

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Endsütri Mühendisliği Anabilim Dalında
Uğur BİLGİN Tarafından Hazırlanan**

**KABUK VE ZURUF EKSTRAKTLARININ KONTRPLAK ÜRETİMİNDE DOLGU
MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

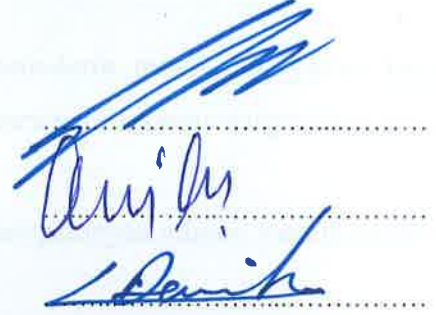
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 21 / 05 / 2019 gün ve 1805 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Üye : Prof. Dr. Selim ŞEN

Üye : Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışmada: kontrplakların formaldehit emisyonuna, eğilme direncine, elastikiyet modülüne ve çekme-makaslama direncine, ÜF tutkalına farklı oranlarda eklenen dolgu ve katkı maddelerinin etkisi araştırılmıştır. Çalışma K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek konu seçimi ve çalışmalarımın yürütülmesindeki emeğinden dolayı sayın hocam Prof. Dr. Gürsel Çolakoğlu' na çok teşekkür eder ve saygılarımı sunarım. Malzeme temininde, ekstraksiyon işlemi aşamasında ve sonrasındaki kimyasal analizlerdeki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Esat Gümüşkaya hocama teşekkür ederim.

Ayrıca tez dönemim boyunca bilgi ve birikiminden faydalandığım Prof. Dr. İlhan Deniz, Prof. Dr. Semra Çolak, Doç. Dr. Cenk Demirkır, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Yıldırım hocama ve laboratuvar imkânlarından faydalanmamı sağlayan Prof. Dr. Sevgi Kolaylı hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarda yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Aydın Demir, Arş. Gör. Süleyman Kuştaş, Arş. Gör. A. Uğur Birinci, Orman Endüstri Mühendisi Okan İlhan ve mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Deney kontrplakları üretiminde kullanılan malzemelerin teminini sağlayan Deniz Ağaç İnş. Nak. Şirketine ve laboratuvar çalışmaları boyunca yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Uğur BİLGİN

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kabuk ve Zuruf Ekstraktlarının Kontrplak Üretiminde Dolgu Maddesi Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Gürsel Çolakoğlu’ nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 11/ 06/2019

Uğur BİLGİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kontrplak Üretim Yöntemi	2
1.2.1. Tomruk Depolama	3
1.2.2. Suda Pişirme	3
1.2.3. Kabuk Soyma.....	4
1.2.4. Kaplama Soyma	5
1.2.5. Ebatlama ve Kusur Temizleme	5
1.2.6. Kaplama Kurutma	5
1.2.7. Kaplama Sınıflandırma	6
1.2.8. Tutkallama, Taslak Oluşturma ve Presleme	6
1.2.9. Boyutlandırma ve Zımparalama.....	7
1.2.10. Kontrplakların Sınıflandırılması ve Paketleme.....	7
1.3. Ağaç Malzeme Yapıştırıcıları	7
1.3.1. Doğal Tutkallar	9
1.3.2. Sentetik Tutkallar	9
1.3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF).....	10
1.3.2.2. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF).....	14
1.3.2.3. Diğer Tutkallar	14
1.4. Dolgu ve Katkı Maddeleri.....	15
1.5. Kabuk	16
1.5.1. Kabuk Anatomisi	17
1.5.1.1. Dış Kabuk	18
1.5.1.2. İç Kabuk.....	18
1.5.2. Kabuk Kimyası	19

1.5.2.1.	Çözünür Maddeler	20
1.5.2.2.	Çözünmez Maddeler	21
1.5.3.	Kabuk Ekstraksiyon Yöntemleri	23
1.5.4.	Kabuğun Kullanım Alanları	25
1.6.	Tanen ve Yapısı	26
1.6.1.	Hidrolize Tanenler	27
1.6.2.	Kondanse Tanenler	27
1.6.3.	Tanenlerin Kullanım Alanları	30
1.6.4.	Tanenin Biyobazlı Tutkal Üretiminde Kullanımı	31
1.7.	Ağaç Malzemenin Yapışması	34
1.8.	Formaldehit Emisyonu	39
1.8.1.	Formaldehit Emisyonu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	41
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	43
2.1.	Materyal	43
2.1.1.	Ekstraksiyon İşleminde Kullanılan Ağaç Türleri	43
2.1.1.1.	Sahil Çamı (<i>Pinus pinaster</i>)'nin Özellikleri	43
2.1.1.2.	Karaağaç (<i>Ulmus glabra</i>)'nin Özellikleri	45
2.1.1.3.	Fındık (<i>Corylus avellana</i>)'nin Özellikleri	46
2.1.2.	Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri	48
2.1.2.1.	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>)'nin Özellikleri	48
2.1.2.2.	Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i>)'nin Özellikleri	48
2.1.3.	Tutkal	49
2.1.3.1.	Sertleştirici Madde	50
2.1.3.2.	Dolgu ve Katkı Maddeleri	50
2.2.	Yöntem	50
2.2.1.	Ekstraksiyon İşlemine Hazırlık	50
2.2.1.1.	Kabuk Soyma ve Kurutma	51
2.2.1.2.	Yongaların Üretimi	52
2.2.2.	Ekstraksiyon işlemi	53
2.2.3.	Ekstraktların Kimyasal Özellikleri	55
2.2.3.1.	pH Değerleri	55
2.2.3.2.	Tampon (Buffer) Kapasitesi	56
2.2.3.3.	Stiasny Sayısı Tayini	56
2.2.3.4.	Toplam Polifenol ve Flavanoid Miktarı	58
2.2.4.	Kontrplak Üretimi	59
2.2.4.1.	Kontrplakların Hazırlaması	59

