



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

**MISIR SAPLARININ YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

SEVCAN YONTAR

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

**DANIŞMAN
PROF. DR. CENGİZ GÜLER**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MISIR SAPLARININ YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sevcan YONTAR 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

Prof. Dr. Cengiz GÜLER
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Cengiz GÜLER
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent KAYGIN
Bartın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

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

Sevcan YONTAR

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Cengiz GÜLER' e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen eş danışmanım Dr. Öğrt. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN' e de şükranlarımı sunarım.

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

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi **BAP 2012.02.03.127** numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

26 Temmuz 2019

Sevcan YONTAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.2. TÜRKİYE'DE YONGA LEVHA ÜRETİMİ.....	3
1.3. YONGA LEVHANIN TANIMI.....	5
1.4. YONGA LEVHA ÜRETİM TEKNOLOJİSİ.....	6
1.4.1. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	6
1.4.1.1. Ağaç Malzeme Odun.....	6
1.4.1.2. Yıllık Bitkiler.....	7
1.5 YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN TUTKALLAR.....	10
1.5.1. Üre Formaldehit Tutkalı.....	10
1.5.2. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	10
1.5.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	11
1.5.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı.....	11
1.5.5. İzosiyanat.....	11
1.5.6. Doğal Yapıştırıcılar.....	12
1.5.7. Katkı Maddeleri.....	12
1.5.8. Sertleştirici Maddeler.....	13
1.5.9. Hidrofobik Maddeler.....	13
1.6 YONGA LEVHA ÜRETİMİ.....	13
1.6.1 Hammadde Depolanması.....	13
1.6.2. Kabuk Soyma.....	14
1.6.3. Yongaların Hazırlanması.....	14

1.6.4. Yongaların Kurutulması	15
1.6.5. Yongaların Tasnifi	18
1.6.6. Yongaların Depolanması	18
1.6.7. Yongaların Taşınması.....	19
1.6.8. Yongaların Tutkallanması	19
1.6.9. Levha Taslağının Biçimlendirilmesi.....	20
1.6.10. Presleme İşlemi	21
1.6.10.1. Soğuk Pres (Ön Presleme)	22
1.6.10.2. Sıcak Presleme	22
1.6.10.3. Pres Sonrası İşlemler	24
1.6.11. Zımparalama	25
1.6.12. Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırılması	25
2. MATERYAL VE METOT	26
2.1. MATERYAL	26
2.2. DENEY LEVHALARININ ÜRETİMİ	26
2.2.1. Levha Taslağının Hazırlanması.....	27
2.2.2. Levha Taslağının Preslenmesi	29
2.3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	29
2.3.1. Fiziksel Özellikler	30
2.3.1.1. Rutubet Tayini	30
2.3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Tayini	30
2.3.1.3. Kalınlık Artış (Şişme) Oranı	31
2.3.1.4. Su Alma Miktarı	31
2.3.2. Mekanik Özelliklere Ait Yöntemler	32
2.3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci	32
2.3.2.2. Eğilme Direnci	32
2.3.2.3. Elastikiyet Modülü.....	34
2.3.3. Formaldehit Emisyon Miktarı.....	34
3. BULGULAR	37
3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR	37
3.1.1. Rutubet Miktarı	37
3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Değeri	37
3.1.3. Kalınlık Artış (Şişme) Oranı	38
3.1.4. Su Alma Miktarı	39
3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR	41
3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci	41
3.2.2. Eğilme Direnci.....	42

3.2.3. Elastikiyet Modülü.....	43
3.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI	44
4. TARTIŞMA	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
6. KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ	1



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Levha üretiminde kullanılan yongaların tutkalllanması	27
Şekil 2.2. Levha taslağının serilmesi	28
Şekil 2.3. Soğuk presten çıkmış levha taslağı	28
Şekil 2.4. Sıcak presleme ve levha taslağı	29
Şekil 2.5. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi test görüntüsü	33
Şekil 2.6. Formaldehit emisyon miktarı belirleme düzeneğı	35
Şekil 4.1. Deneme levhalarının gruplara göre % rutubet oranları	45
Şekil 4.2. Deneme levhalarının gruplara göre yoğunluk oranları	46
Şekil 4.3. Mısır sapı ilavesinin Yonga levhaların kalınlık artımı üzerine etkisi	46
Şekil 4.4. Mısır sapı ilavesinin Yonga levhaların su alma miktarı üzerine etkisi	47
Şekil 4.5. Deneme levha tiplerine göre YDÇ direnci değerleri	48
Şekil 4.6. Deneme levha tiplerine göre eğilme direnci değerleri	49
Şekil 4.7. Deneme levha tiplerine göre elastikiyet modülü değerleri	50

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Türkiye 2010-2016 yıllarında ahşap esaslı levha üretim miktarları (m ³ /yıl).....	4
Çizelge 1.2. Türkiye Lif kaynakları potansiyeli	8
Çizelge 2.1. Farklı Kombinasyonlarda üretilen deneme levhaları	27
Çizelge 3.1. Deneme levhalarına ait rutubet miktarı değerleri (%)	37
Çizelge 3.2. Deneme levhalarına ait yoğunluk değerleri (g/cm ³).....	38
Çizelge 3.3. Deneme levhalarına ait kalınlık artışı oranları (%)	38
Çizelge 3.4. Deneme levhalarının kalınlık artış oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 3.5. Deneme levhalarına ait su alma miktarları (%)	40
Çizelge 3.6. Deneme levhalarının kalınlık artış oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 3.7. Deneme levhalarına ait YDÇ direnci değerleri (N/mm ²)	41
Çizelge 3.8. Deneme levhalarının YDÇ direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 3.9. Deneme levhalarına ait eğilme direnci değerleri (N/mm ²).....	42
Çizelge 3.10. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları	42
Çizelge 3.11. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).....	43
Çizelge 3.12. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları	43
Çizelge 3.13. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarları	44

KISALTMALAR

FF	Fenol formaldehit
X_{max}	Maximum
MUF	Melamin üre formaldehit
X_{min}	Minimum
OAİB	Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri
OT	Orta tabaka
X_{ort}	Ortalama
PB	Particalboard
RF	Resorsin formaldehit
°C	Santigrat derece
FA	Serbest formaldehit miktarı
S	Standart sapma
S	Standart sapma
Ü	Üre
ÜF	Üre formaldehit
V	Varyasyon katsayısı

SİMGELER

F	Fenol
G	Gram
Kg	Kilogram
M	Melamin
MG	Miligram
ml	Mililitre
Mm	Milimetre
N	Newton
PVA	Polivinil asetat
PVC	Polivinil klorür

ÖZET

MISIR SAPLARININ YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Sevcan YONTAR
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Cengiz GÜLER
Temmuz 2019, 56 sayfa

Bu çalışma kapsamında karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve mısır sapı (*Zea mays indurata* Sturt.) yongalarının belli oranlarda (%0, 25, 50, 75 ve 100) karıştırılması ile yonga levhalar üretilmiştir. Mısır saplarının yonga levha üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Yonga levhalar üç tabakalı olarak üre-formaldehit tutkalı ile üretilmiştir. Üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Levhaların fiziksel özelliklerinden rutubet miktarı, birim hacim ağırlık değeri (yoğunluk), 2 ve 24 saatteki su alma miktarı ve kalınlık artış miktarları belirlenmiştir. Mekanik özelliklerden ise eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik yönde çekme direnci standartlarda belirtilen esaslara uygun olarak tespit edilmiştir. Deneme levhalarının formaldehit emisyon testleri perforatör yöntemine göre fotometrik olarak belirlenmiştir. Sonuçta mısır saplarından % 50 oranlarında karışım halinde standartlara uygun levhalar üretilbileceği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Mısır sapı, Yonga levha, Üre formaldehit, Teknolojik özellikler, Formaldehit emisyonu.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PARTICLEBOARD MANUFACTURING POSSIBILITIES FROM CORN STALKS

Sevcan YONTAR

Düzce University

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

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz GÜLER

June 2019, 56 pages

In this study, particleboards were produced by mixing black pine (*Pinus nigra* Arnold) and corn stalk (*Zea mays indurata* Sturt.) Chips in certain proportions (0, 25, 50, 75 and 100%). The suitability of corn stalks for particleboard production was investigated. The particleboards were produced in three layers with urea-formaldehyde resin. Some physical and mechanical properties of the produced particleboards were tested. The physical properties; Moisture content, density, water uptake in 2 and 24 hours and thickness swelling were determined. The mechanical properties, bending strength, modulus of elasticity in bending and tensile strength perpendicular to the surface were determined in accordance with the principles specified in the standards. Formaldehyde emission tests were determined photometrically according to the perforator method. As a result 50% of using the corn stalks can be produced as a mixture of standards-compliant particleboards.

Keywords: Corn Stalk, Particleboard, Urea formaldehyde, Technological properties, Formaldehyde emission

1. GİRİŞ

Türkiye’de orman kaynakları sınırlı olup orman ürünleri sektöründe üretimi karşılayamamaktadır. Önümüzdeki dönemde oduna olan gereksinimin tamamının karşılanması mümkün görülmemektedir. Bu nedenle alternatif kaynaklara yönelmesi zorunludur. Önemli bir lifsel hammadde kaynağı olan mısır saplarının (corn stalk) yonga levha üretiminde kullanılması durumunda bu endüstri kolu için büyük oranda hammadde açığına katkı sağlayabilir. Ülkemizde ekin sapı, mısır, pamuk, ayçiçeği, tütün gibi yıllık bitkilerin geniş bir alanda tarımı yapılmaktadır. Bunların saplarının hammadde olarak kullanılması, ucuza mal olması ve her yıl ürün alınmasından dolayı sürekli hammadde potansiyeline sahip olması açısından önemlidir. Ayrıca son yıllarda hammadde sıkıntısından dolayı ormanlarda bakım çalışmalarıyla elde edilen orman artıklarından yararlanma yoluna da gidilmektedir.

Mısır gerek insan gerekse hayvanların besin ihtiyacını karşılaması ve endüstride hammadde olarak kullanılması gibi işlevlerinden dolayı çoğu ülkede yetiştirilmektedir. Dünyada üretilen mısırların büyük bir bölümü besin ihtiyacı olarak kullanılmaktadır. Üretilen mısırın yaklaşık olarak %70 i hayvan yemi olarak kullanılırken, %20’si ise insanların besin ihtiyacı için kullanılmaktadır. Geri kalan kısım ve mısır artıkları ise endüstride değerlendirilmektedir (Babaoğlu, 2005). Ancak mısır ürünü elde edildikten sonra geriye kalan kısımdan hayvan yemi olarak kullanılması mümkün olmamaktadır.

Antibiyotik, aspirin, otomotiv sektörü, kâğıt ve tutkal sanayi, alkol üretimi, Un, nişasta, yağ gibi pek çok ürün mısırdan elde edilebilmektedir. Mısırın her bir parçası önemli ekonomik değere sahiptir. Ülkemizde yılda iki kez hasadı yapılan mısırın tarıma ayrılan alanı FAO’ nun 2004 yılı rakamlarına göre 700.000 ha’dır. Ülkemizde tarıma verilen değer düşünüldüğünde mısır ekimi ve üretim miktarı açısından dünya mısır tarımında %0.414’lük paya sahip olduğu görülmektedir (Babaoğlu, 2005).

300.000-350.000 hektarlık ekim alanına sahip Karadeniz Bölgesi’nde mısır yetiştirme oranı ülkemizin yaklaşık %65’ine denk gelmekte iken, neredeyse her bölgede mısır yetiştirilebilmektedir. Fakat Karadeniz Bölgesi’nde yetiştirilen mısır diğer bölgelere göre daha iyi ve ortalama verim yaklaşık 230 kg/da’dır. Burada yetiştirilen mısır, üretimimizin %20’sini karşılayabilmektedir. Öte yandan, Akdeniz Bölgesi’nde ortalama verim ise

yaklaşık 800 kg/da civarındadır. Bu bölgedeki ekim alanı Karadeniz Bölgesi'ndeki den daha az olmasına rağmen toplam mısır üretiminin %45'ini oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi'ndeki toplam mısır üretimi ise tıpkı Karadeniz Bölgesi'ndeki mısır üretimi gibi yaklaşık %20'sini karşılamaktadır (Babaoğlu, 2005).

Mısır ekim alanları yıldan yıla değişen Trakya Bölgesi'nde Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Çanakkale (Gelibolu ve Lâpseki) ve İstanbul (Silivri ve Çatalca) illerinin toplam mısır ekimi alanları yaklaşık 7.500 ha iken, toplam üretim 35.000-45.000 ton dolaylarında gerçekleşmektedir (Babaoğlu, 2005).

Ülkemizde yıllık bitkiler, tarlada bırakılarak ya da hayvan yemi olarak faydalanılmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, yıllık bitkilerin bu şekilde değerlendirilebileceğini göstermiştir. Yıllık bitkilerden faydalanılması hem çevresel hem de ekonomik bakımdan fayda sağlayacaktır.

Teknolojinin günden güne ilerlemesi, lignoselüozik kompozitlere olan talebin artması ve orman kaynaklarının azalması nedeniyle birçok araştırmacı lignoselüozik kompozit üretilmesinde oduna alternatif hammadde kaynaklarının üzerinde çalışmalara yoğunlaşmıştır. Son yirmi yıl içerisinde yapılan çalışmalar hem laboratuvar ortamında hem de ticari olarak hız kazanmıştır. Yapılan çalışmalar günden güne artmaktadır. Tarımsal esaslı lif ve yongalar biyo-kompozit üretilmesinde hammadde olarak oduna önemli alternatif olarak düşünülmektedir (Arslan ve ark., 2007).

Eldeki kaynakların sınırlı ve giderek azalması nedeniyle son yıllarda dünyada yıllık bitkilerin levha üretiminde kullanılması ile ilgili araştırmalar gözle görülür şekilde artmıştır. Oduna alternatif hammadde olarak yıllık bitkilerden olan ve her yıl yaklaşık 500 bin hektar alanda ekimi yapılabilen mısır sapının yonga levha üretiminde kullanılması durumunda hammadde açığını büyük oranda kapatacağı düşünülmektedir. Yonga levhanın mısır saplarından üretilmesi halinde, hammadde kaynaklarının genişlemesine neden olacaktır.

Bu çalışma kapsamında karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve mısır sapı (*Zea mays indurata* Sturt.) yongaları %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarda kullanılarak yonga levhalar üretilmiş olup mısır saplarının yonga levha üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Üretimi yapılan levhaların bazı mekanik ve fiziksel özellikleri test edilmiştir. Levhaların standartlara uygunluğu yönünden incelenmiştir.

1.1. GENEL BİLGİLER

Yonga levha üretiminde hammadde levha ağırlığının yaklaşık olarak %90'ından fazlasını odun meydana getirmekte, yapıştırıcı olarak ise üre formaldehit gibi sentetik reçineler kullanılmaktadır. Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddeler arasında başta iğne yapraklı ağaçlar olmak üzere geniş yapraklı ağaçlar ve bunların endüstriyel atıkları ve çeşitli yıllık bitkilerin odunsu kısımları yonga levha endüstrisinde değerlendirilebilmektedir. (Güler, 2001).

1.2. TÜRKİYE'DE YONGA LEVHA ÜRETİMİ

Yonga levha endüstrisinin ülkemizde ki ilk kuruluşu 1955 yılındadır. Bu malzemenin ilk kez üretilmesi eski yıllara dayanmakla beraber özellikle 2. Dünya savaşı sonrasında şehirlerin yeniden imarında büyük boyutlarda kerestelere ve bu özellikler de stabil bir ağaç malzemeye duyulan acil gereksinimden dolayı üretimi orta Avrupa ülkelerinde özellikle Almanya'da da hız kazanmıştır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Doğalgaz ve elektrik gibi alternatif ısınma sistemlerinin olması ile odunun ısınma olarak kullanılması azalmış ve odundan daha çok yonga levha ve lif levha sanayisinde kullanımı artmıştır. Ahşap yerine kullanılan ikame maddelerinin çevre için oluşturduğu olumsuz durumlar sebebiyle ahşap kullanımına tekrar dönülmüş ve bu durum da odun hammaddesi ihtiyacı da artış göstermiştir. Türkiye'de endüstriyel odun arzının, endüstriyel odun talebini karşılayamaması nedeniyle ithalat yolu açılmaktadır. Bu durumda endüstriyel odun talebinin %61'i devlet ormanlarından, %24'ü ise özel sektör üretiminden ve talebin geriye kalan %15'lik bölümü ithal olarak karşılanmaktadır.

