



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÜLTÜR MANTARI ÜRETİMİNDE OLUŞAN KOMPOST
ATIĞININ YONGALEVHA ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

NURBANU YAGLICA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ HALİL İBRAHİM ŞAHİN**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜLTÜR MANTARI ÜRETİMİNDE OLUŞAN KOMPOST
ATIĞININ YONGALEVHA ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Nurbanu YAGLICA tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Zeki CANDAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Tez Savunma Tarihi: 26/07/2019

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.

26 Temmuz 2019

Nurbanu YAGLICA

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim sırasında ve bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde vermiş olduğu her türlü bilgi ve destekten ötürü çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN 'e teşekkürü bir borç bilirim. Araştırmamda değerli tavsiyelerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI, ve Doç. Dr. Zeki CANDAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması sırasında kıymetli katkılarda bulunan hocam Doç. Dr. Mesut YALÇIN'a da saygılarımı belirtmek isterim. Yine tez çalışmam kapsamında, deney örneklerimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Atölye çalışanlarına da teşekkür ederim. Yine yoğun deney çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen ve destek olan tüm bölüm öğrenci arkadaşlarıma da minnettarım.

Tez çalışmam boyunca her zaman yardım ve desteğini yanımda hissettiğim sevgili eşime ve güzel kızıma da teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi 2016.02.03.432 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

26 Temmuz, 2019

Nurbanu YAGLICA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR.....	vii
SİMGELER	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. YONGALEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI.....	3
1.2. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN HAMMADDELER... 3	3
1.2.1. Odun	3
1.2.2. Yıllık Bitkiler	5
1.3. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN SENTETİK	
TUTKALLAR.....	6
1.3.1. Üre Formaldehit Tutkalı	7
1.3.2. Fenol Formaldehit Tutkalı	7
1.3.3. Melamin Formaldehit Tutkalı	8
1.3.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı.....	8
1.3.5. İzosiyanat Tutkalı.....	8
1.4. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ	
.....	9
1.4.1. Sertleştirici Maddeler	9
1.4.2. Hidrofobik Maddeler	9
1.4.3. Zararlılara Karşı Koruyucu Maddeler	10
1.5. YONGALEVHA ÜRETİMİ	10
1.5.1. Kabuk Soyma	10
1.5.2. Yongalama	10
1.5.3. Kurutma.....	11
1.5.4. Eleme	11
1.5.5. Depolama	11
1.5.6. Tutkallama.....	12
1.5.7. Serme	12
1.5.8. Presleme	12
1.5.9. Soğutma (Klimatize Etme)	13

1.6. LİTERATÜR ÖZETİ	13
2. MATERYAL VE YÖNTEM	20
2.1. MATERYAL	20
2.1.1. Kompost Atığı.....	20
2.1.2. Endüstriyel Odun Yongası	23
2.2. YÖNTEM	23
2.2.1. Test Levhalarının Üretimi.....	23
2.2.2. Levha Taslağının Hazırlanması	27
2.2.3. Levha Taslağının Preslenmesi.....	28
2.3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	30
2.3.1. Fiziksel Özelliklere Ait Yöntemler	31
2.3.1.1. Rutubet Tayini.....	31
2.3.1.2. Kalınlık Artışı (KA) Oranı.....	33
2.3.2. Mekanik Özelliklere Ait Yöntemler	35
2.3.2.1. Yüze Dik Çekme Direnci (YDÇD)	35
2.3.2.2. Eğilme Direnci.....	36
2.3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü	37
2.3.3. Formaldehit Emisyon Miktarı	37
2.3.3.1. Perforatör Yöntemi	38
2.3.4. İslanabilirlik (Yüzey Temas Açısı)	39
2.3.5. Termal (ısı) İletkenlik	41
2.3.6. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi	42
2.3.7. İstatistiksel Yöntemler	43
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....	44
3.1.1. Rutubet Miktarı	44
3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Değeri	46
3.1.3. Kalınlık Artışı (KA) Oranı	47
3.1.4. Su Alma Oranı (SAO).....	50
3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....	52
3.2.1. Yüze Dik Çekme Direnci (YDÇD)	52
3.2.2. Eğilme Direnci	54
3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü	57
3.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI.....	58
3.4. İSLANABİLİRLİK (YÜZEY TEMAS AÇISI)	60
3.5. TERMAL (ISIL) İLETKENLİK.....	63
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	65
4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	66
4.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI.....	67
4.4. İSLANABİLİRLİK (YÜZEY TEMAS AÇISI)	67
4.5. TERMAL (ISIL) İLETKENLİK.....	68
5. KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Yongalevha endüstrisinde üretim için kullanılan hammaddeler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).....	4
Şekil 2.1. Kültür mantarı kompostu (Özdemir, 2010).	20
Şekil 2.2. Açık alanda kompost atığının yüksek rutubetinin uzaklaştırılması	21
Şekil 2.3. Kompost atığının kurutma fırınındaki görünümü.	21
Şekil 2.4. Kurutulmuş kompost atığının yongalanması.	22
Şekil 2.5. Kompost atığının yabancı cisimlerden temizlenmesi.	22
Şekil 2.6. Test levhaları üretiminde kullanılan kompost atığı ve endüstriyel odun yongaları.	24
Şekil 2.7. Levha üretiminde kullanılacak tutkal miktarının terazi ile ölçülmesi.	24
Şekil 2.8. Levha üretiminde kullanılan tutkallama düzeneği.	25
Şekil 2.9. Tutkallı endüstriyel odun ve kompost atığı yongalarının el ile karıştırılması.	26
Şekil 2.10. Yongalevha üretiminde levha taslağının hazırlanması (orta tabaka).....	27
Şekil 2.11. Soğuk presleme sonrası taslak şekillendirme levhasının uzaklaştırılması. ..	28
Şekil 2.12. Soğuk presten çıkmış levha taslağı.	28
Şekil 2.13. Taslak levhalara sıcak pres uygulama aşaması.	29
Şekil 2.14. Sıcak presten çıkmış yongalevhanın görünümü.	29
Şekil 2.15. Daire testerede yongalevhadan test örneklerinin hazırlanması.	30
Şekil 2.16. Rutubet örneklerinin hassas terazide ağırlıklarının belirlenmesi.	31
Şekil 2.17. Yoğunluk ve rutubet testlerinde kullanılan deney örnekleri.	33
Şekil 2.18. Test örneklerine ait KA deney görüntüleri.	34
Şekil 2.19. SAO deney örneğinin 48 saat sonundaki ağırlık ölçümü.	35
Şekil 2.20. Yüzeye dik çekme direnci test görüntüsü.	36
Şekil 2.21. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test görüntüsü.	37
Şekil 2.22. Formaldehit emisyon miktarı belirleme düzeneği.	38
Şekil 2.23. Katı bir yüzey üzerinde bir damlanın temas açısı görüntüleri B ıslatma derecesi yüksek sıvı, A ıslatma derecesi düşük sıvı.	40
Şekil 2.24. Yüzey temas açısı ölçüm cihazı.	40
Şekil 2.25. Termal iletkenlik ölçüm cihazı.	41
Şekil 2.26. SEM analizi ölçüm cihazı.	42
Şekil 2.27. Endüstriyel odun(%80) ve kompost atığı ilaveli(%20) yongalevhaların SEM görüntüsü.	43
Şekil 3.1. Test levhalarının gruplara göre % rutubet oranları.	45
Şekil 3.2. Test levhalarının gruplara göre yoğunluk değerleri.	47
Şekil 3.3. Kompost atığı ilavesinin yongalevhaların kalınlık artışı üzerine etkisi.	49
Şekil 3.4. Kompost atığı ilavesinin yongalevhaların SAO üzerine etkisi.	52
Şekil 3.5. Test levha tiplerine göre YDÇD değerleri.	54
Şekil 3.6. Test levha tiplerine göre eğilme direnci değerleri.	56
Şekil 3.7. Test levha tiplerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri.	58
Şekil 3.8. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarı.	60
Şekil 3.9. Üretilen levhalara ait ortalama yüzey temas açısı değerleri.	61
Şekil 3.10. Zamana bağlı olarak yüzey temas açısı değerlerinin değişimi.	62

Şekil 3.11. Test levhalarına ait termal iletkenlik değerleri 64



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1. Odun ve tarımsal bazlı lif kaynaklarının dağılımı (Ndazi, Tesha and Bisanda, 2006).....	14
Çizelge 2.1. İç ve dış tabakada kullanılan yongaların levha gruplarına göre dağılımı... 26	
Çizelge 3.1. Test levhalarına ait rutubet miktarı değerleri (%).	44
Çizelge 3.2. Test levhalarının rutubet oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.	45
Çizelge 3.3. Test levhalarına ait yoğunluk değerleri (g/cm ³).	46
Çizelge 3.4. Test levhalarının rutubet oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.	46
Çizelge 3.5. Test levhalarına ait KA oranı (%).	48
Çizelge 3.6. Test levhalarının KA oranlarına ait çoğul varyans analiz sonuçları.	48
Çizelge 3.7. Test levhalarına ait SAO(%).	50
Çizelge 3.8. Test levhalarının KA oranlarına ait çoğul varyans analiz sonuçları.	51
Çizelge 3.9. Test levhalarına ait YDÇD değerleri(N/mm ²).	53
Çizelge 3.10. Test levhalarının YDÇD değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları... 53	
Çizelge 3.11. Test levhalarına ait eğilme direnci değerleri (N/mm ²).	55
Çizelge 3.12. Test levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.	55
Çizelge 3.13. Test levhalarına ait eğilme elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).	57
Çizelge 3.14. Test levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.	57
Çizelge 3.15. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarları.	59
Çizelge 3.16. Levhaların zamana bağlı olarak yüzey temas açısı değerleri (°).	61
Çizelge 3.17. Test levhalarına ait ortalama termal iletkenlik değerleri.	63

KISALTMALAR

AR-GE	Araştırma-geliştirme
A.Ş.	Anonim Şirket
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAM	Contact Angle Meter
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DMDI	Difenilmetan diizosiyanat
DÜBİT	Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı
EN	European National
F	Formaldehit
FAO	Food and Agriculture Organization
ISO	International Organization for Standardization
KA	Kalınlık Artışı
Max.	Maksimum
MDF	Orta yoğunluklu lif levha
Min.	Minimum
N	Normalite
PVA	Polivinil asetat
SAO	Su alma Oranı
SED	Secondary Electron Detector
SEM	Taramalı Elektron Mikroskop
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TS	Türk Standartları
UNAM	Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
UV	Ultra viyole (morötesi)
ÜF	Üre formaldehit
YDÇD	Yüzeye dik çekme direnci

SİMGELER

a	Örnek uzunluğu
A	Örnek enine kesit alanı
Ab	Kör deneyinin absorbansı
As	Ekstraksiyon çözeltilisinin absorbansı
b	Örnek genişliği
cm	Santimetre
d	Hava kurusu yoğunluk değeri (gr/cm^3)
E	Eğilmede elastikiyet modülü
f	Kalibrasyon eğri faktörü
F	Formaldehit emisyon miktarı
g	Gram
h	Örnek kalınlığı
k_k	Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı
k_y	Suda bekletilen örneklerin kalınlığı
Ls	Dayanak noktaları arasındaki açıklık
lt	Litre
m	Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı
m_1	Örneğin ilk ağırlığı
m_o	Tam kuru haldeki örnek ağırlığı
m_r	Hava kurusu ağırlık
mg	Miligram
mm	Milimetre
M	Örnek ağırlığı
N	Newton
P_{max}	Kırılma anındaki max kuvvet
r	Rutubet oranı
s	Standart sapma
sn	Saniye
X	Aritmetik ortalama
V	Cam balonun hacmi
σ_e	Eğilme mukavemeti
σ_y	Yüzeye dik çekme mukavemeti
θ	Temas açısı (teta)
Δe	Eğilme miktarı (sehim)

ÖZET

KÜLTÜR MANTARI ÜRETİMİNDE OLUŞAN KOMPOST ATIĞININ YONGALEVHA ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Nurbanu YAGLICA

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN

Temmuz 2019, 75 sayfa

Bu tez çalışmasında kültür mantarı üretiminde oluşan kompost atığı yongaları belli oranlarda (%0, %5, %10, %20, %30, %40, %50 ve %60) endüstriyel odun yongası (%25 ladin, %35 çam, %15 meşe, %10 kavak kapak tahtası, %10 testere talaşı ve %5 elek altı) ile karıştırılması sonucu yongalevhalar üretilmiştir. Kompost atığı yongalarının yongalevha üretimine uygunluğu çalışılmıştır. Yongalevhalar üç tabakalı olarak üre-formaldehit tutkalı ile üretilmiştir. Üretilen levhaların bazı fiziksel, mekanik özellikleri ile formaldehit emisyonu, ıslanabilirlik özellikleri ve termal (ısı) iletkenlik değerleri tespit edilmiştir. Yongalevhaların fiziksel özelliklerinden rutubet miktarı, yoğunluk değeri, 2 ve 24 saatteki Su alma oranı (SAO) ve kalınlık artışı (KA) miktarları belirlenmiştir. Aynı zamanda yüzeye dik çekme direnci (YDÇD), eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri TS standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak test edilmiştir. Test levhalarının formaldehit emisyon testleri perforatör yöntemine göre fotometrik olarak belirlenmiştir. Yongalevhaların ıslanabilirliği, kontak açısı metodu (açıölçer teknik) ile karakterize edilmiştir. Ayrıca levhalara ait termal iletkenlik özellikleri de araştırılmıştır. Deney sonuçları, kompost atığı ilavesinin artması ile fiziksel ve mekanik özelliklerin azaldığı gözlemlenmiştir. Denemelerde, 24 saat suda bekletme sonucu KA % 9,3-11,5 SAO % 69,9-78, YDÇD 0,18-0,38 N/mm², eğilme direnci 6,96-12,62 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü 1537-2532 N/mm² olarak elde edilmiştir. Formaldehit emisyon değerleri (7,12 mgF/100gr levha) F grubu (%40 kompost atığı, %60 endüstriyel odun yongası) levhalarında diğer gruplara göre daha düşük bulunmuş iken en yüksek değerler ise E (9,42 mgF/100gr levha) ve H(9,16 mgF/100gr levha) grubu levhalarda elde edilmiştir. En yüksek ortalama temas (kontak) açısı (69,2°) % 60 oranında kompost atığından üretilmiş yongalevhalarda bulunmuş iken, en düşük değerler (53,6°) ise %100 endüstriyel odun yongalarından üretilmiş levhalarda tespit edilmiştir. Sonuçlar, kompost atıklarından genel amaçlı ve kapalı ortamlar için yongalevha üretilebileceğini göstermiştir. Böylelikle, Türkiye’de yeterince değerlendirilemeyen kompost atıkları, yongalevha endüstrisi için yeni bir hammadde kaynağı olacaktır.

Anahtar sözcükler: Kompost atığı, Endüstriyel odun yongası, Formaldehit emisyonu, Temas açısı, Termal (ısı) iletkenlik.

ABSTRACT

UTILISATION OF COMPOST WASTE FROM CULTIVATED MUSHROOM PRODUCTION FOR PARTICLEBOARD MANUFACTURING

Nurbanu YAGLICA

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN

July 2019, 75 pages

In this thesis study, particleboards were manufactured from mixtures of compost waste from cultivated mushroom production and industrial particles at a certain ratios. The compost waste and industrial particles were mixed in core layer at ratios 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, and 60% respectively. The suitability of compost waste chips for particleboard production was examined. Urea formaldehyde resin was used as a binder in 3-layers particleboards. Produced panels were tested for some mechanical and physical properties, formaldehyde emission, contact angles and thermal conductivity. Physical properties such as moisture content, density, water absorption and thickness swelling for 2 and 24 h water immersion times for particleboards were determined. In addition some mechanical properties such as internal bond, bending strength and modulus of elasticity were identified according to Turkey standards. Formaldehyde emissions of testing panels were determined by perforatör method as photometric. The wetting behaviors of particle boards were characterized by the contact angle method. Moreover thermal (heat) conductivity properties of the particleboard were investigated. Experimental results indicated that increase in compost waste chips in the mixture generally diminished the mechanical and physical properties. The increasing in thickness and water absorption for 24 hours also ranged from 9,3 to 11,5% and from 69,9 to 78%, respectively. The mean value of internal bond strength, bending strength and modulus of elasticity of the testing boards ranged from 0,18 to 0,38 N/mm², from 6,96 to 12,62 N/mm², from 1537 to 2532 N/mm², respectively. Formaldehyde emission value of F group manufactured from 60% wood chips and 40% compost waste was lower than those of other groups. The highest formaldehyde emission value was determined E and H groups. Particleboards made from 60% compost waste had the highest average contact angle (69,2°), but the lowest was for the particleboards containing 100% industrial particles (53,6°). It was understood that particleboards as suitable for general-purpose and indoor from compost waste. The study suggests that the compost waste which was efficiently utilized in the industry can be important raw materials to be used in the particleboard industry of Turkey.

Keywords: Compost waste, Industrial wood chips, Formaldehyde emission, Contact angle, Thermal (heat) conductivity

1. GİRİŞ

Dünyada birçok gelişmiş ülke, tarımsal atık liflerini kompozit levha üretiminde değerlendirmekte iken ülkemizde kompozit endüstrisi (OSB, masif panel, yongalevha, glulam gibi) üretimlerinde hammadde kaynağı olarak ağaç malzemeyi kullanmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, levha üretimine ilave edilecek mantar kompostu ile ülkemizdeki hammadde odun kaynaklarının, daha rasyonel, ekonomik ve amacına uygun olarak kullanımına katkıda bulunabilmektir. Ülkemizde özellikle levha endüstrisinin hammadde kaynağı olan odun ve yonganın büyük bir kısmını diğer bazı ülkelerden ithalat yolu ile temin edilebilmektedir. Hızla artan üretim ve tüketim isteklerinin karşılanabilmesi için değişik hammaddelerin kullanılması kaçınılmaz olmuştur.

Mantarlar yeşil yaprakları bulunmadığından özümleme yapamazlar ve ihtiyaç duydukları besin elementlerini bu nedenle mevcut buldukları ortamlarından hazır olarak temin etmelidirler. Mantar normal gelişimini göstermesi için gerekli ortam, farklı organik materyallerin ayrışması ayrıca bir takım besin elementinin ilave edilmesi ile sağlanabilir. Kültür mantarı üretiminde bu şekilde hazırlanmış ortamlara Kompost adı verilmektedir. Bu tür kompostlar, genel itibari ile buğday sapı, at gübreleri, kepek, çeltik ve çavdar sapı, melas, öğütülmüş mısır koçanı vb gibi lif yapısı taşıyan, temini kolay ve maliyeti düşük hammaddelerden hazırlanmaktadır (Özdemir, 2010). Kültür mantarı üretiminde kullanılan kompostlar, üretim sonrası atık hale gelmekte, bağ ve bahçelere taşınarak gübre olarak değerlendirilmekte veya atılmaktadır.

Özellikle son elli yıldır, dünyada üretilen kültür mantarı miktarında kayda değer önemli bir artış gerçekleşmiştir. Kültür mantarı arz miktarı 1961 yılında 495 bin ton iken, bu rakam 2013 yılında 9 milyon 900 bin tona çıkmıştır. Dünyadaki mantar üretim miktarı 1908'den beri yirmi beş kattan daha çok arttığı ifade edilmektedir (Eren ve Pekşen, 2016). Oduna alternatif bir hammadde olarak, her yıl Türkiye'de 1500'in üzerinde küçükü büyüklü mantar tesislerinde üretim yapılmaktadır. Bu işletmelerin %90-95 kültür mantarı üretimi ile ilgilenmektedir. Türkiye istatistik kurumu analiz sonuçlarına göre 2018 yılı itibari ile Türkiye kültür mantarı üretim miktarı yaklaşık olarak 47 bin

ton olduğu düşünölmektedir (TÜİK, 2019). Kültür mantarı üretiminde mantar verimi %20-25 arasında değişmektedir (Özdemir, 2010). Bu açıdan bakıldığında, tez çalışmasının hedefinde ölkemizde yaklaşık olarak 180000 tonun üzerindeki atık kompostun yongalevha üretiminde değerlendirilmesi düşünölmüştür.

Türkiye’de orman kaynaklarında odun üretimi sınırlı olup üretimi karşılayamamaktadır. Ayrıca artan nüfusun odun hammaddesine olan talebi zamanla daha da artacaktır. Önümüzdeki dönemde oduna olan gereksinimin kısa sürede karşılanması mümkün değildir. Bu nedenle ikame kaynaklara yönelmesi gerekmektedir. Önemli bir lifsel hammadde kaynağı olan atık kompostun yongalevha üretiminde kullanılması durumunda bu endüstri kolu için büyük oranda hammadde sıkıntısının aşılmasına katkı sağlayacaktır. Dünyada birçok fabrikada, oduna alternatif yeni bitkisel atıklar kullanılmaktadır. Bunlar ekin sapı, mısır, pamuk, ayçiçeğı, tütün gibi yıllık bitkilerdir. Bunların saplarının lif hammaddesi olarak kullanılması ikincil bir kullanım olduğundan ucuza mal olması ve her yıl ürün alındığından sürekli bir hammadde potansiyeline sahip olması bakımından önem arz etmektedir. Ayrıca, atık kompost gibi yıllık bitkilerde, tarlalarda bırakılmakta veya hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bu atık kompostun ve yıllık bitkilerin yongalevha endüstrisinde tüketilmesi ile hem daha rasyonel değerlendirilmesini hem de üreticilerin ikincil bir gelir elde etmesini sağlayacaktır. Bu durum, kompozit levha üretimi yapan fabrikaların genel maliyetlerinde bir azalma meydana getireceğı için piyasada her daim var olmasını sağlayacak ve endüstrinin dış piyasalara ürün vermesine yardımcı olacaktır (Güler ve Şahin 2015).

Dünyada ve ölkemizde özellikle yeni ürün tasarımları, müşteri beğenisi, yeni tarz ve moda akımlarının etkisi ile kompozit levha üretiminde olağan üstü artışlar gözlemlenmektedir. Bu üretimi tetikleyen en önemli faktörlerden biride yeni kullanım alanlarının ortaya çıkması ve her kullanım alanına uygun farklı tutkallar kullanılarak kompozit levha üretme tercihleridir. Kompozit levha üretimi, pazar payını artırmak için yeni sektörlerle iç içe girmekte ve özellikle laminat sektörü ile bir bütün olarak hareket etmektedir. 2002 yılı itibari ile ölkemizde üretilen yongalevha miktarı 2.414.000 m³/yıl’dır (Örs ve Ayyıldız, 2006).