2.2.5.	Kontrplakların Fiziksel Özellikleri	61
2.2.5.1.	Denge Rutubet Miktarı	61
2.2.5.2.	Özgül Ağırlık	61
2.2.6.	Kontrplakların Mekanik Özellikleri.....	62
2.2.6.1.	Çekme-Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	62
2.2.6.2.	Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	63
2.2.7.	Formaldehit Emisyonu	65
2.2.8.	İstatistiksel Analiz.....	67
3.	BULGULAR.....	68
3.1.	Kimyasal Özellikler	68
3.1.1.	Ekstraksiyon Verimi	68
3.1.2.	pH ve Tampon Kapasitesi	68
3.1.3.	Stiasny Sayısı, Toplam Polifenol ve Flavanoid Miktarı	69
3.2.	Fiziksel Özellikler	70
3.2.1.	Özgül Ağırlık	70
3.2.2.	Denge Rutubeti Miktarı	72
3.3.	Mekanik Özellikler	74
3.3.1.	Eğilme Direnci	74
3.3.2.	Elastikiyet Modülü	76
3.3.3.	Çekme – Makaslama Direnci.....	78
3.4.	Formaldehit Emisyonu	80
4.	İRDELEME	82
4.1.	Fiziksel Özellikler	82
4.1.1.	Özgül Ağırlık	82
4.1.2.	Denge Rutubet Miktarı	84
4.2.	Mekanik Özellikler	85
4.2.1.	Eğilme Direnci	85
4.2.2.	Elastikiyet Modülü	87
4.2.3.	Çekme-Makaslama Direnci.....	89
4.3.	Kimyasal Özellikler	92
4.3.1.	Tampon Kapasitesi ve pH	92
4.3.2.	Toplam Polifenol Miktarı	94
4.3.3.	Stiasny Sayısı	95
4.3.4.	Ekstraksiyon Verimi	96
4.4.	Formaldehit Emisyonu	96
5.	SONUÇLAR	99

5.1.	Fizisel Özellikler	99
5.1.1.	Özgül Ağırlık	99
5.1.2.	Denge Rutubet Miktarı	100
5.2.	Mekanik Özellikler	101
5.2.1.	Eğilme Direnci	101
5.2.2.	Elastikyet Modülü	102
5.2.3.	Çekme-Makaslama Direnci.....	103
5.3.	Formaldehit Emisyonu	104
6.	ÖNERİLER.....	106
7.	KAYNAKLAR	107

ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KABUK VE ZURUF EKSTRAKTLARININ KONTRPLAK ÜRETİMİNDE DOLGU
MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Uğur BİLGİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU
2019, 113 Sayfa

Bu çalışmanın genel bilgiler kısmında; kontrplak üretimi, kontrplak üretiminde kullanılan yapıştırıcılar, ağaç kabuğu, tanenler, formaldehit emisyonu ve yapışma teorileri anlatılmıştır. Laboratuvar ortamında 18 farklı tipte üretilen kontrplakların; eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri TS EN 310, çekme-makaslama direnci testleri TS EN 314-1, formaldehit emisyonu testleri EN 717-3 standardına göre yapılmıştır.

Sarıçam ve Ladin kaplamalar kullanılarak üretilen kontrplaklarda tutkal olarak üre formaldehit kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkalına sahil çamı, karaağaç kabuğundan ve fındık zurufundan sıcak su ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstraktların dışında ticari bir firmadan temin edilen meşe palamudu taneni dolgu maddesi olarak ilave edilmiştir. Üre formaldehit tutkalının %5'i ve %2.5'i oranında ilave edilen dolgu maddelerinden sahil çamı kabuğu ekstraktı, fındık zurufu ekstraktı ve karaağaç kabuğu ekstraktı kontrplaklarda formaldehit emisyonunu azaltarak mekanik değerlerde standardı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Kabuk, Sahil çamı, Karaağaç, Fındık zurufu, Kontrplak, ÜF, Formaldehit emisyonu

Master Thesis

SUMMARY

UTILIZATION OF BARK AND HUSK EXTRACTS AS FILLING IN THE
PRODUCTION OF PLYWOOD

Uğur BİLGİN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Department
Supervisor: Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU
2019, 113 Pages

In the general information part of this study; plywood production, adhesives used in plywood production, bark, tannins, formaldehyde emission and adhesion theories are described. Plywood produced in 18 different types in laboratory environment; Bending resistance and flexural modulus tests TS EN 310, tensile-shear resistance tests TS EN 314-1, formaldehyde emission tests were performed according to the standards specified in EN 717-3.