Çizelge 1.1. Türkiye 2010-2016 yıllarında ahşap esaslı levha üretim miktarları (m³/yıl) (İbiş, 2018).

Yıl	Orta ve yüksek yoğunluklu lif levhalar (MDF/HDF)	Yonga Levha	Kontrplak	Kaplama Levha	OSB	Diğer Lif Levhalar	Toplam Üretim
2010	3265000	3060000	11000	96000	40000	15000	6586000
2011	3570000	3580000	115000	88000	40000	15000	7408000
2012	3900000	3875000	116000	85000	75000	15000	8066000
2013	4285000	4225000	116000	84000	75000	15000	8800000
2014	4885000	4425000	150000	85000	75000	15000	9635000
2015	4777000	4361000	116000	87000	75000	15000	9431000
2016	5069000	4202000	120000	270000	8000	15000	9684000

Çizelge 1.1'de toplam levha üretiminin miktarlarına bakıldığında 2010 yılında 6.586 milyon m³ olan toplam üretimin tutarı 2016 yılında 3.098 milyon m³ artarak 9.684 milyon m³'e ulaştığı görülmektedir. Yonga levha üretiminde 2010-14 yılları arasında 1.365 milyon m³'lük bir artış görülmekte olup, 2014 yılından sonra düşüş olduğu görülmektedir. Düşüşün ana sebeplerinden birisinin ekonomik kriz olduğu düşünülmektedir.

Dünya nüfusunun giderek artması ve orman kaynaklarının azalması dikkate alındığında, mobilya üretiminde en önemli hammadde kaynağı olarak ağaçtan faydalanılmaktadır. Bu sebeple, orman kaynaklarının daha tasarruflu kullanılabilmesi için mobilya üretiminde işletmeler masif ağaç malzemesinin yerine talaş, düşük kaliteye sahip tomruklar, odun harici ürünler (tarım atıkları vb.) hammadde olarak düşünülebilir. Günümüzde, yonga levhalar ağaç levha sanayisinde en büyük üretim payına sahip malzemelerden biridir.

Yonga levha üretiminde odun tamamen yongaya dönüştürülerek, kayıp vermeksizin istenilen boyutlarda levhalar üretilebilmektedir. Buna ek olarak, yongaların boyutları ve pozisyon açılarının da istenilen şekle getirilebilmesi ile levha direncinin artırılması, üretim evresinde yapılacak işlemler ile hidrofobik, böcek, yangın ve mantarlara karşı dayanıklı levhaların üretilebilmesi de sağlanmaktadır. Küçük odun parçacıklarından

üretilen yonga levhalar masif ağaca göre daha homojen bir yapıya sahiptir (Akbulut, 2000).

Günümüz mobilya sektöründe üretilen yatak odası, oturma odası, çocuk odası, yemek odası gibi mobilya üretiminin her safhasında yonga levhalar kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen yonga levhaların; %73,5'i mobilya üretiminde, %11,2'si inşaat sektöründe, %13'ü dekorasyonda, %0,2'si prefabrik evin yapımında kullanılmaktadır (Göker, 2000).

Yonga levhaların geniş kullanım alanına sahip olması nedeniyle üretilen yonga levhalarının özellikleri ve bu özellikleri etkileyen faktörlerde çeşitli olmaktadır. Yonga levha üretilmesinde kullanılan odunun cinsi, sertliği, yoğunluğu, yonga boyutları, serme yöntemleri, nem miktarları, kurutma süreleri, presleme koşulları, levhaların kalınlıkları, yüzeyin kalitesi, yüzeyin kaplanmış olup olmadığı, içerisindeki kumun miktarı kullanılan tutkalın cinsi, içerdiği emprenye maddeleri gibi malzeme özelliklerine göre çeşitli amaçlara uygun yonga levha üretimi yapılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Dünyada, 1960'lı yıllarda yaklaşık 3 milyon m³ olan yonga levha üretimi, 1980'li yıllarda yaklaşık 41 milyon m³, 1999'lı yıllarda yaklaşık 75 milyon m³ ve 2001'li yıllarda ise yaklaşık 84 milyon m³ seviyesine çıkmıştır. Veriler göz önüne alındığında üretilen yonga levhaların %44'ü Avrupa, %38'i Kuzey ve Orta Amerika, %7'si ise Asya'da bulunmaktadır. (Yaman, 2002).

Dünyadaki yonga levha üretiminin yıldan yıla artış göstermesine benzer şekilde ülkemizde de yonga levha üretilmesinde büyük artışlar gerçekleşmiştir. Ülkemizde ilk yonga levha fabrikasının kurulduğu yıl olan 1950'de üretim 3000 m³ iken, 2000 yılında 1,9 milyon m³ seviyesine çıkmıştır (Yaman, 2002).

1.3. YONGA LEVHANIN TANIMI

TS-EN 309 (1999)'a göre, ahşap yonga levhaları; odun parçalarından ve/veya lignoselülozik malzemelerden (kenevir ipliği, keten, suyu çıkarılan şeker kamışı posası vb. odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkallanmasından sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalardır.

Özen (1980)'e göre ise yonga levha; odun ve odunlaşmış bitkilerden üretilen belirli özelliklerdeki yongaların çeşitli yapıştırıcı maddelerle tutkallanması ve bunların basınç ve sıcaklık etkisinde yapıştırılması ile üretilen malzemedir.

Yonga levha odun ya da odunlaşmış lignoselülozik bitkisel hammaddelerinden elde edilmiş yongaların tutkallı ya da tutkalsız olarak yüksek basınç ve sıcaklığın altında yapıştırılması ve şekillendirilmesi neticesinde meydana gelen geniş yüzeyli levhalardır.

Yonga levhalar belirli özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012; Güler, 2015).

- Düşük özgül ağırlıktaki yonga levhaları: Özgül ağırlıkları $0,590 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha düşük olan levhalardır.
- Orta özgül ağırlıktaki yonga levhaları: Özgül ağırlıkları $0,590-0,800 \text{ g/cm}^3$ arasında değişim gösteren levhalardır.
- Yüksek özgül ağırlıktaki yonga levhaları: Özgül ağırlıkları $0,800 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha fazla olan levhalardır.

1.4. YONGA LEVHA ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

1.4.1. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Yonga levha üretiminde hammadde levha ağırlığının yaklaşık olarak %90'ından fazlasını odun meydana getirmekte, yapıştırıcı olaraksa sentetik reçineler kullanılmaktadır. Yonga levha üretilmesinde kullanılan hammaddeler arasında başta iğne yapraklı ağaçlar olmak üzere geniş yapraklı ağaçlar ve bunların endüstriyel atıkları ve çeşitli yıllık bitkilerin odunsu kısımları yonga levha endüstrisinde değerlendirilmektedir.

1.4.1.1. Ağaç Malzeme Odun

T.S. 1351 (1973)'e göre, boyu 0.5-2.0 m, ince ucun çapı en az 4 cm, kalın ucun çapı en çok 20 cm olan yuvarlak ve yarma odun, kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar ve tane büyüklüğü minimum 2 mm olan testere talaşı, yonga ve lif odunu olarak kullanılabilir.

Bu endüstride yapacak maksatlarda kullanılan odunun haricinde kalan tüm odun hammaddesi kullanılabilir. Buna yakacak odunu da dâhildir. Ayrıca kapak tahtaları, çitalar, tahta ve tomrukların uç kısımlarından elde edilen artıklar, testere talaşı, kaplama levha üretimi artıkları (soyma kaplama üretiminde tomruk ortasında kalan silindirik kısımlar ve artık kaplama levhaları), tomrukların bölümlere ayrılması esnasında elde edilen gövde kısımları ve soyma işlemine yaramayan hatalı tomruklar kullanılabilir.

Çeşitli ağaç cinslerinin yonga levha üretiminde değerlendirilmesi konusunda farklı araştırmalar yapılmıştır. Kalaycıoğlu (1991), Sahil çamının (*Pinus pinaster* Ait),

Karacalıoğlu (1974) ve Öktem (1979) orman gülü odunlarının yonga levha üretilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Nacar (1997), Okalıptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunlarının yonga levha üretilmesinde değerlendirilme olanaklarını araştırmıştır.

1.4.1.2. Yıllık Bitkiler

Son yıllarda Orman Ürünleri Endüstrisinde hammadde bulmakta ortaya çıkan güçlükler yıllık bitkilerin yonga levha üretiminde kullanılması imkanlarının araştırılmasına neden olmuştur. FAO verilerine göre önümüzdeki yıllarda yıllık bitkilerin yonga levha endüstrisinde kullanımı hızla artacağı görülmektedir. Ancak levha endüstrisinde odun dışı kaynakların kullanılması, pazarda oduna olan talebin azalmasına bağlıdır (Güler, 2015).

Yonga levha üretilmesinde kullanılan hammaddelerin başında odun bulunmaktadır. Bu amaçla, keten, pamuk sapları, kenevir, bambu, şeker kamışı, yer fıstığı kabuğu, saz, saman, ayçiçeği çekirdeği kabuğu ve lifi gibi bitkisel madde ya da atıklardan yonga levha üretiminin mümkün olduğu belirtilmektedir. Fakat yeterli miktarda olması, toplama, depolama, taşıma ve hazırlanmalarının kolay, ucuz ve malzemenin mantarlar tarafından herhangi bir bozulmaya maruz kalmamış olması gereklidir. Yıllık bitkilerin kullanılmasında en büyük mesele malzemenin homojen olmamasıdır (Özen, 1980).

Türkiye Yıllık Bitki Potansiyeli

Orman kaynaklarının gün geçtikçe azalması nedeniyle alternatif kaynaklara yönelinmiştir. Alternatif hammadde kaynaklarının sektörde kullanım olanakları günümüzde araştırılmaktadır. İnsan popölasyonunun her geçen gün artması paralel olarak tüketiminde artmasına neden olmakta ve bu durumda eldeki kaynakların hızlı bir şekilde azalmasına ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Günümüzde, gelişmekte olan ülkeler alternatif kaynakların araştırılması için çeşitli çalışmalar yapmakta ve bu çalışmalar desteklenmektedir. Tarımsal atıkların değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Yıllık bitkilerin lignoselüozik yapıları ve kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi de oldukça önemlidir. Son yıllarda, alternatif hammadde olarak yıllık bitkilerin kullanılıp levha üretimi gerçekleştirilmesi oldukça yaygınlaşmıştır.

Ülkemizde hasadı yapılan ve tarımsal atık elde edilen yıllık bitkiler toplam 37 milyon ton düzeyindedir. Ülkemizde her yıl 36.940.000 ton tarımsal artık elde edilmektedir. Bu atıklar; 18 milyon tonu buğday sapı, 8 milyon tonu arpa sapı, 3,5 milyon tonu pamuk sapı, 2,5 milyon ton mısır sapı, 3 milyon ton ayçiçeği sapı, 200 bin ton pirinç sapı, 240 bin ton çavdar sapı, 300 bin ton tütün sapı, 200 bin ton göl kamışından meydana gelmektedir. Bu

bilgilere göre, Türkiye dünyanın sayılı yıllık bitkileri üreticisi ülkeler arasında bulunmaktadır. (Güler, 2015).

Ülkemizde tarımı yapılan bitki saplarının bir yılda elde edilen olası miktarları Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Türkiye Lif kaynakları potansiyeli (Güler, 2015).

Yıllık bitki	Yıllık bitki sapı potansiyeli (Milyon Ton/Yıl)
Buğday sapı	18
Arpa sapı	8
Pamuk sapı	3,5
Ayçiçeği sapı	3
Mısır sapı	2,5
Kendir-kenevir	2
Tütün sapı	0,3
Çavdar sapı	0,24
Pirinç sapı	0,2
Göl kamışı	0,2
Toplam	36,94

Çay fabrikalarında üretilen ürünlerin atıkları ile ülkemizde yıllık bitkilerin atıklarından ilk yonga levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu yonga levhaların eğilme direnci 11,37 N/mm², yüzeye dik çekme direnci 0,11 N/mm² olarak ölçülmüştür. Türkiye de yonga levha endüstrisi ile ilgili ilk Patent Örs ve Kalaycıoğlu tarafından alınmıştır (Örs ve Kalaycıoğlu, 1991). Kalaycıoğlu ve Nemli (1997) tarafından tutkal türünün çay fabrikası atıklarından üretilen levhaların kalitesinin üzerine etkisini belirlemek için gerçekleştirilen farklı bir çalışmada; levhanın özgül kütlelerinin yüksek tutulması gerektiği vurgulanmıştır. Yıllık bitkiler yoğunlukları normal oduna göre daha düşük materyallerdir. Bu nedenle kompozit levha üretiminde levhaların preslenmesi esnasında sıkıştırma faktörünün yüksek seçilebilmesi sebebiyle yoğunluğu düşük hammadde kullanılmasının levhanın direnç özelliklerini pozitif yönde etkilemektedir (Güler, 2001).

Ülkemizde, tarımsal atıkların değerlendirilmesi için kullanılacak yeni teknolojik ürünler açısından ciddi anlamda bir açıklık bulunmaktadır. Bu nedenle, bu teknolojik ürünlerin geliştirilmesi desteklenebilir görülmektedir (Anonim, 2010). Yıllık bitki sapları; depolanması ve taşıma problemleri elimine edilebilir ise kompozit levha üretiminde bu ürünler kullanılabilir ve bu durumda ülkeye ekonomik yönden katkı sağlanabilir. Bu ürünlerin lifsel yapıya sahip olması levha içerisinde veya yonga levhanın orta tabakasında kullanılmasını sağlanabilir. Trakya ve Doğu Anadolu gibi tarımsal ürünlerin yoğun

olduğu bölgelerimizde yonga levha fabrikasının kurulması ile yeni istihdam alanlarının oluşturulabilir (Güler,2015).

Mısır, tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşaklarına özgüdür, Antarktika dışında hemen hemen dünyanın her yerinde 58° kuzey ve 40° güney enlemlerinin arasında kalan alanlarda, deniz seviyesinden başlayarak, rakımı 4000 m'ye kadar olan, bol güneş alan bölgelerde yetişebilen, tek yıllık kısa gün bitkisi olan sıcak iklim tahılıdır. Mısır dünyada ekim alanı yönünden buğday ve çeltikten sonra 3. sırada bulunurken üretim miktarı yönünden ilk sırada bulunmaktadır. Mısır ülkemizde 500-550 bin ha ekim alanı, 2.300.000 ton üretim miktarıyla buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Toplam üretimin yaklaşık olarak yarısının gerçekleştirildiği Akdeniz bölgesi (721 kg/da) verim bakımından Türkiye ve Dünya ortalaması verimi üzerindedir. Çukurova Bölgesinde mısırın toplam ekim alanı 136.290 ha toplam üretim miktarı 868.597 ton ve ortalama tane verimi 820 kg/da'dır. Türkiye'de mısır en fazla 594987 ton ile Adana'da daha sonra 307369 ton ile Sakarya'da yetiştirilmektedir. Bölge olarak en fazla Akdeniz ve Karadeniz bölgesinde yetiştirilmektedir (Süzer, 2003).