Ölkemizde kurulan ilk yongalevha fabrikasının kuruluşundan bugüne kadar 60 yıl gibi uzun bir süre geçmesine rağmen, yongalevhaya olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmakta ve hammadde sorunu ile karşı karşıya bulunmaktadır. Ölkemiz de önde gelen levha üretim fabrikalarında, levha üretimi sırasında levhanın alt ve üst tabakalarını

oluşturan yongalarda testere talaşı ağırlıkla kullanılmaktadır. Bu talaş küçük ve orta ölçekli kereste ve mobilya fabrikalarından toplanarak fabrika üretim sahasına getirilmektedir. Bir diğer alternatif ise orta tabaka gibi dış tabakalarında yongalayıcılarda üretilmesi durumudur. Ancak bu tür üretimler maliyetlerinin yüksek olması nedeni ile çok fazla tercih edilmemektedir. Bu nedenle piyasadan toplanan testere talaşları ile üretim desteklemektedir. Ancak bu durum fabrikanın dışa bağımlılığını artırmakta ve piyasada oluşan en küçük bir dar boğazda üretimler aksayabilmektedir.

Son yıllarda Orman Ürünleri Endüstrisinde hammadde bulmakta ortaya çıkan güçlükler yeni alternatif hammaddelerin yongalevha üretiminde kullanılması imkânlarının araştırılmasına neden olmuştur. Birleşmiş milletler gıda ve tarım örgütü (FAO) verilerine göre önümüzdeki yıllarda lignoselülozik materyallerin yongalevha endüstrisinde kullanımı hızla artacağı ön görülmektedir. Ancak levha endüstrisinde odun dışı kaynakların kullanılması, pazarda oduna olan talebin azalmasını sağlayacaktır.

1.1. YONGALEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

TS EN 309 (1992)'e göre yongalevha, odun parçalarından (yonga, testere talaşı, rende talaşı gibi) ve/veya lignoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların tutkalandıktan sonra, sıcak preslenmesi ile elde edilen levhalar olarak tanımlanmaktadır.

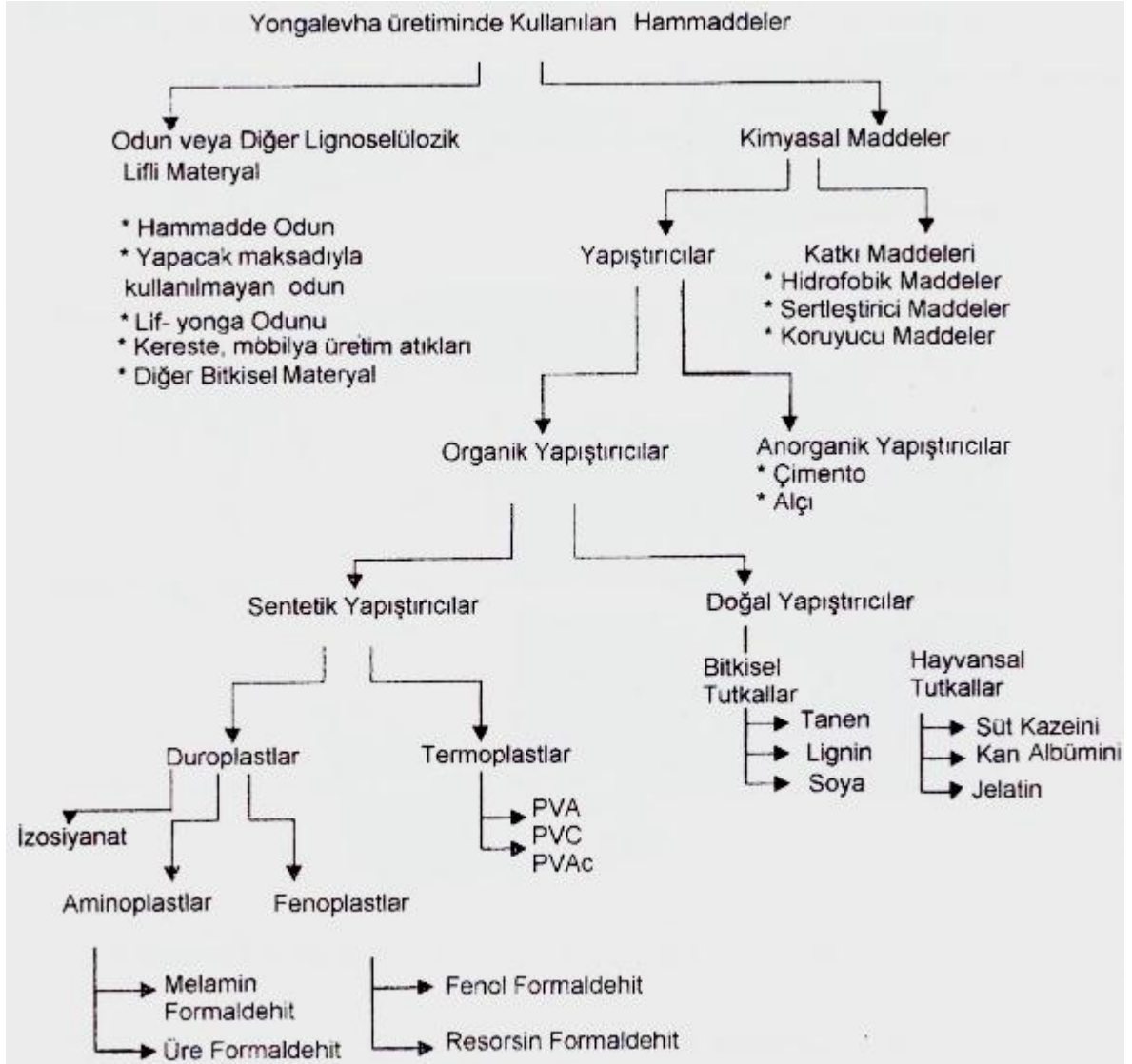
Yongalevhalar, serme sistemlerine, yoğunluklarına, tabaka sayılarına, yonga şekil ve boyutlarına, levha üretiminde kullanılan tutkal çeşidine, pres ve kaplama özelliklerine, levhaların kullanım alanlarına, üretimde kullanılan hammadde çeşitlerine göre farklı kriterlerde sınıflandırılmaktadırlar.

1.2. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

1.2.1. Odun

Yongalevha endüstrisinde kullanılan hammaddelerin %90'ı odun yongası ve lignoselülozik materyallerdir. Yongalevha üretiminde birçok ağaç türü kullanılmaktadır. Başlangıçta iğne yapraklı ağaç türleri (çam, ladin, göknar vb.) kullanılırken daha ekonomik olmaları ve kolay bulunmaları nedeniyle yapraklı ağaç türleri kullanılmaya başlanmıştır (kavak, huş, kayın vb.) son yıllarda yapılan çalışmalara göre bazı çabuk büyüyen ağaç türleri de yongalevha üretimine uygun bulunmuştur (örn: beyaz çiçekli

yalancı akasya). Aynı zamanda aralama kesimlerinde ağaçların budama atıkları ile orman endüstrisi atıkları yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. Yongalevha üretiminde kullanılan odunun çürüklük içermemesi istenir ancak lif kıvrıklığı, budak, çatlak gibi kusurlar bulunabilir. Şekil 1.1’de yongalevha üretiminde kullanılan hammaddeler gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Yongalevha endüstrisinde üretim için kullanılan hammaddeler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Ormandan temin edilen odun yanında, orman endüstrisi atıkları da yongalevha üretiminde kullanılır. Yonga odunu, üretim maliyetleri ve taşınmasındaki ekonomik ve teknik güçlükler nedeni ile bir kısım hammadde odunun ormanda yongalama yoluna gidilmesine sebep olmaktadır. Ancak orman içindeki yongalama işlemi odunun toz oranının artmasına neden olmaktadır. Toz miktarı, fabrika üretimi ile karşılaştırıldığında

%20-30 daha çöktür. Bu tozun bir miktarı levhanın iç tabakalarında kullanılabilir. Ancak yüzeylelerinin, ağırlıklarına oranla daha büyük olması nedeni ile fazlaca tutkal isabete etmekte ve su buharının uzaklaşmasını zorlaştırmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Genel olarak bakıldığında, kabuk kullanımının yongalevha üretimine uygun olduğu düşünölmekte olup, bunun üzerine çok miktarda çalışma yapılmıştır. Ancak ormanda yongalama sonucu oluşan yonga kumlu veya kirlidir. Bu durum kaba yongaların öğütölmesinde bıçakların hızlı bir şekilde körelmesine neden olmaktadır. Günümüzde endüstri atıklarından elde edilen ince materyal (testere talaşı, odun tozu) levhaların dış tabakalarında kullanılmaktadır. Bu hammaddenin en önemli özelliği dış tabaka yongası üretiminde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Mikro yongalar ise birkaç kademedey uygulanan öğütme ve eleme işleminden sonra fazlaca enerji tüketimi ile elde edilmektedir. Yongalevha üretiminde endüstri atıklarının kullanımı ile üretim maliyetini azalmaktadır. Bu sayede, üretim maliyetlerinde %15'lik bir azalma ve %45 oranında ise enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.2.2. Yıllık Bitkiler

Günümüz masif ağaç malzemelere alternatif ürünler, ahşap esaslı odun kompozitleridir. Odun kompozitleri sektörü özellikle son yıllarda önemli bir gelişme göstermiştir. Fabrika üretim hatlarına continuous preslerin dahil olması ile birlikte levha üretim hızlarında önemli artışlar gözlenmiştir. Odun kompozitlerinin tüm dünyada yaygın olarak kullanılması ile birlikte bu sektörün hammaddesi durumundaki odun yongası ve lifi yerine kullanılacak yeni hammadde seçenekleri araştırılmaktadır. Bu sebepten dolayı orman ürünleri endüstrisinde oluşan farklı tür üretim atıkları (kapak tahtaları, planya atığı, testere talaşı vb) yongalevha endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır (Arslan, Karakuş ve Güntekin, 2007). Tarımsal atıklar ve yıllık bitkiler ya tarlada bırakılarak yakılmakta veya gübre olarak arazilere serilmekte veyahut hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Dünya'da yapılan araştırmalar, birçok tarımsal atığın bu kapsamda değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Yongalevha endüstrisinde tarımsal atıkların değerlendirilmesi hem çevre sağlığı bakımından hem de sosyo-ekonomik açıdan yararlı olacağı düşünölmektedir.

Son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmeler, lignoselülozik kompozit levhalara olan talepteki artışlar, yeşil orman varlığındaki tahribatın artması, bilim adamlarını

ahşap kompozit levha üretimi için kullanılan odun hammaddesi yerine, yeni hammadde kaynağı arayışlarına sevk etmiştir. Özellikle son 30 yıldır bu araştırmalar, hem ar-ge laboratuvarları kapsamında hem de ticari anlamda hızlı bir şekilde yürütülmektedir. Günümüzde de yüzlerce araştırmacı bu konular üzerine önemli ölçüde mesai harcamaktadırlar. Hammadde olarak yıllık bitkiler ve tarımsal atıklar elde edilen lif ve yongalar, lignoselülozik kompozit levha üretiminde oduna alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (Arslan ve diğ. 2007).

Lignoselülozik kompozit levhalar, orman ürünleri endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Odun hammaddesine alternatif olarak kullanılan lignoselülozik materyaller genel olarak iki bölüme ayrılmaktadırlar. Bunlardan birincisi doğal lif kaynakları ve diğeri ise tarımsal ürün atıklarıdır. Dünya’da ve Türkiye’de, tarımsal atıkları hammadde olarak kullanan birçok çalışma gerçekleştirilmiş veya halen devam eden çalışmalar bulunmaktadır. Yongalevhaların üretiminde farklı oranlarda çeşitli tutkallar ve farklı pres sıcaklıkları kullanılmaktadır (Arslan ve diğ. 2007).

Yıllık bitkilerin yongalevha üretiminde kullanılabilmesi için toplama ve taşınması kolay, maliyetleri az olmalı, yeterli miktarda bulunabilmeli, malzeme zararlılar tarafından herhangi bir bozunmaya maruz kalmamalıdır. Üretimde saman, mısır sapı, ayçiçeği sapı, haşhaş sapı, pamuk sapı, şeker kamışı, bambu, saz, papirüs, palmiye yaprağı lifi gibi lifler, yer fıstığı kabuğu, ay çekirdeği kabuğu gibi yıllık bitkiler kullanılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.3. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN SENTETİK TUTKALLAR

Sentetik reçineler fiziksel özellikleri bakımından doğal tutkallara benzeyen yapay polimerlerdir. Bu tür tutkalların suya karşı dirençleri, doğal tutkallardan daha yüksektir. Sentetik tutkallar termosetting ve termoplastik tutkallar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Termoset tutkallar, çapraz bağlanma reaksiyonları sonunda fiziksel veya kimyasal yöntemlerle tutkalın tekrar geri dönüşümü mümkün değildir. Bu tür tutkallara üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit vb. formaldehit esaslı tutkallar örnek verilebilir (Demirkır, 2006). Termoplastik tutkallar ise reaksiyonları tamamlandıktan sonra sertleşir, bu tutkallar ısıtıldığında ise tekrardan yumuşamaktadırlar (PVA ve PVC tutkalları).

1.3.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin bir kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşmakta olup, katı veya sıvı olarak üretilmektedir. Formaldehit ise metanol'den üretilmektedir. Bu tutkalın, sertleşme süresi kısa, kullanımını kolay, beyaz renkli ve ucuz olduğu için yongalevha üretiminin %90'ında üre formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı kullanılan yongalevha üretiminde reaksiyon hızı sıcaklık ile ayarlanır. Bu tutkallarlar sıcak pres sonunda sertleşmesi için, bir sertleştirici yardımı ile üretimde kullanılmaktadırlar (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). Ayrıca sıvı tutkal akışını, tutkalın viskozitesini, oduna penetrasyonunu sağlamak ve tutkal sarfiyatını azaltmak için üretime dolgu maddeleri ilave edilmektedir. Hem rutubet hem de ortam sıcaklığına karşı dayanımını artırmak için melamin tutkalı ile birlikte de kullanılmaktadır. Bu tutkalların kullanımında karşılaşılan en büyük tehlike ise sıcak presleme sırasında oluşan formaldehit emisyonudur. Bu emisyon, üretimden sonra levhanın kullanıldığı ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak devam etmektedir. Bu problemi azaltmak için farklı kimyasallar denenmekte olup (üre veya melamin ilavesi, formaldehit tutucu kimyasallar vb) bu tür uygulamalar da genellikle levha maliyetini önemli derecede artırmaktadır (Boran ve Usta, 2010).

1.3.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol ile formaldehitin kondenzasyonu iki şekilde meydana gelmekte olup, bu reaksiyon sonucu asidik ve alkali olarak adlandırılan iki farklı tutkal oluşur. Bu tutkallar dış cephelerde ve açık hava şartlarında kullanılacak yongalevhaların üretiminde kullanılır. Fenol formaldehit tutkalı 135-155°C arasındaki sıcaklıklarda sertleştirici kimyasala gerek kalmaksızın sertleşebilir. Üre formaldehit tutkalına göre suya karşı daha dayanıklı olup, fiyatı da yüksektir. Bu tutkal rutubet, yağ, organik çözücü ve aside karşı çok dirençlidir. Mantar ve bakterilere karşı dayanıklı değildir. Tutkalın koyu kahverengi olması nedeni ile uygulandığı malzemenin rengini koyulaştırır. Keskin, ağır bir kokusu olması nedeni ile kullanıldığı alanlarda iyi bir havalandırma olmalı, üretimde çalışanlar koruyucu elbiseler giymeli ve toz fenol tutkalı işçiler tarafından teneffüs edilmemelidir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.3.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı günümüzde laminat (yüzey kaplama) sektöründe dekor ve overlay kağıtlarının emprenyesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda tabakalı ağaç malzemelerin ve film tutkallarının da üretiminde kullanılmaktadırlar. Bu tutkallar üre ve fenol formaldehit tutkallarına göre daha yüksek su ve rutubet direncine sahip olup, çok pahalı bir tutkaldır. Bu nedenle tüketimi fazla değildir. Pahalı olması nedeni ile levha fabrikalarının emprenye tesislerinde kullanılan melamin tutkalına, üre formaldehit ilave edilmektedir. 90-140 °C arasındaki sıcaklıklarda sertleştirici kimyasal ilavesi olmadan sertleşebilir. Ancak tutkalın sertleşme süresini kısaltmak için sertleştirici ilave edilebilir. Bu tutkalın üretimi, üre formaldehit tutkalının üretimine benzemektedir. Sulu çözeltisinin sertleşme süresinin kısa olması nedeni ile toz halinde depolanırlar. Bu tutkalın uygulanmış olduğu levha yüzeyleri parlak olup, kaynar suya, çizilmeye, yağ ve mürekkebe karşı dayanıklıdır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.3.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı

Bu tür tutkallar, düşük konsantrasyonlu alkaliler, kaynar su, asit gibi çözücülerden etkilenmez ancak çok pahalı olması sebebiyle sadece özel üretimlerde kullanılmaktadır. Rengi koyu kırmızı olup, sıvı halde yüzeylere uygulama yapılmaktadır. Yüksek frekans yapıştırıcıları için çok uygun bir tutkaldır. Bu tutkallar ağaç konstrüksiyonların yapıştırılmasında, uçak ve gemi imalatında değerlendirilmektedir. Pahalı olması nedeni ile genellikle diğer tutkal türlerine ilave edilerek kullanılmaktadır. Bu tutkalla ağaç malzeme ortam sıcaklığında yapışmaya imkan vermekte olup bu özelliği ile fenol formaldehit tutkalından daha üstündür. Resorsin formaldehit tutkalının sertleşmesi 20-65 °C'de gerçekleşmektedir (Demirkır, 2006).

1.3.5. İzosiyanat Tutkalı

İzosiyanat tutkalları, sağladıkları yüksek yapışma mukavemeti nedeniyle ahşap panellerin yapıştırılmasında yaygın olarak kullanılırlar. Genellikle, monomer difenilmetan-diizosiyanat ve metilen köprülü oligo-aromatik izosiyanatların karışımı olup her molekül üzerinde birkaç izosiyanat grubu vardır (Sandberg 2016, Dunky 2003). İzosiyanat tutkalları, fenol ve melamin ile karşılaştırıldığında fiyatı yüksek ancak çok yüksek yapışma direnci ile su ve dış hava koşullarına karşı yüksek dayanıma sahiptirler (Dunky, 2003). Bu tutkal sıvıdır ve içeriğinde hiç su bulunmamaktadır. Bu tutkalın yongalevha endüstrisinde kullanılması durumunda yongaların rutubeti

artmamakta ve sıcak presleme süresi kısalmaktadır. Böylece levha üretim hızı artmakta ve birim üretim maliyetleri azalmaktadır. Fenolik tutkallarda, genellikle formaldehit kullanımına bağlı olarak formaldehit emisyonu oluşumu meydana gelmesine rağmen, bu tutkalın bünyesinden böyle bir ayrışma olmamaktadır. Ancak bu tutkalların kullanımında özellikle metal kısımlara yapışmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle izosiyanat içerikli tutkallar, levhaların orta tabakasında veya özel yapışmayı önleyici kimyasallar ile birlikte kullanılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.4. YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ

1.4.1. Sertleştirici Maddeler

Yongalevha üretiminde tutkal hazırlanırken kurumaması, levha sıcak preste iken tutkalın çabuk kurumması için sertleştirici ve geciktirici kimyasallar ilave edilir. Üretimde en fazla üre formaldehit tutkalı için kullanılan sertleştiriciler; amonyum klorür ve amonyum sülfattır. Sertleştirici madde ilave edilen tutkalın prese gelmeden önce sertleşmesini engellemek amacıyla amonyak veya üre ilave edilir. Amonyakın kullanımındaki amaç, tutkal ortamında düşük sıcaklıklarda oluşan asidin nötralize edilmesidir. Bu durumda tutkalın sertleşmesi yavaşlar ve hatta durur. Levha taslağı sıcak prese geldiğinde ise amonyak hızlıca uzaklaşmakta ve tutkalın sertleşmesi gerçekleşmektedir.

Amonyum klorürün tutkalda sertleştirici olarak kullanımı daha uygundur. Bu ortamda oluşan hidroklorik asit uçucu özelliğe sahip olup levha taslağının her bir tarafına homojen bir şekilde yayılmaktadır. Amonyum sülfatın sertleştirici olarak kullanılması durumunda oluşan sülfürik asit uçucu özelliğe sahip olmadığından dolayı tutkalın homojen bir şekilde sertleşmesinde problemler oluşabilir. Pahalı olmasına karşın bazı durumlarda heksametilen tetra amin de sertleştirici kimyasal olarak kullanılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.4.2. Hidrofobik Maddeler

Yongalevhelerde boyutsal stabiliteyi sağlamak ve levhaların su alarak şişmesini önlemek amacıyla çeşitli mumlar ve parafin kullanılmaktadır. Parafin levha üretimi sırasında, iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru tutkal ağırlığına oranla %0,5'in altında, geniş yapraklı ağaçlarda bu oran %1'in altında kullanılmaktadır. Parafin, levhaların su

alımını tamamıyla engelleyememekte, ancak suyun levhaya alımını yavaşlatmaktadır. Parafin yongaların üzerine sıvı veya sulu çözelti olarak püskürtülmektedir. Ayrıca parafin yine tutkal çözeltisine ilave edilerekte levha üretiminde kullanılmaktadır (Demirkır 2006, Kalaycıoğlu ve Özen 2012).

1.4.3. Zararlılara Karşı Koruyucu Maddeler

Ahşap esaslı birçok ürüne, mantar böcek ve diğer biyolojik canlılar zarar verebilmektedir. Yongalevhelerde bu zararlılara karşı en yaygın kullanılan kimyasal ürünler klor ve pento klor fenol'dür. Ancak yapılan bazı araştırmalarda bu kimyasalların kullanımını durumunda, yongalevhelerin yapışma direnci değerlerinde önemli azalmaların meydana geldiği ifade edilmiştir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Yongalevhelerde yanmayı önleyici kimyasal olarak amonyum sülfat, amonyum pentaborat, ve bor asitleri yaygın bir şekilde kullanılırlar. Amonyum ihtiva eden kimyasallar, yanma sırasında amonyak ayrışarak koruyucu bir gaz gibi davranır. Borlu bileşiklerde ise yüksek miktarda enerjiyi absorbe ettikleri için ısının aşırı yükselmesini engellerler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5. YONGALEVHA ÜRETİMİ

Genel olarak yongalevha üretimi; Kabuk soyma › Kaba Yongalama › Depolama › Yongaların inceltilmesi › Kurutma › Eleme › Depolama › Tutkallama › Serme (Dozajlama) › Taslak oluşumu › Soğuk Presleme (ön pres) › Sıcak presleme › Kenar alma › Soğutma (klimatize etme) › Zımparalama › Depolama › Satış aşamalarından meydana gelmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.1. Kabuk Soyma

Kabuk soyma işlemi iki türlü yapılabilir. Bu işlem ya el ile yada makine ile yapılır. Levhaların dış tabakasında değerlendirilecek olan odun tozları için kabukların soyulması gereklidir. Aksi takdirde yüzeyde kullanılan tutkal sarfiyatı artmakta ve kabuk parçaları levha yüzeylerinde benekler halinde görülmektedir.