Urea formaldehyde was used as adhesive in plywood produced using Scotch pine and spruce veneers. In addition the extracts obtained from hot water extraction of urea formaldehyde adhesive from maritime pine, elm bark and hazelnut husk, acorns obtained from a commercial company were added as tannin filler. 5% and 2.5% of the urea formaldehyde adhesive from the fillers of maritime pine bark extract, hazelnut husk extract and elm bark extract of Scotch pine and spruce plywood by reducing the formaldehyde emission has provided the standard in mechanical strength.

Key Words: Bark, Maritime pine, Elm, Hazelnut husk, Plywood, UF, Formaldehyde emission

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Kontrplağın Dünya genelindeki pazar payı..... 2
Şekil 2.	Kontrplak üretiminde iş akış şeması 3
Şekil 3.	Yapıştırıcıların sınıflandırılması 8
Şekil 4.	2014 yılına ait odun yapıştırıcılarının küresel pazar payı 10
Şekil 5.	Üreye formaldehitin eklenmesiyle (a) mono-, (b) di-, (c) trimetilolüre oluşumu 12
Şekil 6.	a) Amin grupları arasındaki metilen köprüleri, b) metilen eter bağları,c) ve d)metilen bağları 13
Şekil 7.	Kabuğu oluşturan katmanlar 17
Şekil 8.	Hidrolize tanenlerin yapıtaşları 27
Şekil 9.	Kateşin formülü..... 28
Şekil 10.	Monoflavonoidler..... 29
Şekil 11.	A halkası: $R_1 = H$ olursa rezorsinol ve $R_1 = OH$ olursa floroglusinol; B halkası: $R_2 = H$ olursa pirokatekol ve $R_2 = OH$ olursa pirogallol olur 33
Şekil 12.	Kateşin molekülünde formaldehitin reaktif bölgeleri 33
Şekil 13.	Tanen ve formaldehit arasındaki reaksiyon 34
Şekil 14.	Bağ gücü için zincir benzeşmesi: 35
Şekil 15.	Ahşap yüzeylerin yapışkan ile ıslanması, akış, penetrasyon ve transfer arasındaki farkı gösterir 38
Şekil 16.	Tutkal ve hücre çeperi yüzeyi arasındaki ilişkiler 38
Şekil 17.	Kontrplakta formaldehit emisyonu çıkış yönleri 40
Şekil 18.	Doğal sahil çamı taksonlarının yayılış alanları 44
Şekil 19.	Doğal karaağaç taksonlarının yayılış alanları ulmus glabra(x)..... 46
Şekil 20.	Ekstraksiyon işlemi akış şeması..... 51
Şekil 21.	1: Zuruf, 2: Odundan soyulmuş karaağaç, 3: Yongalanacak karaağaç 52
Şekil 22.	1: Kaba yongalam ve ince yongalama makineleri, 2: Yongalama makinelerinin yakından görünüşü, 3: Üstteki Sahil çamı kabuğu, soldan 1. Karaağaç kabuğu, soldan 2. Zuruf..... 53
Şekil 23.	Sıcak su ekstraksiyonu işlemi 54
Şekil 24.	Sıcak su ekstraksiyonu işlem basamakları 54

Şekil 25.	1) Karaağaç kabuğu ekstraktı, 2) Sahil çamı kabuğu ekstraktı, 3) Fındık zurufu ekstraktı.....	55
Şekil 26.	1: Çalkalayıcı, 2: pH ölçer.....	56
Şekil 27.	1: İnce yongalanmış kabuklar ve zuruf, 2: Elek makinesi, 3: Stiasny sayısı için örnekler.....	57
Şekil 28.	1: Manyetik karıştırıcı, 2: Vakumla yıkama.....	58
Şekil 29.	Kontrplak üretim aşamaları.....	60
Şekil 30.	Çekme-Makaslama deney örnekleri.....	62
Şekil 31.	Çekme-Makaslama deney düzeneği.....	63
Şekil 32.	Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney örnekleri.....	64
Şekil 33.	Eğilme direnci deney düzeneği.....	65
Şekil 34.	WKI Şişe Yöntemi.....	66
Şekil 35.	Şişe yöntemi ile formaldehit emisyonu ölçümü.....	66
Şekil 36.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin özgül ağırlığa etkisi.....	82
Şekil 37.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin denge rutubet miktarına etkisi.....	84
Şekil 38.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin eğilme direncine etkisi.....	86
Şekil 39.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin elastikiyet modülüne etkisi.....	88
Şekil 40.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin çekme-makaslama direncine etkisi.....	90
Şekil 41.	Dolgu maddelerinin pH değerleri.....	93
Şekil 42.	Dolgu maddelerinin tampon kapasitesi değerleri.....	93
Şekil 43.	Dolgu maddelerinin toplam polifenol miktarları.....	94
Şekil 44.	Ekstrakt işlemi uygulanmamış ağaç kabuklarının stiasny sayıları.....	95
Şekil 45.	Dolgu maddelerinin ekstraksiyon verimi.....	96
Şekil 46.	Kontrplaklarda dolgu maddesinin formaldehit emisyonuna etkisi.....	97