Mısır, ülkemizde ve Dünya'da bitkisel kökenli proteinlerin ve ekonomik üretimi için önem arz etmektedir. Buna ek olarak, mısırdan elde edilen nişasta, glikoz ve mısır yağı ekonomide ham madde yönünden önem arz etmektedir. Mısır, tahıl ve buğday ekiminden sonra Dünya'da 130 milyon ha ile üçüncü sırada yer almaktadır. Buğday 232 milyon ha ekiliş, 595 milyon ton üretim, 257 kg/da tane verimi, çeltik ise 146 milyon ha ekiliş, 519 milyon ton üretim, 356 kg/da tane verime sahip iken mısır, üretimde 475 milyon ton ve dekaradan alınan verimde 370 kg düzeyindedir. Mısır ekiliş alanı karşılaştırıldığından Türkiye dünyada 7. sıradadır. Ülkemizde ise mısır, buğday ve tahıldan sonra en çok ekim alanına sahip üçüncü sıcak iklim tahılıdır. Ülkemizde sulanır alanları artması ile mısır üretimi de artış göstermiştir. Mısırın üretilmesi hayvancılık içinde oldukça önemlidir. Çünkü mısır üretiminin yapılması ile süt ve besi hayvan yetiştiricileri için kaliteli, bol ve ucuz yem sağlanmaktadır. At dişi mısır, sert mısır ve şeker mısırı genellikle ülkemizde yetiştirilen mısır cinsleridir. 1980 yılından itibaren at dişi mısır çiftçiler arasında yaygınlaşmış ve ekimi hızla yayılmıştır. Karadeniz bölgesinde ise genellikle sert mısır ekimi yapılmaktadır. Sert mısır ile mısır unu elde edilmekte ve ekmek üretilmektedir. Cin mısır ve şeker mısırı genellikle patlamış mısır ya da soslu mısır şeklinde çerezlik olarak kullanılmakta ve marketlerde satılmaktadır. Mısır üretiminin verimli olması ve güzel sonuçlar alınabilmesi için ekim yapılan alanların sulanabilir olması gerekmektedir. Sulanabilir alanlar ülkemizde hemen hemen üst sınıra dayanmıştır. Ülkemizde üretilen

mısırlardan hedeflenen miktarlara ulaşabilmek için maksimum seviyede verim alınması gerekmektedir. Bu verimi almak için kaliteli tohum kullanımı ve sulak alanlar seçilmelidir (Süzer, 2003).

Yıllık bitkiler, birçok ülkede yonga levha ve lif levha üretilmesinde kullanılmaktadır. Orman kaynaklarınca zengin bölgelerde yıllık bitkiler daha az oranda kullanılmakla birlikte odun temini güçleştikçe yıllık bitkilere olan ilgi de artacaktır. Odun hammaddesine oranla bunların bazı dezavantajları vardır;

Yonga levha üretimi ana hammaddesi oduna dayalı bir endüstridir. Hammadde bulma konusunda karşılaşılan zorluklar, yonga levha üretiminde odun yerine yıllık bitkilerin kullanılması amacıyla son zamanlarda çeşitli araştırmalar yapılmış ve dünyada bazı fabrikalarda yıllık bitkilerden levha üretimini sürdürmektedir (Güler, 2001).

1.5. YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN TUTKALLAR

1.5.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalının ucuzluğu, kullanılan teknolojinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri sebebiyle bugün Avrupa'da sarfedilen tutkalların %90'ını meydana getirir (Özen, 1981). Üre formaldehit tutkalı ürenin formaldehit ile kademeli biçimde gerçekleştirdiği kondenzasyon ürünüdür. Formaldehit metanolden, metanol ise maden kömürü, oksijen ve hidrojenle elde edilmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Yapı malzemesi olarak kullanılan üç katmanlı yonga levhaların iç kısımlarında tam kuru tutkal miktarı %5-8 arasında, dış tabakalarda %9-12 arasındadır. Üre formaldehit piyasada %55'lik ya da %65'lik sıvı halde veya toz olarak piyasada bulunmaktadır (Güler, 2015).

1.5.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol ile formaldehitin kondenzasyonu ya asidik ya da alkali ortamda olur ki, bunun sonucu asidik ve alkali olarak isimlendirilen iki ayrı tutkal türü ortaya çıkar. Asidik fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırabilmek için çözeltinin pH değerinin 2 olması gereklidir. Ağaç malzemeye zarar veren bu durum nedeniyle asidik tutkal türü ağaç endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Ekstrem hava koşullarına karşı dayanıklı olması sebebiyle daha çok açık hava ve klimatize edilmeyecek yerlerde kullanılacak levhaların üretiminde kullanılmaktadır. Tutkalın kırmızımtırak kahverengi olması bazen levhanın yüzeyinde lekelenmelere neden olabilir (Güler,2001).

Genel anlamda, fenolik tutkallar her türlü şartlar altında yüksek mukavemet özelliğine sahiptir. Uzun zaman açık hava koşullarına maruz kalmaları durumunda dahi göz ile görülebilen herhangi bir bozulma ve değişiklik oluşmamaktadır. Fakat fenolik tutkallar üre reçinelerinden daha pahalıdır (Güler, 2001).

1.5.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı, formaldehit ile kondenzasyon sonucu sertleşen bir tutkal çeşididir. Kimyasal davranışı ve kullanım yeri bakımından üre formaldehit tutkalına benzemektedir. Melamin reçineleri 90-140 °C'ler arasında herhangi bir sertleştirici madde ilave edilmeksizin sertleşebilir.

Melamin formaldehit suda çözünebilen bir tutkal olup beyaz renktedir. Melamin formaldehit tutkalı; açık hava şartlarına, kaynar suya ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır (Güler, 2001).

1.5.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı

Her türlü açık hava şartlarına, kaynar suya, asitlere, düşük konsantrasyona sahip alkalilere ve diğer çözücülere karşı dayanıklı tutkaldır. Fenol formaldehit reçinesine göre 5-6 kat daha pahalıdır. Resorsin formaldehit sıvı halde olup kırmızımsı-erguvani renk tonundadır. Önemli bir özelliği kendisinin ve sertleştiricisinin kapalı kaplar içerisinde 1-2 yıl bozulmadan dayanabilir (Güler, 2001).

1.5.5. İzosiyanat

İzosiyanat tutkalıyla üretilen levhalar suya karşı dayanıklı olup, dış hava şartlarında kullanıma uygundur. Buğday sapı gibi tutkallanması zor olan materyaller kolayca tutkallanabilir. Dezavantaj olarak; yüksek maliyeti yanında, alüminyum ve bazı çelik malzemelere kuvvetli bir şekilde yapışmasıyla preslemede problemler ortaya

çıkarmaktadır. Bunun için gliserin gibi bazı maddelerin sürülmesi veya dış tabakalarda fenolik tutkalların kullanılması gerekmektedir (Güler, 2001).

1.5.6. Doğal Yapıştırıcılar

Bu grupta soğumayla yapışma sağlayan hayvansal tutkallar, iç kimyasal reaksiyon ile yapışma sağlayan kazein, sıcakta sertleşen kan albümini gibi tutkallar ve tanen, sülfat atık suyu, soya fasulyesi tutkalı gibi bitkisel yapıştırıcıları kullanılmaktadır (Kalaycıoğlu, 1991).

Bunlar içerisinde en önemlisi tanen tutkalıdır. Güney Afrika'da, Avustralya'da ve Güney Amerika'da yonga levha üretiminde tanen tutkalı kullanma çalışmaları yapılmakta ve kullanılmaktadır (Özen, 1980)

Tanenler olarak bilinen doğal polifenoller; açık hava şartlarında kullanılan tutkalların hammaddesini teşkil etmekte ve birçok odun türü ve kabuklarında bulunmaktadır. En iyi bilinen kaynakları Güney Amerika'da yetişen Mimoza ve Arjantin'de yetişen Kapreko'dur (Moloney, 1977). Yonga levha ve kontrplaklarda yapıştırıcı olarak kullanılan bu ekstrakt piyasada colaton ticari adı altında bulunmaktadır (Çolakoğlu, 1993).

Sülfat atık suyu, selüloz üretimi esnasında elde edilmektedir. Kuvvetli asitlerden olan sülfirik asit ile basit bir asitlendirmeye maruz bırakılan sülfat atık suyu sıcaklık ve basınç ortamında yonga levhalarda suya dayanıklı yapışma sağlayabilir. Aynı zamanda odun hücrelerinin doğal yapıştırıcısı olan lignin yonga levha üretilmesinde yapıştırıcı madde olarak da kullanılabileceği belirtilmektedir. (Özen, 1980).

1.5.7. Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri; yonga levha özelliklerini iyileştirmek için sentetik reçinelere ilave edilen maddelerdir. Bunlar; plastikleştirme, stabilite sağlama, yanmayı geciktirme, tutkalın dağılma özelliğini iyileştirme, koku giderme, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özellikte olabilirler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.8. Sertleştirici Maddeler

Yonga levha üretiminde kullanılan tutkalın hazırlama işleminden presleme zamanına kadar sertleşme göstermemesi, ancak presleme esnasında kısa bir süre içerisinde sertleşme arzu edilir. Bu nedenle üre formaldehit tutkalı için sertleştirici olarak Amonyum klorür $[NH_4Cl_2]$ kullanılmaktadır. Amonyum klorür formaldehit ile reaksiyona girer ve heksametilen tetramin, hidroklorik asit ve su oluşur. Meydana gelen asidik ortam sertleşme işlemini başlatır. Yonga levha üretiminde, basınç ve yüksek sıcaklıkta çok hızlı bir sertleşme sağlanır (Güler, 2001).

1.5.9. Hidrofobik Maddeler

Parafin kullanılması, yonga levha endüstrisinde belirli bir dereceye kadar su itici etkiye sahip olmakla beraber levhanın su almasını tamamen önleyemez. Ancak su alma hızını yavaşlatır. Yonga levha üretiminde hem orta tabaka hem de dış tabaka için parafin kullanılabilir. Fakat son zamanlarda genel amaç için üretilen levhalarda hiç kullanılmamaktadır. Genelde yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla % 0.5-1 civarındadır (Güler, 2001).

1.6. YONGA LEVHA ÜRETİMİ

1.6.1. Hammadde Depolanması

Üretimin kesintisiz devamını sağlamak amacıyla fabrikalarda yeterli miktarda hammadde depo etmek zorunluluğu vardır. Depolarda odunların çürümemesi için önlemler alınmalıdır. Ayrıca yongalamaya uygun özelliklere sahip olabilmesi için hammaddenin rutubeti lif doygunluğu üzerinde olmalıdır (Güler, 2015).

Depolara hammaddenin taşınmasında çeşitli araç ve gereçlerden yararlanılmakta, dekovil hatları ya da dizel lokomotifler ile çekilen lastik tekerlekli arabalarla asma köprülü vinçler kullanılmaktadır. Genellikle yonga levha üretiminin yapıldığı yerlerde taşımada zincirli ya da bantlı konveyörler kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Bitkisel malzemenin depolanması odun hammaddesine göre daha problemlidir. Özellikle lif doygunluk noktasının üzerinde olan yıllık bitki sapları çürümeye ve küflenmeye daha eğilimlidir. Nemli bir ortamda 5 - 7 gün içerisinde küflenme başlamaktadır. Ayrıca hammaddenin depolanabilmesi için daha geniş alana ihtiyaç duyulur. Uzun süre depolanabilmesi için yıllık bitki saplarını kurutulması daha uygun olabilir (Güler, 2015).

1.6.2. Kabuk Soyma

Mukavemetinin düşük olması, yoğunluğunun az ve kısa lifli olması nedeniyle kabuk levha üretiminde istenmemektedir. Üretim esnasında kullanılacak tomrukların kabukları ormanda yongalama yapılarak ya da soyularak fabrikaya getirilebilir. Fakat çoğu zaman odunlar kabuklu şekilde fabrikaya getirilir ve burada kabukları soyulur (İstek, 1999).

Yıllık bitki saplarında, ağaçlara göre daha ince kabuk bulunmaktadır. Bu kabukların soyulması pratikte zor olduğundan yongalama makinelerine olduğu gibi verilmesi daha uygun olmaktadır (Güler, 2015).

1.6.3. Yongaların Hazırlanması

Yonga geometrisi, yonga levha kalitesini etkileyen önemli etkenlerden biridir. Levha üretiminde ince ve kaba olmak üzere iki tür levha üretimi yapılır. Kaba yongalar makinalarda lif yönüne dik kesimle elde edilirken, ince yongalar paralel kesim ile elde edilirler (Bozkurt ve Göker, 1990).

Makine rotorunun alt kısmında elek bulunmaktadır. Bu elek sayesinde, boyutu elekten küçük olan yongalar aşağı düşmektedir ve chipsleri genişlikleri istenen seviyede sınırlanmış olmaktadır (Özen, 1975).

Makinaların besleme hızları ve devirleri ile chips uzunlukları istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Yonga levhalarda uzunluk 25 ila 55 mm arasında değişmektedir. Yonga uzunluklarının levha üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Bu yüzden, yonga üretimi yaparken boyutlara dikkat etmek gerekir (Özen, 1975). Kaba yongalama ile bu işleme başlanır ve chips diye tabir edilen kaba yongaların üretimine başlanır.

İnceltici değirmenlerde karşı bıçakla kesici bıçağın arasında kalan chipsler yonga haline gelirler ve aradaki boşluk sayesinde üretime hazır hale getirilirler (Çakmak, 2008).

Alt ve üst kısımlarda kullanılacak yonga kalınlığı 0,125–0,25 mm, orta tabakada kullanılacak yonga kalınlığı da 0,25–0,5 mm değerinde olması düşünülür (Kalaycıoğlu, 1991).

1.6.4. Yongaların Kurutulması

İmal edilen yongalar %30 ila %120 arasında farklı nem derecelerine sahiptir. Düşük nem derecesine sahip yongalar, yani çok kuru veya rutubeti fazla olan yongalar tutkalin sertleşmesini engeller ve levhanın patlamasına sebep olur. Ayrıca bu levhalar yangın olasılığının artmasına, toz miktarının artmasına ve levhalarda kırılmaların meydana gelmesine de sebebiyet verir. Bu durumu ortadan kaldırmak için imal edilen levhanın rutubetine göre, yongaların %3 ila %6 arasında değişen neme kadar kurutulması gereklidir. Bu işlemi yapabilmek için ise döner silindiri, borulu, tablalı, tamburlu, çok bantlı, türbülö, kontakt, girdaplı ve süspansiyon tipi kurutucular kullanılmaktadır (Biçer, 2014).

Kurutma işlemi üzerine ağacın yoğunluğu, türü, ilk rutubet miktarı, yonga uzunluğu, kurutma makinesi gibi faktörlerin büyük önemi vardır. Yonga rutubetinin artması ile birlikte yüzey dik çekme direnci ve eğilme direnci artmakta, kalınlık değeri azalmaktadır (Roffael, 1994).

Yonga kalınlığı ve ağaç türü kurutma süresini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, aynı şartlar altında iğne yapraklı ağaç yongaların kurutma süresi 100 saniye iken yaprak ağaç yongaları 200 saniyedir (Kollmann ve ark, 1975).

Çoğunlukla, yongalar tutkallanmadan önce rutubetinin %2 ila %3 civarında olması gerekir. Tutkallandıktan sonra ise bu oranın %10 ila %18 civarında olması beklenir. Yongaların rutubet miktarları kullanılan tutkalların miktarına, türüne ve presleme öncesi yüzey tabakalarının nemlendirme derecesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Biçer, 2014).

Presleme tekniği açısından dış ve orta tabaka yongalarının rutubetlerinin farklı olması daha iyidir. Bunu elde etmek için; her iki tabakanın yongası da ayrı ayrı rutubete kadar kurutulur. Daha sonra levha taslağı hazırlanırken ve hazırlandıktan sonra pres saclarına su püskürtülür. Ya da diğer bir yöntem ise dış tabaka yongaları daha az kurutulur.