1.5.2. Yongalama

Yongalar üretimleri sırasında kuvvetin uygulandığı yöne bağlı olarak üç farklı şekilde üretilmektedirler. Yongalar, kırarak, yarararak ve ezerek elde edilebilirler. Kırarak

üretilen yongalar liflere dik yönde kesilirler. Bu nedenle bu yongaların üretiminde harcanması gereken enerji miktarı yüksektir. Yarma işleminde ise yongalar liflere paralel olarak kesilirler. Ezme ise kırıcı değirmenlerde gerçekleştirilen bir işlemdir. Burada kaba yongalar, hem kırma hem de yarma işlemleri ile küçültülürler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Yongalevhalarda yongalar, dış tabaka yongası ve orta tabaka yongası olmak üzere ikiye ayrılır. Dış tabaka yongası liflere paralel yönde kesilerek hazırlanan ince yongalardır. Orta tabaka yongası ise liflere dik ve az meyilli kesilen daha kalın yongalardır. Dış tabakada kullanılacak yongaların genellikle 0,15-0,25mm kalınlıkta olması istenir. Orta tabakada kullanılacak olan yongaların kalınlıkları ise 0,3-0,5mm olmalıdır.

1.5.3. Kurutma

Mevsimplere bağlı olarak yongaların kurutma makinelerine girmeden önceki rutubeti % 35-120 arasında değişir. Yongalar fırından çıktığında rutubetlerinin %1-3 arasında olması istenir. Yongaların kuruması; ağaç türü, yonga boyutları, yonga kalınlığı, özgül ağırlığa ve yongaların başlangıç rutubetinden etkilenmektedir. Yapraklı ağaç yongaları iğne yapraklı ağaç yongalarına göre daha uzun sürede kurutulmaktadır.

Orta ve dış tabaka yonga rutubetlerinin farklı olması, levha üretimi sırasında presleme işleminde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Dış tabaka yongalarının daha rutubetli olması birçok avantajından dolayı istenir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.4. Eleme

Yongalar kurutulduktan sonra toz ve küçük parçacıkların uzaklaştırılması amacıyla eleme işlemine tabi tutulur. Aynı zamanda çok kaba yongaların tekrar yonganması için ayrıştırılması da eleme sırasında gerçekleştirilir. Yani eleme işleminde iki sistem mevcuttur; yongaların içinde bulunan çok ince ve çok kaba yongaların uzaklaştırılması ve yongaların istenilen gruplara ayrılması.

1.5.5. Depolama

Levha fabrikalarında kullanılan silolar, fabrikada üretilen veya üretimde kullanılacak olan yaş, kuru ve tutkallanmış yongaları depolamak amacı ile kullanılırlar. Bu silolar, üretimin bir sonraki aşamanda gecikmelerin meydana gelmemesi için gerekli miktarda yonganın gönderilmesini sağlarlar. Bu siloların görevi günlük veya aylık fabrikanın

ihtiyacı olan yonganın depolanması değildir. Bu görevi fabrika sahasındaki odun depoları ve hangarlar görmektedir.

1.5.6. Tutkallama

Üretimde kullanılan tutkallar genellikle çözelti halinde hazırlanarak, odun yongalarına bir püskürtme sistemi yardımı ile uygulanmaktadır. Yongalevha üretiminde genel olarak m²'ye 2 gr kuru tutkal kullanılmaktadır. Dış tabaka ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı tutkalanmaktadır. Dış tabakada kullanılan yongalar daha ince olduğu için daha fazla tutkal kullanılmaktadır. Orta tabakanın preste daha iyi sertleşmesi için dış tabakadan daha fazla sertleştirici ilave edilir. Aynı zamanda dış tabaka yongasında kullanılacak olan tutkala çabuk kurummasını engellemek amacıyla daha fazla su eklenir. Üretim şartlarına göre orta tabaka tutkalının konsantrasyonu genellikle dış tabakadan daha yüksektir.

1.5.7. Serme

Yongalevhaların en önemli fiziksel özelliği özgül ağırlıklarıdır. Özgül ağırlığın tüm levhada homojen olmasını ancak düzgün çalışan bir serme sistemi ile sağlayabilirsiniz. Serme işleminde meydana gelebilecek en küçük bir hata, üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olacaktır. Tutkallama makinesinden çıkan yongaların yeknesak bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazırlanması yongalevha üretiminin en önemli aşamasıdır. Yongalevha üretiminde serme sistemleri, dökme, rüzgârlama, savurma ve sınıflandırma şeklinde yapılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.8. Presleme

Yongalevha üretiminde soğuk ve sıcak olmak üzere iki çeşit presleme yapılmaktadır. Soğuk presleme işlemi (ön pres) 15-20 kg/cm² basınç altında gerçekleştirilmektedir. Okal tipi yongalevha üretiminde soğuk pres uygulanmaktadır. Soğuk presleme ile orta ve dış tabaka yongaları birbiri ile daha iyi kenetlenir, ince yongaların sarsıntı sonucu taslak tabanına kayması önlenir. Sıcak preslemede pres plakalarının daha az açılmasını sağlayarak ısı kaybı ve presin kapanması için gerekli olan süre azalmış olur. Serme sırasında meyilli olan yongalar kısmen düz duruma getirilir.

Yongalevha taslağı levha özelliğini sıcak preste kazanır. Sıcak presleme sırasında sıcaklık ve basıncın etkisiyle yongalar plastikleşir ve istenilen kalınlıkta bir malzeme

oluşur. Presleme süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığı ve presin kapanma süresine bağlıdır. Sıcak presleme de uygulanacak basınç levha özgül ağırlığı ve taslak kalınlığına göre 20-25 kg/cm² arasında değişir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlı olarak 150-220 °C arasında değişmektedir. Presin kapanma süresinin kısa olması dış tabakanın normalden daha yüksek orta tabakanın ise daha düşük özgül ağırlıkta olmasına sebep olur. Presleme koşullarının yetersiz olması levhalarda patlamaya neden olur (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.9. Soğutma (Klimatize Etme)

Presten çıkan levhalar soğutma kanalı, soğutma presi veya soğutma yıldızları kullanılarak soğutulurlar. Daha sonra üre formaldehit tutkalıyla üretilen yongalevhalar aralarına lata konularak, fenol formaldehit ile üretilen levhalar ise lata konmadan istif edilir.

1.6. LİTERATÜR ÖZETİ

Artan dünya nüfusu ve ekonomik gelişmeler, yongalevha, liflevha ve kağıt gibi odun bazlı ürünlere olan talebinde artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca daha çevre dostu yapı malzemeleri geliştirme noktasındaki sosyal baskı, daha doğal yenilenebilir hammaddelere olan talebi daha da artırmaktadır. Aynı zamanda çeşitli sebeplerden dolayı ormanlardan üretilen odun lifi üretim kapasitesi de azalmaktadır (McNutt, Haegglom and Raemoe, 1992). Odun ve odun lifi üretimindeki bu açık, alternatif lignoselülozik hammadde kaynakları bulmak için bir çok araştırmaya ve endüstriyel çabaya sebep olmaktadır. Bu anlamda tarımsal atıklar, hızlı büyüyen plantasyon ormanları ve odun ürünlerinin geri dönüşümü çok önemli kaynaklar olarak görülmüştür (Bowyer and Stockman 2001, Ntalos 2000).

Daha öncede bahsedildiği gibi levha sektöründe, günümüz araştırmacıları tarafından oduna alternatif birçok lignoselülozik materyaller (yıllık bitkiler gibi) üzerinde araştırmalar yapılmış ve kompozit levha üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Odun hammaddesinin lif talebini karşılayamamasından ve daha ekonomik hammadde kaynaklarının aranması sebebiyle yıllık bitkiler, testere talaşı, kapaklar vb. malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin eskiden beri tekstil, halat yapımı ve diğer amaçlarla kullanılan kenafın lif üretiminde kullanılmak amacıyla yetiştirilmesi desteklenmiştir (Taylor, 1993).

Orman ürünleri sektöründeki, ahşap esaslı kompozit levha üretiminin ana hammadde kaynağı odun olup, bu sektördeki kaynağın %68,5'ini karşılamaktadır. Bunun dışında kalan %31,5'lik kısım ise tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar, yıllık bitkiler ve geri dönüşüm malzemelerinden oluşmaktadır. Çizelge 1.1'de, Dünya'da bu sektörde kullanılan hammadde odun ve diğer tarımsal lif kaynaklarının miktarı ve oranları verilmiştir.

Çizelge 1.1. Odun ve tarımsal bazlı lif kaynaklarının dağılımı (Ndazi, Tesha and Bisanda, 2006).

Lif kaynağı	Miktar (x10 ³ ton)	Oran (%)
Odun	1.750.000	68,5
Pirinç sapı	700.000	27,4
Pirinç kabuğu	70.000	2,8
Pamuk	18.645	0,75
Bambu	10.000	0,39
Jüt	3.630	0,14
Kenaf	970	0,04
Keten	830	0,03
Sial	380	0,01
Kenevir	220	0,009
Rami	110	0,004
Hindistan cevizi	100	0,0039

Brinkman, Bucking and Heller (1976), Şeker kamışı, pamuk sapı, mısır sapı ve saman gibi alternatif hammadde kaynaklarının üretimi artırmaya yönelik ince ve kalın çimentolu yongalevha üretiminde kullanımının teknik yöntemlerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Sonuç olarak bu kaynakların levha üretiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Kalaycıoğlu (1992), 0.60 g/cm³ özgül kütlede, %30'unu dış tabakalar, %70'ini orta tabakalar oluşturacak şekilde 20 mm kalınlıkta, dış tabakalarda % 10, orta tabakalarda %8 oranında üre formaldehit tutkalı kullanarak, tütün sapı, ayçiçeği sapı ve çay atıklarından üretilmiş yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Sonuçta; tütün sapı levhalarında eğilme direnci 12,83 N/mm², YDÇD 0,63 N/mm², ayçiçeği sapı levhalarında eğilme direnci 16,35 N/mm², YDÇD 0,46 N/mm², çay atıklarından üretilen levhalarda ise eğilme direnci 11,37 N/mm², YDÇD 0,11 N/mm² olarak belirlemiştir. Ayrıca Bektaş, Göker, Kalaycıoğlu, Güler ve Nacar (2001) yapmış

oldukları Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) projesinde ayçiçeği saplarından standartlara uygun yongalevhalar üretmişlerdir.

İstek (1999) yapmış olduğu bir çalışmada buğday sapı kullanarak MDF üretimi gerçekleştirmiştir. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine bakılmış uygun şartlar sağlandığında (ÜF oranı: %12, presleme zamanı: 6 dk, presleme derecesi: 150 °C, presleme basıncı: 200-220 kp/cm², sertleştirici oranı: %1, buğday sapı/yonga oranı: % 50/ %50) %100 odun hammaddesinden elde edilen MDF ye alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Güler (2001) yongalevha üretiminde oduna alternatif hammadde olarak yıllık bitkilerden pamuk saplarının kullanılabilirliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu Araştırma ile pamuk saplarından elde edilen yongalevhaların TS-EN standartlarına göre üretim koşullarını belirlemiştir. Güler, Şahin and Yeniay (2016) yapmış oldukları çalışmada, mısır saplarının levha üretimi için uygunluğunu araştırmışlar ve mısır sapı katılım oranının %50'ye kadar çıkması durumunda, yongalevhalar için bazı teknolojik özelliklerin standart sınır değerlerine uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Ntalos and Grigoriou (2002) yaptıkları bir çalışmada, yongalevha üretimi için budanmış asma sapı atıklarının uygunluğunu araştırmışlardır. Amaç doğrultusunda asma budama sapları ile endüstriyel odun yongalarını çeşitli oranlarda kullanarak tek ve üç tabakalı yongalevhalar üretmişlerdir. Yapıştırıcı olarak ise ticari bir üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Deney levhalarına ait mekanik ve higroskopik özellikler bakımından, odun yongası yerine asma budama atıklarının kullanılması durumunda tüm levha özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Philippou ve Karastergiou (2001) kenaf, miskantus, kamış ve pamuk sapları gibi lignoselülozik yıllık bitki materyallerini düşük formaldehit emisyonuna sahip yongalevha üretimi için alternatif hammadde olarak değerlendirmişlerdir. Endüstriyel odun olarak ise kavak yongaları kullanılmıştır. Eğer bu atıklar, kavak yongaları ile uygun miktarlarda karıştırıldığında hem düşük hem de yüksek yoğunluklu yongalevha üretimine uygun olduğu ifade edilmiştir. Üstelik bu yıllık bitki atıklarından üretilmiş düşük yoğunluklu yongalevhalar, iyi ısı ve ses yalıtımı özelliklere sahip yapı elemanlarının üretimi için tatmin edici sonuçlar göstermiştir.

Balkız (2006) tarafından yapılan çalışmada orman gülü odunu lifleri kullanılarak orta yoğunlukta lif levhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine

bakılmıştır. Sonuç olarak orman gülü odunu kullanılarak TSE standartlarında belirtilen özelliklere uygun MDF imalinin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Karakuş (2007) tarafından yapılan çalışmada sera atıklarının yongalevhalar endüstrisinde değerlendirilebilme olanaklarını çalışmıştır. Levhalarda, yapıştırıcı olarak %65'lik üre formaldehit (ÜF) ve melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalları iç ve dış tabakaya farklı oranlarda ilave ederek kullanılmıştır. Üç farklı hammaddeden, toplamda 33 adet farklı levha üretimi gerçekleştirmiştir. Üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS standartlarına uygunluğu incelenmiştir. Çalışma sonuçları, MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ÜF tutkalı ile üretilenlere göre daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca sera atıklarının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi durumunda, oduna alternatif bir hammadde kaynağı olabileceği ifade edilmiştir.

Aslan (2008) tarafından yapılan çalışmada orman ve tarımsal atıklardan tek ve üç tabakalı kompozit levhalar üretilmiştir. Ve bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre elma ve kiraz budama atıkları ile haşhaş sapı esaslı yongaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra üretilen levhaların teknolojik özellikleri ile yılın belirli dönemlerinde odun yongaları ile kombine edilerek kullanılacakları tespit edilmiştir.

Guler, Copur and Tascioglu (2008) yapmış oldukları çalışmalarında, fıstık kabuğu ve karaçam yonga karışımının genel amaçlı yongalevha üretimi bakımından uygunluğunu araştırmışlardır. Levha üretiminde farklı oranlarda karaçam yongaları ile fıstık kabuğu karışımı kullanılmıştır. Levhaların üretiminde yapıştırıcı olarak üre formaldehit tutkalı kullanılmış olup, levha yoğunluğu ise $0,70 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Üretilen levhaların bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Karışım içerisindeki fıstık kabuğu oranının artışına bağlı olarak levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bir azalmanın meydana geldiği, %25'lik fıstık kabuğu kullanımı durumunda, TS EN 312 standardının belirlediği minimum sınır değerlerini sağladığı belirtilmiştir.

Efe (2011) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği bitkisi sapsarı ile izolasyon levhası üretilmiştir. Sonuç olarak üretilen izolasyon levhalarının konut ve işyerlerinin iç mekanlarında ve çatı altlarında kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Üretilen levhalar yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılmayacağı ancak özellikle ayçiçeği sapsarının atmosfer koşullarında yanmazlık özelliği göstermesi sebebiyle ısı yalıtımı ve yangın geciktirici malzeme üretimi için uygun hammadde olduğu tespit edildi.

Pirayesh and Khazaeian (2012) yaptıkları çalışmalarında badem kabuklarının, biyo-atık kaynağı olarak odun bazlı kompozit levha üretimine uygunluğunu araştırmışlardır. Farklı oranlarda badem kabuğu içeren levhaların üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Üretilen levhaların fiziksel (su alma ve kalınlığına şişme oranı) ve mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yapışma direnci) özellikleri ile badem kabuklarının bazı kimyasal özellikleri (holoselüloz, α -selüloz, lignin, kül içeriği, %1'lik NaOH çözünürlüğü, sıcak ve soğuk su çözünürlüğü) tespit edilmiştir. Badem kabuğu parçacıklarının ilavesi, levhaların su direncini büyük ölçüde geliştirdi. Ancak artan badem kabuğu içeriğine bağlı olarak eğilme özellikleri ile yapışma direncinde azalmalar meydana geldiği ifade edilmiştir. Ayrıca levhaların mekanik özellikleri için gerekli standart değerleri karşılaması için badem kabuğu katılım oranının maksimum %30 olması gerektiği belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, yenilenebilir tarımsal bir atık olan ceviz/badem kabuğunun odun esaslı panel üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Üre formaldehit yapıştırıcısı kullanılarak, farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30 ve %100) ceviz/fıstık kabuğu katılım oranları ile yongalevhalar üretilmiştir. Levhalara ait bazı fiziksel ve mekanik özellikler ile formaldehit emisyon değerleri belirlenmiştir. Ceviz/badem kabuğu parçalarının ilavesi ile levhaların su direncinde önemli iyileşmelerin gözlemlendiği, formaldehit emisyonlarını ise büyük ölçüde azalttığı ifade edilmiştir. Buna karşılık mekanik özelliklerinde ise azalmalar tespit edilmiştir. Bu çalışmada ceviz/badem kabuklarının su alma, şişme ve formaldehit emisyon oranının düşük olması nedeni ile iç mekanlarda kullanılan ahşap esaslı yongalevhaların üretimine alternatif bir hammadde veya dolgu maddesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Pirayesh, Khanjanzadeh and Salari, 2013).

Acar (2014) tarafından yapılan çalışmada pirinç sapları ve profil fabrikası MDF atıklarından kompozit levhalar üretilmiştir. Profil fabrikasında folyo ile kaplama aşamasında oluşan PVC parçalar, ham PP ve ham YYPE materyaller kullanılmıştır. Ayrıca lif-plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek amacıyla MAPE takviye edilmiştir. Kompozit levha üretimine ilave edilen MAPE nin levhanın fiziksel, mekanik ve termal özelliklerine etkisi tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen kompozit malzeme içerisinde plastik miktarı arttıkça su alma oranında da azalma görülmüştür. TGA sonuçları incelendiğinde malzemenin termal özelliklerinin iyileşme sergilediği anlaşılmıştır.

Borazan (2015) tarafından yapılan çalışmada findikkabuğu veya ceviz kabuğu takviyeli polyester esaslı kompozitler üretilmiştir. Mekanik özellikler incelendiğinde polyester içerisine katılan findikkabuğu unlarının malzemenin çekme, eğilme direnci özelliklerini genel olarak azalttığı ancak kopmada uzama miktarını artırdığını tespit etmiştir. Takviye olarak ceviz kabuğu unu ve kauçuğun kullanıldığı levhalarda ceviz unu ve kauçuk oranına bağlı olarak malzemenin mekanik özelliklerinin genel olarak azalış gösterdiği fakat kısmen kopmada uzama miktarı artırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada findikkabuğu veya ceviz kabuğu ile kauçuk tozu termoset bazlı levhaların üretiminde kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Yaldızcı (2016) tarafından yapılan çalışmada kumaş atıklarından polyester esaslı kompozit malzeme üretilmiştir. Atık ilavesine bağlı olarak üretilmiş levhaların çekme ve eğilme direnci değerlerini genel olarak azalttığı ancak kopmada uzama ve darbe direnci değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, termoset bazlı kompozit levha üretiminde atık pamuklu kumaş türlerinin kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Külçe (2016) tarafından yapılan çalışmada çeşitli plastik atıklarla farklı özellikteki polimerler ile odun lifleri karıştırılarak HDF üretilmiştir. Üretilen levhaların yoğunluk, rutubet, su alma, kalınlığına şişme, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü sonuçları incelenmiş ve sonuç olarak elde edilen levhaların belli kullanım alanlarında yüzde yüz lif ilavesi ile üretilecek levhaların bir alternatif olacağı belirtilmiştir.

Yavilioğlu (2017) tarafından yapılan çalışmada Adana bölgesinde yetişen pamuk bitkisinin işlenmesi esnasında ilk aşamada oluşan atık ve pamuk telefi olarak isimlendirilen hammaddeden tek başına, belli oranlarda odun lifi ve odun yongası ile karıştırılarak lif levha ve yongalevhalar üretilmiştir. Hazırlanan levhaların kalınlık artışı ve su alma oranları, renk ölçümleri, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yapışma direnci sonuçları ölçülmüş, karışımdaki atık pamuk lifi artışının levhaların elastik özelliklerini olumlu etkilediği bildirilmiştir.

Atık mantar kompostunun yongalevha sektöründe değerlendirilmesi, levha endüstrideki hammadde çeşitliliğine katkı sağlayacaktır (alternatif bir hammadde olacak). Atık kompostların değerlendirilmiş olması nedeni ile mantar üreten fabrikalar yeni bir gelir kaynağına kavuşacaklardır. Böylelikle çevre kirliliği önlenmiş, ülke ekonomisine de olumlu bir katkı sağlayacaktır.

Özellikle odun hammadde fiyatlarının yükselmesi ve hammadde temininde yaşanan sıkıntılar, tarımsal atıkların ve yıllık bitkilerin kompozit levha üretimi üzerine araştırmalarda önemli ölçüde artışlara sebebiyet vermiştir. Daha önceki yapılmış çalışmalara bakıldığında kompost atığının herhangi bir ahşap esaslı kompozit levha üretiminde kullanılmadığı tespit edilmiştir. En önemli orman ürünleri endüstrileri arasında yer alan yongalevhanın kompost atığı ilaveli olarak üretim imkanlarının belirlenmesi ile yongalevha üretiminde alternatif bir hammadde kaynağı olması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı katılım oranlarında endüstriyel odundan üretilmiş yonga ile kullanılabilirliği araştırılmış, üretilen levhaların teknolojik özellikleri tespit edilmiştir. Böylece yongalevha üretimi için uygun koşullar belirlenmiştir. Bu tez çalışması ile ülkemizdeki hammadde kaynaklarının daha rasyonel ve amacına uygun olarak kullanımına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

2.1.1. Kompost Atığı

Deneme ve test levhalarının hazırlanmasında faydalanılan kültür mantarı üretim atıkları (kompost atığı), Düzce yöresinde faaliyetine devam eden bir mantar üreticisinden hazır olarak alınmıştır. Kompost atıkları, Şekil 2.1’de görüldüğü gibi poşetler içerisinde atölyeden alınarak Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Laboratuvarlarına getirilmiştir.