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.	Ahşap yapıştırıcıların çevre koşullarına bağlı olarak yapısal kullanımı 8
Tablo 2.	Diğer tutkalların özellikleri ve kullanım alanları 15
Tablo 3.	Kabuk ve odundaki temel bileşen miktarları 19
Tablo 4.	Ağaçlarda sekonder bileşenlerin sınıflandırılması 19
Tablo 5.	Kabuktaki bileşenlerin elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri 24
Tablo 6.	Sahil çamı kabuğuna ait kimyasal bileşenler 24
Tablo 7.	Karaağaç kabuk ekstraktının bileşenleri 25
Tablo 8.	Fındık zürufu ekstraktının bileşenleri 25
Tablo 9.	Fındık zurufunun kimyasal özellikleri 25
Tablo 10.	Ülkelere göre formaldehit emisyonu sınır değerleri 41
Tablo 11.	İşçilerin formaldehit maruziyet sınıfları 42
Tablo 12.	Sarıçam odununa ait mekanik ve kimyasal özellikler 48
Tablo 13.	Doğu ladini odununa ait mekanik ve kimyasal özellikler 49
Tablo 14.	ÜF tutkalına ait teknik özellikler..... 50
Tablo 15.	Ekstraksiyon işleminde uygulanan değişkenler. 53
Tablo 16.	Ekstraktların kimyasal özellikleri..... 58
Tablo 17.	Kontrplak üretimi için hazırlanan tutkal reçeteleri 60
Tablo 18.	Dolgu maddelerinin ekstraksiyon verimleri 68
Tablo 19.	Dolgu maddelerinin pH ve tampon kapasitesi 69
Tablo 20.	Dolgu maddelerinin kimyasal içeriği 69
Tablo 21.	Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün özgül ağırlık üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları 70
Tablo 22.	Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının özgül ağırlık üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları 71
Tablo 23.	Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün denge rutubet miktarı üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları 72
Tablo 24.	Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının denge rutubet miktarı üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları 73

Tablo 25.	Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün eğilme direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	74
Tablo 26.	Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının eğilme direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	75
Tablo 27.	Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün elastikiyet modülü üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	76
Tablo 28.	Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının elastikiyet modülü üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	77
Tablo 29.	Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün çekme-makaslama direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	78
Tablo 30.	Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının çekme-makaslama direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları	79
Tablo 31.	Kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarları.....	80

SEMBOLLER DİZİNİ

ASTM	Amerikan Standartları (American Society of Testing Materials)
BS	İngiliz Standartları (British Standards)
Ç.K.E.	Sahil çamı Kabuğu Ekstraktı
DIN	Alman Standartları (Deutsches Institut für Normung)
EN	Avrupa Standartları (European Norm)
FF	Fenol Formaldehit
FRF	Fenol Rezorsin Formaldehit
F.Z.E.	Fındık Zurufu Ekstraktı
Y.A.	Yapraklı Ağaçlar
İ.Y.A.	İğne Yapraklı Ağaçlar
K.K.E.	Karaağaç Kabuğu Ekstraktı
MDF	Orta Yoğunlukta Liflevha (Medium Density Fiberboard)
MF	Melamin Formaldehit
M.K.E.	Meşe Palamudu Tanen Ekstraktı
MÜF	Melamin Üre Formaldehit
PB	Yongal Levha (Particle Board)
PW	Kontrplak (plywood)
RF	Rezorsin Formaldehit
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ÜF	Üre Formaldehit

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, kentleşme, ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmelere bağlı olarak ahşap ürünlere karşı artan talepten dolayı odun hammadde varlığı azalmış ve kullanım yerlerinin ihtiyaçlarını karşılayamamıştır. Bundan dolayı kompozit odun ürünleri alanındaki çalışmalara verilen önem artmıştır. Yapıştırıcı kullanımına neden olan bu çalışmalar sonucu orman ürünleri sanayisinde ki tutkal tüketimi de artmıştır (Kılıç, 2007; Aydın vd., 2010).

Kontrplak üretiminde amaç; odun hammaddesinin verimli kullanılabilmesi, direnç özellikleri yüksek, çalışması az, çeşitli kusurlardan arındırılmış, geniş yüzeyli malzemeler elde etmektir. Kontrplak üretiminde kullanılan tutkallara; kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartlarına göre farklı oranlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Genel olarak katkı maddeleri protein ve nişasta içerirken, dolgu maddeleri lignoselülozik yapılar içerir (Yeşil, 2008; Tan ve Çolakoğlu, 2010).