Yongaların rutubetleri olması gerektiğinden fazla ise sıcak presleme sırasında yonga levhanın orta bölümünde buhar kabarcıklarının oluşmasına sebep olurlar. Bunlar levha preste iken hala yonga üzerinde dururlarsa levha yüzeyinin bozulmasına ve tutkalin serleşmemesine sebep olurlar. Bu yüzden presten çıkan levhalarda da patlamalar oluşur (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yongaların kurutulmasında ısı transferi oldukça önemlidir. Bu işlem iletim, taşınım ve ışınım yoluyla gerçekleşebilir. Hatta bu üç ısı transfer yöntemi kombinasyon şeklinde de gerçekleşebilir. En basit yöntem olarak temas yolu ile kurutma tercih edilir ancak bu işlem oldukça uzun sürmektedir. Işıma yolu ile yapılan kurutmada tüm yüzey kurutulurken, temas yolu ile yapılan kurutmada sadece temas eden yüzeyde kurutma gerçekleşmektedir. Işıma ile yapılan kurutma oldukça uzun sürmekte ve pahalı bir yöntemdir. Taşıma yolu ile yapılan kurutmada işlem diğerlerine göre daha kısa sürmektedir. Taşıma yolu ile yapılan kurutma iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada lümenlerdeki serbest su (kapiler) uzaklaşmakta, ikinci aşamadaysa higroskopik yani bağlı su uzaklaşmaktadır (Biçer, 2014).

Yongaların kurutulması esnasında kullanılan makinalarda yakıt olarak propan gazı, doğal gaz, yakıt yağı kullanıldığı gibi zımpara tozu da kullanılabilir. Bu makinalarda sıcaklık 800 C⁰'ye kadar yükselebilmektedir. Yongaların kuruma süresi kısa olduğundan dolayı makinalar içerisinde hızlı bir şekilde geçirilirler. Eğer makinalar içerisinde yongalar tıkanıklık yaparsa yüksek sıcaklıktan dolayı yangın meydana gelebilir ve makinaya ağır hasar verebilir. Bu yüzden bu makinalar fabrikaların en tehlikeli kısımlarını oluştururlar (Akbulut, 2000).

Dış kısımda kullanılan yongaların rutubetinin çok olmasının avantajları;

- Pres yüzeyiyle temas eden dış kısmının suyu hızlı şekilde buharlaşır ve bu buhar pres ısısının orta tabakaya doğru geçişini hızlandırır.
- Sıcak su buharının ve basıncın etkisi ile daha düzgün bir levha yüzeyi elde edilir.
- Sıcak su buharının etkisiyle yumuşayan dış tabaka yongaları daha fazla sıkıştırarak dış tabakanın özgül ağırlığının ve eğilme direncinin artmasını sağlar.
- Dış kısmın rutubetli oluşu pres süresini arttırmaz. Isı alış-verişi sağlandığı için presleme süresini kısaltır. Bu vesileyle tesisin kapasitesini artırır.

Yonga kurutucularını sınıflandırılması;

- Döner silindirik kurutucular, döner jet kurutucular, borulu kurutucular
- Çok bantlı kurutucular
- Kontakt kurutucular
- Türbülent kurutucular
- Yanık gaz kullanan kurutucular
- Süspansiyon tipi kurutucular

Yongaların çok kuru olmasının zararları;

- Kurutma makinelerinde bulunduğu kısımda yangın olasılığı artar ve toz miktarı fazla olur.
- Pnömatik olarak taşınan yongalarda elektrostatik yüklemeler olabilir.
- Levhaların yanlarında kırılmalar ve kopmalar meydana gelebilir.
- Presin kapanması esnasında hafif yongalar yüzeyden uçabilir. Bu durumda yüzey kalitesi bozulabilir (Biçer, 2014).

Kurutma makinelerinde meydana gelen yangınlar ve nedenleri;

Yonga levha fabrikalarında en tehlikeli bölüm kurutmadır. Kurutma makinaları odunun tutuşma sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta çalıştığından dolayı yongaların tutuşmaması için hızlı bir şekilde kurutma makinasını terk etmesi gerekir. Yaklaşık 200 °C’de tutuşan odun, ekzotermik reaksiyonlarla bu sıcaklık 150 °C’ye kadar düşmekte ve hatta reçine içeren yongalar 80 °C’de tutuşmaktadır. Kurutma makinalarında sıcaklık 80 °C’ye kadar çıkmaktadır. Yongalar bu makinalarda hızlı bir şekilde çıktığından sıcaklıkları 100 °C’nin üstüne çıkmamaktadır. Yongalar, kurutucu makinaların hareketsiz kısımlarında uzun süre beklerlerse eğer bu yangın çıkmasına neden olabilir (Biçer, 2014).

Yangın tehlikesine karşı alınması gereken önlemler;

- Makine üreticilerinin tavsiyelerine uymak,
- Kurutucudan uzaklaşan yongaların bir an önce soğutulmasını sağlamak,
- Makinede arıza çıkması durumunda ilk olarak yonga girişini kesmek,
- Yanık gaz kullanılan makinelerde gazın dönüş yolunun kısa olması ve kurutucuda çok az yonga bulunması,
- Kurutma sıcaklığının ayarlanabilmesi,
- Kurutma odası ile yanma odası arasındaki güvenliğin sağlanması,
- Kurutucuların iyi temizlenmesi,
- Yanık gazla çalışan kurutucularda oksijen miktarının düşük olması,
- Kurutucunun durdurulmadan önce sıcaklığın kesilmesi ve yavaş yavaş düşürülmesi,
- Kurutucuya giren yongaların belirlenen süre içinde kurutucuyu terk etmesi sağlanmalıdır (Biçer, 2014).

1.6.5. Yongaların Tasnifi

Günümüzde yonga makineleri ne kadar gelişirse gelişsin homojen boyutlarda yonga imalatı yapılamamaktadır. Değişik boyutlarda imal edilen yongalar karışık halde yonga levha imalinde kullanılır ise yüzeyin düzgünlüğü bozulur ve porozite artar. Aşırı kaba yongalar orta kısımda birikerek, levha kenarlarının kaplamasının bozulmasına sebep olur. Ayrıca, küçük ya da toz durumundaki parçacıkların elimine edilmeden kullanılması, bu parçacıkların aşırı derecede tutkal absorbe etmesine sebep olur. Bu durum ise levhanın fiziksel ve mekanik direncini azaltır. Mekanik elekler kullanılarak yonga boyutlarında bir sınıflandırmaya gidilir. Sınıflandırma genellikle kurutma sonrasında yapılır. Kurutulmadan sınıflandırmaya çalışıldığında, ince yongalar kaba yongalara yapışarak sınıflandırmanın gerektiği gibi yapılamamasına sebep olur (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yonga levha imalinde yongalar heterojen olarak kullanılırsa, imal edilen levhalardaki yüzey pürüzlülüğü bozulur ve bu levhaların kalitesini düşürür. Aşırı kaba yongaların levhanın orta bölümünde kullanılması da levhanın sonraki kullanım evrelerinde problem teşkil etmektedir. Çok küçük parçaların ve tozların kullanılmasıysa tutkalların absorbe edilmesine ve bu durumun sorunlar çıkarmasına neden olmaktadır. Bu yüzden yongaların homojen duruma getirilebilmeleri için eleme işlemi yapılmalıdır. Bunun için iki yöntem vardır. Bu yöntemler; yongaların içinde bulunan aşırı kaba ve küçük parçacıkların uzaklaştırılması. Yongaların uzunluklarına göre arzu edildiği kadar uzunluklara ayırmaktır (Karakuş, 2007). Yonga levhaların sınıflandırma işleminin tamamlanması sonrasında çok ince, toz halindeki yongalar uzaklaştırılır. Aşırı kaba yongalar yeniden toz haline getirilmek üzere diskli veya elekli değirmenlere tekrar gönderilir. Geriye kalan yongalar en az ikiye ayrılarak; ince yongalar levhanın dış tabakalarında, kaba yongalar orta tabakalarda kullanılmak üzere farklı farklı istiflenir (Akbulut, 2000).

1.6.6. Yongaların Depolanması

Üretilen yonga levhalar silolar şeklinde depo edilmektedir. Silolar üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar; yaş, kuru yonga ve talaş tozu. Silolar, kurutmaya öğütmeye ya da tutkallamaya verilen yongaları toplayıp düzenli hale getirmenin yanı sıra düzensiz yongaları da toplayıp serme makinelerine göndermektedir. Silolar, horizontal silo, vertikal silo ve döner silo olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Karakuş, 2007).

Siloların görevleri;

- Yongaların üretim akışını takip etmek ve hammadde akışını sağlamak.

- Üretim sırasında tutkallanmış yongaların toplanıp düzenli bir şekilde serme makinesine göndermesi
- Yonga üretimi sırasında oluşabilecek kısa süreli arızalarda fabrikasyon akışını sağlayabilme
- İşçi giderlerini en aza indirme
- Talep edilen yonga karışımlarını sağlayabilme
- Depolarda istiflenen ilk yongaların çıkışını sağlamak

Silolarda istenen özellikler;

- İstenilen hacimde yongaları depo etmek
- Yongaların giriş-çıkışı otomatik olmalıdır
- Siloda bulunan yongaların seviyelerinin değişmesi ile birim hacim ağırlığının değişmemesi
- Siloya giriş ve çıkışlar sıraya göre olmalıdır
- Silolar aynı yapıda olmalıdır
- Tamir ve bakımları kolay olmalıdır (Biçer, 2014).

1.6.7. Yongaların Taşınması

Yongalar, hammadde taşınması, kurutucuya yerleştirilmesi gibi üretim aşamalarında çeşitli taşıyıcılar ile taşınmaktadır. Bu taşıyıcıların bakımları, harcadıkları enerji, işletme masrafları göz önüne aldığımızda üretim maliyetini önemli derecede etkilemektedir. Taşıyıcı seçimi yaparken hammaddenin hacmi, ağırlığı gibi özellikleri düşünülmelidir.

Yonga levha sanayisinde kullanılan taşıma sistemi mekanik taşıyıcı ve havalı taşıyıcı olmak üzere 2 gruba ayrılır;

- Mekanik taşıyıcılar; bantlı taşıyıcı, vidalı taşıyıcı, kazıyıcı taşıyıcı, zincirli taşıyıcı, sarsıntılı taşıyıcı
- Havalı (pnömatik) taşıyıcı.

1.6.8. Yongaların Tutkallanması

Levha kalitesini, ağaç cinsinin yanı sıra büyük oranda yapıştırıcı madde de etkilemektedir. Yapıştırıcının kaliteli ve yapışma direncinin iyi olmasının dışında, tutkallamanın da kusursuz olması gerekmektedir. Bu yüzden, yongaların tutkallanmasında noktasal tutkallama yöntemi kullanılmaktadır. Noktasal tutkallama yönteminde, tutkal

çözeltisi çok küçük taneciklere ayrılmakta ve yongalar üzerine püskürtülmektedir (Çakmak, 2008).

Yongaların yüzey düzgünlüğü, yüzey geometrisi ve yongaların hareketi tutkallamaya etki etmektedir. Yonga levha üretiminde, m²'ye 2 gr kuru, 8–12 gr sıvı tutkal uygulanmaktadır (Çakmak, 2008).

Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların homojenleştirme depolarında güzelce karıştırılması gerekir. Depolar, alt ve üst kısımlarda kullanılacak yongalar ve orta kısımda kullanılacak yongalar olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Depolar, tutkallı yongaları homojen hale getirmek için karıştırma işini yaparken aynı zamanda dozaj makineleri arasında depo görevi de yapmaktadır (Çakmak, 2008).

1.6.9. Levha Taslağının Biçimlendirilmesi

Yonga levha üretiminin en önemli evrelerinden bir tanesi, tutkallanmış yongaların homojen hale getirilmesi (serme işlemi) ve presleme işlemi için hazır beklemesidir. Serme işleminin düzgün bir şekilde yapılmaması nedeniyle oluşabilecek hata, levhanın mekanik ve fiziksel özelliklerinde, özgül ağırlığında ciddi değişimlere ve buna bağlı olarak presleme işlemini olumsuz yönde etkilemesine neden olacaktır. Levhanın özgül ağırlığındaki değişimler doğrudan mekanik özelliklerinin de değişmesine ve buna bağlı olarak çarpılma ve eğrilmeler meydana getirmesine neden olacaktır. Üniform bir taslak elde etmek için serme işleminin yapılması gerekmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Serilen yonga keçesinin kalınlığı, levha kalınlığının 3-20 katı olmaktadır. Yongaların türleri ve kullanılan ağaç türleri bu kalınlığın belirlenmesinde önemli derecede rol oynar. Çünkü keçe kalınlığıyla levha kalınlığı arasındaki bağlantı yonga boyutlarına ve ağaç türleri karışımının özgül ağırlıklarına geniş çapta bağlı bulunmaktadır.

İnce ve kaba yongaları serme işlemi özellikle tek tabakalı homojen levhalarda karışık olarak serilmektedir. Birden fazla katlı levhalarda ise atma ve fırlatma (üç yıldız çarkı, çift yıldız çarkı) çarkı olmak üzere serme başlıkları kullanılmaktadır.

Serme başlıklarının düzgün şekilde çalışmasıysa dozajlama ünitelerinin çalışmasına bağlıdır. Dozajlama üniteleri, serme başlıklarına devamlı olarak aynı miktarda yongaların gönderilmesini sağlamakla görevlidir. Dozajlama hacim, ağırlık ve hacim-ağırlık olarak üç temel yapıya göre yapılmaktadır. Serme makineleri ağırlık ve hacim itibari ile dozaj yapan sistemler ile birleştirilerek çalıştırılırlar.

Alt ve üst tabakalarda çok ince parçacıkların olması sebebiyle yeknesak bir strükture sahip olmalıdır. Günümüzde modern tesislerde bu işlem gerçekleştirilmektedir.

Mekanik cihazlarla atma veya rüzgarlama vasıtasıyla yongaların serpilmesi, yonga keçesinin başlangıç kısmının her zaman bir kama biçiminde olmasını sağlarlar. Kama şeklindeki bu yonga keçesi kama uzunluğu, serme açısı ve keçe kalınlığı olmak üzere üç faktöre bağlıdır. Eğer serme açısı çok büyük ise kama uzunluğu çok kısa olmalıdır. Buna ek olarak, levhanın özellikleri serme yönüyle de etkilenmektedir. Kama uzunluğu azaldıkça keçenin tümünde yongaların orta düzleme olan paralellikleri azalır. Çok dik serme açıları ise preslemede tahrip edici kuvvetlerin doğmasına neden olan horizontal makaslama kuvvetlerini meydana getirir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Serme makineleri dökme sistemi, rüzgarlama sistemi ve savurma sistemi olmak üzere üç sisteme göre çalışmaktadır;

- Dökme Sistemi: Novapan olarak bilinen bu sistemde, üç tabakalı bir levha için ikisi dış tabakalarda, diğeri orta tabakada olmak üzere en az üç serme başlığı kullanılır.
- Rüzgarlama Sistemi: Bison sistemi olarak bilinen bu sistemde yongalara dik yönde hava püskürtülerek serme işlemi gerçekleştirilir. Ağırlığı fazla olan yongalar yakına, ağırlığı az olanlarsa uzağa olmak üzere, serme başlıklarının altında bulunan sonsuz banda ya da transport saclarına düşürülürler. Bu sayede taslağın enine kesitinde, taslağın ortasına kadar inceden kalına doğru kademesiz geçiş sağlanır. Taslağın diğer yanının oluşabilmesi için de birincinin aksi yönde hava püskürtülerek taslak tamamlanır.
- Savurma Sistemi: Bu sistemde de yongalar rüzgarlama sistemine benzer biçimde bant üzerine düşmektedir. Ancak burada hava yerine yongalar bir silindir tarafından fırlatılmaktadır. Yongalar kinetik enerjilerine göre az ya da çok yol alarak, bantın üzerine düşerler (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.6.10. Presleme İşlemi

Serme sistemlerinden birisi kullanılarak serilen yongalardan gevşek ve kalın bir keçe oluşturulur. Keçe kalınlığı levha kalınlığının yaklaşık 20 katı kadardır.