Şekil 2.1. Kültür mantarı kompostu (Özdemir, 2010).

Mantar üretim işlemi bitirilmiş atık mantar torfu üzerindeki toprak bölüm temizlenmiştir. Arta kalan kompost atığı fazla miktarda (%80-90) rutubet içermektedir. Bu rutubetli kompost atığı, boş arazide bir örtü üzerine serilerek, fazla rutubetin ortamdan uzaklaştırılması sağlanmıştır.



Şekil 2.2. Açık alanda kompost atığın yüksek rutubetinin uzaklaştırılması.

Daha sonra hava kurusu hale gelen kompost atıkları Şekil 2.3'te görüldüğü gibi sıcaklığı 80 °C' ye ayarlanmış bir fırında birkaç gün süreyle kurutulmuştur.



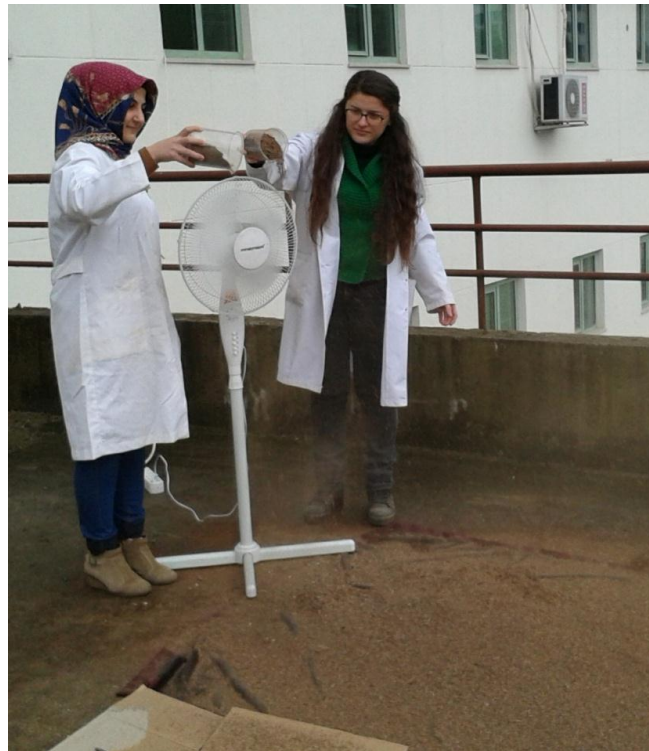
Şekil 2.3. Kompost atığının kurutma fırınındaki görünümü.

Fırında kurutulan kompost atıkları, Şekil 2.4'te görülen laboratuvar tipi bir yongalayıcıda küçük boyutlara parçalanmıştır.



Şekil 2.4. Kurutulmuş kompost atığının yongalanması.

Boyutlandırılan kompost atığı içerisindeki kum, toz, taş vb. yabancı maddelerden bir vantilatör yardımıyla Şekil 2.5’te görüldüğü gibi savrulularak ayrıştırılmıştır.



Şekil 2.5. Kompost atığının yabancı cisimlerden temizlenmesi.

2.1.2. Endüstriyel Odun Yongası

Endüstriyel odun yongaları, Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden hazır olarak alınmıştır. Yonga içeriği, %25 ladin, %35 çam, %15 meşe, %10 kavak kapak tahtası, %10 testere talaşı ve %5 elek altından meydana gelmektedir. Test levhalarının alt ve üst tabakalarının hazırlanmasında %100 oranında ticari odun yongası, levhaların orta (öz) tabakasında ise ticari odun yongasına ek olarak farklı miktarlarda kompost atık yongası ilave edilmiştir.

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Test Levhalarının Üretimi

Test levhalarının dış tabakaları tamamen endüstriyel odun yongasından (Şekil 2.6) oluşmaktayken, iç tabakası endüstriyel yongayla birlikte kompost atığı yongaları farklı miktarlarda (%0, %5, %10, %20, %30, %40, %50 ve %60) harmanlanarak kullanılmıştır. Yongaların karıştırılma işlemi tutkallama silindiri içerisindeki karıştırıcı kollar yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Velioglu Tavukçuluk ve Kültür Mantarı işletmesinden temin edilen kompost atığı yongaları, laboratuvar tipi bir yongalayıcıda bulunan 10-12 cm genişliğindeki bıçaklar yardımı ile yongalama işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen kompost atığı yongaları tasnif etmek için dairesel yatay hareket yapan 4 kademeli elek kullanılmıştır. Test levhalarına ait orta tabaka odun yongaları, 10,5 mm elekten geçip 2,1 mm elek üzerinde kalan yongalar kullanılmak üzere tasnif edilmiştir.

Şekil 2.6'da test levhası üretiminde kullanılan yongalar görülmektedir. Elenen yongalar laboratuvar ortamında bekletilerek hava kurusu (%12 rutubet) hale gelmeleri sağlanmıştır. Endüstriyel odun yongaları, iç ve dış tabakalarda kullanılmak üzere Kastamonu Entegre A.Ş' den üretime uygun rutubette temin edilmiştir.



Şekil 2.6. Test levhaları üretiminde kullanılan kompost atığı ve endüstriyel odun yongaları.

Tüm yongalar, laboratuvar tipi bir etüvde (kurutma fırınında) 80 °C’ de rutubetlerinin, tutkallama öncesinde %1-3 olması sağlanmıştır. Levha üretimi için kullanılan yonga karışım ve tutkal miktarları dış ve orta tabakalar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir tabaka için belirlenen yonga miktarları tartılarak tutkallama aşamasına geçilmiştir. Üretimde kullanılacak olan tutkal miktarı 0,001 kg hassasiyetli terazide tartılmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Levha üretiminde kullanılacak tutkal miktarının terazi ile ölçülmesi.

Tutkallama işlemi, 1lt kapasiteli, meme ucu 4. 0 mm, alttan beslemeli, tek enjektörlü hava tabancası ile gerçekleştirilmiştir. Tutkal yongalar üzerine hava tabancası ile

püskürtülmüş ve yongalar karıştırma kolları ile düzenli bir şekilde karıştırılarak homojen bir tutkallama elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Levha üretiminde kullanılan tutkallama düzeneği.

Tutkallanmış yongalar, tutkallama silindiri ve kollarından sıyrılarak tekerlekli bir taşıyıcıya aktarılmıştır. Burada yongalar tekrardan el ile karıştırılmış ve topaklanmanın önüne geçilmeye çalışılmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Tutkallı endüstriyel odun ve kompost atığı yongalarının el ile karıştırılması.

Test levhalarının üretiminde fırın kurusu yonga ağırlığına nazaran orta tabakada %8, dış tabakada ise %11 oranında %55'lik üre formaldehit reçinesi hazırlanmıştır. Sertleştirici madde olarak, tam kuru yonga miktarına bağlı olarak %1 oranında %33'lük amonyum klorür çözeltisi tutkal içerisine katılmıştır. Test levhalarının üretim kombinasyonları Çizelge 2.1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. İç ve dış tabakada kullanılan yongaların levha gruplarına göre dağılımı.

Levha Türü	Dış Tabaka Yonga Oranı (%)		Orta Tabaka Yonga Oranı (%)	
	Endüstriyel odun yongası	Kompost Atığı	Endüstriyel odun yongası	Kompost Atığı
A Grubu	40	0	60	0
B Grubu	40	5	55	5
C Grubu	40	10	50	10
D Grubu	40	20	40	20
E Grubu	40	30	30	30
F Grubu	40	40	20	40
G Grubu	40	50	10	50
H Grubu	40	60	0	60

2.2.2. Levha Taslağının Hazırlanması

Levha taslağının hazırlanmasında 55x55 cm boyutlarındaki paslanmaz çelikten yapılmış pres sacları kullanılmıştır. Yongaların levhalara yapışmasını engellemek için yoga ile levhaların arasına yanmaz yağlı kağıt yerleştirilmiştir. Levha kalınlıkları, 18 mm kalınlığındaki çelik kalınlık takozları kullanılarak ayarlanmıştır. Dış tabakalar levha kalınlığının %40'ını, orta tabaka ise %60'ını oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Levha yoğunluğu $0,63 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Levha taslağı, pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, önce dış tabaka yongaları el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde serilmiş, ardından orta tabaka ve ikinci dış tabaka yongaları serilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Yongalevha üretiminde levha taslağının hazırlanması (orta tabaka).

Serme işleminden sonra taslak şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla ile bastırılarak soğuk pres uygulaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.11). Şekil 2.12'de soğuk pres sonrası meydana gelen levha taslağı görülmektedir.



Şekil 2.11. Soğuk presleme sonrası taslak şekillendirme levhasının uzaklaştırılması.



Şekil 2.12. Soğuk presten çıkmış levha taslağı.

Böylece yongaların sıcak pres öncesi belli oranda birbirilerine bağlanması sağlanmıştır. Şekillendirme levhası yavaş yavaş ve levha kenarlarına zarar verilmeden çıkartılmıştır. Ardından taslak pres sacına yapışmayı önleyici yağlı kağıt ve üst pres sacı yerleştirilerek prese yüklenmiştir.

2.2.3. Levha Taslağının Preslenmesi

Soğuk presten çıkan levha taslakları 55x58 cm presleme alanına sahip, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik pres ile preslenmiştir (Şekil 2.13). 18 mm kalınlığında kalınlık takozları kullanılarak tüm levhaların homojen bir şekilde aynı kalınlıklarda olmaları

sağlanmıştır. Bütün levha gruplarından iki olmak üzere toplamda on altı adet test levhasının üretimi sıcak preste gerçekleştirilmiştir. Pres sıcaklığı 150 °C, pres süresi 7 dakika ve pres basıncı 25 kg/cm² olarak uygulanmıştır. Şekil 2.14'te sıcak presleme sonrası üretilen levhaların görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.13. Taslak levhalara sıcak pres uygulama aşaması.



Şekil 2.14. Sıcak presten çıkmış yongalevhanın görünümü.

Her gruptan levhalar preslendikten sonra tutkalın sertleşmeye devam etmesini sağlamak için, pres sacları arasında soğuyuncaya kadar bekletilmişlerdir. Bu şekilde soğuyan levhalar, TS 642 ISO 554 (1997) standardına uygun olarak 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında 1 ay süre ile bekletilmiş ve iklimlendirilen bu levhalardan testler için gerekli örnekler kesilmiştir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Daire testerede yongalevhadan test örneklerinin hazırlanması.

2.3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

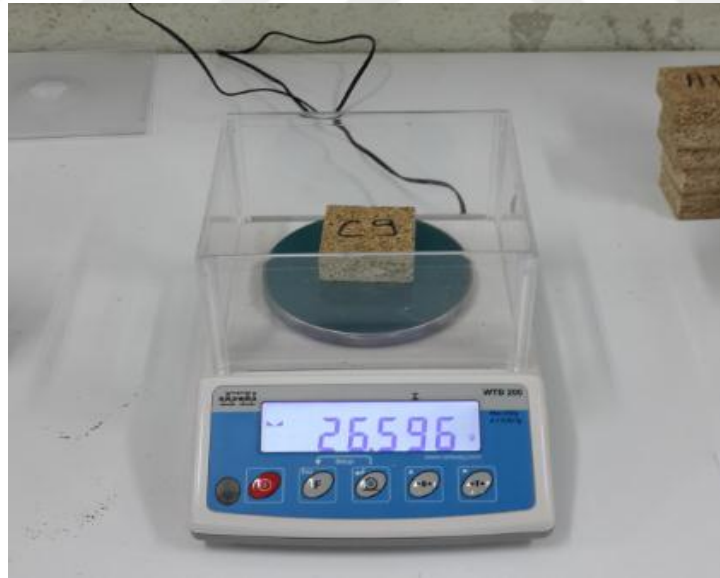
Çeşitli kullanım yerlerinde yongalevhaların istenen özellikler farklı olsa da, genellikle levhaların hafif ama yeterli derecede dirençli, düzgün yüzeyli ve stabil olması bütün kullanım yerlerinde arzu edilmektedir. Yongalevhanın bu özelliklerini kullanan hammaddeler ve üretim değişkenleri etkilemektedir (Güler ve Şahin 2015). Bu çalışmada kompost atıklarından ve endüstriyel odun yongalarından üretilmiş üç tabakalı yongalevhalarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanında, formaldehit emisyon değerleri, yüzey temas açısı ve termal iletkenlik değerlerinin de belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda fiziksel özelliklerden, yoğunluk (TS EN 323), rutubet (TS EN 322), su alma oranı (ASTM D1037) ve kalınlık artışı oranı (TS EN 317), mekanik özelliklerden ise eğilme direnci (TS EN 310) ve eğilmede elastikiyet modülü (TS EN 310) ile YDÇD (TS EN 319) değerleri hesaplanmıştır.

Fiziksel ve mekanik özelliklere ait testler Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim dalı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Termal iletkenlik ve SEM görüntüleri, Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında (DÜBİT), kontrol ve test örneklerinin yüzey yapılarındaki farklılıklar görüntülenerek tespit edilmiştir. Yüzey temas açısı ölçümleri, Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde (UNAM) hizmet alımı yolu ile temin edilmiştir. Formaldehit emisyon testleri ise Kastamonu Entegre Gebze fabrikası AR-GE laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Fiziksel Özelliklere Ait Yöntemler

2.3.1.1. Rutubet Tayini

Test levhalarının rutubet miktarı TS EN 322 (1999) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Bunun için 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan 5 adet test örneği kullanılmıştır. Test örneklerinin ağırlıkları 0,001 gr duyarlıklı hassas terazide ölçülmüştür (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Rutubet örneklerinin hassas terazide ağırlıklarının belirlenmesi.

Örnekler, etüvde 1 hafta boyunca 103 ± 2 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Buna göre test levhalarının rutubet değerleri;

$$r = \left\{ \frac{m_r - m_o}{m_o} \right\} \times 100 \quad (2.1)$$

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Burada;

- r = Rutubet oranı (%),
 m_r = Hava kurusu ağırlık (g),
 m_o = Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g).

2.3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Tayini

Tez çalışmasında, daha çok kullanılan hava kurusu yoğunluk değeri esas alınmıştır. Birim hacim ağırlık değerleri (yoğunluk) tayini yongalevhaların fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli özelliktir. Yoğunluk değerleri TS EN 323 (1999)'da belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk deneyleri, 50 x 50 x levha kalınlığında (mm) hazırlan 15 adet test örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.17'de yoğunluk deneylerinde kullanılan test levhaları görülmektedir. Hava kurusu yoğunluk değerleri;

$$d = \frac{m_r}{a \times b \times h} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.2)$$

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Burada;

- d = Hava kurusu yoğunluk değeri (g/cm³),
 m_r = Hava kurusu ağırlık (g),
 a = Örnek uzunluğu (cm),
 b = Örnek genişliği (cm),
 h = Örnek kalınlığı (cm).



Şekil 2.17. Yoğunluk ve rutubet testlerinde kullanılan deney örnekleri.

2.3.1.2. Kalınlık Artışı (KA) Oranı

2 ve 24 saat su içerisinde bekletilen deney örneklerine ait KA'larının belirlenmesinde TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) ebatlarında hazırlanmıştır. KA'nın tespitinde 15 adet test örneği kullanılmıştır. Örnek kalınlıkları tam orta noktasından ± 0.01 mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve $20 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki temiz suda, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıklar ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülmüştür (Şekil 2.18). Ölçümler on beş test levhası üzerinde gerçekleştirilmiştir. KA miktarı;

$$\% KA = \frac{k_y - k_k}{k_k} \quad (2.3)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

k_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

k_k = Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)'dir.



Şekil 2.18. Test örneklerine ait KA deney görüntüleri.

2.3.1.4. Su Alma Oranı (SAO)

SAO, ASTM D1037 (2006) standardına uygun olarak tespit edilmiştir. 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) ebatlarında hazırlanmış 15 adet levha örneğinin ağırlığı ± 0.01 gr duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Levha örnekleri su yüzeyinden 2,5 cm aşağıda tutulmak suretiyle 2 ve 24 saat süre ile 20 ± 2 °C'lik suda bekletilmişlerdir. Bu süreler sonunda sudan alınan levha örnekleri, yüzeylerindeki fazla sular bir bez ile silinmiş ve ağırlıkları aynı hassasiyetle ± 0.01 gr duyarlıklı terazide tartılmıştır (Şekil 2.19). SAO'nunun tespit edilmesinde;

$$\%SAO = \left(\frac{m - m_1}{m_1} \right) \times 100 \quad (2.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

SAO = Su alma oranı (%)

m_1 = Örneğin ilk ağırlığı (g)

m = Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığıdır (g).



Şekil 2.19. SAO deney örneğinin 48 saat sonundaki ağırlık ölçümü.

2.3.2. Mekanik Özelliklere Ait Yöntemler

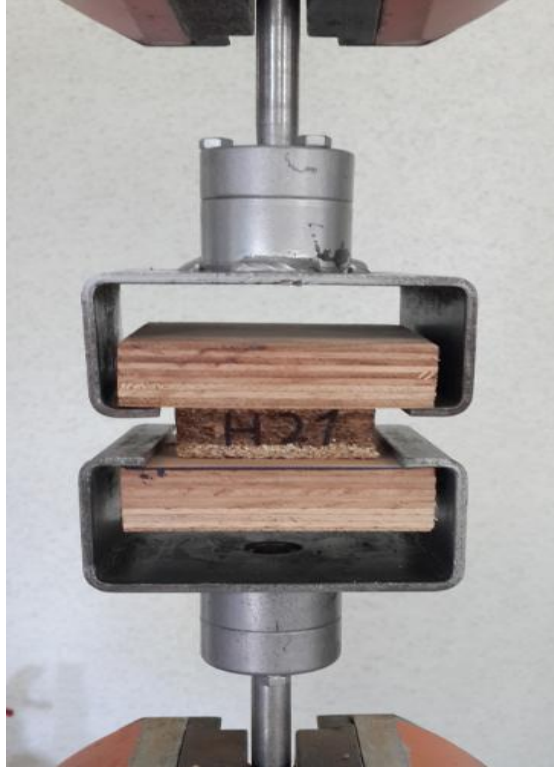
2.3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci (YDÇD)

YDÇD, TS EN 319 (1999)'da belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Bunun için her levha örneklerinden 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Test örnekleri, sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi $\%60 \pm 5$ olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra boyutları 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile belirlenmiştir. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne 75x75 mm kenar ölçülerine sahip kontrplak takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla PVA (D4 Ahşap yapıştırıcısı) tutkalı kullanılmıştır. Test örnekleri yapıştırıcının kuruması için bir gün bekletilmiştir. Kırılmaların levha yüzeylerine çok yakın olduğu örnekler hesaplara dâhil edilmemiştir. Testler 15 örnek üzerinde gerçekleştirilmiş olup ortalama değerler hesaplanmıştır (Şekil 2.20). YDÇD;

$$\sigma_y = \frac{P_{max}}{A} N/mm^2 \quad (2.5)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

P_{max} = Kırılma anındaki max kuvvet (N),
 A = Örnek enine kesit alanıdır (mm^2).



Şekil 2.20. Yüzeye dik çekme direnci test görüntüsü.

2.3.2.2. Eğilme Direnci

Eğilme direnci TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekler 400 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanmıştır. Sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi %65±5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilen örneklerde genişlik ve kalınlık değerleri kumpas ile yükleme hattında 0.01 mm duyarlık ile ölçülmüştür. 5 tonluk üniversal test makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anında itibaren 90 sn içerisinde gerçekleşmesini sağlayacak şekilde çalıştırılmıştır. Eğilme testi, her bir grup levha için 15 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.21’de eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test düzeneği verilmiştir. Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3xP_{max}xL_s}{2xbxh^2} N/mm^2 \quad (2.6)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

P_{max} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

h = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)’dir.



Şekil 2.21. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test görüntüsü.

2.3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde deney örnekleri ayrı hazırlanmamış eğilme direnci deney örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla TS EN 310 (1999) standardı esas alınmıştır. Klimatize edilen örneklerin eğilme direnci deneyleri yapılırken universal test makinesinde sehim ölçüleri komparatör yardımıyla belirlenmiş ve çizilen kuvvet-deformasyon eğrisinin elastikiyet sınırı içinde kalan kısmından yararlanılarak eğilmede elastikiyet modülü,

$$E = \frac{P_{max} \times L_s^3}{4 \times \Delta e \times b \times h^3} \text{ N/mm}^2 \quad (2.7)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

P_{max} = Deformasyonu sağlayan maksimum kuvvet (N)

L_s = Dayanaklar arasındaki açıklık (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

h = Örnek kalınlığı (mm)

Δe = Eğilme miktarı (sehim) (mm)'dir.

2.3.3. Formaldehit Emisyon Miktarı

Ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyonunun belirlenmesinde yedi farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; perforatör yöntemi, iyodometrik yöntem, asetil-aseton

yöntemi, gaz analizi yöntemi, kabin metodu, deney odası metodu, desikatör metodudur.

Tez kapsamında ise orman ürünleri sanayiinde en yaygın olarak kullanılan perforatör yöntemi kullanılmıştır. Formaldehit emisyon miktarı testi, her bir grup levha için 2 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.1. Perforatör Yöntemi

Perforatör yöntemi, ekstraksiyon yolu ile yongalevha içindeki formaldehit emisyon miktarı belirlenmektedir (Şekil 2.21). TS 4894 EN 120 (1999) standardına göre toluen içinde kaynatılan yongalevha örneklerinden serbest formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltideki formaldehit emisyon miktarı fotometrik olarak belirlenerek tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır.



Şekil 2.22. Formaldehit emisyon miktarı belirleme düzeneği.