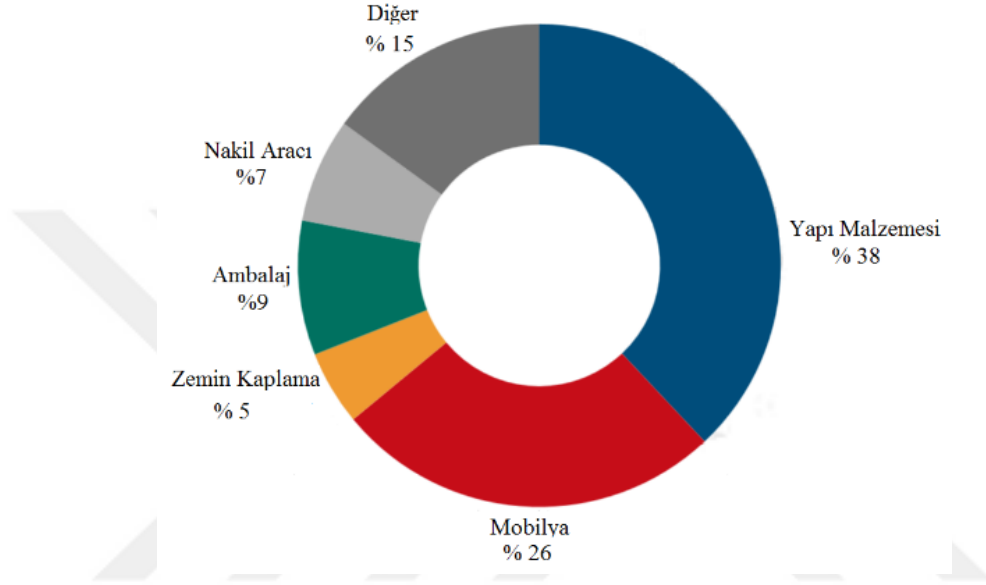
Dolgu maddeleri; tutkalı daha güçlü ve dayanıklı bir hale getirmek, yüzeye daha iyi sürülmesini sağlamak gibi çeşitli amaçlar için tutkal çözeltisine katılmaktadır. Farklı tutkallar için kullanılan dolgu ve katkı maddeleri de farklıdır (Çolakoğlu, 1993).

Kompozit malzemelerin üretimi ve kullanımı süresince oluşan formik ve asetik asit çevre ve insan sağlığına zararlıdır. Buna formaldehit esaslı tutkallar neden olmaktadır. Formaldehit emisyonunu azaltmak için levhalara katılan dolgu maddelerinin diğer özellikleri etkilememesi ve standartta belirtilen mekanik değerlerde düşüşe neden olmaması istenir (Yeşil, 2008).

Bu çalışmada; orman ürünleri sanayisinde atık durum da olan kabuğun formaldehit ile daha reaktif tepkime veren tanen bileşiklerine sahip olmasından dolayı iğne yapraklı, geniş yapraklı ağaç kabuklarının ve fındık zurufunun ekstraktları farklı oranlarda dolgu maddesi olarak tutkal karışımında kullanılmıştır. Formaldehit emisyonunu azaltması ve mekanik özellikleri iyileştirmesi amaçlanmıştır.

1.2. Kontrplak Üretim Yöntemi

2016 yılına ait kontrplak kullanım alanları ve oranlarına ait veriler Şekil 1’de gösterilmiştir. Ayrıca 2016 yılındaki kontrplak tüketimi 103,3 milyon m³’tür. Bu veriler Raute araştırma şirketinin web adresinden alınmıştır (URL-1, 2019).

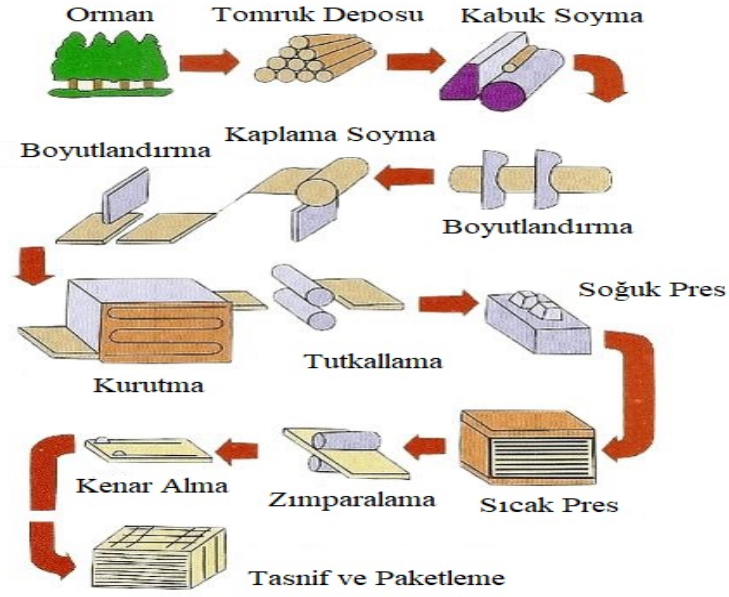


Şekil 1. Kontrplağın Dünya genelindeki pazar payı

Kaplama elde edilen ağaç türünün; büyük oranda liflerin yapısı, özgül ağırlığı, yıllık halka yapısı, ilkbahar ve yaz odununun katılım oranı, özgül ağırlık dağılımı ve her ikisi arasındaki geçişin durumu, farklı makroskopik hatalar, reaksiyon odununun varlığı ve yapraklı ağaçlarda trahelerin düzeni (halkalı/dağınık) gibi çeşitli özellikler kontrplak kalitesinin belirlenmesinde etkilidir.