Gevşek durumdaki keçenin herhangi bir şekilde sarsılırsa ince yonga parçacıklarının alt bölümünde toplanmasına sebep olmaktadır. Böylece levhaların görünüşlerinde ciddi

bozukluklar oluşturduğu gibi mekanik özelliklerde de değişimler oluşturur (Karakuş, 2007).

Yonga levha sanayisinde soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı presleme yapılmaktadır. Levha taslağı, direk olarak sıcak prese gönderilirse, pres katları arasındaki açıklık oluşmakta, bu nedenle, presin kapanma süresi uzamakta ve ısı kaybına neden olmaktadır. Buna ek olarak, yüzey pürüzlülüğü bozulmakta, yüzey ve orta tabaka git gide açılmakta, ince yongalar sarsıntı ile alt tabakaya kayarak levha simetrisi bozulmaktadır. Soğuk presin basıncı 15–20 kg/cm² arasında değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.6.10.1. Soğuk Pres (Ön Presleme)

Yonga taslağı şekillendirme ünitesinde serildikten sonra ön presleme ile sıkıştırılmaktadır. Taslağın sıkıştırılmasının yanı sıra ön presleme ile taslak içerisinde bulunan havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır. Levha üretim aşamasının kesintisiz olarak yapılması maksadıyla sürekli fasılasız ön pres kullanılmaktadır.

Serme işlemi sonrası bazı yongalar düşme etkisi ile meyilli şekilde konum alırlar. Bu durum sıcak pres için zararlıdır. Ön preste düşük basıncın olması bu meyilli yongaları düzgün hale getirir.

Ön presler fasılalı ve fasılasız olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ön presler, basınçlı silindirlerden ve hidrolik preslerden oluşabilmektedir. Tesislerin bazılarında ön presleme uygulanmaktadır (Güler, 2001).

Soğuk presleme işlemi;

- Keçelerin oluşması sırasında levha kenarlarını korumak,
- Kenarları alma işlemlerinde oluşabilecek zararı azaltmak,
- Yüzey ve orta tabakaların birbiriyle daha iyi kombin oluşturmasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

1.6.10.2. Sıcak Presleme

Sıcak presler kullanılarak levha taslağına yonga levha özelliği kazandırılır. Levha taslağı, belirli bir sıcaklık altında istenilen levha kalınlığına kadar sıkıştırılır. Bu süreçte, sıcaklık etkisiyle tutkal serleşir ve stabil bir malzeme elde edilir (Usta, 2011).

Yonga levha yapımında tek katlı ve çok katlı presler kullanılmaktadır. Tek katlı preslerde her presleme aşamasında sadece bir tane levha preslenmektedir. Çok katlı preslerde ise pres katlarının sayısı 22'ye kadar çıkmaktadır. Tek ve çok katlı preslerde basınç hidrolik olarak sağlanır. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu sıcaklık aralığı 150–220 °C arasında değişmektedir. Süre tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3–7 dakika arasında gerçekleşmektedir (Akbulut, 2000).

Levha kalınlığına kadar sıkıştırılması için geçen presleme süresi levhanın direnç özellikleri bakımından oldukça önemlidir. Presleme süresinin kısa olması yüzey tabakalarının normalden daha yoğun olmasını, orta tabakanın ise daha düşük yoğunlukta olmasına neden olur. Presleme süresinin kısa olması yüzey düzgünlüğü ve eğilme direnci bakımından iyidir. Ancak yüzeye dik çekme direnci olumsuz etkilenir. Spesifik basınç, sıcaklık ve sürenin yetersiz olması levhaların patlamasına sebep olur.

Presleme sırasında kullanılan pres tabakalarının mekanik ve termik olmak üzere iki önemli görevi vardır. Termik, levha taslağını ısıtarak tutkalın sertleşmesini sağlarken, mekanik ise ön görülen sıcaklığa kadar sıkıştırma yapmasını sağlamaktadır (Karakuş, 2007).

Elektronik çalışan pistonlar ya da katlar arasına konan kalınlık takozları levha kalınlığının ayarlanmasını sağlamaktadır. Eş zamanlı açma-kapama mekanizması, bütün katların aynı anda kapanmasını sağlamak için kullanılmaktadır (Akbulut, 2000).

Sürekli preslerde bilgisayar bölümündeki operatör, bilgisayara preste uygulanacak sıcaklığı, basıncı, presleme faktörü gibi verileri girerek sistemin otomatik olarak yürümesini sağlamaktadır. Buna ek olarak operatör, monitörden üretimi sürekli olarak kontrol altında tutmaktadır. Üretimin kesintisiz şekilde ilerlemesi, sürekli presleri katlı preslerden ayıran en önemli özelliklerden birisidir. Sürekli preste taslak prese girmeden önce boyutlandırılmamakta, presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir (Ayrılmış, 2000).

Levha kalınlığı, levha taslağının rutubeti, tutkal cinsi, pres sıcaklığı ve presin kapanma hızı pres süresini doğrudan etkilemektedir. Bu faktörlere bağlı olarak presleme sırasındaki basınç ve sıcaklık etkisi ile tutkal serleşir ve stabil bir malzeme haline gelir (Güler, 2001).

Bir yonga levha fabrikasının kapasitesi, sıcak presin kapasitesine bağlıdır. Sıcak presleme iç içe geçmiş dört kademededen meydana gelir;

- Soğuk presten gelen yonga levha taslağının tolerans sınırları içinde istenilen levha kalınlığına kadar sıkıştırmak,
- Yongalar arasındaki yapışmayı sağlayacak basıncın oluşturulması
- İstenilen yapışma sıcaklığına kadar ısıtılması ve levha rutubetinin buharlaştırma yoluyla azaltılması
- Gevşek haldeki yongaların istenilen yoğunluğa kadar sıkıştırılarak yapıştırılması.

Sıcak presleme yaparken; Levha taslağının yonga karışım oranına, presleme sıcaklığına, presleme basıncına, kimyasal reaksiyonlara ve pres süresine dikkat edilmelidir.

1.6.10.3. Pres Sonrası İşlemler

Presten önce ve pres sonrası işlemlerin düzgün bir şekilde yapılması levhaların fiziksel ve mekaniksel özelliklerin istenilen koşullarda olmasını sağlamaktadır. Bu elde edilen koşulların korunması ve üretilen levhalara estetik katılması yönünden levhalar üzerinde pres sonrası işlemler uygulanmalıdır.

Levhaların klimatize edilmesi;

Sıcaklığı 70 °C'nin üzerinde presten çıkan levhaların üst üste sıralanması durumunda üre formaldehit tutkalı rutubetin de etkisiyle hidrolize neden olmakta ve direnç değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu yüzden üre formaldehit tutkalı kullanılarak imal edilen levhalar 70°C altında sıcaklık değerlerine kadar soğutulduktan sonra üst üste sıralanmalıdır (Şekil 1.19). Fenol formaldehit tutkalında ise herhangi bir sorun oluşmamaktadır (Güler, 2001).

Klimatizasyon işlemiyle, levhanın sıcaklığının istenilen seviyeye getirilmesi, levhanın denge nemine ulaştırılması, levhadan atmosfere ısı transferi meydana getirilmesi sağlanır.

Preslemenin ardından levhaların dış yüzey sıcaklığı pres plakasının sıcaklığına yakın olduğu halde orta bölümlerin nem sebebiyle 100°C civarındadır. Levhalar soğurken dış yüzeyler hızlı, orta tabakalardaysa yavaş ısı bir şekilde soğumaktadır. Buna ek olarak, soğuma ile birlikte orta tabakanın rutubet kaybı dış tabakaya doğru yönelmektedir. Bu durum levhaların iç kısmında bir sıkışmaya, dış bölümlerde ise rutubet alarak genişlemeye neden olabilmektedir. Bu sebeple presten çıkan levhalar yıldız soğutucularda 60-70°C ye kadar soğutulmaktadır.

Boyutlandırma işlemi, preslemenin ardından ya da klimatize işleminden sonra yapılabilir. Sıcak durumda olan yonga levhalarda erken yapılan boyutlara ayırma işlemi uygun değildir. Soğutma işlemi gerçekleşmeden kenar alma yapılırsa görünüm kaba olur.

1.6.11. Zımparalama

Özellikle mobilya sanayisinde kullanılacak olan yonga levhalar presten çıktıktan sonra doğrudan kullanılmazlar. Bunun nedeni yüzey pürüzlülüğü ve kalınlıklarının homojen olmamasıdır. 4 Silindirli zımpara makineleri kullanarak yüzey pürüzlülüğü ve kalınlıkları düzeltilen yonga levhalar kullanıma hazır hale gelirler. Zımparalama makinelerinde kalınlık ayarı yapıldıktan sonra levha tek geçişte her iki yüzü de zımparalanmış olarak çıkar (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.6.12. Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırılması

Presleme ardından veya zımparalama işlemi yapılmadan önce levhanın kalınlığı ölçülmektedir. Ölçüm neticesinde kalınlık sapmaları $\pm 0,3$ mm'den fazla olanlar ikinci sınıf olarak işlem görür. Sınıflandırılması yapılan levhalar 18-24 °C sıcaklıkta %60-65 rutubete sahip depolarda zımparalandıktan sonra düz bir altlığın üzerine üst üste konularak istiflenirler.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. MATERYAL

Araştırmada kullanılan hammadde kaynaklarından mısır sapları Batı Karadeniz Bölgesinden temin edilmiştir. Karaçam odun yongaları, dış ve orta tabakalar için Kastamonu Entegre A.ř'den üretime uygun olarak temin edilmiştir. Yonga levha üretiminde tutkal olarak üre formaldehit, sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılmıştır. Levha üretimi %100, %50, %75 ve %25 oranlarında mısır sapı ile karaçam normal odun yongası karıştırılarak gerçekteşirilmiştir. Mısır saplarından üretilen yonga levhanın fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırılmış ve en uygun üretim koşulları belirlenmiştir.

2.2. DENEY LEVHALARININ ÜRETİMİ

Düzce ve Hendek yöresinden temin edilen mısır sapları, önce 2-3 cm boyutlarında boyuna yönde bıçaklar yardımı ile kaba bir yongalama yapıldıktan sonra bu parçalar liflere dik yönde 6 bıçak halkalı ince yongalama makinesinde ikincil bir yongalama işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen mısır sapı yongaları tasnif etmek için dairesel yatay hareket yapan 4 kademeli elek kullanılmıştır. 3 mm'lik elekten geçip 1,5 mm'lik elek üzerinde kalan yongalar levhaların orta tabakasında, 1,5 mm gözenekli elekten geçip 0,5 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar ise dış tabaka üretiminde kullanılmak üzere tasnif edilmiştir. Elenen yongalar laboratuvar ortamında bekletilerek hava kurusu (%12 rutubet) hale gelmeleri sağlanmıştır.

Tüm yongalar, laboratuvar tipi bir kurutma fırınında (etüvde) 70 °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 gerçekteşirilmiştir. Her bir tabaka için belirlenen yonga miktarları tartılarak tutkallama aşamasına geçilmiştir. Tutkallama işlemi, 1 lt kapasiteli, meme ucu 1,8 mm, alttan beslemeli, tek enjektörlü hava tabancası kullanılmıştır. Tutkal yongalar üzerine hava tabancasıyla püskürtülmüş ve yongalar elle düzenli bir biçimde karıştırılarak homojen bir tutkallama elde edilmiştir (şekil 2.1).



Şekil 2.1. Levha üretiminde kullanılan yongaların tutkalllanması.

Tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabaka için %10, orta tabaka için ise %8 oranında üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Hazırlanan tutkal çözeltisine sertleştirici madde olarak %1 oranında %33'lük amonyum klorür ilave edilmiştir. Üretimi yapılan levha kombinasyonu Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Farklı Kombinasyonlarda üretilen deneme levhaları.

Levha Tipi	Mısır Sapı (%)	Kara Çam (%)
A Grubu	100	0
B Grubu	75	25
C Grubu	50	50
D Grubu	25	75
E Grubu	0	100

2.2.1. Levha Taslağının Hazırlanması

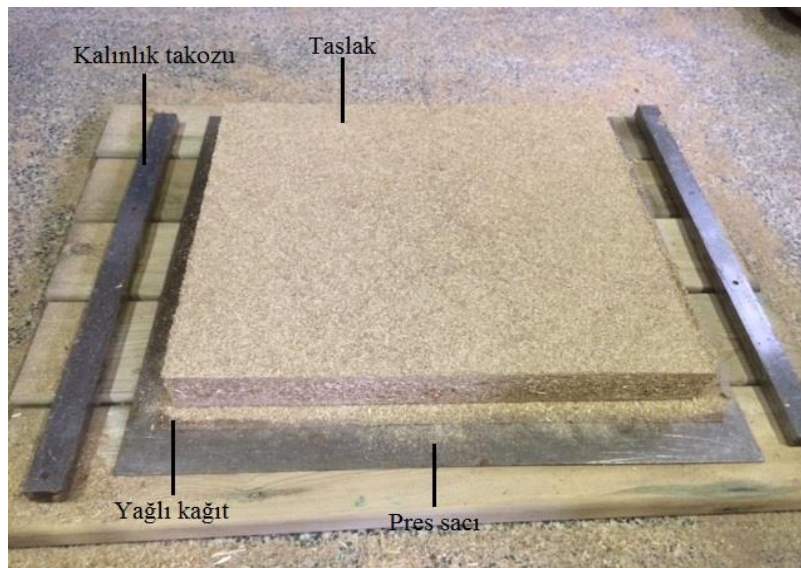
Levha taslağının hazırlanmasında 55x55 cm boyutlarındaki paslanmaz çelikten yapılmış pres sacı kullanılmıştır. Yongaların levhalara yapışmasını engellemek için yoga ile levhaların arasına ince yağlı kâğıt koyulmuştur. Levha kalınlıkları, 18 mm kalınlığındaki çelik kalınlık takozları kullanılarak ayarlanmıştır. Dış tabakalar levha kalınlığının %40'ını, orta tabaka ise %60'ını oluşturacak biçimde hazırlanmıştır. Levha yoğunluğu 0,700 gr/cm³ olarak alınmıştır. Levha taslağı, çerçeve üzerinde yağlı kâğıt bulunan pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, önce dış tabaka yongaları el ile mümkün olduğu kadar

homojen biçimde serilmiş, ardından orta tabaka ve ikinci dış tabaka yongaları serilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Levha taslağının serilmesi.

Serme işleminden sonra taslak şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tablayla bastırılarak sıkıştırılmış yongaların sıcak pres öncesi belirli oranda birbirilerine bağlanmaları sağlanmıştır. Şekillendirme levhası yavaş yavaş ve levha kenarlarına zarar verilmeden çıkartılmıştır. Ardından taslak pres sacına yapışmayı önleyici yağlı kâğıt ve üst pres sacı yerleştirilerek prese yüklenmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Soğuk presten çıkmış levha taslağı.

2.2.2. Levha Taslağının Preslenmesi

Soğuk presten çıkan levha taslakları 55x58 cm presleme alanına sahip, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik pres ile preslenmiştir (Şekil 2.4). 1,8 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılarak tüm levhaların homojen bir şekilde aynı kalınlıklarda olmaları sağlanmıştır. Her levha tipinden 2'şer adet olmak üzere toplam 10 adet levha üretilmiştir. Pres sıcaklığı 150°C, pres süresi 10 dakika ve pres basıncı 25 kg/cm² olarak uygulanmıştır.

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 denemeler için gerekli örnekler kesilmiştir.



Şekil 2.4. Sıcak presleme ve levha taslağı.