Bu yöntemde, yaklaşık olarak 110 ± 0.01 g ağırlıkta tartılan deney örnekleri perforatör cihazının cam balonu içine konulmuş ve bunun üzerine 600 ml toluen ilave edilmiştir. Cihazın gaz absorpsiyon şişesi yaklaşık 100 ml destile su ile doldurulmuş ve cihaza balonlu cam boru ile bağlanmıştır. Bu işlemden sonra soğutma ve ısıtma işlemi başlatılmıştır. Ekstraksiyon süresi boyunca toluenin geri akışı dakikada 70-90 damla kadar olmalıdır. Ekstraksiyon işlemi toluenin sifon borusuna geri gelmesi ile başlar ve 2 saat devam eder. Sürenin sonunda perforatör içindeki su bir ölçü kabına alınmış ve

ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2000 ml'lik balon jøjeye aktarılmıştır. Daha sonra balon jöje içerisindeki çözelti destile su ile 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın sadece toluen ile bir boş deneme yapılmıştır.

2000 ml'lik balon jöjede bulunan çözülden önce 10 ml alınarak destile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözeltinin 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10 ml 0.01 N asetil aseton ve 10 ml 0.01 N amonyum asetat ilave edilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40 °C sıcaklıktaki bir su banyosunda 15 dakika süreyle bekletildikten sonra bir saat süreyle ışık almayan bir yerde soğutulmuştur. Bu çözümlerin absorpsiyon değerleri UV Spektrometre cihazında 412 nm'de fotometrik olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu absorpsiyon değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile örneklerin içerdikleri formaldehit emisyon miktarları tespit edilmiştir (Demirkır 2006).

$$F = \frac{(A_s - A_b) \cdot f \cdot x \cdot (100 + R \cdot x \cdot V)}{M} \text{ mgF} / 100 \text{ gr tam kuru levha} \quad (2.8)$$

Burada;

A_s = Ekstraksiyon çözeltisinin absorpsiyonu,

A_b = Kör deneyinin absorpsiyonu,

f = Kalibrasyon eğri faktörü (EN 120'de belirtildiği gibi hesaplanır),

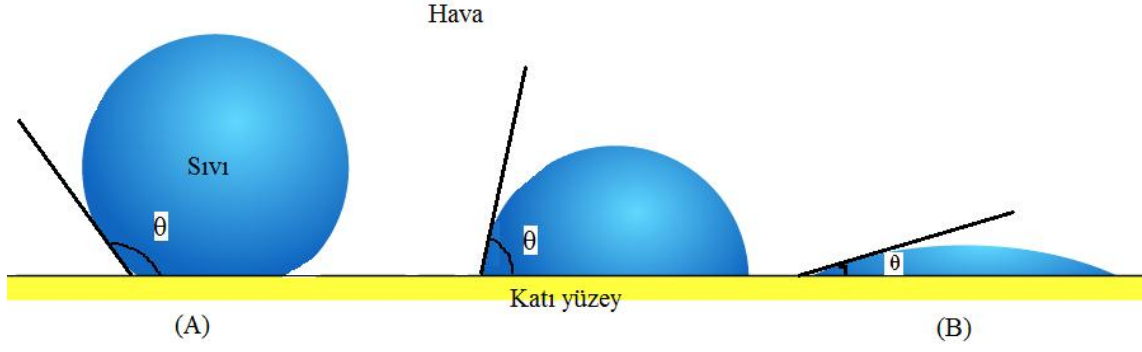
R = Levhanın rutubet miktarı,

M = Örnek ağırlığı,

V = Cam balonun hacmi (2000 ml)'dir.

2.3.4. Islanabilirlik (Yüzey Temas Açısı)

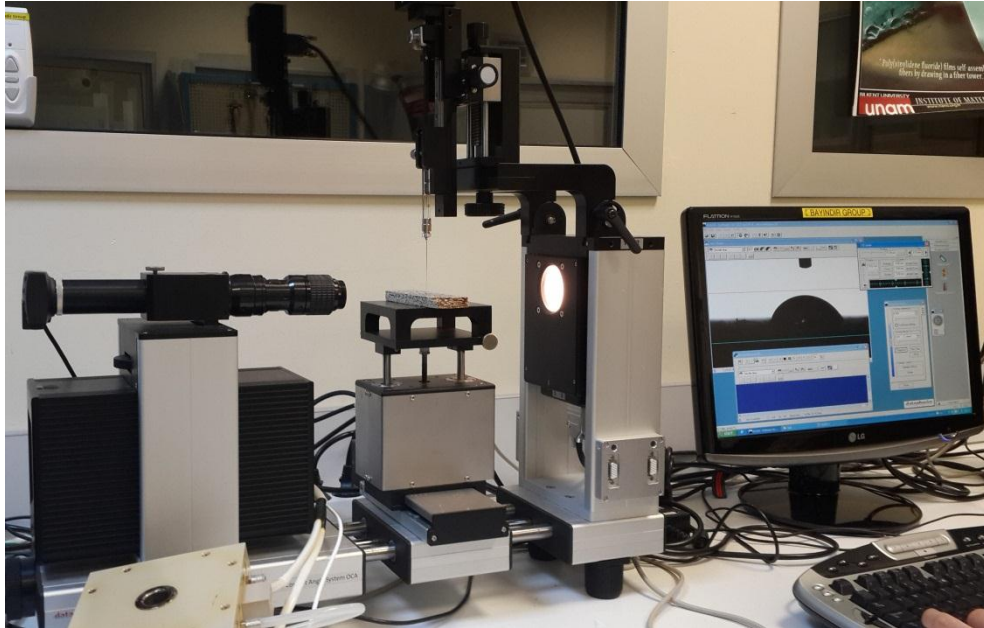
Islanabilirlik, sıvının bir katı yüzey ile temas kurabilme becerisi olarak ifade edilmektedir. Islanma, bu ikisi bir araya geldiğinde oluşan moleküller arasındaki çekim kuvvetlerinden oluşmaktadır. Islanabilirlik derecesi adhezyon ve kohezyon kuvvetleri arasındaki denge ile belirlenmektedir. Adhezyon kuvveti, kohezyon kuvvetinden büyük olması durumunda sıvının katı yüzeyi ıslattığı, tersi durumda ise sıvının yüzeyi ıslatamadığı söylenebilir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Katı bir yüzey üzerinde bir damlanın temas açısı görüntüleri B ıslatma derecesi yüksek sıvı, A ıslatma derecesi düşük sıvı.

Burada θ açısı temas açısı olarak adlandırılır ve sıvının ıslatma özelliğinin bir ölçüsüdür. Mükemmel bir ıslatma için ıslatma için temas açısının $\theta=0$ olması gerekir. Bu durumda sıvı katı yüzey üzerinde ince bir film halinde yayılır. Damla üzerine etki eden yerçekimi kuvveti damlayı katı yüzeyine çeker. Eğer $\theta < 90^\circ$ ise sıvının katı yüzeyi ıslattığı, $\theta > 90^\circ$ ise ıslatmadığı söylenebilir. $\theta < 20^\circ$ güçlü bir ıslatma, $\theta > 140^\circ$ ise güçlü bir ıslatmama özelliğini gösterir (Güler ve Şahin, 2015).

Temas açısı ölçümleri farklı cihazlarla yapılabildiği gibi, KSV CAM-101 Scientific Instrument (Helsinki, Finland) cihazı ile de belirlenebilmektedir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Yüzey temas açısı ölçüm cihazı.

Tez kapsamında gerçekleştirilen yüzey temas açısı ölçümleri Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi-UNAM laboratuvarlarında hizmet alımı yolu

ile gerçekleştirilmiştir. Temas açısı ölçüm cihazı ile materyal yüzeylerin ve sıvıların hassas karakterizasyonu için Sessile ve Captiva damla metodu ile katı üzerine damlatılan sıvıların statik ve dinamik temas açılarını, pendant drop metodu ile de damla şekil, biçim ve davranışlarının analizi yapılabilmektedir. Cihazın temas açısı ölçüm aralığı 0-180° arasındadır. Katı yüzey ile kontak noktası arasındaki açı, sabit damlama profili ile teğet yönden belirlenmektedir. Damlanın görüntüsü video kamera ile kayıt edilir. Kontak açısı ölçümü normal oda sıcaklığında, damıtılmış su damlasının görüntüsünden yararlanılarak görüntü analiz sistemi ile belirlenmiştir. Katı yüzey üzerine 4 mikro litre damıtılmış su damlası damlatıldıktan sonra, 5 sn'ye aralıklarla 25 sn'ye boyunca temas açısı ölçülmüştür. Kontak açısı değeri, 25 sn'ye sonunda elde edilen değerlerin ortalamasından tespit edilmiştir.

2.3.5. Termal (ısı) İletkenlik

Kontrol ve test örneklerinin termal iletkenlik ölçümleri Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında (DÜBİT), gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.25'te levhaların termal iletkenlik ölçümü görülmektedir.



Şekil 2.25. Termal iletkenlik ölçüm cihazı.

İletkenlik ölçümlerinde, C-THERM TCI model termal iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz modifiye edilmiş geçici düzlem kaynak (Modified Transient Plane Source–MTPS) tekniği prensibine göre çalışmaktadır. Cihazla 0-10 W/mK aralığında termal iletkenliğe sahip malzemelerin ölçümü gerçekleştirilebilmektedir. Ölçümü yapılacak malzemenin uygun bir yüzeyi (düz ve pürüzsüz) cihazın sensörü ile temas

ettirilir ve cihaz sensör ile numune arasındaki sıcaklık etkileşiminden yola çıkarak malzemenin termal iletkenlik katsayısını (k) W/mK cinsinden belirlemektedir. Termal iletkenlik cihazı ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere <http://www.dutap.duzce.edu.tr/> internet adresinden ulaşılabilir (Erişim Tarihi: 15 Haziran 2019).

2.3.6. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi

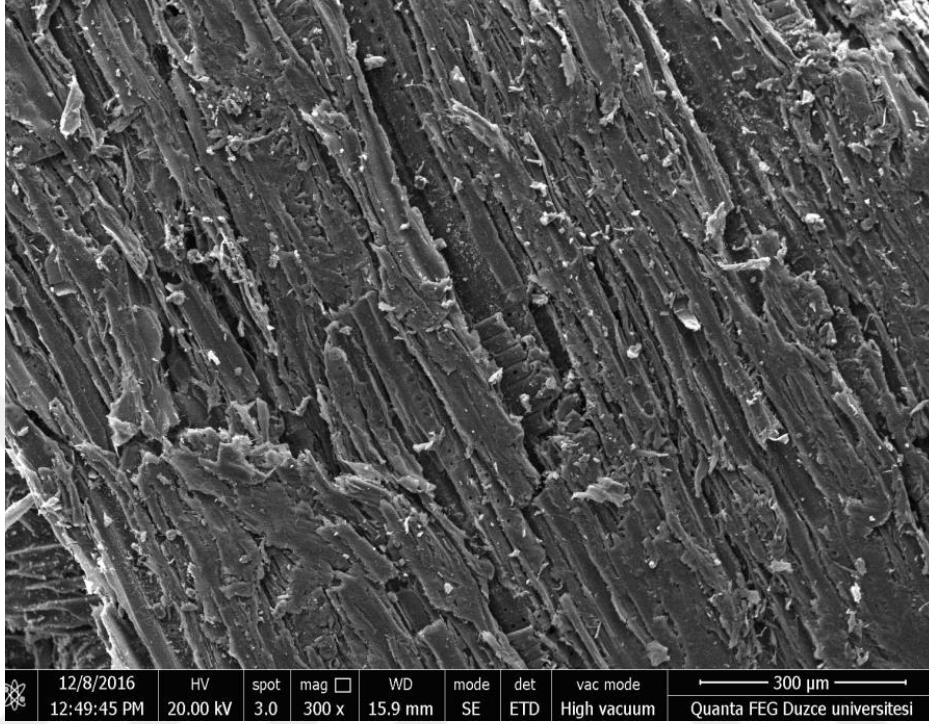
SEM analizleri, Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında alınmıştır. SEM ölçümleri FEI Quanta FEG 250 cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.26). Cihazda detektör olarak Everhardt Thornley SED kullanılmıştır (ikincil elektron detektörü). Cihazda alan büyütme 14X-1000000X'e kadar yapılabilmektedir. Spot çapı 3 olarak alınmıştır. Deney örnekleri özellikle Sputter kaplama yöntemi ile altın paladyum kaplama yapılmıştır.



Şekil 2.26. SEM analizi ölçüm cihazı.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), odaklanmış elektron hüzmesiyle numuneyi tarayarak numuneden görüntü meydana getiren bir elektron mikroskobu türüdür. Elektronların örnekteki elektronlarla etkileşimi detekte edilebilen çok çeşitli sinyaller üretir. Bu sinyaller örneğin yüzey topografisi ve kompozisyonu hakkında bilgi içerir. Elektron hüzmesi genellikle tarama örüntüsü biçiminde taranır. Görüntü oluşturmak için hüzmenin pozisyonu detekte edilen sinyalle birleştirilir. SEM'de 1 nm'den daha iyi bir

özünürlükte görüntü alınabilmektedir. Deney örnekleri yüksek vakumda veya düşük vakumda incelenebilir. SEM cihazı ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere <http://www.dubit.duzce.edu.tr> internet adresinden ulaşılabilir (Erişim tarihi: 15 Haziran 2019). Tez kapsamında yapılan SEM analizine ait bir görüntü Şekil 2.27’de verilmiştir.



Şekil 2.27. Endüstriyel odun(%80) ve kompost atığı ilaveli(%20) yongalevhaların SEM görüntüsü.

2.3.7. İstatistiksel Yöntemler

DeneySEL çalışmalar sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16 istatistik paket programı kullanılmıştır. Çalışmada tek faktör ve ikiden fazla örnek söz konusu olduğundan bütün deneylerde basit varyans analizi yapılmış olup değişkenlerin etkili olup olmadığı belirlenmiştir. Farklılıkların anlamlı çıkması halinde ise Duncan testi uygulanmıştır. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistikî değerlendirmeye alınmamıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

3.1.1. Rutubet Miktarı

Test levhaların rutubet miktarlarına ilişkin ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Testler 5 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Test levhalarına ait rutubet miktarı değerleri (%).

Levha türü	<i>X</i>	<i>S</i>	Min.	Mak.
A Grubu	10,35 <i>a</i>	1,04	9,47	12,16
B Grubu	9,03 <i>b</i>	0,56	8,29	9,87
C Grubu	9,36 <i>b</i>	0,23	8,98	9,60
D Grubu	9,01 <i>b</i>	0,25	8,69	9,31
E Grubu	8,70 <i>b</i>	0,46	7,97	9,16
F Grubu	8,79 <i>b</i>	0,32	8,34	9,17
G Grubu	8,92 <i>b</i>	0,11	8,80	9,09
H Grubu	9,16 <i>b</i>	0,23	8,91	9,37

X: Aritmetik ortalama, *s*: standart sapma, Min.: minimum değer, Mak.: maksimum değer.

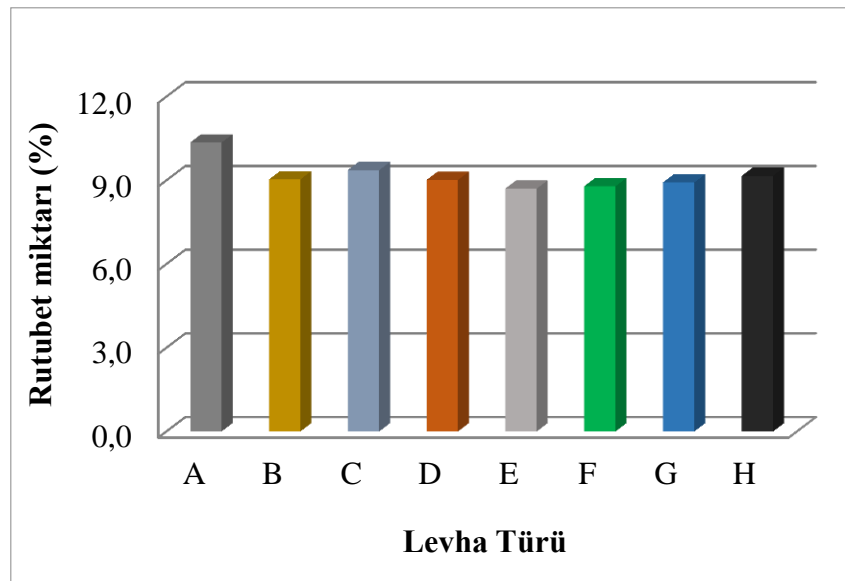
Test levhaları rutubet oranı üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki rutubet oranı değerlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.2. Test levhalarının rutubet oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	9,54	7	1,36	5,75	0,000
Gruplar içi	7,59	32	0,24		
Toplam	17,12	39			

Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait rutubet oranları için, A grubu levhalar hariç diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bunun nedeni, test örneklerine ait üretim aşamalarının farklı olmaması ve bekletildikleri koşulların aynı sıcaklık ve bağıl neme (20 ± 2 °C ve $\%65\pm 5$ bağıl nem) sahip olmasına bağlıdır. A grubu levhalarda elde edilen rutubet değerleri ise diğer tüm gruplardan daha yüksek olup, $\%95$ güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Test levhalarının rutubet miktarları $\%8,70$ - $10,35$ arasında değişmiş olup en yüksek rutubet miktarı, $\%100$ endüstriyel yonga odunundan üretilmiş levhalarda (A grubu) tespit edilmiştir. En düşük rutubet miktarı ise levha üretiminde karışım oranı $\%30$ kompost atığı ve $\%70$ endüstriyel yonga odunu olan levhalarda (E) bulunmuştur. Test levhalarının levha türlerine göre rutubet değerlerinin $\%$ olarak değişim grafiği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Test levhalarının gruplara göre $\%$ rutubet oranları.

TS EN 312 (2012) nolu standart, yongalevhelerde rutubet miktarının % 9 \pm 4 arasında olmasını ifade etmektedir. Üretilen test levhalarına ait rutubet değerleri, standartta belirtilen aralıklara uygun bulunmuştur.

3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Değeri

Test levhalarının yoğunluk değerlerine ait ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Testler 15 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk değerleri levhalarda fiziksel ve mekanik özellikler için son derece önemli olup, levhanın kullanım yerindeki dayanımını belirler.

Çizelge 3.3. Test levhalarına ait yoğunluk değerleri (g/cm³).

Levha türü	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	0,61	0,04	0,55	0,67
B Grubu	0,62	0,04	0,53	0,67
C Grubu	0,61	0,03	0,53	0,65
D Grubu	0,62	0,04	0,55	0,69
E Grubu	0,62	0,05	0,52	0,71
F Grubu	0,64	0,04	0,55	0,69
G Grubu	0,64	0,03	0,60	0,70
H Grubu	0,64	0,04	0,58	0,72

X: Aritmetik ortalama, s: standart sapma, Min.: minimum değer, Mak.: maksimum değer.

Test levhalarının yoğunluk değerleri üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir.

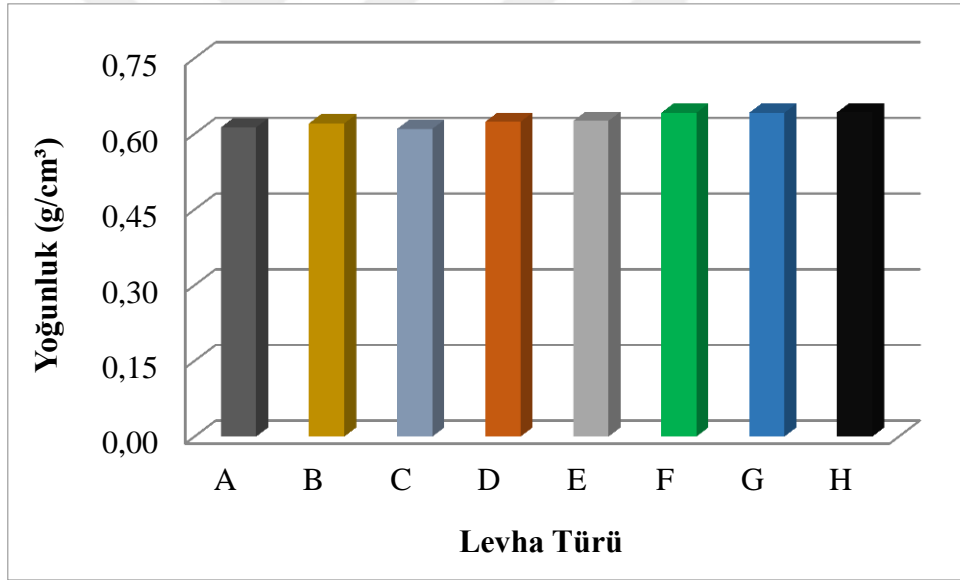
Çizelge 3.4. Test levhalarının rutubet oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,019	7	0,003	1,710	0,114
Gruplar içi	0,174	112	0,002		
Toplam	0,193	119			

Üretilen yongalevha gruplarının yoğunluk değerleri, amaçlanan yoğunluk değerine

(0,63 g/cm³) yakın bulunmuş olup, yapılan istatistiksel analizler sonucunda üretilen yongalevha gruplarının yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p>0,05, Çizelge 3.4). Bu nedenle yoğunluk değerleri üzerinde Duncan testi yapılmamıştır.

Test levhalarının levha türlerine göre yoğunluk değişim grafiği Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Levha gruplarına ait yoğunluk değerleri 0,61-0,64 g/cm³ arasında bulunmuştur. C grubu yongalevhelerde en düşük yoğunluk değerleri elde edilir iken, en yüksek değerler ise H grubu levhalarda bulunmuştur. C grubu levhalarda yoğunluk değerinin en düşük bulunması, levha taslağı üretimi sırasında tutkallama ve el ile serme işlemleri sırasında meydana gelen kayıplardan kaynaklanabilir. Bu nedenle tutkallama ve serme işlemlerine özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda, levhaların yoğunluk değerleri, üretimde kullanılan odun yongalarının yoğunluğundan düşük olması istenmemektedir (Suchsland,1967 and Hse,1975).



Şekil 3.2. Test levhalarının gruplara göre yoğunluk değerleri.

3.1.3. Kalınlık Artışı (KA) Oranı

Test levhalarının KA’na ilişkin ortalama, standart sapma değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.5’te verilmiştir. KA oranlarını belirlemek için deneyler 15 adet örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Test levhalarına ait KA oranı (%).