İdeal kaplama için çapı en az 35 cm olan tomruk; silindirik form, uç kısımlarda geometrik merkeze sahip öz, kabuğun kapladığı yüzey ve kusursuz tomruk uçları, odun yapısında ve özgül ağırlığında değişim gösteren yavaş ve homojen büyüyen yıllık halkalar, düzgün ve öze paralel lif yapısına sahip olması kaliteyi olumlu etkiler. Budak, çürük, renk bozukluğu, reaksiyon odunu olmaması, çatlakların olması kaliteyi ve verimi düşürür (Demirkır, 2006).

Kontrplak üretiminde gerçekleşen işlemlerin iş akışı Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kontrplak üretiminde iş akış şeması (URL-2, 2018)

1.2.1. Tomruk Depolama

Ormandan kesilen kaplamalık tomrukların işleme aşamasına kadar çatlama, çürüme ve böcek zararlılarına karşı korunması gerekir. Bunun için kesimden hemen sonra gerçekleştirilecek depolama teknikleri önem taşır.

Mevsimplere göre depolama sürecinde oluşacak zarar miktarı özellikle yapraklı ağaçlarda değişiklik gösterir. Depolamanın optimum şartlarda yapılması bu zararı azaltabilir. Depolama süresi uzadıkça iklim koşullarından dolayı zarar oranı da artmaktadır. Çözüm olarak stok miktarı az ve bekleme süresinin 1-2 ay olması uygun bulunmuştur. Bu çözümün getirdiği sorunlar ise tomruk temini ve fiyat elastikiyettir (Dallı,2005).

1.2.2. Suda Pişirme

Ülkemizde uygulanan su buharı ile pişirmede amaç; odunu yumuşatmak, işlenebilirliğini kolaylaştırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak kolayca soymak ve kontrplağı oluşturan levhaların bir biri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini arttırmaktır.

Ülkemizde kontrplak fabrikalarında tomruklar buharlama odaları ve buharlama mahzenlerinde yumuşatılırken genellikle buharlama doğrudan veya dolaylı ısıtma ile yapılmaktadır.

Odunun hücre çeperinde bulunan pektin ve lignin maddesi bir miktar çözünür ve orta lamel gevşemesinden dolayı tomrukların soyulması kolay olur (Demirkır, 2006).

1.2.3. Kabuk Soyma

Kaplamalık tomruklar soyulmadan önce kabukların uzaklaştırılması gerekir. Bunun sonucunda;

- Kaplama eldesin de kabuk parçalarının bıçakla basınç levhası arasına sıkışması önlenir.
- Gövdede sağlam olarak duran budaklar ve varsa ur oluşumu gövdeyle aynı hizada kesilir.
- Ormanda kesme ve sürtmede, taşımada ve depolamada gövdeye girmiş sert cisimler soyulan kabukla birlikte tomruk yüzeyinden uzaklaştırılır.
- Tomruk yüzeyinde varsa çürük ve direncini çürüme nedeni ile kaybetmiş kısımlar uzaklaştırılır.
- Kaplama elde etme bıçaklarının önce kabukla değil, doğrudan doğruya odun partileri ile karşılaşması sağlanır.

Kabuk soyma makinesinin sahip olması gereken özellikler;

- Soyma sırasında gövdeye zarar vermemelidir.
- Sonradan ikinci bir işlemle temizleme yapmaya meydan vermeyecek şekilde temiz bir soyma gerçekleştirilmelidir.
- Kıymıksız, lif çıkıntısız, pürüzsüz bir soyma yüzeyi sağlanmalıdır.
- Soyabilecekleri çaplar geniş sınırlar arasında değişmelidir.
- Şekil bakımından düzgün olmayan tomrukların soyulması gerçekleştirilebilmelidir.
- Mümkün olduğu kadar sürekli bir çalışma şekline sahip olmalıdır.
- Çalıştırılması kolay olmalı, kaza tehlikesi bulunmamalıdır.
- Fiyatı yüksek olmamalı, kolay temin edilebilmeli, yedek parçası bulunmalıdır.
- İşletme masrafları düşük olmalıdır (Dallı, 2005).

1.2.4. Kaplama Soyma

Kontrplak fabrikalarında genelde kullanılan, soyma yöntemi ile sonsuz bant halinde, iki yüzü düzgün, büyük ebatlarda kaplama levhası elde edilir.

Soyma makinesini oluşturan parçalar; temel levhası, ayak, kızak, kavrama kolları ve başlığı ile tahrik mekanizması ile birlikte tomruk, iki ucundaki merkezlerden kavrama kolları ve kavrama başlığı ile kavranarak eksenini etrafında döndürür.

Bıçak ve basınç levhası veya makine silindirlerinden oluşan makine kızıağı aralıksız şekilde tomruğa doğru yol kateder. Ayna mesafesine kadar işlem devam ettikten sonra merkezde kalan küçük çaplı tomruk artık, artık maddeyi oluşturur.

