge 4.22. (devam) Çekme direnci değerleri Duncan testi sonuçları.

G	10	0,12	0,12	0,12
M	10		0,125	0,125
H	10		0,126	0,126
I	10			0,133
Önem düzeyi		0,065	0,077	0,108

Duncan testi sonuçlarına göre çekme direnci değerleri bakımından E-C-A-J-D-B-F-L-K-G, A-J-D-B-F-L-K-G-M-H ve B-F-L-K-G-M-H-I grupları benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

4.3. YÜZEY ÖZELLİKLERİ

4.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Üretilen levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (μm)	δ	SE	X _{min} (μm)	X _{max} (μm)	C _v (%)
A	20	23,3	6,38	1,43	13,4	38,3	27,37
B	20	19,7	5,28	1,18	11,1	29,7	26,81
C	20	19,3	3,93	0,88	12,0	26,8	20,33
D	20	18,9	5,04	1,13	10,7	30,2	26,67
E	20	18,2	5,74	1,28	10,4	31,9	31,55
F	20	19,3	4,59	1,03	9,4	28,7	23,72
G	20	20,9	6,17	1,38	13,4	37,2	29,46
H	20	21,2	5,53	1,24	11,7	33,6	26,07
I	20	22,2	5,37	1,20	11,4	34,0	24,13
J	20	19,6	5,09	1,14	11,5	29,4	25,90
K	20	18,8	5,09	1,14	11,4	33,9	27,09
L	20	22,3	3,04	0,68	16,9	27,7	13,68
M	20	19,6	3,89	0,87	14,1	27,5	19,85

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 23,3 μm olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış tüm oranlardaki ayçiçeği sapı içeren levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri kontrol grubundan

daha düşük bulunmuştur. Daha önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur (Hafezi ve Hosseini, 2014; Büyüksarı ve Akkılıç, 2020). Büyüksarı ve Akkılıç (2020) hidro-termal işlem uygulanmış ve uygulanmamış buğday saplarından üretilen yongalevhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin %100 odun yongası içeren levhalardan daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin HT işlem uygulanmış gruplarda genel olarak arttığı, HT işlem uygulanmamış gruplarda ise azaldığı tespit edilmiştir. Güler (2019) yongalevha içerisinde kanola yonga miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığını, Büyüksarı, Avcı, Ayrılmış, Akkılıç (2010) çam kozalağı yongasını oranının artmasıyla yongalevhanın yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığını bulmuşlardır.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Isıl işlem ve hidro-termal işlemin yüzey pürüzlülüğü üzerine olumsuz etkisi daha önceki çalışmalarda da ortaya konulmuştur (Candan, Büyüksarı, Korkut, Ünsal, Çakıcıer 2012; Büyüksarı ve Akkılıç, 2020). Büyüksarı ve Akkılıç (2020) hidro-termal işlem uygulanmış buğday saplarından üretilen yongalevhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aynı oranda hidro-termal işlem uygulanmamış buğday sapı içeren yongalevhalarından daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Bazı çalışmalarda ise ısıl işlem uygulamasının yüzey pürüzlülüğü değerlerini iyileştirdiği belirlenmiştir (Jarusombuti ve diğ. 2011; Yaşar, Uz, Beram 2020). Yaşar vd. (2020) çam yongasından üretilen yongalevhalarda ısıl işlem sıcaklığının 120 °C'den 180 °C'ye kadar artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin sürekli olarak azaldığını ve Jarusombuti ve diğ. (2011) ısıl işlem uygulanmış kauçuk ağacı (Rubberwood) odunundan üretilen MDF 'lerin yüzey pürüzlülüğü değerlerinin iyileştiğini belirtmektedirler.

HT işlem sıcaklığının 180 °C'den 200 °C'ye çıkması durumunda (H-K grupları) ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 21,2 µm'dan 18,8 µm'a düşmüştür. HT işlem süresinin 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 21,2 µm'dan 22,3 µm'a yükselmiştir. Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 19,3 µm olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta

tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) 19,6 µm olarak bulunmuştur.