Levha türü	Suda Bekleme Süresi					
	2 saat		24 saat		48 saat	
	X	S	x	s	X	S
A Grubu	11,54 a	2,32	13,80 a	2,20	15,34 a	2,22
B Grubu	10,38 b	0,88	13,68 a	1,79	14,86 ab	1,99
C Grubu	10,22 b	1,01	12,62 ab	1,40	14,03 b	1,67
D Grubu	9,31 b	0,89	11,39 bc	1,15	12,56 c	1,44
E Grubu	9,53 b	0,73	10,95 c	1,94	12,28 c	1,18
F Grubu	9,45 b	0,82	11,49 bc	1,15	12,73 c	1,22
G Grubu	10,06 b	1,03	11,22 c	1,48	12,69 c	0,79
H Grubu	9,96 b	1,95	11,72 bc	2,27	12,79 c	2,31

Üretilen levha gruplarının ve suda bekleme sürelerinin, levhaların KA oranları üzerine etkisinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Test levhalarının KA oranlarına ait çoğul varyans analiz sonuçları.

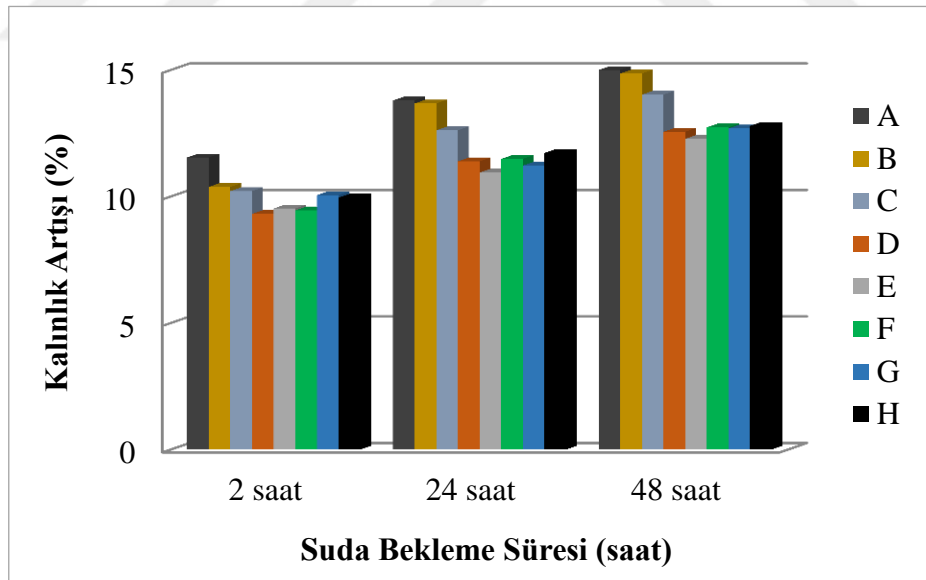
Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Levha türü	297,99	7,00	42,57	16,91	0,000
Süre	686,40	2,00	343,20	136,36	0,000
Levha türü*Süre	30,07	14,00	2,15	0,85	0,610
Hata	845,7	336,00	2,52		
Toplam	52480	360,00			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki KA değerlerine levha türü ve suda bekleme süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ancak levha türü ve suda bekleme süreleri için %95 güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.5). Ancak levha türü ve suda bekleme sürelerinin birlikte etkileşimlerine ise Duncan testi uygulanmamıştır.

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre; 2 saat suda bekletilen test levhalarına ait KA değerleri için, B, C, D, E, F, G, H grubu levha tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak A grubu levhalarda elde edilen KA değerleri, diğer tüm gruplardan daha yüksek ve %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

A, B ve C grubu levhalar ile D, E, F, G, H grubu levhaların 24 saatlik suda bekleme sürelerinde elde edilen KA değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. 48 saatlik suda bekleme sürelerinde elde edilen KA değerleri 24 saatlik uygulamaya benzer sonuçlar vermiştir.

Her üç bekleme süresi bir arada düşünüldüğünde, tüm levha örneklerinin KA oranları üzerine suda bekleme süresinin önemli olduğu görülmüştür. KA oranları, suda bekleme süresinin uzamasına bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük KA oranları 2 saatlik suda bekleme sürelerinde D grubu levhalarda elde edilmiştir (%9,31). En yüksek değerler ise suda bekleme süresinin en fazla olduğu uygulamada A grubu test levhalarında bulunmuştur (%15,34). Endüstriyel odun yongalarına kompost atık ilavesinin üretilen yongalevhaların kalınlık artışı üzerine etkisi Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Kompost atığı ilavesinin yongalevhaların kalınlık artışı üzerine etkisi.

Kompost atığı ilavesinin artışına bağlı olarak her üç suda bekleme süresinde de elde edilen kalınlık artış değerlerinde genellikle bir miktar azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Geçmişte ve günümüzde üretimi ve ticareti yapılan en önemli yenilebilir mantar türü *Agaricus bisporus*'tur. Bu mantar *Basidiomycetes* sınıfı

mantarlara girmekte olup, lignoselülozik materyallerde beyaz çürüklük yapmaktadır. Mantar enzimatik faaliyetler sonucu lignin, selüloz ve hemiselülozda da tahribata neden olmaktadır (Zhen, Yang and Liu, 1995, Bozkurt, Erdin ve Ünlügil,1995). Bu nedenle tez çalışması kapsamında kullandığımız, kültür mantarı üretimi nedeni ile oluşan kompost atığındaki suyu bağlayabilen selüloz ve hemiselülozlardaki kayıplar, levhaların kalınlık artışı üzerine olumlu bir etki yaptığı düşünülmektedir.

Kalaycıoğlu (1992), tütün sapı ve çay fabrikası atıkları ile yaptığı çalışmalarında levhaların 24 saatlik suda bekleme sonucu KA değerlerinin %22-37 olduğu ifade edilmektedir. Yine Güler (2001)'de yapmış olduğu çalışmasında pamuk saplarından üretilen yongalevhaların KA değerlerinin 24 saat için %18,1-35,0 arasında değiştiğini belirtmektedir. KA standartlarda (TS EN 312, 2012) 24 saat suda bekleme süresi için %14 olarak verilmektedir. Kompost atığı ve endüstriyel odun yongalarından üretilen yongalevhaların kalınlık artış oranları (%10,95-13,80) 24 saatlik suda bekleme süresi için standardın belirttiği değerin ve literatür çalışmalarının da altında bulunmuştur.

3.1.4. Su Alma Oranı (SAO)

Test levhalarının SAO'nına ilişkin ortalama, standart sapma değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.7'de verilmiştir. Üretilen levha gruplarının ve suda bekleme sürelerinin test levhaların SAO üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Test levhalarına ait SAO(%).

Levha türü	Suda Bekleme Süresi					
	2 saat		24 saat		48 saat	
	<i>X</i>	<i>s</i>	<i>X</i>	<i>s</i>	<i>X</i>	<i>S</i>
A Grubu	72,53 <i>a</i>	8,66	85,44 <i>a</i>	7,05	88,19 <i>ab</i>	5,85
B Grubu	72,50 <i>ab</i>	7,23	82,75 <i>ab</i>	6,02	87,48 <i>ab</i>	6,73
C Grubu	78,02 <i>ab</i>	8,98	84,53 <i>a</i>	6,38	89,80 <i>a</i>	7,41
D Grubu	74,84 <i>ab</i>	9,44	80,81 <i>ab</i>	6,68	84,64 <i>abc</i>	7,02
E Grubu	74,15 <i>ab</i>	9,79	81,98 <i>ab</i>	9,51	85,53 <i>abc</i>	9,87
F Grubu	69,93 <i>b</i>	8,21	78,44 <i>b</i>	6,95	82,53 <i>bc</i>	8,08
G Grubu	74,17 <i>ab</i>	6,95	79,94 <i>ab</i>	4,83	81,50 <i>c</i>	4,80
H Grubu	75,08 <i>ab</i>	8,19	81,32 <i>ab</i>	6,95	80,35 <i>c</i>	6,98

Test levhalarına ait SAO, KA oranlarına benzer sonuçlar vermiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki SAO, levha türü ve suda bekleme süresi etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ancak levha türü ve suda bekleme süreleri için %95 güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$, Çizelge 3.8). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.7). Ancak levha türü ve suda bekleme sürelerinin birlikte etkileşimlerine ise Duncan testi uygulanmamıştır.

Çizelge 3.8. Test levhalarının KA oranlarına ait çoğul varyans analiz sonuçları.

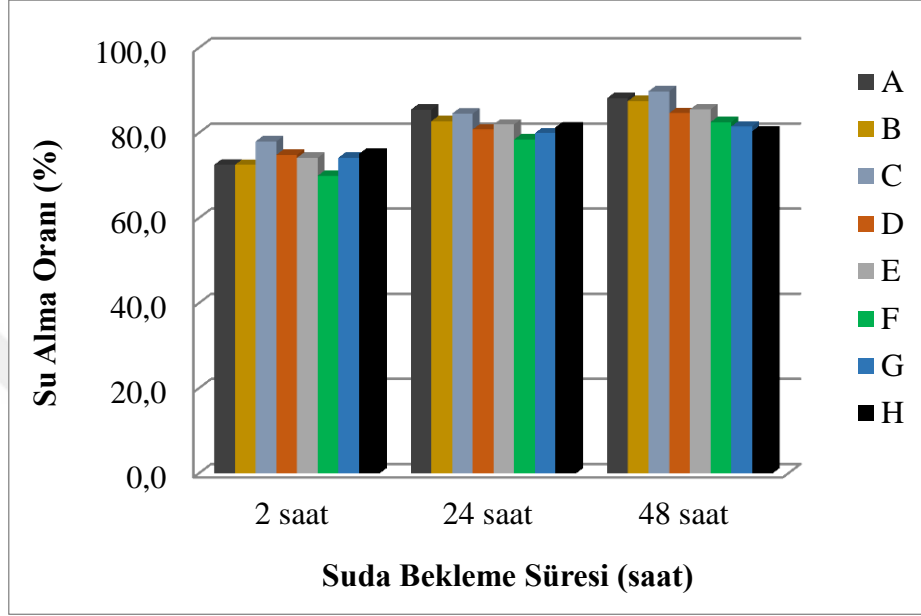
Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Levha türü	1541	7	220,199	3,842	0,000
Süre	7872	2	3936,18	68,68	0,000
Levha türü*Süre	803	14	57,35	1,001	0,452
Hata	19256	336	57,31		
Toplam	2348936	360			

Duncan testi sonuçlarına göre; 2 saatlik suda bekleme sürelerinde A ve F grubu levhalarına ait SAO'ları arasında istatistiksel olarak farklı olup, diğer levha grupları arasında ise herhangi bir fark yoktur. 24 ve 48 saatlik suda bekleme sürelerinde elde edilen SAO, 2 saatlik uygulamaya benzer sonuçlar vermiştir.

Tüm test levhaları için, 2 ve 24 saatlik suda bekleme sürelerine ait SAO'ları arasında fark bulunmaz iken, 48 saatlik suda bekleme süreleri ile aralarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. SAO, suda bekleme süresinin uzamasına bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük SAO 2 saatlik suda bekleme sürelerinde F grubu levhalarda (% 40 kompost atığı) elde edilmiştir (%69,93). En yüksek değerler ise 48 saatlik suda bekleme süresinde C grubu (% 10 kompost atığı) test levhalarında bulunmuştur (%89,80). Endüstriyel odun yongalarına kompost atığı ilavesinin üretilen yongalevhaların SAO üzerine etkisi grafiksel olarak Şekil 3.4'te verilmiştir.

Kompost atığı ilavesinin artışına bağlı olarak 2 saatlik suda bekleme süresinde elde edilen SAO'larında bir miktar artışlar olduğu, 24 ve 48 saatlik uygulamalarda ise çok düşük bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. SAO; 2 saat için %69,93-78,02, 24 saat için %78,44-85,44 ve 48 saat için ise %80,35-89,80 arasında elde edilmiştir. Yapılan bir

çalışmada, saman ve odun yongası kullanılarak üretilen levhaların SAO (%10'luk ÜF kullanımı ile) %65-79 arasında değiştiği ifade edilmektedir (Grigoriou, 2000). Literatürde farklı çalışmalarda, SAO'larının benzer sonuçlar verdiği ifade edilmektedir (Kalaycıoğlu 1992, Güler 2001, Bektaş, Güler ve Kalaycıoğlu 2002, Arslan ve diğ. 2007).



Şekil 3.4. Kompost atığı ilavesinin yongalevhaların SAO üzerine etkisi.

3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci (YDÇD)

Test levhaların YDÇD değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma, maksimum, minimum değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.9'da verilmiştir. Testler 15 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.9. Test levhalarına ait YDÇD değerleri(N/mm²).

Levha türü	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	0,38 <i>a</i>	0,04	0,31	0,45
B Grubu	0,36 <i>ab</i>	0,04	0,30	0,42
C Grubu	0,35 <i>bc</i>	0,04	0,27	0,43
D Grubu	0,35 <i>bc</i>	0,04	0,29	0,40
E Grubu	0,33 <i>c</i>	0,07	0,19	0,44
F Grubu	0,25 <i>d</i>	0,03	0,19	0,29
G Grubu	0,22 <i>e</i>	0,03	0,15	0,27
H Grubu	0,18 <i>e</i>	0,03	0,13	0,23

X: Aritmetik ortalama, s: standart sapma, Min.: minimum değer, Mak.: maksimum değer.

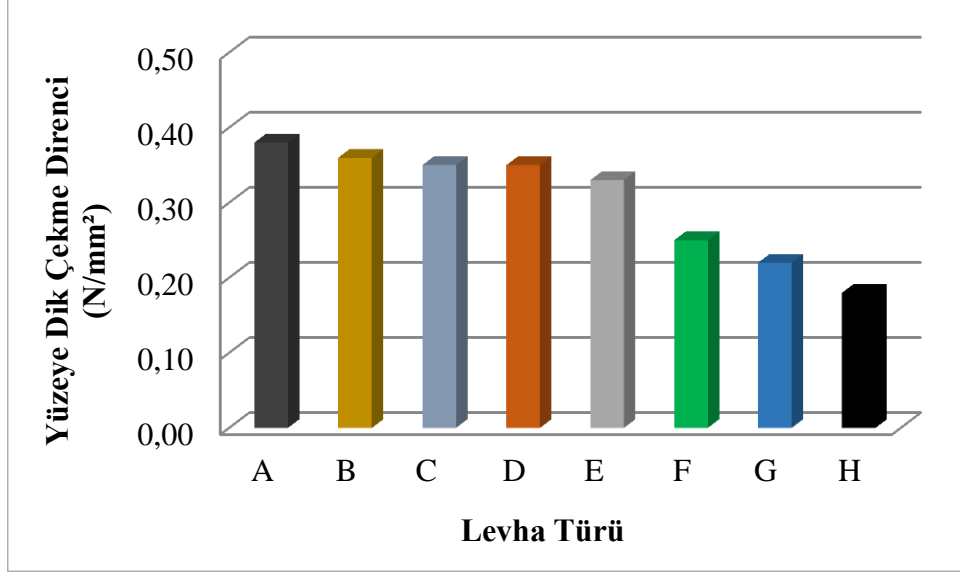
Test levhalarının YDÇD değerleri üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Test levhalarının YDÇD değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,58	7	0,08	45,44	0,000
Gruplar içi	0,20	112	0,002		
Toplam	0,78	119			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki YDÇD değerlerinin %95 güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.9).

Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait YDÇD değerleri için, A ve B grupları, B, C, D grupları ile G ve H grubu levha tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. A grubu levhalarda elde edilen YDÇD değerleri, diğer tüm gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Test levhalarına ait YDÇD değerlerine ait ortalama değerler grafiksel olarak Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Test levha tiplerine göre YDÇD değerleri.

Üretilen test levhalarına ait YDÇD değerlerinde, artan kompost atığı katılım oranına bağlı olarak azalmalar gözlenmiştir (Çizelge 3.9 ve Şekil 3.5). En yüksek YDÇD değerleri A grubu levhalarda ($0,383 \text{ N/mm}^2$) elde edilirken, en düşük değerle ise H grubu levhalarda ($0,184 \text{ N/mm}^2$) bulunmuştur. TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda kullanılan genel amaçlar için üretilen yongalevhaların YDÇD en az $0,24 \text{ N/mm}^2$, kuru şartlarda kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) yongalevhalarda ise $0,35 \text{ N/mm}^2$ olması gerektiği belirtilmektedir. Bu standartlara göre G ve H grubuna ait levhaların YDÇD değerleri, tüm kullanım alanları için uygun bulunmamıştır. Ancak A, B, C, D ve E grubu levhalar ise TS-EN 312 (2012)'e göre hem genel kullanımlar için hem de kuru şartlarda kullanımlar için uygun YDÇD değerleri vermiştir. Yapılan bir çalışmada, %100 ayçiçeği saplarından üretilen yongalevhaların YDÇD değerleri, $0,26-0,46 \text{ N/mm}^2$ arasında değiştiği ifade edilmektedir (Bektaş ve diğ. 2002). Güler, Şahin & Yeniay'a göre (2016) belli oranlarda mısır sapı ilavesi ile ürettikleri yongalevhaların YDÇD değerlerinin $0,193-0,447 \text{ N/mm}^2$ arasında değiştiğini bildirmektedirler.

3.2.2. Eğilme Direnci

Test levhaların eğilme direnci değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma, maksimum, minimum değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.11'de verilmiştir. Testler 15 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.11. Test levhalarına ait eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha türü	\bar{X}	s	Min.	Mak.
A Grubu	12,62 <i>a</i>	1,84	10,12	16,24
B Grubu	12,05 <i>a</i>	0,91	10,72	13,65
C Grubu	11,80 <i>a</i>	0,97	9,57	13,23
D Grubu	11,64 <i>a</i>	1,15	9,53	13,59
E Grubu	9,24 <i>bc</i>	1,93	5,85	11,76
F Grubu	9,93 <i>b</i>	1,91	6,42	13,11
G Grubu	8,76 <i>c</i>	1,04	6,85	10,28
H Grubu	6,96 <i>d</i>	1,66	4,18	9,54

\bar{X} : aritmetik ortalama, s: standart sapma, Min.: minimum değer, Mak.: maksimum değer.

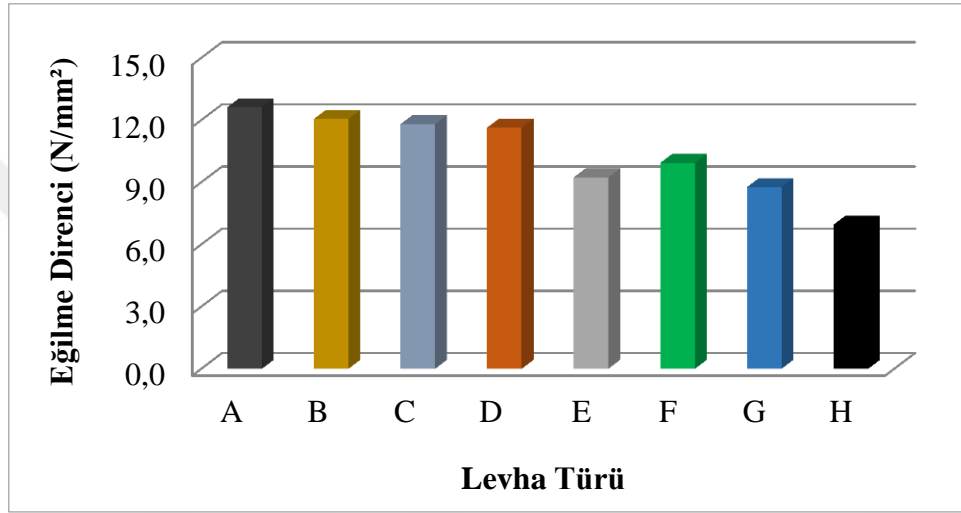
Test levhaları eğilme direnci değerleri üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Test levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar arası	408,97	7	58,42	26,44	0,000
Gruplar içi	247,48	112	2,210		
Toplam	656,46	119			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki eğilme direnci değerlerinin %95 güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.11). Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait eğilme direnci değerleri için, A, B, C, D grupları, E, F grupları ve E, G levha grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). H grubu levhalara ait eğilme direnci değerleri diğer tüm gruplardan düşük ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Üretilen levhalarda kullanılan kompost atığı kullanım oranı artışına bağlı olarak eğilme direnci değerlerinde anlamlı azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.11, Şekil 3.6). A grubu levhalarda elde edilen eğilme direnci değerleri ($12,62 \text{ N/mm}^2$), diğer tüm gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Bu levha grubuna ait eğilme direnci değerleri ile B, C ve D grubu levhalarına ait değerler arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. En düşük eğilme direnci değerleri H grubu test levhalarında ($6,96 \text{ N/mm}^2$) tespit edilmiştir. Şekil 3.6'da test levhalarının eğilme direnci değerlerine ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Test levha tiplerine göre eğilme direnci değerleri.

Eğilme direnci, kullanım yerini etkileyen önemli faktörlerden biri olup, levhanın özgül kütlesi ve yongalevha içindeki tutkal miktarı ile önemli ölçüde değişir (Göker ve Akbulut 1992, Kalaycıoğlu ve Çolakoğlu 1995). TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda kullanılan genel amaçlar için üretilen yongalevhaların eğilme direnci en az $11,5 \text{ N/mm}^2$ olmalıdır. Buna göre özellikle yüksek kompost atığı katılım oranına (sırası ile %30, 40, 50 ve 60) sahip E, F, G ve H grubu yongalevhaların eğilme direnci değerleri standartların altında kalmıştır. A, B, C ve D grubu levhalarda ise standartlarca kabul edilebilir eğilme direnci değerlerine ulaşılmıştır (kompost atığı oranı sırası ile %0, 5, 10 ve 20). Standart değerlerle uyumlu sonuçlar veren levhalar (A, B, C ve D grubu) farklı araştırmacıların (Gertjeansen 1972, Örs ve Kalaycıoğlu 1991, Kalaycıoğlu 1992, Güler, Özen ve Kalaycıoğlu 2001) ayçiçeği, çay fabrikası atıkları, tütün ve pamuk saplarından ürettikleri levhalardan elde edilen değerlere uygunluk göstermiştir. Ayrıca, Güler, Şahin and Yeniay (2016) mısır saplarını kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında, eğilme direnci değerlerinin standartlara uygun olduğu ifade edilmiştir.

3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Test levhaların eğilmede modülü değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma, maksimum, minimum değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.13'te verilmiştir. Testler 15 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.13. Test levhalarına ait eğilme elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Levha türü	\bar{X}	s	Min.	Mak.
A Grubu	2532 <i>a</i>	360	1959	3073
B Grubu	2373 <i>ab</i>	302	1946	2941
C Grubu	2320 <i>ab</i>	213	1827	2518
D Grubu	2341 <i>ab</i>	368	1422	2788
E Grubu	2041 <i>cd</i>	349	1343	2545
F Grubu	2163 <i>bc</i>	361	1443	2615
G Grubu	1827 <i>d</i>	223	1508	2244
H Grubu	1537 <i>e</i>	341	801	1939

X: aritmetik ortalama, s: standart sapma, Min.: minimum değer, Mak.: maksimum değer.