Kaplama kalitesi, büyük oranda kontrplak özelliklerine etki eder. Kaplama kalitesi ise; ağaç türü, tomruğun soymaya hazırlanışı, soyma makinesi ve ayarlarına bağlıdır.

Özellikle soyma makinesinin bıçak ve basınç levhası ayarı kaplama kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Yeşil, 2008).

1.2.5. Ebatlama ve Kusur Temizleme

Soyma makinesinde çıkan kaplama, rulo halinde sarılmaktadır. K urutma aşamasından önce kontrplak ölçülerine göre tek taraflı ölçülendirilmiş kaplamalar ebatlanır ve kusurlardan temizlenir.

Ebatlandırmada, kontrplağın kat durumuna göre lif doğrultuları esas alınır. Tomruk kontrplak uzunluğunda ise soyma kaplama levhası sürekli olarak sağlam yerlerinden kontrplak genişliğinde, tomruk kontrplak genişliğinde ise kaplamalar sağlam yerlerinden sürekli sadece kaplama uzunluğunda kesilir. Kaplamaların kesilmesi giyotinlerle gerçekleşir (Kılıç, 2007).

1.2.6. Kaplama Kurutma

Ebatlama işlemi gerçekleştirilen, soyma kaplamalar daha iyi yapışma için şekil değişikliği olmayacak şekilde tutkal türüne göre %4 – 8 arası rutubete kadar kurutulmalıdır (Dallı, 2005).

Kurutma işlemi doğal, teknik veya doğal kurutmadan sonra teknik kurutma şeklinde gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklığa karşı hassasiyeti olan kaplamalar doğal kurutmaya tabi tutulur (Kılıç, 2007).

Kaplamalar üre formaldehit (ÜF) reçinesi kullanımına bağlı olarak %6-8 rutubete kadar yüksek hava hızıyla kurutma makinelerinde kurutulur (Yeşil, 2008).

1.2.7. Kaplama Sınıflandırma

Kurutma işleminin ardından çok rutubete sahip kaplamalar tekrar kurutulur, çok küçük ebatlarda olanlar ise uzaklaştırılır. Kaplamaların sınıflandırılması ise en kusursuz kaplamaların yüzeyde kullanılmasına dayanır. Kaplamalar optik yöntemle sınıflandırılabilir (Dallı, 2005).

1.2.8. Tutkallama, Taslak Oluşturma ve Presleme

Tutkallama işlemi makinelerde dökme, püskürtme veya sürme şeklinde, belirlenen kontrplak ölçüleri baz alınarak üretilen kaplamaların istenilen tabaka sayısı esas alınarak lifleri birbirine dik olacak şekilde üst üste dizilmesi ile taslak oluşturmasıdır (Yeşil, 2008).

Kontrplak taslakları tutkal kaplama bağına güçlendirmek için bir istif halinde soğuk preste preslenir. Soğuk presin, verimin yükselmesinde ve üretim hatalarının azalmasında avantajı vardır. Ayrıca sıcak prese yüklenme kolaylığı sağlar. Ön preslemeye; tutkal türü ve reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, sıcaklık ve rutubeti, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi ile ön basınç ve süresi etkilidir.

Pres basıncı, ağacın cinsi, elastikiyeti ve sertliği, üst yüzeylerin özelliği, orta tabakanın ölçü tamlığı ve yapısına bağlıdır. Aynı tabaka içinde değişik ağaç türlerinin kullanılmasında pres basıncı yumuşak ağaca göre ayarlanır (Kılıç, 2007).

Genellikle yumuşak ağaçlar için $8-12 \text{ kg/cm}^2$, sert ağaçlar için ise $12-18 \text{ kg/cm}^2$ olarak uygulanmaktadır. Pres sıcaklığı ise, tutkalın cinsine ve karışımı oluşturan diğer ilave maddelerin tür ve miktarına göre değişim göstermektedir. Üre formaldehit ve melamin üre formaldehit için $90-120 \text{ }^\circ\text{C}$; fenol formaldehit için ise $140-170 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta sertleşme gerçekleşir. Pres süresi, tutkalın presteki sertleşme süresi ve uygulanan sıcaklığın orta

tabakaya ulaşma zamanının toplamı kadardır. Pratikte her 1 mm levha kalınlığı için 1 dakika pres süresi yeterli görülmektedir (Çolakoğlu, 2004).

1.2.9. Boyutlandırma ve Zımparalama

Kontrplaklar klimatize edilmesi ve normal şartlar altında dinlendirilmesinin ardından geri dönüşlü çift daire makinesinde ölçülendirilir. Standart boyutlar ve karşılıklı kenar paralelliği sağlandıktan sonra üretim sınıfı temel alınarak makinelerde zımparalama işlemine tabi tutulur. Zımparalamada kalibre zımparalama (silindir zımparalama) makineleri kullanılarak kontrplaklar hem perdahlanmış hem de tam kalınlıkları çıkarılmış olur (Kılıç, 2007).