Üretilen levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında farklılık olup olmadığını tespit etmek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	593,23	12	49,436	1,907	0,034
Gruplar içi	6403,37	247	25,925		
Genel	6996,60	259			

Üretilen levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Duncan testi ile belirlenmiştir. Üretilen levhaların ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	1	2	3
E	20	18,2		
K	20	18,8	18,8	
D	20	18,9	18,9	
F	20	19,3	19,3	
C	20	19,3	19,3	
M	20	19,6	19,6	
J	20	19,6	19,6	
B	20	19,7	19,7	
G	20	20,9	20,9	20,9
H	20	21,2	21,2	21,2
I	20		22,2	22,2
L	20		22,3	22,3
A	20			23,31
Önem düzeyi		0,122	0,075	0,196

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri bakımından E-K-D-F-C-M-J-B-G-H, K-D-F-C-M-J-B-G-H-I-L ve G-H-I-L-A grupları kendi arasında benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

Üretilen levhaların on nokta yüksekliği değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. On nokta yüksekliği değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (μm)	δ	SE	X_{\min} (μm)	X_{\max} (μm)	C_v (%)
A	20	139,4	29,41	6,58	92,7	201,5	21,10
B	20	120,9	25,06	5,60	82,5	181,2	20,74
C	20	118,1	17,55	3,92	88,9	150,5	14,86
D	20	122,5	26,53	5,93	76,9	171,3	21,66
E	20	113,1	30,17	6,75	70,4	177,7	26,67
F	20	123,6	28,81	6,44	72,5	174,6	23,31
G	20	126,4	30,49	6,82	79,4	189,0	24,13
H	20	129,7	24,27	5,43	88,8	180,7	18,71
I	20	134,7	24,53	5,49	72,1	178,0	18,21
J	20	125,1	31,13	6,96	74,7	175,6	24,88
K	20	113,6	32,18	7,20	29,9	184,4	28,33
L	20	132,5	18,99	4,25	96,8	164,9	14,33
M	20	126,0	19,15	4,28	90,8	170,4	15,20

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların on nokta yüksekliği değeri 139,4 μm olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış tüm oranlardaki ayçiçeği sapı içeren levhaların on nokta yükseklik değerleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla on nokta yüksekliği değerlerinin HT işlem uygulanmış gruplarda genel olarak arttığı tespit edilmiştir.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların on nokta yüksekliği değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Uygulanan HT işlem sonucunda ayçiçeği sapı içeren levhaların on nokta yüksekliği değerlerinde önemli derecede iyileşmeler meydana gelmiştir. HT işlem sıcaklığının 180 °C’den 200 °C’ye çıkması durumunda (H-K grupları) on nokta yüksekliği değeri 129,7 μm ’dan 113,6 μm ’a düşmüştür. HT işlem süresinin 20 dakikadan 10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) on nokta yüksekliği değeri 129,7 μm ’dan 132,5 μm ’a yükselmiştir.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) on nokta yüksekliği değeri 123,6 µm olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) 126,0 µm olarak bulunmuştur.

Üretilen levhaların on nokta yüksekliği değerleri arasında farklılık olup olmadığını tespit etmek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. On nokta yüksekliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	14570,42	12	1214,20	1,735	0,060
Gruplar içi	172855,60	247	699,82		
Genel	187426,02	259			

Üretilen levhaların on nokta yüksekliği değerleri bakımından % 95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Üretilen levhaların on nokta yüksekliği değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. On nokta yüksekliği değerleri Duncan testi sonuçları.

Grup	Örnek Sayısı	1	2	3
E	20	113,1		
K	20	113,6		
C	20	118,1	118,1	
B	20	120,9	120,9	120,9
D	20	122,5	122,5	122,5
F	20	123,6	123,6	123,6
J	20	125,1	125,1	125,1
M	20	126,0	126,0	126,0
G	20	126,4	126,4	126,4
H	20	129,7	129,7	129,7
L	20	132,5	132,5	132,5
I	20		134,7	134,7
A	20			139,4
Önem düzeyi		0,053	0,099	0,063

On nokta yüksekliği değerleri bakımından E-K-C-B-D-F-J-M-G-H-L, C-B-D-F-J-M-G-H-L-I ve B-D-F-J-M-G-H-L-I-A grupları kendi arasında benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.