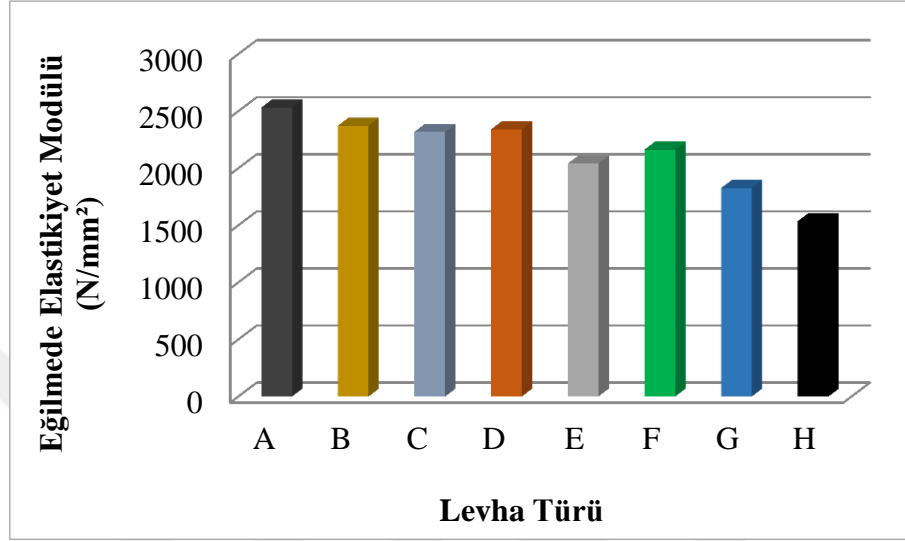
Test levhaları eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin %95 güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.14. Test levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar arası	11296079	7	1613726	15,74	0,000
Gruplar içi	11480255	112	102502		
Toplam	22776334	119			

Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri için, A, B, C, D grubu yongalevhalar, E ve F grupları ile G grubu levhalar arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur. H grubu levhalara ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri diğer tüm gruplardan daha düşük bulunmuştur. Test levhalarının eğilmede elastikiyet modülüne ait ortalama değerleri grafikler halinde Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Test levha tiplerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri.

Üretilen levhalarda kullanılan kompost atık kullanım oranı artışına bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülü değerleri, eğilme direncine benzer bir şekilde azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.13, Şekil 3.7). En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerleri (2532 N/mm^2) A grubu levhalarda tespit edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise H grubu test levhalarında (1537 N/mm^2) tespit edilmiştir. TS-EN 312 (2012)’de, eğilmede elastikiyet modülü için verilen minimum değer, 1600 N/mm^2 olup endüstriyel odun yongası ile kompost atığı karışımlarından üretilen A, B, C, D, E, F ve G grubu levhalara ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri standartlara uygun bulunmuştur. Literatürde benzer sonuçlar farklı tarımsal atık veya yıllık bitki saplarından üretilmiş yongalevhalar için de belirtilmektedir (Güler *et al.* 2016, Bektaş ve diğ. 2002).

3.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI

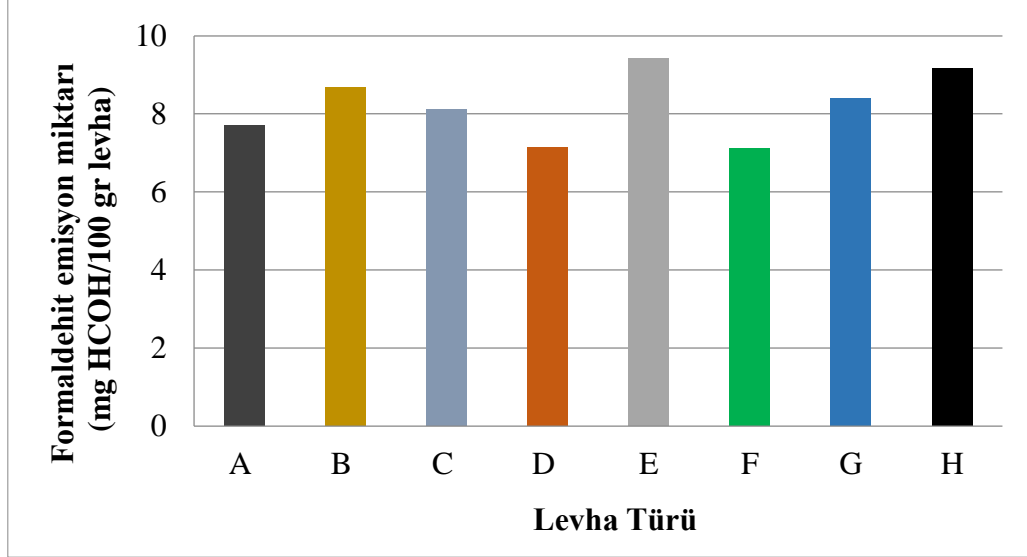
Kompost atığı ile endüstriyel odun yongalarının farklı oranlarda karıştırılması ile üretilen yongalevhalar için formaldehit emisyon miktarları Çizelge 3.15’te verilmiştir.

Test levhalarına ait formaldehit emisyon miktarının belirlenmesinde perforatör yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 3.15. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarları.

Levha türü	Örnek Ağırlığı (gr)	Formaldehit emisyon miktarı (mgF/100gr levha)
A Grubu	92,73	7,71
B Grubu	105,79	8,67
C Grubu	101,58	8,11
D Grubu	105,02	7,14
E Grubu	105,47	9,42
F Grubu	104,27	7,12
G Grubu	110,6	8,4
H Grubu	107,42	9,16

Test levhalarının üretiminde kullanılan kompost atığı katılım oranının artışına bağlı olarak formaldehit emisyon değerlerinde bir miktar artışlar meydana gelmiştir. Kompost atık oranı %20 ve %40 olan levhalarda formaldehit emisyon miktarları birbirine çok yakın bulunmuştur. En yüksek formaldehit emisyon değeri (9,42 mgF/100 gr levha) kompost atığı katılım oranı %30 olan levhalarda (E Grubu) elde edilmiştir. TS 4894 EN 120 standardına göre, 3-10 mgF/100 gr levha arasında formaldehit emisyon miktarlarına sahip tutkallardan üretilmiş levhalar E₁ sınıfına, 11-30 mgF/100 gr levha arasındaki levhalar ise E₂ sınıfına girmektedir. Bütün test levhalarına ait formaldehit emisyon miktarları Avrupa standartlarına göre E₁ sınıfında olduğu görülmektedir. Elde edilen formaldehit emisyon değerleri grafiksel olarak Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarı.

En düşük formaldehit emisyon miktarı F grubu levhalarda 7,12 mgF/100 gr levha olarak tespit edilmiştir. D ve F grubu levhalara ait formaldehit emisyon değerleri, %100 endüstriyel odun yongası kullanılan A grubu levhaların formaldehit emisyon değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Philippou ve Karastergiou (2001) bazı yıllık bitkiler (pamuk, Çin kamışı, kenaf ve kamış) ile kavak odununun belli oranlarda (%25, %50, %75) karıştırılması sonucu 0,600 ve 0,700 gr/cm³ yoğunluklarında yongalevhalar üretmişlerdir. Levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyon miktarlarını belirlemişlerdir. Çalışmalarında %50 kavak ve %50 Çin kamışından (fil otu) ürettikleri yongalevhalara ait formaldehit emisyon miktarının 20,2 mg F/100 gr levha olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değerler, tez kapsamında üretilen levhaların formaldehit emisyon miktarlarından daha yüksek bulunmuştur.

3.4. ISLANABİLİRLİK (YÜZEY TEMAS AÇISI)

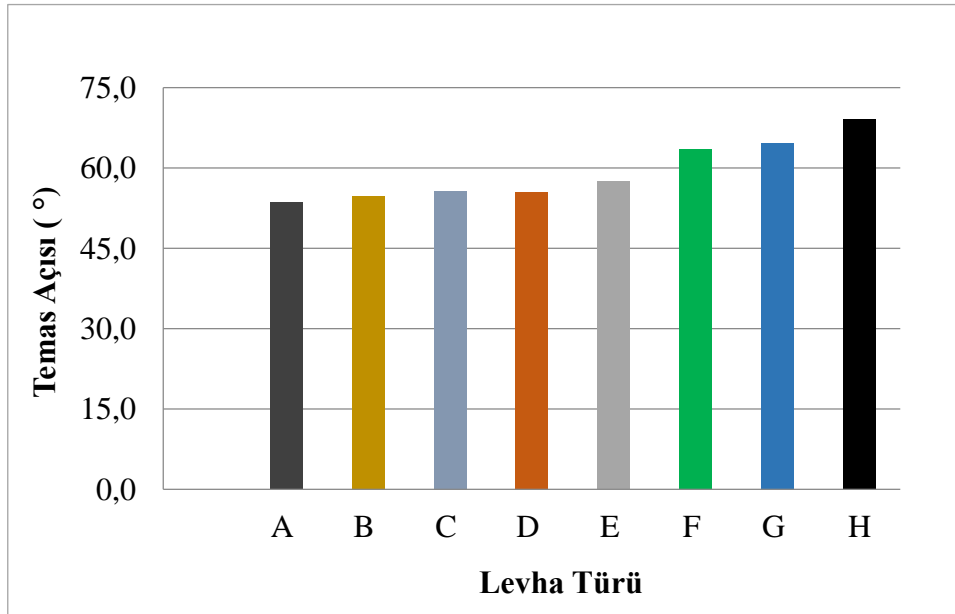
Odunların veya kompozit levhaların ıslanma davranışları temas açısı metodu (goniometer teknik) ile karakterize edilmektedir. Bu amaç doğrultusunda her bir grup yongalevha için dört ölçüm ile temas açısı belirlenmiştir. Zamana bağlı ortalama yüzey temas açısı değerleri belirlenir iken dört ölçümün ortalaması baz alınmıştır. Test işleminde levha üzerine (orta tabaka) sıvının damlatılmasını müteakip, dijital kamera yardımı ile 25 sn'ye boyunca levha ile damla arasındaki açı belirlenmiştir.

Çizelge 3.16’da her bir levha gurubuna ait ortamla yüzey temas açısı değerleri zamana bağlı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.16. Levhaların zamana bağlı olarak yüzey temas açısı değerleri (°).

Levha Türü	Zaman (sn)					
	0	5	10	15	20	25
A Grubu	97,2	52,6	49,4	49,0	37,3	35,8
B Grubu	96,8	68,5	56,4	53,8	30,6	22,9
C Grubu	75,7	78,5	70,3	43,2	34,9	31,8
D Grubu	98,5	81,7	54,3	38,7	33,6	26,4
E Grubu	102,7	56,9	51,7	47,3	44,5	42,0
F Grubu	110,1	68,2	60,7	51,7	44,3	46,5
G Grubu	97,8	74,5	61,7	60,5	47,5	46,4
H Grubu	110,8	89,6	66,4	56,2	50,8	41,5

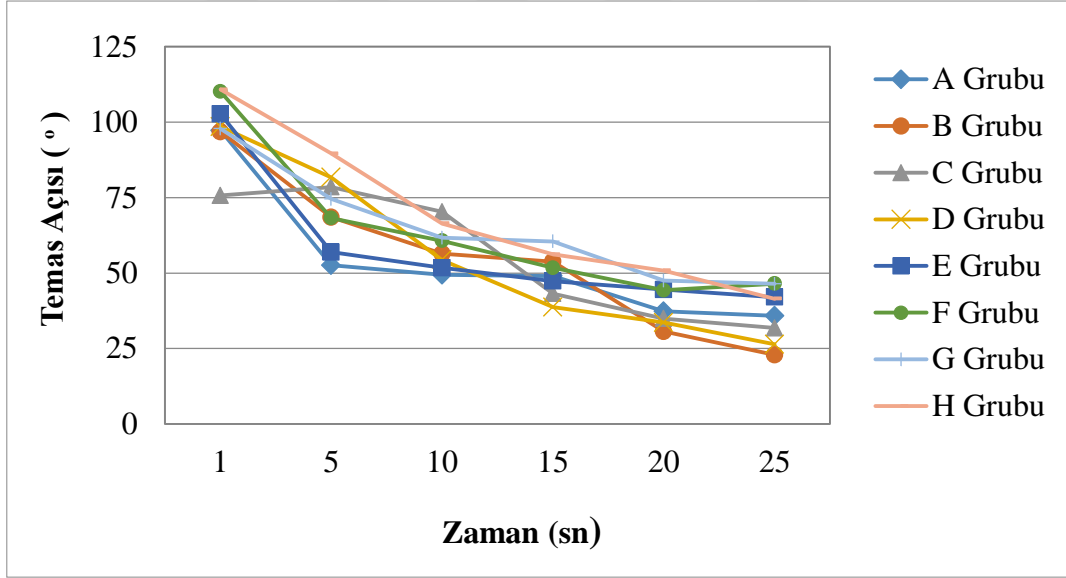
Her bir grup levhaya ait ortalama yüzey temas açısı değerlerinin hesaplanmasında 25 sn boyunca elde edilen temas açısı değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Şekil 3.9’da sekiz levha grubuna ait ortalama yüzey temas açısı değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Üretilen levhalara ait ortalama yüzey temas açısı değerleri.

Levhalarla ait yüzey temas açısı ölçümü goniometer teknik ile belirlenmiştir. Üretilen Test levhalarının yüzey temas açısı değerleri, zamana bağlı olarak Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Genel bir ifade ile tüm levha gruplarına ait temas açısı değerleri zamana bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu azalmalar, kompost atığı ilaveli yongalevhalarda endüstriyel yongadan üretilmiş levhalara göre daha düşük bulunmuştur.

Test levhalarının, artan kompost atığı katılım oranına bağlı olarak yüzey temas açılarındaki belli oranlarda artışlar meydana gelmiştir. En yüksek temas açısı değerleri %60 oranında kompost atığından üretilmiş levhalarda ölçülmüştür (110,8°). Diğer bir değiş ile kompost atığı kullanım oranının artışı ile levha yüzeylerinin ıslanabilirlikleri azalmıştır. %5 kompost atığı kullanılan test levhalarında (B Grubu) ortalama yüzey temas açısı değeri 54,8° iken, kompost atığı katılım oranının %60 olduğu levhalarda (H Grubu) ise 69,2° olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.10. Zamana bağlı olarak yüzey temas açısı değerlerinin değişimi.

Levhaların ıslanabilirliğini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunlar, levha üretiminde kullanılan odun yüzeyinin yoğunluğu, porozitesi ve kimyasal bileşimi (selüloz ve hemiselülozu yedikleri için temas açısı yüksek çıkmış olabilir.), tutkalın yüzey gerilimi, viskozitesi ve sıcaklığıdır. Kompost atığı katılım oranının artması ile birlikte levhalardaki temas açısı değerlerinin artması; endüstriyel odun yongalarının kompost atığına göre daha yüksek oranda holoselüloz miktarına sahip olmasıdır.

Hemiselülozlar, yüksek oranda polar hidroksil gruplarına sahip odun bileşenleridirler. Bu hidroksil grupları odun ile yapıştırıcı tutkal arasındaki hidrojen bağlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Hidrojen bağları levha yüzeylerinin ıslanabilirliğinde ve tutkalın odun veya kompost atığı moleküler yapısı üzerinde absorpsiyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Aydın, 2004a).

Endüstriyel odun yongası ile kompost atığı arasındaki yapışma, bir takım kimyasal maddeler (sodyum hidroksit, kalsiyum hidroksit, nitrik asit, hidrojen peroksit vd.), uyumlaştırıcı maddeler veya farklı tutkallar (DMDI, difenilmetan diizosiyanat reçinesi) kullanarak geliştirilebilir (Christiansen 1990, Büyüksarı, Avcı, Ayrılmış and Akkılıç 2010).

3.5. TERMAL (ISIL) İLETKENLİK

Kompost atığı ilavesi ile üretilmiş yongalevhaların izolasyon özelliklerindeki değişimleri araştırmak için izolasyon levha endüstrisi bakımından önem arz eden termal (ısı) iletkenlik değerleri tespit edilmiştir. Bu levhalara ait ortalama termal iletkenlik değerleri Tablo 3.17’de verilmiştir.

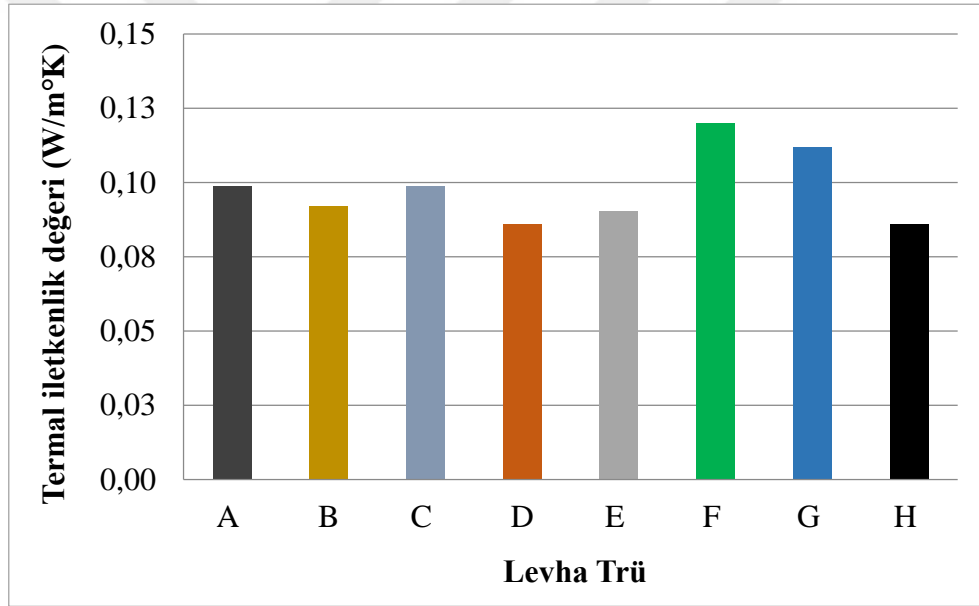
Tablo 3.17’ye göre orta tabaka kompost atığı oranı %100 olarak üretilen yongalevhalara ait ortalama ısı iletkenlik değeri 0,086 W/m[°]K iken %100 endüstriyel odun yongası kullanılarak üretilmiş levhalarda ise bu değer 0,099 W/m[°]K olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.17. Test levhalarına ait ortalama termal iletkenlik değerleri.

Levha türü	Termal iletkenlik (W/m [°] K)
A Grubu	0,099 (0,020)
B Grubu	0,092 (0,013)
C Grubu	0,099 (0,003)
D Grubu	0,086 (0,010)
E Grubu	0,090 (0,015)
F Grubu	0,120 (0,008)
G Grubu	0,112 (0,005)
H Grubu	0,086 (0,004)

Endüstriyel odun yongası ile üretilen yongalevhalarla ait ısı iletkenlik değeri, F ve G grupları dışında kompost atığı kullanılarak üretilen levhalardan daha yüksek değeri vermiştir. Şekil 3.19’da test levhalarına ait ortalama ısı iletkenlik değeri değişimi grafiksel olarak verilmiştir.

Lignoselülozik materyallerin izolasyon levhası olarak kullanımı üzerine bir çok araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmalara göre ısı iletkenlik değeri, dışbudak odununda 0,1549 W/m²K, Uludağ göknarında 0,1128 W/m²K, kavakta 0,1146 W/m²K, yatık yongalı levhalarda 0,1783 W/m²K ve MDF’lerde ise 0,1998 W/m²K, HDF levhalarda ise 0,2065 W/m²K olarak ifade edilmektedir (Örs ve Şenel 1999, Uysal, Yapıcı, Şahin Kol, Özcan, Esen ve Korkmaz 2011, Özdemir, Tutuş ve Bal 2013).



Şekil 3.11. Test levhalarına ait termal iletkenlik değeri.

Yine Türk Standartları Enstitüsü, ahşap ve ahşap mamullerinin izolasyon levhası kullanımı durumunda yatık yongalı yongalevhaların ısı iletkenlik değeri maksimum 0,14 W/m²K olarak belirlemiştir (TS 825 2013, TS EN 12369-1 2005, TS EN 312 2012). Kompost atığı ile üretilmiş levhalara ait ısı iletkenlik değeri bu değeri altında bulunmuştur. Bu nedenle bazı mekanik özellikler açısından standartların belirlediği sınır değeri altında sonuçlar veren kompost atığından üretilmiş yongalevhalar izolasyon levhası olarak kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Test levhalarının rutubet değerleri bakımından A grubu dışındaki diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir. Tüm levhalarda elde edilen rutubet değerleri TS EN 312 (2012) nolu standartta belirtilen sınırlar içerisinde kaldığı söylenebilir.

Üretim sırasında yongalevhaların hedef yoğunluk değerlerinin $0,63 \text{ g/cm}^3$ olacak şekilde planlanmıştır. Yapılan üretimler sonucu elde edilen levhaların yoğunluk değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. TS EN 312 (2012)'e göre üretilen levhaların hedef yoğunluk değerleri arasındaki değişimin $\pm\%10$ olmasına müsaade etmektedir. Test levhaların tamamının yoğunluk değerlerinde, bu sınırların dışına çıkmamıştır. En yüksek levha yoğunluk değeri ($0,64 \text{ g/cm}^3$) H grubu levhalarda elde edilmiş iken, en düşük değer ($0,61 \text{ g/cm}^3$) ise C grubu levhalarda bulunmuştur.

Test levhalarının kalınlık artış miktarları bakımından, kompost atığı ilavesine bağlı olarak kısmi bir azalmanın meydana geldiği söylenebilir. Üretilen levhaların kalınlık artış değerleri üzerine levha türü ve suda bekleme süresinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu, ancak bu iki faktörün etkileşiminin ise kalınlık artış değerleri üzerine etkisinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Suda bekleme süresinin artışına bağlı olarak kalınlık artış değerlerinde de artışlar gözlenmiştir. En düşük kalınlık artış değerleri $\%9,31$ ile 2 saatlik suda bekleme süresinde D grubu levhalarda elde edilir iken en yüksek ise 48 saatlik bekleme süresinde $\%15,34$ ile A grubu levhalarda elde edilmiştir. 2 saatlik suda bekleme süresinde A grubu levhalar dışındaki diğer tüm gruplara ait levhaların kalınlık artış değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. TS EN 312 (2012)'de belirtilen kıstaslara göre, 24 saatlik suda bekleme sonucu levhalarda oluşabilecek olan en yüksek kalınlık artış değeri $\%14$ olarak belirlenmiştir. Farklı varyasyonlarda üretilen tüm levha gruplarının kalınlık artış değerleri, standartta belirtilen sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.