2.3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Çeşitli kullanım yerlerinde yonga levhaların istenen özellikler farklı olsa da, genellikle levhaların hafif ama yeterli derecede dirençli, düzgün yüzeyli ve stabil olması bütün kullanım yerlerinde arzu edilmektedir. Yonga levhanın bu özelliklerini kullandığı hammaddeler ve üretim değişkenleri etkilemektedir. Bu çalışmada mısır

saplarından ve karaçam odunlarından üretilmiş üç tabakalı yonga levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda fiziksel özelliklerden rutubet (TS EN 322, 1999), yoğunluk (TS EN 323, 1999), su alma miktarı ve kalınlık artış oranı (TS EN 317, 1999) değerleri, mekanik özelliklerden ise Yüzeye dik yönde çekme direnci (TS EN 319, 1999), eğilme direnci ve elastikiyet modülü (TS EN 310, 1999) değerleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda üretimde kullanılan hammaddelere ait tüm kimyasal özellikler belirlenmiş olup literatürde verilen diğer yıllık bitkiler ve odun türleri ile karşılaştırılmıştır. Üretilen levhalar üzerinde formaldehit emisyon testleri (TS EN 120, 199) gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Fiziksel Özellikler

2.3.1.1. Rutubet Tayini

Deneme levhalarının rutubet miktarı TS EN 322 (1999) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Bunun için 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan deney örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin ağırlıkları 0,01 gr duyarlıklı hassas terazide ölçülmüştür. Örnekler, etüvde 103±2 °C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Buna göre deneme levhalarının rutubet tayini;

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

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Burada;

r = Rutubet oranı (%),

m_r = Klimatize edilmiş rutubetli örnek ağırlığı (gr),

m_o = Tam kuru haldeki örnek ağırlığıdır (gr).

2.3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Tayini

Proje çalışmasında, daha çok kullanılan hava kurusu yoğunluk değeri esas alınmıştır. Birim hacim ağırlık değerleri (yoğunluk) tayini yonga levhaların fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli özellik olup, TS EN 323 (1999)’de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hava kurusu yoğunluk değerleri,

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

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Burada;

d = Hava kurusu yoğunluk değeri (gr/cm³),

m_r = Hava kurusu ağırlık (gr),

a = Örnek uzunluğu (cm),

b = Örnek genişliği (cm),

h = Örnek kalınlığıdır (cm).

2.3.1.3. Kalınlık Artış (Şişme) Oranı

2 ve 24 saat su içerisinde bekletilen deney örneklerine ait kalınlık artışlarının belirlenmesinde TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) ebatlarında hazırlanmıştır. Örnek kalınlıkları tam orta noktasından ±0.01 mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve 20±1°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. Kalınlık artışı 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.

2.3.1.4. Su Alma Miktarı

Su alma miktarı TS EN 317 (1999) standardına uygun olarak tespit edilmiştir. 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) ebatlarında hazırlanmış levha örneklerin 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. Su alma miktarlarının tespit edilmesinde;

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

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$\%SA$ = Su alma miktarı (%)

m_1 = Örneğin ilk ağırlığı (gr)

m = Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığıdır (gr).

2.3.2. Mekanik Özelliklere Ait Yöntemler

2.3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci TS EN 319 (1999)'da belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Bunun için her levha örneklerinden 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. 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 standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla PVA tutkalı kullanılmıştır. Kayın takoz yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış, sıkıştırma süresi 1 gün olarak belirlenmiştir. Kırılmaların levha yüzeylerine çok yakın olduğu örnekler hesaplara dâhil edilmemiştir. Yüzeye dik çekme direnci;

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

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

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

A = Örnek enine kesit alanıdır (mm^2).

2.3.2.2. Eğilme Direnci

Eğilme direnci TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekler 450 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 kumpas ile yükleme hattında bir, kalınlıklar ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde 2 noktanın ortalaması alınarak 0.01 mm duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. 5 tonluk üniversal test makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anında itibaren 90 sn. içerisinde gerçekleşmesini sağlayacak şekilde çalıştırılmıştır. Şekil 2.5'te eğilme direnci ve elastikiyet modülü test düzeneği verilmiştir. Eğilme direnci;

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

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

P = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

h = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)'dir.



Şekil 2.5. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi test görüntüsü.

2.3.2.3. Elastikiyet Modülü

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 üniversal test makinesinde sehim ölçüleri komparatör yardımıyla belirlenmiş ve çizilen kuvvet-deformasyon eğrisinin elastikiyet sınırı içinde kalan kısmından yararlanılarak 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 (sehimi) (mm)'dir.

2.3.3. Formaldehit Emisyon Miktarı

Perforatör yöntemi, ekstraksiyon yolu ile yonga levha içindeki formaldehit emisyon miktarı belirlenmektedir (Şekil 2.6). TS 4894 EN 120 (1999) standardına göre toluen içinde kaynatılan yonga levha örneklerinden serbest formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltideki formaldehit emisyon miktarı fotometrik olarak belirlenerek tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır.



Şekil 2.6. Formaldehit emisyon miktarı belirleme düzeneği.

Bu yöntemde, yaklaşık olarak 110 ± 0.01 g ağırlıkta tartılan deney örnekleri perferatör cihazının cam balonu içerisine konulmuş ve bunun üzerine 600 ml toluen eklenmiştir. Cihazın gaz absorpsiyon şişesi yaklaşık olarak 100 ml destile suyla doldurulmuş ve cihaza balonlu cam boruyla bağlanmıştır. Bu işlem sonrasında soğutma ve ısıtma işlemi başlatılmıştır. Ekstraksiyon süresi boyunca toluenin geri akışı dakikada 70-90 damla kadar olmalıdır. Ekstraksiyon işlemi toluenin sifon borusuna geri gelmesiyle başlar ve 2 saat devam eder. Süre sonunda perferatör içindeki su bir ölçü kabına alınmış ve ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2000 ml'lik balon jojeye aktarılmıştır. Ardından balon joje içerisindeki çözelti destile suyla 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın yalnızca toluen ile bir boş deneme yapılmıştır.

2000 ml'lik balon jodede bulunan çözeltilerden önce 10 ml alınarak destile suyla 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözeltilerin 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10 ml 0.01 N asetil aseton ve 10 ml 0.01 N amonyum asetat eklenmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40 °C sıcaklıktaki su banyosunda 15 dakika süre ile bekletildikten sonra bir saat süre ile ışık almayan bir ortamda soğutulmuştur. Bu çözeltilerin 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).

$$F = \frac{(A_s - A_b)xfx(100 + RxV)}{M} \text{ mgF/100 gr tam kuru levha} \quad (2.8)$$

Burada;

A_s = Ekstraksiyon çözeltisinin absorbanası,

A_b = Kör deneyinin absorbanası,

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

R = Levhanın rutubet miktarı,

M = Örnek ağırlığı,

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

3. BULGULAR

3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

3.1.1. Rutubet Miktarı

Levhaların rutubet miktarlarına ilişkin ortalama (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.) ve minimum (min.) değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

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

Levha tipi	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	10,86	0,38	10,57	11,38
B Grubu	10,66	0,34	10,18	10,94
C Grubu	9,77	0,42	9,31	10,29
D Grubu	10,29	0,16	10,12	10,46
E Grubu	11,25	1,66	10,36	13,73

Deneme örneklerine ait üretim aşamalarının farklı olmaması ve bekletildikleri koşulların aynı sıcaklık ve bağıl neme (20 ± 2 °C ve $\%65\pm 5$ bağıl nem) sahip olması nedeni ile örneklerin rutubet değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p<0,05$). Bu nedenle herhangi bir istatistiksel analiz yapılmamıştır.

3.1.2. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlık) Değeri

Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ortalama (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.) ve minimum (min.) değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk değerleri levhalarda fiziksel ve mekaniksel özellikler için son derece önemli olup, levhanın kullanım yerindeki dayanımını belirler.

Çizelge 3.2. Deneme levhalarına ait yoğunluk değerleri (g/cm³).

Levha tipi	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	0,725	0,070	0,595	0,810
B Grubu	0,733	0,037	0,647	0,768
C Grubu	0,728	0,047	0,618	0,782
D Grubu	0,695	0,034	0,624	0,740
E Grubu	0,709	0,047	0,637	0,773

Üretilen yonga levha gruplarının yoğunluk değerleri, hedeflenen yoğunluk değerine (0,725 g/cm³) yakın bulunmuş olup, yapılan istatistiksel analizler sonucunda üretilen yonga levha gruplarının yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p<0,05). Bu nedenle yoğunluk değerlerine basit varyans analizi ve Duncan testi yapılmamıştır.

3.1.3. Kalınlık Artış (Şişme) Oranı

Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin ortalama (χ), standart sapma (s) değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Kalınlık artışı oranlarını belirlemek için deneyler 20 adet örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme levhalarına ait kalınlık artışı oranları (%).

Levha tipi	Suda Bekleme Süresi					
	2 saat		24 saat		48 saat	
	x	s	x	s	X	s
A Grubu	24,61 <i>a</i>	3,03	25,55 <i>a</i>	3,08	26,31 <i>a</i>	3,17
B Grubu	23,50 <i>a</i>	2,65	24,23 <i>b</i>	2,76	24,20 <i>b</i>	2,60
C Grubu	19,56 <i>b</i>	0,71	20,78 <i>c</i>	0,80	20,86 <i>c</i>	0,76
D Grubu	19,14 <i>b</i>	0,46	20,27 <i>c</i>	0,65	20,03 <i>c</i>	0,59
E Grubu	17,94 <i>c</i>	0,28	18,54 <i>d</i>	0,31	18,67 <i>d</i>	0,32

Deneme levhaları kalınlık artış oranları üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme levhalarının kalınlık artış oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Levha tipi	2145,5	4	536,4	151,5	0,000
Süre	66,8	2	33,41	9,43	0,000
Levha tipi*Süre	10,4	8	1,31	0,37	0,936
Hata	1009,1	285	3,54		
Toplam	143357,3	300			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki kalınlık artışı değerlerinin levha tipi ve suda bekleme süreleri için yüksek güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.3). Ancak levha tipi ve suda bekleme sürelerinin birlikte etkileşimlerinin ise anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Duncan testi sonuçlarına göre; 2 saat suda bekletilen deneme levhalarına ait kalınlık artışları için, A ve B grubu ile C ve D grubu levha tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. E grubu levhalarda elde edilen kalınlık artışı değerleri, diğer tüm gruplardan daha düşük ve %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

24 ve 48 saatlik suda bekleme sürelerinde elde edilen kalınlık artış değerleri bir biri ile benzerlik göstermiştir. Her iki bekleme süresinde de, C ve D grubu levha tiplerine ait kalınlık artış oranlarında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Diğer levha grupların (A, B ve E) da ise elde edilen kalınlık artış oranları, tüm gruplardan farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

3.1.4. Su Alma Miktarı

Deneme levhalarının su alma miktarlarına ilişkin ortalama (\bar{x}), standart sapma (s), değerleri ve Duncan testi sonuçları Çizelge 3.5'te verilmiştir. Su alma miktarlarını belirlemek için deneyler 20 adet örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneme levhalarına ait su alma miktarları (%).

Levha tipi	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	58,30 <i>a</i>	6,52	63,39 <i>a</i>	7,02	63,69 <i>a</i>	6,46
B Grubu	55,90 <i>b</i>	4,33	59,44 <i>b</i>	4,57	60,77 <i>b</i>	4,50
C Grubu	48,62 <i>c</i>	1,21	52,29 <i>c</i>	1,39	53,50 <i>c</i>	1,53
D Grubu	46,84 <i>c</i>	1,08	50,66 <i>c</i>	1,29	51,89 <i>c</i>	1,39
E Grubu	43,27 <i>d</i>	0,78	46,67 <i>d</i>	0,75	47,38 <i>d</i>	0,93

Deneme levhaları su alma miktarları üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Deneme levhalarının kalınlık artış oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Levha tipi	10402,9	4	2600,7	189,3	0,000
Süre	1328,4	2	664,2	48,4	0,000
Levha tipi*Süre	23,3	8	2,91	0,21	0,989
Hata	3914,9	285	13,7		
Toplam	874591,9	300			

Deneme levhalarına ait su alma miktarları, kalınlık artış oranlarına benzer sonuçlar vermiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki su alma miktarlarının, levha tipi ve suda bekleme süreleri için yüksek güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.5). Ancak levha tipi ve suda bekleme sürelerinin birlikte etkileşimlerinin ise anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Duncan testi sonuçlarına göre; 2, 24 ve 48 saat suda bekleme sürelerinde elde edilen su alma miktarlarına ait istatistiksel sonuçlar bir biri ile benzerlik göstermiştir. Her üç bekleme süresinde de, C ve D grubu levha tiplerine ait su alma miktarlarında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Diğer levha grupların (A, B ve E) da ise elde edilen su alma miktarları, tüm gruplardan farklı bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

3.2.1. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Deneme levhaların yüzeye dik çekme (YDÇ) direnci değerlerine ilişkin ortalama (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.) ve minimum (min.) değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.7. Deneme levhalarına ait YDÇ direnci değerleri (N/mm²).

Levha tipi	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	0,193 <i>a</i>	0,030	0,116	0,278
B Grubu	0,202 <i>a</i>	0,036	0,146	0,249
C Grubu	0,334 <i>b</i>	0,046	0,232	0,454
D Grubu	0,379 <i>b</i>	0,046	0,252	0,472
E Grubu	0,447 <i>c</i>	0,123	0,214	0,533

Deneme levhalarının YDÇ direnci değerleri üzerine, üretilen levha gruplarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Deneme levhalarının YDÇ direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,29	4	0,073	23,38	0,000
Gruplar içi	0,14	95	0,003		
Toplam	0,43	99			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki YDÇ direnci değerlerinin yüksek güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar harflendirme ile gösterilmiştir (Çizelge 3.7).

Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait YDÇ direnci değerleri için, A ve B grubu ile C ve D grubu levha tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. E grubu levhalarda elde edilen YDÇ direnci değerleri, diğer tüm

gruplardan daha yüksek olup, %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

3.2.2. Eğilme Direnci

Deneme levhaların eğilme direnci değerlerine ilişkin ortalama (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.) ve minimum (min.) değerleri Çizelge 3.9’da verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.9. Deneme levhalarına ait eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha tipi	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	9,13 <i>a</i>	1,28	7,86	10,94
B Grubu	10,97 <i>b</i>	1,39	8,73	11,81
C Grubu	11,86 <i>c</i>	1,65	8,78	13,08
D Grubu	13,28 <i>d</i>	1,38	11,06	15,65
E Grubu	14,08 <i>e</i>	2,33	11,87	16,23

Deneme levhaları eğilme direnci 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. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	945,39	4	236,3	101,62	0,000
Gruplar içi	127,91	95	2,32		
Toplam	1073,3	99			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki eğilme direnci değerlerinin yüksek 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 eğilme direnci değerleri için, tüm levha grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

3.2.3. Elastikiyet Modülü

Deneme levhaların eğilmede modülü değerlerine ilişkin ortalama (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.) ve minimum (min.) değerleri Çizelge 3.11’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.11. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Levha tipi	χ	s	Min.	Mak.
A Grubu	1419 <i>a</i>	114	1056	1631
B Grubu	1689 <i>b</i>	157	1338	1726
C Grubu	2482 <i>c</i>	188	2162	2641
D Grubu	2573 <i>c</i>	130	2356	2797
E Grubu	2937 <i>d</i>	276	2752	3190

Deneme levhaları elastikiyet modülü 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. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	32479989	4	8119997	239	0,000
Gruplar içi	1868873	95	33980		
Toplam	34348862	99			

Varyans analizi sonuçlarına göre levha grupları arasındaki elastikiyet modülü değerlerinin yüksek güven düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmış olup sonuçlar Çizelge 3.11’de belirtilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre, levha türlerine ait elastikiyet modülü değerleri için, C ve D grubu yonga levhalar arasında istatistiksel olarak bir fark olmayıp, diğer tüm levha grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

3.3. FORMALDEHİT EMİSYON MİKTARI

Mısır sapı ve karaçam odunlarının farklı karışım oranlarında elde edilen yonga levhalara ait formaldehit emisyon miktarları perforatör yöntemi ile belirlenmiş olup, Çizelge 3.13'te gösterilmiştir.