Üretilen levhaların maksimum pürüzlülük (R_{max}) değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Maksimum pürüzlülük değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Grup	N	X (μm)	δ	SE	X_{min} (μm)	X_{max} (μm)	C_v (%)
A	20	29,5	7,60	1,70	18,9	46,7	25,78
B	20	25,2	6,07	1,36	14,9	36,5	24,11
C	20	24,2	4,48	1,00	16,7	33,0	18,54
D	20	24,5	6,13	1,37	14,2	37,8	25,03
E	20	23,4	6,98	1,56	14,3	39,4	29,79
F	20	24,7	5,74	1,28	12,6	36,6	23,21
G	20	26,4	7,27	1,62	16,9	44,3	27,52
H	20	27,3	6,51	1,46	15,4	41,5	23,86
I	20	28,3	6,31	1,41	14,5	42,3	22,29
J	20	25,4	6,59	1,47	15,2	38,0	25,92
K	20	24,0	6,12	1,37	15,4	41,7	25,48
L	20	27,6	4,58	1,02	16,8	35,0	16,61
M	20	25,4	4,61	1,03	17,7	35,1	18,17

%100 odun yongası içeren A grubundaki levhaların maksimum pürüzlülük değeri 29,5 μm olarak bulunmuştur. HT işlem uygulanmış ve uygulanmamış tüm oranlardaki ayçiçeği sapı içeren levhaların maksimum pürüzlülük değerleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Ayçiçeği sapı oranının artmasıyla maksimum pürüzlülük değerlerinin HT işlem uygulanmış gruplarda genel olarak arttığı, HT işlem uygulanmamış gruplarda ise genel olarak azaldığı tespit edilmiştir.

HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların maksimum pürüzlülük değerlerinin HT işlem uygulanmamış aynı miktarda ayçiçeği sapı içeren gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Uygulanan HT işlem sonucunda ayçiçeği sapı içeren levhaların maksimum pürüzlülük değerlerinde önemli derecede iyileşmeler meydana gelmiştir. HT işlem sıcaklığının 180 °C’den 200 °C’ye çıkması durumunda (H-K grupları) maksimum pürüzlülük değeri 27,3 μm ’dan 24,0 μm ’a düşmüştür. HT işlem süresinin 20 dakikadan

10 dakikaya düşmesi durumunda (H-L grupları) on nokta yüksekliği değeri 27,3 μm 'dan 27,6 μm 'a yükselmiştir.

Sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı eklenen levhaların (F grubu) maksimum pürüzlülük değeri 24,7 μm olarak bulunmuştur. Aynı değer sadece orta tabaka yongasına %20 oranında HT işlem uygulanmış ayçiçeği sapı eklenen levhalarda (M grubu) 25,4 μm olarak bulunmuştur.

Üretilen levhaların maksimum pürüzlülük değerleri arasında farklılık olup olmadığını tespit etmek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Maksimum pürüzlülük değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem Düzeyi
Gruplar arası	811,84	12,00	67,65	1,788	0,051
Gruplar içi	9347,27	247,00	37,84		
Genel	10159,12	259,00			

Üretilen levhaların maksimum pürüzlülük değerleri bakımından %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Duncan testi ile belirlenmiştir. Üretilen levhaların maksimum pürüzlülük değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Maksimum pürüzlülük değerleri Duncan testi sonuçları.

Levha Grubu	Örnek Sayısı	1	2	3
E	20	23,44		
K	20	24,03	24,03	
C	20	24,17	24,17	
D	20	24,47	24,47	
F	20	24,71	24,71	
B	20	25,18	25,18	25,18
M	20	25,40	25,40	25,40
J	20	25,41	25,41	25,41
G	20	26,41	26,41	26,41

Çizelge 4.31. (devam) Maksimum pürüzlülük değerleri Duncan testi sonuçları.

H	20	27,3	27,3	27,3
L	20	27,58	27,58	27,58
I	20		28,31	28,31
A	20			29,48
Önem düzeyi		0,079	0,068	0,06

Maksimum pürüzlülük değerleri bakımından E-K-C-D-F-B-M-J-G-H-L, K-C-D-F-B-M-J-G-H-L-I ve B-M-J-G-H-L-I-A grupları kendi arasında benzer, diğer gruplar birbirinden farklı bulunmuştur.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hidro-termal işlem uygulanmamış ve uygulanmış ayçiçeği sapı kullanılarak üretilen levhaların yoğunluk değerleri 0,596 - 0,641 g/cm³ arasında bulunmuştur. %100 odun yongası içeren kontrol grubu levhasının yoğunluğu ise 0,632 g/cm³ olarak bulunmuştur.