Test levhalarına ait su alma oranlarında, kompost atığı ilavesine bağlı olarak 2 saatlik suda bekleme süresinde kısmi bir artışın meydana geldiği, ancak 24 ve 48 saatlik uygulamalarda ise çok düşük bir azalmanın meydana geldiği söylenebilir. Üretilen levhaların su alma oranları üzerine levha türü ve suda bekleme süresinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu, ancak bu iki faktörün etkileşiminin ise su alma oranları üzerine etkisinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Suda bekleme süresinin artışına bağlı olarak su alma oranında da artışlar görülmüştür. En düşük su alma oranı %69,93 ile 2 saatlik suda bekleme süresinde F grubu levhalarda elde edilir iken en yüksek ise 48 saatlik bekleme süresinde %89,8 ile C grubu levhalarda elde edilmiştir.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre test levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine kompost atığı ilavesinin önemli olduğu görülmüştür. Kompost atığı ilavesinin artışına bağlı olarak yüzeye dik çekme direnci değerlerinin de düştüğü belirlenmiştir. Endüstriyel yonga ile üretilen A grubu levhalara ait yüzeye dik çekme direnci değerleri atık kompost ilaveli üretilen tüm levhalardan daha yüksek bulunmuştur ($0,38 \text{ N/mm}^2$). En düşük yapışma direnci değerleri en yüksek kompost atığı ilaveli G ve H grubu yongalevhelerde sırası ile $0,22$ ve $0,18 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Bu levhalar TS EN 312 (2012)'ye göre herhangi bir kullanım alanı için yapışma direnci bakımından uygun olmadığı söylenebilir. Fakat A, B, C, D ve E grubu test levhalarına ait yapışma direnci değerlerinin aynı standartta belirtilen genel kullanım ve kuru şartlarda kullanım için gerekli sınır değerleri karşıladıkları görülmüştür.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre test levhalarının eğilme direnci değerleri üzerine kompost atığı ilavesinin önemli olduğu görülmüştür. Kompost atığı ilavesinin artışına bağlı olarak eğilme direnci değerlerinin açık bir şekilde düştüğü belirlenmiştir. Endüstriyel yonga ile üretilen A grubu levhalara ait eğilme direnci değerleri atık kompost ilaveli üretilen tüm levhalardan daha yüksek bulunmuştur ($12,62 \text{ N/mm}^2$). En düşük eğilme direnci değerleri yapışma direncinde olduğu gibi yine en yüksek kompost atığı ilaveli G ve H grubu yongalevhelerde sırası ile $8,76$ ve $6,96 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. TS EN 312 (2012)'de kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yongalevhaların eğilme direnci değerlerinin en az $11,5 \text{ N/mm}^2$ olması istenmektedir. Bu nedenle yüksek oranda kompost atığı ihtiva eden E, F, G ve H grubu yongalevhaların standartta belirtilen alt sınır değerlerini karşılamadığı görülmüştür. Diğer levha gruplarının (A, B,

C ve D grubu) ise standardın kabul etmiş olduğu eğilme direnci değerlerini karşıladığı tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre test levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine kompost atığı ilavesinin önemli olduğu belirlenmiştir. Kompost atığı ilavesinin artışına bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin de diğer direnç değerlerine benzer şekilde azaldığı belirlenmiştir. Endüstriyel yonga ile üretilen A grubu levhalara ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri atık kompost ilaveli üretilen tüm levhalardan daha yüksek bulunmuştur (2532 N/mm²). En düşük eğilmede elastikiyet modülü değerleri en yüksek kompost atığı ilaveli G ve H grubu yongalevhelerde sırası ile 1827 ve 1537 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Özellikle TS-EN 312 (2012)'nin eğilmede elastikiyet modülü için belirlemiş olduğu sınır değerini (1600 N/mm²), endüstriyel odun yongası ve atık kompost ilaveli üretilmiş A, B, C, D, E, F ve G grubu levhalarının karşıladığı görülmüştür.

4.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI

Levhalara ait formaldehit emisyon değerlerinde, test levhalarına ilave edilen kompost atığı katılım oranına bağlı olarak bir miktar arttığı görülmüştür. D ve F grubu test levhalarının formaldehit emisyon değerleri birbirine yakın bulunmuştur (sırası ile 7,14 ve 7,12 mgF/100gr levha). TS 4894 EN 120 standardına göre, endüstriyel odun yongası ve kompost atığı ilaveli test levhalarına ait formaldehit emisyon değerleri E1 sınıfında olduğu görülmüştür.

4.4. ISLANABİLİRLİK (YÜZEY TEMAS AÇISI)

Sıvının levha yüzeyine teması ile tüm levhalar için oluşan temas açısı değerleri, bekleme süresine bağlı olarak azalmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla kompost atığı ilaveli yongalevhaların temas açısı değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yani kompost atığı katılım oranının artışına bağlı olarak levhaların yüzey temas açısı değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. Literatürde birçok araştırmada özellikle 90 derecenin üzerinde, yüzey temas açısında meydana gelen artışların yapışma direnci değerlerinde önemli azalmalara sebebiyet verdiği ifade edilmektedir (Pizzi 1994, Aydın 2004b, Şahin 2018). Bu durum tez çalışmasında yüzeye dik çekme (yapışma) direnci değerlerinde de azalma olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge

3.9). Kontrol örneklerine ait yüzey temas açısı değerleri 97° - 36° arasında değişir iken orta tabakası %100 kompost atığı ilaveli yongalevhaların yüzey temas açısı değerleri ise 111° - $41,5^{\circ}$ arasında olduğu gözlenmiştir. Ortalama en yüksek temas açısı değerleri farklı oranlarda kompost atığı ilaveli F, G ve H grubu test örneklerinde sırası ile 64° , 65° ve 69° olarak bulunmuştur. En düşük yüzey temas açısı değerleri ise 54° ile %100 endüstriyel odun yongasından üretilmiş yongalevhalarda tespit edilmiştir.

4.5. TERMAL (ISIL) İLETKENLİK

Test ve kontrol örneklerine ait yongalevhaların termal iletkenlik değerleri modifiye edilmiş geçici düzlem kaynak tekniği prensibine göre belirlenmiştir. Kontrol grubu (A Grubu, %100 endüstriyel odun yongası ilaveli levha) deney örneklerine ait termal iletkenlik değeri $0,099 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ iken, kompost atığı katılım oranı en yüksek olan levhalarda ise bu değer $0,086 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ olarak bulunmuştur. Üretilen levhalara ait termal iletkenlik değerleri ile kompost atığı ilavesi arasında doğrusal bir ilişki kurulamamıştır. En yüksek termal iletkenlik değerleri F grubu (%40 kompost atığı ilaveli levha) levhalarda $0,120 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ olarak bulunmuş iken, en düşük değerler ise D (%20 kompost atığı ilaveli levha) ve H (%60 kompost atığı ilaveli levha) grubu levhalarda $0,086 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ 'dir.

Bu tez çalışmasında, kompost atığı ilavesi ile yongalevha üretim olanakları araştırılmıştır. Böylece elde edilen sonuçların tarımsal ürün atıklarının kompozit levha üretim uygulamalarına önemli bir kaynak oluşturması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aşağıdaki gibi önerilerde bulunulabilir;

Ülkemizde kültür mantarı üretimi sonucu oluşan kompost atıklarının üre formaldehit tutkalı ile yongalevha üretimine uygun alternatif yeni bir hammadde kaynağı olduğunu göstermiştir. Ayrıca tez kapsamında yapılan üretimlerin laboratuvar şartlarında gerçekleştirildiği düşünüldüğünde tutkallama, serme ve presleme işlemlerinin otomasyon ortamında yapılması ile levha özelliklerinin daha da iyileştirileceği ve daha yüksek oranlarda kompost atığı ilavesi ile yongalevhaların üretilebileceği düşünülmektedir. Böylelikle hem ormanlar üzerindeki kesim baskısının azalmasına hem de pahalı endüstriyel odun yongası (cips) ithalatının

azalmasına katkı sağlayacaktır.

Levha üretiminde odunun yanında ilave edilecek kompost atığı ile ülkemizdeki hammadde odun kaynaklarının, daha rasyonel, ekonomik ve amacına uygun olarak kullanımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Üretilecek olan levhalar mobilya sektöründe, ev, işyeri, okul vb. iç mekân ahşap malzemelerinin kullanıldığı alanlarda değerlendirilebilir.

Kompost atığı ilave oranının %40, 50 ve 60 olduğu yongalevhaların (F, G ve H grubu) fiziksel ve mekanik özelliklerindeki düşüşün yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle özellikle yongalevha üretimi sırasında, kompost atığı ilavesinin %30'un üzerine çıkarılmaması uygun olacaktır. Bunun üzerindeki oranlarda kompost atığı ilaveli üretilecek yongalevhalar, binalarda ve yapılarda ancak izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirler. Çünkü bu tür alanlarda kullanılan kompozit malzemeler herhangi bir mekaniksel gerilmelere maruz kalmazlar.

Kompost atığı ile üretilen levhalardan özellikle H grubu levhalara (%60 kompost atığı, %40 endüstriyel odun yongası) ait ısı iletkenlik değerlerinin diğer tüm uygulamaların altında bulunmuştur (0,086 W/m²K). Aynı zamanda bu levha grubu TS EN'nin belirlediği minimum bazı mekanik özellikleri sağlamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle genel amaçlar için kullanılmayacak olan H grubu levha türünün ısı iletkenliğinin önemli olduğu alanlarda kullanılması daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Yongalevha üretiminin hammaddesi olan endüstriyel odun yongalarının fiyatları her geçen gün arttığı bilinmektedir. Bu nedenle ülkemizde bol miktarda üretimi yapılan ve yeterince değerlendirilemeyen tarımsal atıklar veya yıllık bitki sapları gibi lignoselülozik hammadde kaynaklarının araştırılarak yongalevha üretimine uygunluklarının belirlenmesi ülkemiz ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında üretimi yapılan tüm levhaların kalınlık artış oranları TS EN standartlarının altında bulunmuştur. Bu nedenle üretim esnasında yongalevhalara su itici özellik (hidrofobik) kazandıran bazı kimyasalların (parafin, vax vb.) kullanılmasına gerek kalmayacaktır. Bu durum işletmelerin üretim maliyetlerinde azalmalara neden olacağı düşünülmektedir.

Kültür mantarı üretiminde oluşan atık kompost, mantar üreticileri tarafından genellikle çevreye veya boş tarım arazilerine dökülmektedir. Bu atıkların levha

üretiminde kullanımı ile oluşabilecek çevre kirliliğinin de önüne geçilecek, ayrıca kompost atıklarının toprakta çürümesi sonucu oluşacak karbon salınımı da ortadan kaldırılmış olacaktır. Kompost atığının levha üretiminde kullanılması durumunda yerel mantar üreticileri için, yeni bir gelir kaynağı olabilir.

İleriki çalışmalarda, tutkal türü, pres basıncı, presleme süresi, levha yoğunluğu gibi değişik üretim faktörleri kullanılarak, daha farklı kullanım alanlarına uyumlu kompost atığı ilaveli yongalevha üretimleri gerçekleştirilebilir.



5. KAYNAKLAR

- Acar, H. (2014). ‘MDF Tozu ve Pirinç Sapı Atıklarının Termoplastik Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Ahşap esaslı levhalar - eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 310, 1999.
- Ahşap esaslı levhalar - rutubet miktarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 322, 1999.
- Ahşap esaslı levhalar - birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 323, 1999.
- Ahşap esaslı levhalar-yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler-bölüm 1: OSB, yonga levhalar ve lif levhalar*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12369-1, 2005.
- Ahşap esaslı levhalar-formaldehit miktarının tayini-ekstraksiyon metodu ile ayırma*, Türk Standartları Enstitüsü TS 4894 EN 120, 1999.
- Arslan, M.B., Karakuş, B. ve Güntekin, E. (2007). Tarımsal Atıklardan Lif ve Yongalevha Üretimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 54-62.
- Arslan, M.B. (2008). ‘Orman ve Tarımsal Atıklardan Üretilen Kompozit Levhalarda Yüzey Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması’ , Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Aydın, İ. (2004a). ‘Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Aydın, İ. (2004b). Kaplama kurutma işleminde yüzey inaktivasyonu ve yapışma direncine etkileri. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-8.
- Balkız, Ö.D. (2006). ‘Orman Gülünün Lifleri Kullanılarak Orta Yoğunlukta Liflevha Üretimi’, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.
- Bektaş, İ., Göker, Y., Kalaycıoğlu, H., Güler, C. ve Nacar, M. 2001. Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Saplarından Yonga Levha Üretimi. Devlet Planlama Teşkilatı, Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü, Araştırma Projesi, (47 Sayfa) Proje No: 98k/122160, Ankara.
- Bektaş, İ. Güler, C. ve Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Saplarından Üre-Formaldehit Tutkalı ile Yongalevha Üretimi. *Kahramanmaraş*

Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 49-56.

Binalarda ısı yalıtım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü TS 825, 2013.

Boran, S. ve Usta, M. (2010). Odun Esaslı Panellerde Açığa Çıkan Formaldehit ve Formaldehit Sınırları Hakkında Bilgiler. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, Cilt: V (ss. 1968-1975).

Borazan, D. (2015). ‘Fındık Kabuğu veya Ceviz Kabuğu Takviyeli Polyester Esaslı Kompozitlerin Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

Bowyer, J.L. and Stockman V.C. (2001). Agricultural Residues. An Exciting Bio-based Raw Material for the Global Panel Industry. *Forest Products Journal*, 51(1), 10-21.

Bozkurt, Y., Erdin, N. ve Ünligil, H. (1995). *Odun Patolojisi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, üniversite yayın.

Brinkmann, E., Bucking, G. and Heller, W. (1976). Forschungszentrum der Bison-Werke, Bahre & Greten GmbH & Co. KG, Springe, German Federal Republic. *Holz-als-Roh-und-Werkstoff*, 34(12), 443-448.

Buyuksarı, U., Avci, E., Ayrilmis, N. and Akkilic, H. (2010). Effect of Pine Cone Ratio on the Wettability and Surface Roughness of Particleboard. *BioResources*. 5(3), 1824-1833.

Christiansen, A.W. (1990). How Overdrying Wood Reduces Its Bonding to Phenol Formaldehyde Adhesives: A Critical Review of the Literature. Part I. Physical Responses. *Wood and Fiber Science*, 22(4), 441-459.

Demirkır, C. (2006). ‘Kontırlak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık ve Artık Materyallerin Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.

Dunky, M. (2003). Adhesives in the Wood Industry, Handbook of Adhesive Technology, içinde A. Pizzi, K. L. Mittal (eds.), New York, ABD, Chapter 47, 872-941.

Eren, E. ve Pekşen, A. (2016). Türkiye’de Kültür Mantarı Sektörünün Durumu ve Geleceğine Bakış. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 189-196.

Efe, F.T. (2011). ‘Ayçiçeği Bitkisi Saplarının İzolasyon Levha Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

Gertjeansen, R.O. 1972. Properties of Particleboard From Sunflower Stalks and Aspen Planer Shavings. University of Minnesota Agriculture Experiment Station, Technical Bulletin, No: 311, USA, (ss 8).

- Göker, Y. ve Akbulut, T. 1992. Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler. "ORENKO 92" 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, Bildiri Metinleri, Trabzon, 1. cilt, 269-287.
- Guler, C., Copur, Y. and 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.
- Grigoriou, A.H. (2000). Straw-Wood Composites Bonded With Various Adhesive Systems. *Wood Science and Technology*, 34(4), 355-365.
- Güler, C. (2001). 'Pamuk Saplarından (Cotton stalks) Yongalevha Üretimi Olanaklarının Araştırılması', Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.
- Güler, C. Özen, R. ve Kalaycıoğlu, H. (2001). Pamuk Saplarından Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 99-108.
- Güler, C. ve Şahin, H.İ. 2015. Mısır Saplarından (Corn stalks) Yonga Levha Üretim Olanaklarının Araştırılması, Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2012.02.03.127, Sonuç raporu, 49 s.
- Güler C., Şahin H.I. and Yeniay S. (2016). The Potential For Using Corn Stalks as a Raw Material for Production Particleboard with Industrial Wood Chips. *Wood Research*, 61(2), 299-306.
- Hse, C.Y. (1975). Properties of Flakeboards From Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. *Forest Product Journal*, 25(3), 48-53.
- İstek, A. (1999). 'Buğday Saplarından Orta Yoğunlukta Lif Levha Üretimi', Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.
- Kalaycıoğlu, H. (1992). Bitkisel Atıkların Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, "ORENKO 92" 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, Bildiri Metinleri, 1. Cilt, Trabzon, (ss 288-292).
- Kalaycıoğlu, H. ve Çolakoğlu, G. 1995. Türkiye'de Mevcut Yongalevha ve Kontrplak Endüstrisi ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Türkiye Ormancılık Raporu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 48, Trabzon, (ss 199-206).
- Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R. (2012). *Yongalevha Endüstrisi, Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Karakuş, B. (2007). 'Çeşitli Bitkisel Sera Atıklarının Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

- Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler-özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü TS 642 ISO 554, 1997.
- Külçe, T. (2016). ‘Çeşitli Plastik Atıklarının HDF Üretim Sürecinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması’, Yüksek Lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye.
- Lif ve yonga levhalar-yonga levhaların tarif ve sınıflandırılması*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 309, 1992.
- McNutt, J.A., Haeggloom, R. and Raemoe, K. (1992). The Global Fiber Resource Picture. In: Wood Product Demand and the Environment. *A Forest Products Research Society International Conference Proceedings*, (ss. 39-53).
- Ndazi, B , Tesha, J.V. and Bisanda, E.T.N. (2006). Some Opportunities and Challenges of Producing Biocomposites from Non-Wood Residues. *Journal of Material Science*, 41(21), 6984–6990.
- Ntalos, G. (2000). ‘Utilization of Lignocellulosic Residues of Agricultural Plants For the Construction of Wood Adhesive Components’. Ph.D. Dissertation. Aristotelian University of Thessaloniki, Thessaloniki.
- Ntalos, G.A. and Grigoriou, A.H. (2002). Characterization and Utilisation of Vine Prunings as a Wood Substitute for Particleboard Production. *Industrial Crops and Products*, 16(1), 59–68.
- Örs, Y. ve Kalaycıoğlu, H. (1991). Çay Fabrikası Atıklarının Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 15, 968-974.
- Örs, Y. ve Şenel, A. (1999). Bazı Ahşap ve Ahşap Kökenli Malzemelerin Isı İletkenlik Katsayıları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı 1), 239-245.
- Örs, Y. ve Ayyıldız, H. 2006, Türkiye Yongalevha ve Liflevha Endüstrisinin Durumu, <www.floor.com.tr> .
- Özdemir, C. (2010). *Mantar Yetiştiriciliği*. Samsun: Samsun İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi.
- Özdemir, F., Tutuş, A. ve Bal, B.C. (2013). Yüksek Yoğunluklu Lif Levhanın Isı İletkenliği ve Limit Oksijen İndeksi Üzerine Yanmayı Geciktiricilerin Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 121-126.
- Philippou, J.L. and Karastergiou, S.P. (2001). Lignocellulosic Materials From Annual Plants and Agricultural Residues as Raw Materials For Composite Building Materials. İçinde Proceedings of the International Conference: Forest Research: A Challenge For an Integrated European Approach Volume II, NAGREF- Forest Research Institute, Thessaloniki, Greece, (ss. 817-822).
- Pirayesh, H., and Khazaeian, A. (2012). Using Almond (*Prunus amygdalus* L.) Shell as

- a Bio-Waste Resource in Wood Based Composite. *Composites Part B: Engineering*, 43(3), 1475-1479.
- Pirayesh, H., Khanjanzadeh, H., and Salari, A. (2013). Effect of Using Walnut/Almond Shells on The Physical, Mechanical Properties and Formaldehyde Emission of Particleboard. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 858-863.
- Pizzi, A. (1994). Brief Nonmathematical Review of Adhesion Theories as Applicable to Wood, *Advanced Wood Adhesive Technology*, Chapter 1, Mareel Dekker, CRC Press.
- Sandberg, D.(2016) “Additives in Wood Products – Today and Future Developments, “Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-Based Bioproducts”, Switzerland, Springer Singapore, (ss. 105-172).
- Standard Test Method For Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, American Society for Testing and Materials, ASTM D1037, 2006.
- Suchsland, O. (1967). Behavior of a Particleboard Manufacturing the Pressing Cycle. *Forest Product Journal*, 17(2), 51-57.
- Taylor, C., 1993. Kenaf International, Mc Allen, Tx. Personel Communication.
- TÜİK 2019 Erişim:24 Temmuz 2019, <<http://www.tuik.gov.tr/Start.do>>
- Uysal, B., Yapıcı, F., Şahin Kol, H., Özcan, C., Esen, R. ve Korkmaz, M. (2011). Emprenye Yapılmış Ağaç Malzeme Üzerine Uygulanan Üst Yüzey İşlemlerinin Isı İletkenliklerinin Belirlenmesi. İçinde 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, (ss. 262-266).
- Yaldızcı, E.Ş. (2016). ‘Kumaş Atıklarının Polyester Esaslı Kompozit Malzeme Üretiminde Değerlendirilmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Yavilioğlu, İ. (2017). 'Pamuk Telefı Ve Kızılçam Odun Karışımından Üretilen Kompozit Panel Levhaların Özelliklerinin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Yongalevhalar – özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 312, 2012.
- 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.
- Zhen, F., Yang, R. and Liu, R., (1995). Effects of Different C:N Ratios in Compost on Nutrient Transformation and on Yield and Quality of *Agaricus bisporus*. *Horticulture Abstracts*, 67(6), 5080.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nurbanu YAGLICA
Doğum Tarihi ve Yeri : 03/ 05/ 1989 Altındağ
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : nurbanu-erkoc@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Endüstri Müh.	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orman Endüstri Müh.	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Ankara Gazi Lisesi	2006

YAYINLAR

Şahin, H.İ., Yalçın, M., Yaglıca, N. (2017). Orta Tabakası Kompost Atığı İlaveli Yongalevhaların Vida Tutma Gücü ve Isı İletkenlik Değerlerinin Belirlenmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 121-129.