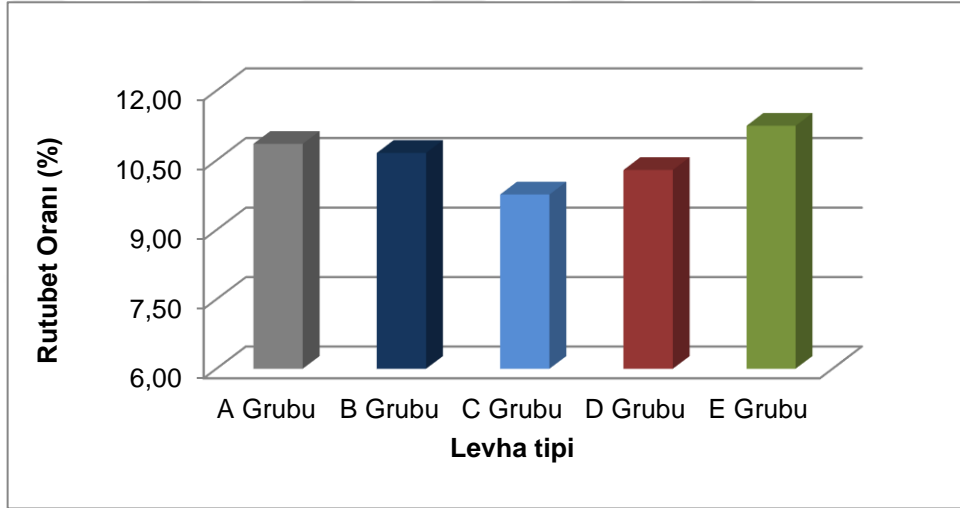
Çizelge 3.13. Levhalara ait formaldehit emisyon miktarları.

Levha tipi	Formaldehit emisyon miktarı (mgF/100gr levha)
A Grubu	19,0
B Grubu	19,0
C Grubu	18,0
D Grubu	17,2
E Grubu	16,8

4. TARTIŞMA

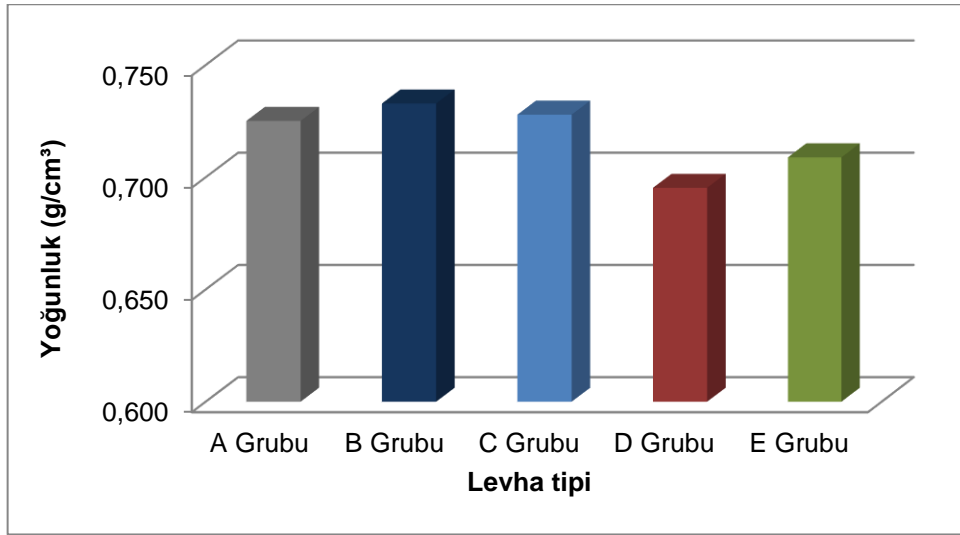
Deneme levhalarının rutubet miktarları %9,77-11,25 arasında değişmiş olup en yüksek rutubet miktarı, %100 karaçam yongalarından üretilmiş levhalarda (E grubu) tespit edilmiştir. En düşük rutubet miktarı ise levha üretiminde karışım oranı %50 mısır sapı ve %50 karaçam yongaları olan levhalarda bulunmuştur (Şekil 4.1).

TS EN 312 (2012) nolu standart, yonga levhalarda rutubet miktarının % 9 ± 4 arasında olmasını ifade etmektedir. Üretilen deneme levhalarına ait rutubet değerleri, bu açıdan standartta belirtilen aralıklarla uyumlu bulunmuştur.



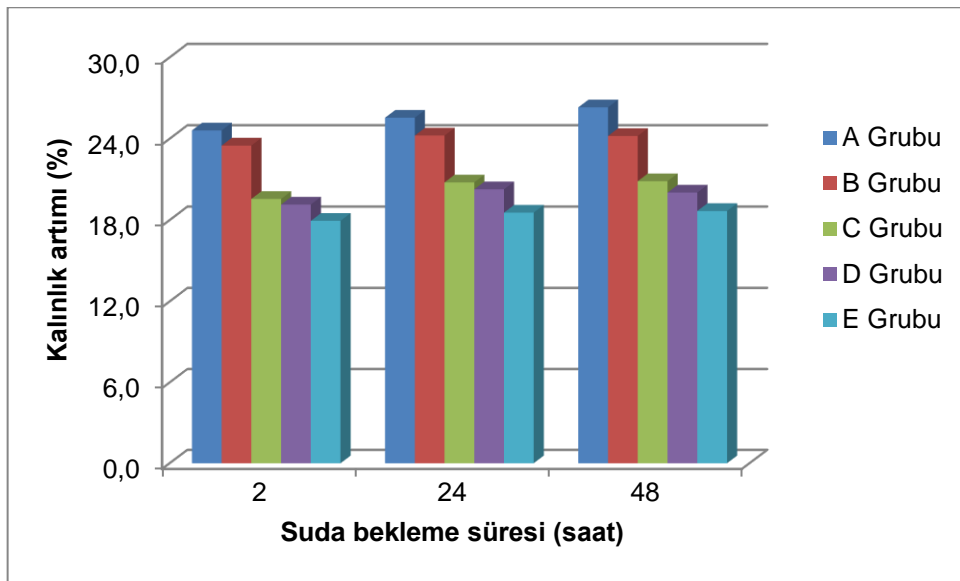
Şekil 4.1. Deneme levhalarının gruplara göre % rutubet oranları.

Levha gruplarına ait yoğunluk değerleri $0,695-0,733 \text{ g/cm}^3$ arasında bulunmuştur. D grubu yonga levhalarda en düşük yoğunluk değerleri elde edilir iken, en yüksek değerler ise B grubu levhalarda bulunmuştur (Şekil 4.2). D 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 ve Hse 1975).



Şekil 4.2. Deneme levhalarının gruplara göre yoğunluk oranları.

Her üç bekleme süresi bir arada düşünüldüğünde, A grubu levha örneklerinin kalınlık artış oranları üzerine suda bekleme süresinin önemli olmadığı görülmüştür. Diğer levha tiplerinde ise 24 ve 48 saatlik suda bekleme sürelerine ait kalınlık artış oranları arasında fark bulunmaz iken, 2 saatlik suda bekleme süreleri ile aralarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Kalınlık artış oranları, suda bekleme süresinin uzamasına bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük kalınlık artış oranları 2 saatlik suda bekleme sürelerinde E grubu levhalarda elde edilmiştir (%17,94). En yüksek değerler ise suda bekleme süresinin en fazla olduğu uygulamada A grubu deneme levhalarında bulunmuştur (%26,31). Odun yongalarına mısır sapı ilavesinin üretilen yonga levhaların kalınlık artımı üzerine etkisi Şekil 4.3'te verilmiştir.

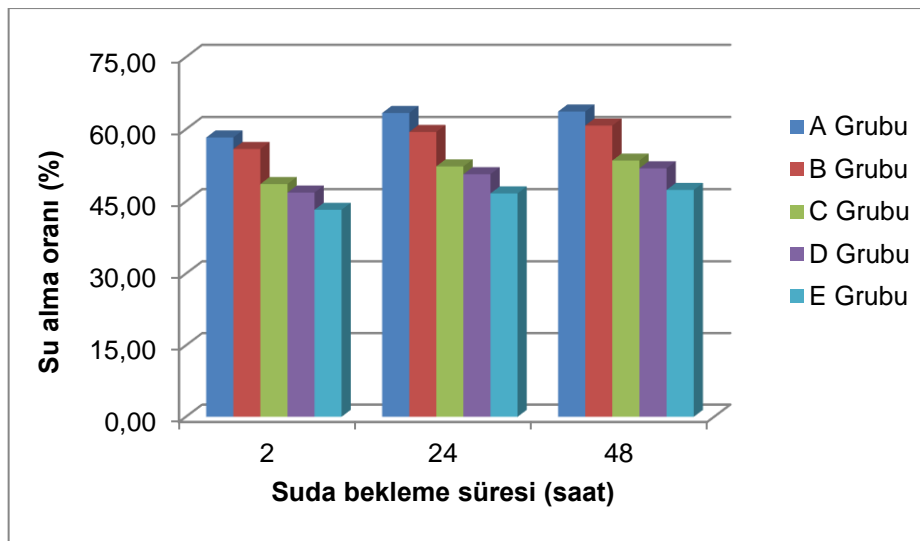


Şekil 4.3. Mısır sapı ilavesinin yonga levhaların kalınlık artımı üzerine etkisi.

Mısır sapı ilavesinin artışına bağlı olarak her üç suda bekleme süresinde de elde edilen kalınlık artım değerlerinde artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar, bazı endüstri atık ve artıklarının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesinde de elde edilmiştir (Demirkır, 2006). Kalaycıoğlu (1992), tütün sapı ve çay fabrikası atıkları ile yaptığı çalışmasında levhaların 24 saatlik suda bekleme sonucu kalınlık artış değerlerinin %22-37 olduğu ifade edilmektedir. Yine Güler (2001)'de yapmış olduğu çalışmasında pamuk saplarından üretilen yonga levhaların kalınlık artış değerlerinin 24 saat için %18,1-35,0 arasında değiştiğini belirtmektedir.

Kalınlık artışı standartlarda (TS EN 312, 2012) 24 saat suda bekleme süresi için %14 olarak verilmiştir. Mısır saplarından ve karaçam odunlarından üretilen yonga levhaların kalınlık artım oranları standartların bir miktar üzerinde bulunmuştur. Bunun nedeni, üretim esnasında belirli oranlarda, su itici özellik (hidrofobik) kazandıran bazı kimyasalların (parafin, vax vb. yağlar) kullanılmamasından kaynaklanabilir (Bektaş ve ark., 2002).

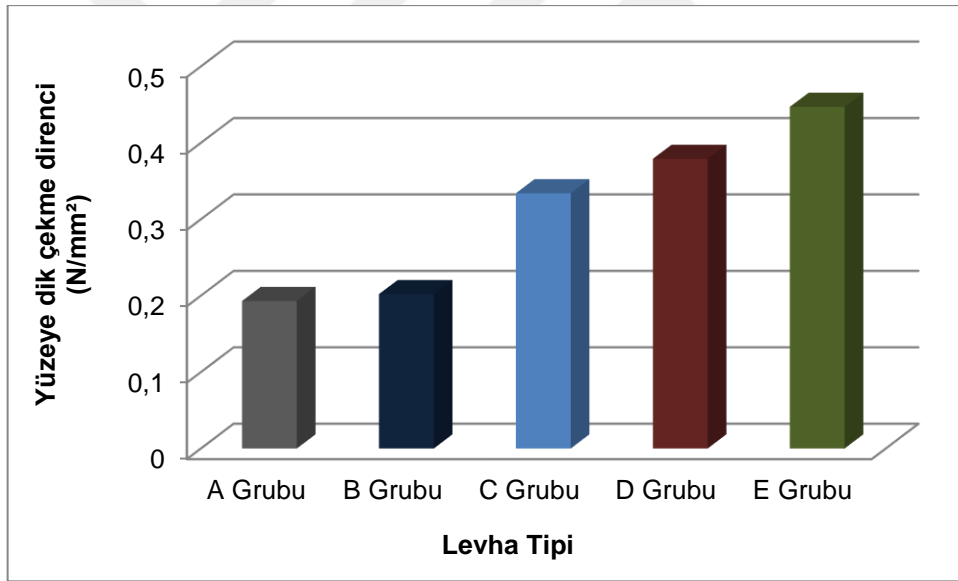
Tüm deneme levhaları, 24 ve 48 saatlik suda bekleme sürelerine ait su alma miktarları arasında fark bulunmaz iken, 2 saatlik suda bekleme süreleri ile aralarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Su alma miktarları, suda bekleme süresinin uzamasına bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük su alma miktarları 2 saatlik suda bekleme sürelerinde E grubu levhalarda (%100 karaçam) elde edilmiştir (%43,3). En yüksek değerler ise 48 saatlik suda bekleme süresinde A grubu (%100 mısır sapı) deneme levhalarında bulunmuştur (%63,7). Odun yongalarına mısır sapı ilavesinin üretilen yonga levhaların su alma miktarları üzerine etkisi Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Mısır sapı ilavesinin yonga levhaların su alma miktarı üzerine etkisi.

Mısır sapı ilavesinin artışına bağlı olarak her üç suda bekleme süresinde de elde edilen su alma miktarlarında artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Su alma miktarları; 2 saat için %43-58, 24 saat için %46,7-63 ve 48 saat için ise %47-63,7 arasında elde edilmiştir. Su alma miktarları, levha üretiminde kullanılan mısır sapı oranının artışına paralel olarak artmıştır. Yapılan bir çalışmada, saman ve odun yongası kullanılarak üretilen levhaların su alma miktarları (%10'luk ÜF kullanımı ile) %65-79 arasında değiştiği ifade edilmektedir (Grigoriou 2000, Grigoriou ve ark., 2000). Literatürde farklı çalışmalarda, su alma miktarlarının benzer sonuçlar verdiği ifade edilmektedir (Kalaycıoğlu, 1993). Ancak yonga levhalara ait su alma miktarını belirleyen herhangi bir standart bulunmamaktadır (Bektaş ve ark., 2002).

Deneme levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ortalama değerler Şekil 4.5'te verilmiştir.

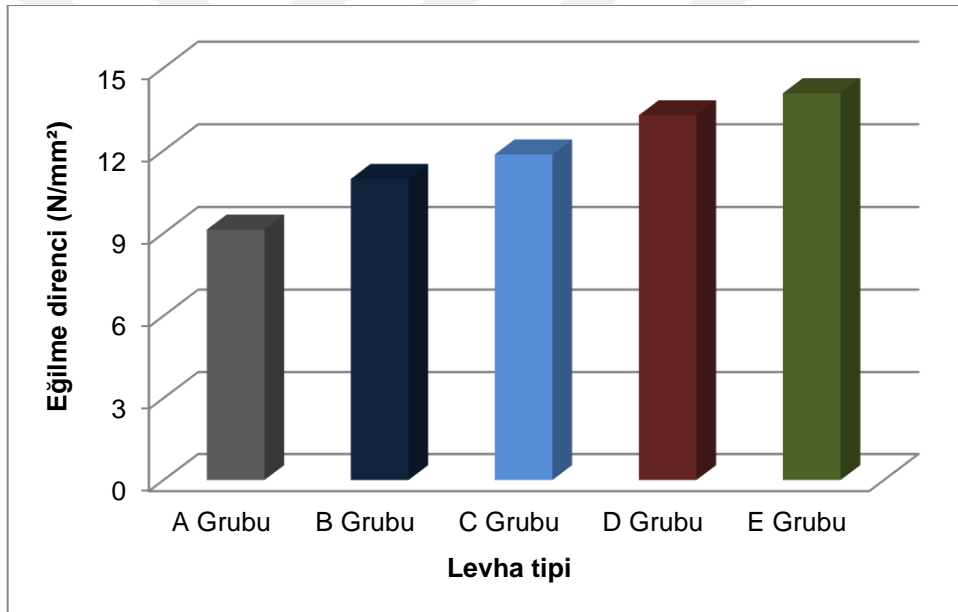


Şekil 4.5. Deneme levha tiplerine göre YDÇ direnci değerleri.