Hidro-termal işlem uygulanmamış ve uygulanmış ayçiçeği sapı kullanılarak üretilen levha gruplarının 2 saat su alma değerleri %100 odun yongası içeren levha grubuyla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. 24 saat su alma değerlerinde G ve M grubu hariç levha gruplarının %100 odun yongası içeren levha grubuna göre yüksek bulunmuştur. 48 saat su alma değerlerinde G, J, K ve L grupları hariç levha gruplarının %100 odun yongası içeren kontrol grubuna göre yüksek bulunmuştur.

180 °C'de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 2 saat su alma değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C'de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 2 saat su alma değerlerinin sırasıyla %12,57, %4,68, %9,94, %18,62 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 2 saat su alma değerleri karşılaştırıldığında 180 °C'de 20 dakika hidro-termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %6,32 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C'de 20 dakika ile hidro-termal işlem uygulanmış grubun 2 saat su alma değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C'de 20 dakika hidro-termal işlem uygulanmış gruba (K grubu) göre daha düşük, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C'de 10 dakika hidro termal işlem görmüş gruba (L grubu) göre daha yüksek bulunmuştur.

180 °C'de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat su alma değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C'de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 24 saat su alma değerlerinin sırasıyla %8,38, %3,87, %31,77, %30,17 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 24 saat su alma değerleri

karşılaştırıldığında 180 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %20,12 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 20 dakika ile hidro termal işlem uygulanmış grubun 24 saat su alma değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubu (K grubu) ve aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 10 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba (L grubu) göre daha yüksek bulunmuştur.

180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat su alma değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 48 saat su alma değerlerinin sırasıyla %15,47, %8,81, %26,74, %30,59 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 48 saat su alma değerleri karşılaştırıldığında 180 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %15,18 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 20 dakika ile hidro termal işlem uygulanmış grubun 48 saat su alma değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubu (K grubu) ve aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 10 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba (L grubu) göre daha yüksek bulunmuştur.

Hidro termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı yongası içeren levhalar kontrol grubu levhalarına göre daha düşük 2 saat, 24 saat ve 48 saat kalınlık artımı değerlerine sahiptir. Hidro termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı yongası içeren levhalar kontrol grubuna göre daha yüksek 2 saat, 24 saat ve 48 saat kalınlık artımı değerlerine sahiptir.

180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yonga levhaların 2 saat kalınlık artımı değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 2 saat kalınlık artımı değerlerinin sırasıyla %4,1, %8,4, %14,7, %11,9 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 2 saat kalınlık artımı değerleri karşılaştırıldığında 180 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %7,57 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 20 dakika ile hidro termal işlem uygulanmış grubun 2 saat kalınlık artımı değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C’de 20 dakika hidro termal işlem

uygulanmış grubu (K grubu) ve aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 10 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba (L grubu) göre daha düşük bulunmuştur.

180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 24 saat kalınlık artımı değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 24 saat kalınlık artımı değerlerinin sırasıyla %5,02, %9,86, %17,23, %16,89 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 24 saat kalınlık artımı değerleri karşılaştırıldığında 180 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %7,17 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 20 dakika ile hidro termal işlem uygulanmış grubun 24 saat kalınlık artımı değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubu (K grubu) ve aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 10 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba (L grubu) göre daha düşük bulunmuştur.

180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levhaların 48 saat kalınlık artımı değerleri hidro-termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levhalara göre daha düşük bulunmuştur. 180 °C’de 20 dakika süre ile hidro-termal işlem uygulaması sonucunda 48 saat kalınlık artımı değerlerinin sırasıyla %5,55, %10,53, %18,03, %17,6 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Sadece orta tabakada %20 oranında ayçiçeği sapı kullanılan grupların 48 saat kalınlık artımı değerleri karşılaştırıldığında 180 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubun (M grubu) %6,62 oranında iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. %20 oranında ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 20 dakika ile hidro-termal işlem uygulanmış grubun 48 saat kalınlık artımı değeri, aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 200 °C’de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış grubu (K grubu) ve aynı oranda ayçiçeği sapı içeren 180 °C’de 10 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba (L grubu) göre daha düşük bulunmuştur.

Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri 7,4 – 11,0 N/mm² aralığında bulunmuştur. Tüm gruplarda kontrol grubuna göre daha düşük eğilme direnci değerleri bulunmuştur. Kontrol grubu haricindeki gruplarda en düşük değer %40 oranında hidro termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levha grubunda (7,4 N/mm²), en yüksek değer orta tabakada %20 oranında hidro termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levha grubunda (10,2 N/mm²) tespit edilmiştir. Üretilen levha gruplarında genel olarak

ayçiçeği sapı miktarı arttıkça eğilme direnci azalmaktadır. Aynı oranlarda ayçiçeği sapı miktarı içeren gruplar karşılaştırıldığında hidro termal işlem uygulaması sonucu %10, %20 ve %30 gruplarında (B-G, C-H, D-I) eğilme direnci değerlerinde azalma, %40 ve orta tabakada %20 gruplarında (E-J, F-M) eğilme direnci değerlerinde artış gözlemlenmiştir. 180 °C'de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış %20 oranında ayçiçeği sapı içeren levha grubu eğilme direnci değeri, 200 °C 'de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba göre daha düşük eğilme direnci değeri vermiştir, 180 °C'de 10 dakika işlem uygulanmış gruba göre ise daha yüksek eğilme direnci değeri vermiştir.

Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri 2237,6 – 2508,0 N/mm² aralığında bulunmuştur. En düşük değer %30 oranında hidro termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levha grubunda (2237,6 N/mm²), en yüksek değer %10 oranında hidro termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levha grubunda (2508,0 N/mm²) tespit edilmiştir. Üretilen levha gruplarında genel olarak ayçiçeği sapı miktarı arttıkça elastikiyet modülü azalmaktadır. Aynı oranlarda ayçiçeği sapı miktarı içeren gruplar karşılaştırıldığında hidro termal işlem uygulaması sonucu %10 ve %30 gruplarında (B-G, D-I) elastikiyet modülü değerlerinde azalma, %20, %40 ve orta tabakada %20 gruplarında (C-H, E-J, F-M) elastikiyet modülü değerlerinde artış gözlemlenmiştir. 180 °C 'de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış %20 oranında ayçiçeği sapı içeren levha grubu elastikiyet modülü değeri, 200 C° 'de 20 dakika hidro termal işlem uygulanmış gruba göre daha düşük, 180 °C 'de 10 dakika işlem uygulanmış gruba göre ise daha yüksek elastikiyet modülü değeri vermiştir.

Üretilen levhaların yapışma direnci değerleri 0,091 – 0,133 N/mm² arasında bulunmuştur. En düşük yapışma direnci değeri %20 ve %40 oranlarında hidro termal işlem uygulanmamış ayçiçeği sapı içeren levha gruplarında (C-E grubu), en yüksek yapışma direnci değeri %30 oranında hidro-termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren levha grubunda gözlemlenmiştir. Aynı oranlarda ayçiçeği sapı içeren levha grupları (B-G, C-H, D-I, E-J, F-M) karşılaştırıldığında hidro termal işlem uygulanmış grupların yapışma direnci değerlerinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Hidro termal işlem uygulanmış ve uygulanmamış ayçiçeği sapı yongası içeren tüm gruplarda kontrol grubuna göre yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı miktarlarda hidro-termal işlem uygulanmış ve uygulanmamış

ayçiçeği sapı yongası içeren gruplarda uygulanan hidro-termal işlemin etkisi ile R_a , R_z ve R_{max} değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. HT işlem sıcaklığının artması (K grubu) ile R_a , R_z ve R_{max} değerlerinde azalma, işlem sũresinin kısaltılması ile (L grubu) bu değerlerde artış gũzlemlenmiřtir.



6. KAYNAKLAR

- Ahşap yongalevhalar-Tarifler ve sınıflandırma, *Türk Standartları Enstitüsü TS EN 309, 1999.*
- Ahşap esaslı levhalar - eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini, *Türk Standartları Enstitüsü TS EN 310, 1999.*
- Ahşap esaslı levhalar - birim hacim ağırlığının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü TS EN 323, 1999.*
- Ali, I., Jayaraman, K. & Bhattacharyya, D. (2015). Dimensional stability improvement of kenaf panels by post-manufacturing hygrothermal treatments using response surface methodology. *Industrial Crops and Products, 67*, 422–431.
- Alma, H. A., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ. & Tutuş, A. (2005). Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Product, 22(2)*, 141–149.
- Avcı, E. (2007). ‘Türkiye’de üretilen yonga ve lif levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS EN standartlarına uygunluğunun ve tutarlılığının belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, Türkiye.
- Bardak, S. (2014). ‘Kokar Ağaç (*Ailanthus Altissima* (Mill.) Swingle) Odunun Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilebilme İmkânları’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Bektaş, İ., Güler, C. & Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Saplarından Üre-Formaldehit Tutkalı İle Yongalevha Üretimi. *Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2)*, 49-56.
- Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F. & Nacar, M. (2005). The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal Of Composite Materials, 39(5)*, 467–473.
- Biçer, A. (2014). ‘Sodyum Karboksimetilselüloz (Na-Cmc) Modifiyeli Yongalevha Üretimi’, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Bozkurt, A. Y. & Göker, Y. (1990). *Yongalevha endüstrisi ders kitabı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Büyüksarı, Ü., Avcı, E., Ayrılmış, N., & Akkılıç, H. (2010). Effect of pine cone ratio on the wettability and surface roughness of particleboard. *BioResources, 5(3)*, 1824-1833.
- Büyüksarı, Ü. & Akkılıç, H. (2020). Surface characteristics of particleboard produced

- from Hydro-thermally treated wheat stalks. *BioResources*, 15(4), 7648-7659.
- Candan, Z., Büyüksarı, Ü., Korkut, S., Ünsal, Ö., & Çakıcıer, N. (2012). Wettability and surface roughness of thermally modified plywood panels. *Industrial Crops and Product*, 36(1), 434-436.
- Çakmak, E. (2008). 'Bazı kimyasallarla emprenye edilmiş yongalevhaların yanma direncinin araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.
- Çolakoğlu, G. (1993). 'Kontrollak Üretim şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Çopur, Y., Guler, C., Akgul, M. & Tascioglu, C. (2007). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment*, 42, 2568–2572.
- Demirkır, C. (2006). 'Kontrollak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık ve Artık Materyallerin Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dinwoodie, J. M. (1983). Properties and performance of wood adhesive. İçinde Wood adhesives: *Chemistry and technology* (ss. 4- 10) New York,
- Duru, E. (2019) 'Tekirdağ İli Hayrabolu İlçesinde Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.
- Geibler, E. (1983). Dimensional Stabilization of Wood by Moisture–Heat–Pressure Treatment. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 41(1), 87-94.
- Geometrik mamul özellikleri (gmö) - Yüzey yapısı: Profil metodu - Terimler, tarifler ve yüzey yapısı parametreleri, *Türk Standartları Enstitüsü TS 6956 EN ISO 4287, 2004*
- Göker, Y. & Akbulut, T. (1992). Yongalevha ve Kontrollakın Özelliklerini Etkileyen Faktörler. İçinde *I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, Bildiri Metinleri, ORENKO 92* (ss. 269-287).
- Güler, C. & Özen, R. (2004). Some Properties of Particleboard Made from Cotton Stalks (*Gossypium hirsutum L.*). *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 62, 40-43.
- Güler, C., Bektaş, I. & Kalaycıoğlu, H. (2006). The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian pine (*Pinus brutia Ten.*). *Forest Products Journal*, 56(4), 56–60.
- Güler, C., Copur, Y. & Tascioglu, C. (2008). The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea L.*) and European Black pine (*Pinus nigra Arnold*) wood chips. *Bioresource Technology*, 99(8), 2893-2897.
- Güler, C., (2015). Odun Esaslı Kompozit Malzeme Üretiminde Bazı Yıllık Bitkilerin