Üretilen deneme levhalarına ait YDÇ direnci değerleri, artan mısır sapı katılım oranına bağlı olarak azalmalar göstermiştir (Çizelge 3.10 ve Şekil 4.5). En yüksek YDÇ direnci değerleri E grubu levhalarda (0,447 N/mm²) elde edilirken, en düşük değerle ise A grubu levhalarda (0,193 N/mm²) bulunmuştur. TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda kullanılan genel amaçlar için üretilen yonga levhaların YDÇ direnci en az 0,24 N/mm², TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) yonga levhalarda ise 0,35 N/mm² olması gerektiği belirtilmektedir. Bu standartlara göre

A ve B grubu levhaların YDÇ direnci değerleri, tüm kullanım alanları için uygun bulunmamıştır. Ancak D ve E grubu levhalar TS-EN 312 (2012)'e uygun YDÇ direnci değerleri vermiştir. Yapılan bir çalışmada, %100 ayçiçeği saplarından üretilen yonga levhaların YDÇ direnci değerleri, 0.26-0.46 N/mm² arasında değiştiği ifade edilmektedir (Bektaş ve ark. 2002).

Üretilen levhalarda kullanılan mısır sapı kullanım oranı artışına bağlı olarak eğilme direnci değerlerinde anlamlı azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.11, Şekil 4.6). E grubu levhalarda elde edilen eğilme direnci değerleri (14,08 N/mm²), diğer tüm gruplardan daha yüksek olup, %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri A grubu deneme levhalarında (9,13 N/mm²) tespit edilmiştir.

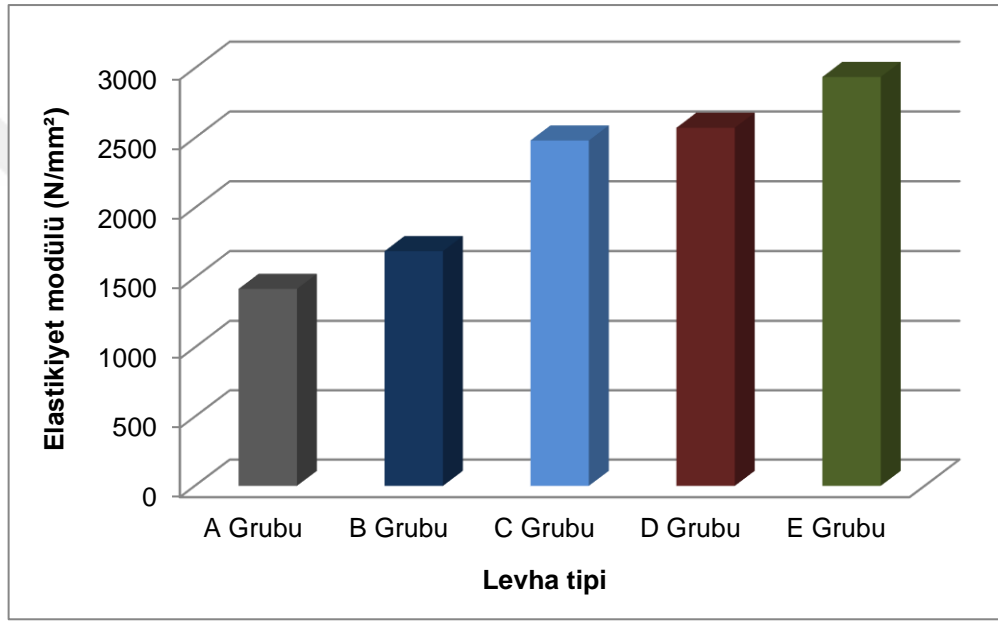


Şekil 4.6. Deneme levha tiplerine göre eğilme direnci değerleri.

Eğilme direnci, kullanım yerini etkileyen önemli faktörlerden biri olup, levhanın özgül kütlesi ve yonga levha 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 yonga levhaların eğilme direnci en az 11,5 N/mm² olmalıdır. Buna göre özellikle yüksek mısır sapı katılım oranına sahip A ve B grubu yonga levhaların eğilme direnci değerleri standartların altında kalmıştır. C, D ve E grubu levhalarda ise standartlarca kabul edilebilir eğilme direnci değerlerine ulaşılmıştır. Bu levhalar (C, D ve E grubu) farklı araştırmacıların (Gertjeansen, 1972; Örs ve

Kalaycıoğlu, 1991; Kalaycıoğlu, 1992; Güler ve ark. 2001) ayçiçeği, çay fabrikası atıkları, tütün ve pamuk saplarından ürettikleri levhalardan elde edilen değerlere uygunluk göstermiştir. Ayrıca, Bektaş ve ark. (2002) yıllık bitkiler kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında eğilme direnci değerlerinin standartlara uygun olduğu ifade edilmiştir.

Deneme levhalarının elastikiyet modülüne ait ortalama değerler grafikler halinde Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Deneme levha tiplerine göre elastikiyet modülü değerleri.

Üretilen levhalarda kullanılan mısır sapı kullanım oranı artışına bağlı olarak elastikiyet modülü değerleri, eğilme direncine benzer bir şekilde azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.14, Şekil 4.7). En yüksek elastikiyet modülü değerleri (2937 N/mm²) E grubu levhalarda tespit edilmiştir. En düşük elastikiyet modülü değerleri A grubu deneme levhalarında (1419 N/mm²) tespit edilmiştir. TS-EN 312 (2012)’de, elastikiyet modülü için verilen minimum değer, 1600 N/mm² olup mısır saplarından üretilen levhalar (B, C, D ve E grubu) için elde edilen veriler standartlara uygun bulunmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mısır saplarından (*Corn stalks*) yonga levha üretim olanakları araştırılmıştır. Böylece elde edilen sonuçların yıllık bitkilerin kompozit levha üretim uygulamalarına önemli bir kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, ülkemizde bol miktarda üretilen yıllık bitki atığı mısır sapının üre formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimine uygun alternatif bir hammadde kaynağı olduğunu göstermiştir. Mısır sapı ilave oranının %75 ve %100 olduğu yonga levhaların mekanik özelliklerindeki düşüşün yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle özellikle yonga levha üretimi sırasında mısır sapı ilavesinin %50'nin üzerine çıkarılmaması uygun olacaktır. Bunun üzerinde mısır sapı ilaveli üretilen yonga levhalar, yapılarda ancak izolasyon malzemesi olarak kullanılabilirler. Çünkü bu tür malzemeler herhangi bir mekanik gerilmelere maruz kalmazlar.

Tutkal türü, pres basıncı, presleme süresi, levha yoğunluğu gibi değişik üretim faktörleri kullanılarak, daha farklı kullanım alanlarına uyumlu mısır sapı ilaveli yonga levhalar üretilir.

Çalışma kapsamında üretilen tüm levhaların kalınlık artış oranları TS standartlarının üzerinde bulunmuştur. Ancak üretim esnasında yonga levhalara su itici özellik (hidrofobik) kazandıran bazı parafin gibi kimyasalların kullanılması ile bu durumun önüne geçilebileceği ön görülebilir.

Ülkemizde yaklaşık 3 milyon ton gibi mısır sapı atığı bulunmakta olup, bu sapların toplanabilmesi ve depolanabilmesi gibi bazı sorunlar aşıldığı takdirde bunlardan levha üretilmesi mümkün olacaktır. Önümüzdeki yıllar hammadde bulmadaki güçlükler ve artan fiyatlar tarımsal atıkların yonga levha üretiminde değerlendirilmesini zorunlu kılacak ve bir yandan özellikle tarımsal atıkların üretime kazandırılması ile ülkemiz ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut, T. (2000). Yonga levha teknolojisi. *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat ve Tasarım Dergisi*, 7, 112-119.
- Akyüz, İ. (2004). Avrupa Birliğine giriş sürecinde Türkiye ile Avrupa Birliği üye ülkelerin yonga levha dış ticareti. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 3(4), 124-134.
- Alıcı, Y. (2004). Atık ve Çimento Kullanarak Üretilen Levhaların Mekaniksel Özellikleri, Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği*, Trabzon, Türkiye.
- Alptekin, C. Ü. (1986) Anadolu karaçamının (*Pinus nigra Ssp. Pallasiana Lamb. Holmboe*) Coğrafik Varyasyonları, Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Alptekin, C., Ü., (1986) Anadolu karaçamının (*Pinus nigra Ssp. pallasiana Lamb. Holmboe*) coğrafik varyasyonları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye.
- Arslan, M. B., Karakuş, B. & Güntekin, E. (2007) Tarımsal atıklardan lif ve yonga levha üretimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 54-62.
- As, N. Koç, K.H. Doğu, D. Atik, C. Aksu, B. & Erdinler, S. (2001). Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *Orman Fakültesi Dergisi*, 51, 71-78.
- Aydın, İ. (2004). Çeşitli ağaç türlerinden elde edilen kaplamaların ıslanabilme yeteneği ve yapışma direnci üzerine bazı üretim şartlarının etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Ayrılmış, N. (2000). Mdf ‘nin Teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Babaoğlu, M. (2005). Mısır ve tarımı (*Zea Mays L.*). *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 1-14.
- Bektaş, İ. Güler, C. & Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi. *Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 49-56.
- Biçer, A. (2014). Sodyum karboksimetilselüloz (Na-Cmc) modifiyeli yonga levha üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Bostancı, Ş. (1987). Kağıt hamuru üretimi ve ağartma teknolojisi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, 114(13).

- Bozkurt, A. Y. & Göker, Y. (1990). *Yonga levha endüstrisi ders kitabı*. İstanbul: Orman Fakültesi Yayınları.
- Buyuksarı, U. Avcı, E. Ayılmış, N. & Akkilic, H. (2010). Effect of pine cone ratio on the wettability and surface roughness of particleboard. *Biores*. 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 1. physical responses, *Wood Fiber Science*, 22, 441-459.
- Çolakoğlu, G. (1993). Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Cooper, P., Balatinecz, A. & Falannery, S. J. (1999). Agricultural waste materials for composites: acanadian reality. *Centre for Management Technology Global Panel Based Conference*.
- Çakmak, E. (2008). Bazı kimyasallarla emprenye edilmiş yonga levhaların yanma direncinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
- Demirkır, C. (2006). Kontrplak üretimi sırasında oluşan odunsu atık ve artık materyallerin yonga levha üretiminde değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Gertjejansen, R.O. (1972). Properties of particleboard from sunflower stalks and aspen planer shavings. university of minnesota agriculture experiment station, *Technical Bulletin*, 311, 8.
- Göker, Y. (2000). Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri. *Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, 7, 128-133.
- Göker, Y. Akbulut, T. (1992). Yonga levha ve kontrplağın özelliklerini etkileyen faktörler. *I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi*, 269-287.
- Grigoriou, A.H. (2000). Straw-wood composites bonded with various adhesive systems. *Wood Science And Technology*, 34, 355-365.
- Grigoriou, A., Passialis, C. & Voulgaridis, E. (2000). Experimental particleboards from kenaf plantations grown in Greece. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 58, 309-314.
- Güler, C. (2015). *Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi ve Fabrikasyon İşlemi*, Ankara: Türkiye Alim Kitapları Yayınları.
- Güler, C. (2015). Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi, *Selçuk Teknik Dergisi*, 1, 70-78.
- Güler, C. (2001). Pamuk saplarından (*Cotton Stalks*) yonga levha üretimi ve fabrikasyon işlemi, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.

- Güler, C. Özen, R. & Kalaycıoğlu, H. (2001). Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (1), 99-108.
- Hse, C.Y. (1975). Properties of flakeboards from hardwoods growing on southern pine sites. *Forest Product Journal*, 25(3), 48-53.
- Işık, H. (2014). Alkil keten dimer kimyasalanın yonga levhada parafine ikame olarak kullanımının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- İbiş, M. (2018). Bir yonga levha fabrikasında hammadde kaynaklarının optimizasyonu ve üretim koşullarının teknolojik yönden incelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- İstek, A. (1999). Buğday saplarından (*Triticum Aestivum* L.) orta yoğunlukta lif levha (Mdf) üretimi, Doktora Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ. & Kızılkaya, A. (2017). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138.
- Kalaycıoğlu, H. & Özen, R. (2012). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Kalaycıoğlu, H. (1991). Sahil çamı (*Pinus Pinaster* Ait) odunlarının yonga levha üretiminde kullanılması imkanları, Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Kalaycıoğlu, H. (1993). Yonga levha üretiminde yeni bir hammadde çay fabrikası atıkları. *Ahşap Orman Ürünleri Dergisi*, (2), 54-56.
- Kalaycıoğlu, H. & Çolakoğlu, G. (1995). Türkiye’de mevcut yonga levha ve kontrplak endüstrisi ile ilgili sorunlar ve çözüm önerileri. Türkiye Ormancılık Raporu No. 48, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını.
- Kalaycıoğlu, H., (1992). Bitkisel atıkların yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi, *Orenko 92 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi*, ss. 288-292.
- Karacalıoğlu, T. (1974). Ormangülü (*Rhododendron* sp.) odunlarının bazı özellikleri ile bu odunların yonga levha yapımında kullanılması olanaklarının laboratuvar koşullarında araştırılması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi, No: 60
- Karakuş, B. (2007). Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Kollmann, F. P., Kuenzi, E. W. & Stamm, A. J. (1975). Principles of wood science and technology. wood based materials. *Springer-Verlag*, (2), 139-149.
- Nacar, M., (1997) Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehn.) odununun yonga levha

üretiminde kullanılması imkanları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.

- Nemli, G. & Kalaycıoğlu, H. (1997). An alternative material in particleboard industry: residues of tea factory. The Economic Contribution of Forestry to Sustainable Development, *Proceedings of The XI World Forestry Congress*.
- Öktem, E., (1979). Ormangülü (*Rhododendron Ponticum* L.) odunundan yonga levha yapılması üzerine araştırmalar. Ankara: *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi No:113.
- Örs, Y. & Kalaycıoğlu, H. (1991). Çay fabrikası atıklarının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 15, 968-974.
- Özen, R., (1975). Dikey yongalı levhalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25-26.
- Özen, R., (1980). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Özen, R., Kalaycıoğlu, H. & Güler, C., (2002). Yonga levha üretiminde alternatif hammaddelerin kullanılması ve genel bir değerlendirme. *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*.
- Roffael, E., (1994). E wood properties of some poplar clones on 1898 utilization. *Forstarchiv*, 65(2), 43-53.
- Suchsland, O. (1967). Behavior of a particleboard manufacturing the pressing cycle. *Forest Product Journal*, 17 (2), 51-57.
- Süzer, S., (2003). Mısır tarımı. Edirne: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü.
- Odun (lif, yonga ve talaş imalinde kullanılan)*, Türk Standartları Enstitüsü, TS 1351, 1973.
- Ahşap esaslı levhalar-formaldehit miktarının tayini- ekstraksiyon metodu ile ayırma*. Türk Standartları Enstitüsü, TS 4894 EN 120, 1999.
- Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler ve standart referans atmosferi*. Türk Standartları Enstitüsü, TS 642 ISO 554, 1997.
- Yonga levhalar- tarif ve sınıflandırma*. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 309, 1999.
- Ahşap esaslı levhalar- eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 310, 1999.
- Yonga levhalar- özellikler*. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 312, 2012.
- Yonga levhalar ve lif levhalar- su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 317, 1999.
- Yonga levhalar ve lif levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 319, 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.

Usta, P., (2011). Çay bitkisi atıklarından elde edilen kompozit levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

Yaman, A., (2002). Ahşap ve levha sektöründe gelişmeler ve beklentiler. laminart mobilya, *Dekorasyon, Sanat ve Tasarım Dergisi*, 18, 92-107.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sevcan YONTAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 06.03.1988
Yabancı Dili : İngilizce – Romence
E-posta : sevcanyeniay@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Orman Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Öğrt.	Karabük Üniversitesi	2012
Lise	Fen Bilimleri	Ali Dilmen Lisesi	2005

YAYINLAR

Güler C., Şahin H. İ. & 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.