- Değerlendirilmesi, İçinde 3. *Ulusal Mobilya Kongresi, Bildiri Kitabı*, (ss. 822-827).
- Güler, C. & Sancar, S. (2016). Yongalevha fabrikasının çalışma prensibi ve farklı presleme tekniğinin levha kalitesi üzerine etkisi, *Ormancılık Dergisi*, 12, 1-10
- Güler, G. (2019). Thermal, burning and surface roughness properties of particleboards produced from canola (*Brassica napus* L.) stalks. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 114-120.
- Grigoriou, A., Passialis, C. & Youlgradis, E. (2000). Kenaf core and bast fiber chips as raw material in production of one-layer experimental particleboards. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 58(4), 290-291.
- Hafezi, S. & Hosseini, K.D. (2014). Surface characteristics and physical properties of wheat straw particleboard with UF resin. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11(2), 168-173.
- Jarusombuti, S., Ayrılmış, N., Fueangvivat, V. & Bauchongkol, P. (2011). Effect of Thermal Treatment of Fast Growing Wood Fibers on Physical and Mechanical Properties of Light Medium Density Fiberboard. *High Temperature Materials and Processes*, 30(3), 241-246.
- Kalaycıoğlu, H. (1992). Bitkisel Atıkların Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, İçinde I. *Orman Ürünleri Sempozyumu, ORENKO 92*, (ss. 288-292).
- Kalaycıoğlu, H. & Özen, R. (2012). *Yongalevha Endüstrisi, Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Kalaycıoğlu, H. (1991). ‘Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Endüstrisi, Trabzon, Türkiye.
- Kara, E. (2019). ‘Atık soyma kaplama levhalarının yongalevha üretiminde değerlendirilebilme imkânları’, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Karacalıoğlu, T. (1974). Ormangülü (*Rhododendron* sp.) odunlarının bazı özellikleri ile bu odunların yongalevha yapımında kullanılma olanaklarının laboratuvar koşullarında araştırılması. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi*, 60, 87-95.
- Karakuş, B. (2007). ‘Çeşitli bitkisel sera atıklarının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Lif, Yonga ve Talaş Yapımında Kullanılan Odun, *Türk Standartlar Enstitüsü TS 1351, 1974*.
- Mengeloğlu, F. & Alma, M. H., (2002). Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 37-48.

- Mo, X., Cheng, E., Wang, D. & Sun, X.S. (2003). Physical properties of medium-density wheat straw particleboard using different adhesives. *Industrial Crops and Products*, 18, 47-53.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. & Alp, A. (2001). Suitability of date palm (*Phoenix dactylifera*) branches for particleboard production. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 59, 411-412.
- Nemli, G., Kırıcı, H., Serdar, B. & Ay, N. (2003). Suitability of kiwi (*Actinidia siensis* Planch) prunings for particleboard production. *Industrial Crops and Products*, 17(1), 39-46.
- Öktem, E., (1979). Ormangülü (*Rhododendron ponticum* L.) odunundan yongalevha yapılması üzerine araştırmalar. *Ankara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, 113*
- 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
- Sevinçli, Y. (2014). ‘Atık Lavanta Bitkisinden Üretilen Yongalevhannın Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Standard Test Method For Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, *American Society for Testing and Materials, ASTM D1037, 2006*.
- Tomek, A. (1966). Die heibvergütung von holzspanen, ein neues verfahren zum hydrophobieren von spanplatten. *Holztechnologie*, 7, 157-160.
- Topbaşı, B. (2013) ‘Atık Muz Kabuklarından Üretilen Yongalevhannın Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Turreda, L. D. (1983). Bagasse, wood and wood-bagasse particleboards bonded with urea formaldehyde and polyvinyl acetate/isocyanate adhesives. *NSTA Technology Journal*, 8(3), 66-78.
- Yalınkılıç, M. K., Imamura, Y., Takahashi, M., Kalaycıoğlu, H., Nemli, G., Demirci, Z. & Özdemir T. (1998). Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufacture from waste tea leaves. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 41, 75-84.
- Yaşar, S., Uz, A., & Beram, A. (2020). Some properties of boards prodedced from heat-treated brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) Particle. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4, 14-20.
- Yongalevhalar ve lif levhalar - su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, *Türk Standartları Enstitüsü TS EN 317, 1999*.
- Yongalevhalar ve lif levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü TS EN 319, 1999*

Yontar, S. (2019) 'Mısır Saplarının Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Burak GÜNAYDIN

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Odun Mekaniği ve Tek.	Düzce Üniversitesi	2021
Lisans	Orman Endüstri Müh.	Düzce Üniversitesi	2017
Lise	Bilişim Teknolojileri	Piraziz İsmail Yücel Anadolu Teknik Lisesi	2011

YAYINLAR

Gunaydın, B. & Buyuksarı, U. (2020). Hidro termal işlem uygulanmış ayçiçeği sapı içeren yongalevhaların yüzey pürüzlülüğü. İçinde *2020 2.Uluslararası Ankara Bilimsel Araştırmalar Kongresi* (s. 455-459).