1.2.10. Kontrplakların Sınıflandırılması ve Paketleme

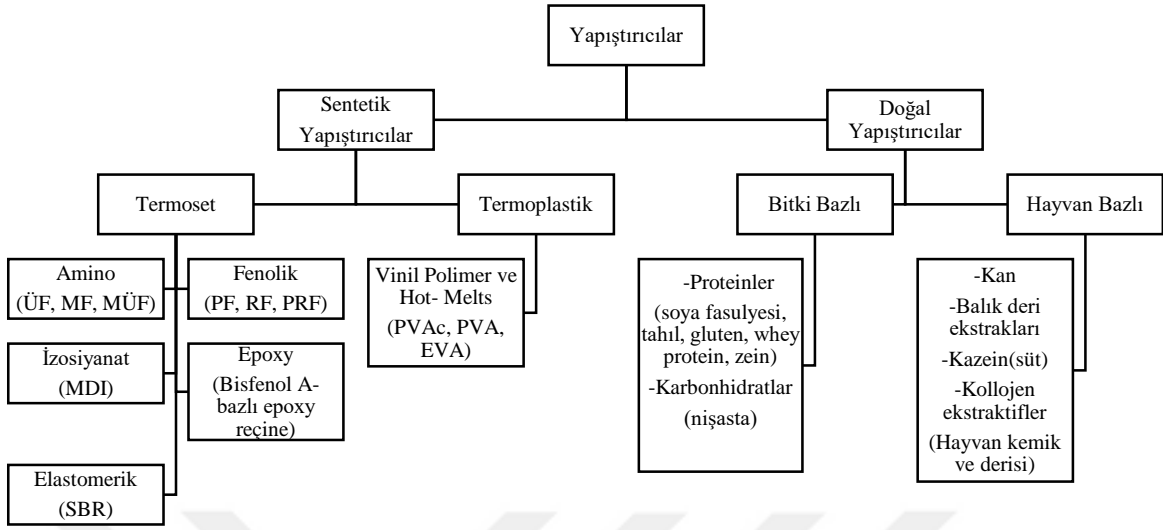
Kontrplakların zımparalanmasının ardından standardize ve sınıflandırma işlemi; yapıldığı ağaç türü kullanılan tutkal cinsi, alt ve üst yüzeylerdeki kaplama levhalarının görünüş özellikleri temel alınarak gerçekleştirilir (Çolakoğlu, 1990).

Sınıflandırılan kontrplaklar, kalite kontrol ve paketleme yapıldıktan sonra üzere istife alınırlar.

1.3. Ağaç Malzeme Yapıştırıcıları

Ağaç malzemenin tutkal kullanılarak yapıştırılması, M.Ö. 35. yy. da Mısırlıların ahşap süsleme ve kaplama sanatına dayanmaktadır (Eckelman, 2000).

Tutkallar doğal ve sentetik olmak üzere 2'ye ayrılır: 1) Doğal tutkallar: hayvan, bitki, kazein ve kan tutkalları gibi doğal kökenlidir. 2) Sentetik tutkallar: petrol, doğal gaz ve kömür gibi petrokimya ve benzerlerinin türevidir (Eckelman, 2000). Yapıştırıcıların sınıflandırılması Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yapıştırıcıların sınıflandırılması (Hamarneh, 2010).

Sentetik ve doğal yapıştırıcıların kullanım yerlerinin karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ahşap yapıştırıcıların çevre koşullarına bağlı olarak yapısal kullanımı (Vick, 1999).

Yapısal Sınıf	Hizmet Ortamı	Yapıştırıcı Türü*
Yapısal	Tamamen dış ortam (Uzun süre ıslanma ve güneşe maruz kalmaya karşı direnç)	Fenol formaldehit
		Rezorsin formaldehit
		Fenol rezorsin formaldehit
		Emülsiyon polimer/İzosiyanat
		Melamin formaldehit
	Sınırlı dış ortam (Kısa süre ıslanmaya karşı direnç)	Melamin üre formaldehit
		İzosiyonat
		Epoxy
	İç ortam (Kısa süre yüksek neme karşı direnç)	Üre formaldehit
Kazein		
Yarı Yapısal	Sınırlı dış ortam	Çapraz bağlanmış PVA
		Poliüretan
Yapısal Olmayan	İç ortam	PVA
		Hayvansal
		Soya fasulyesi
		Elastomerik
		Nişasta
Hot-melt		

*Yapışkan tipinin sadece bir yapısal sınıf / hizmet ortamı kategorisine atanması, bazı yapışkan formülasyonların bir sonraki daha yüksek veya daha düşük kategoriye düşmesini engellemez.

1.3.1. Doğal Tutkallar

Eski çağlarda birleştirme malzemeleri olarak; hayvan parçaları (deri, kemik vb.), balık derisi, ağaç reçineleri, bitki sakızları, tahıl nişastası, böcek ekstraktları (balmumu vb.) ve diğer doğal yapışkan malzemeler (hayvan yumurtalarından elde edilen albümin ve sütden elde edilen kazein vb.) kullanılmıştır (Pizzi ve Mittal, 1994).

1.3.2. Sentetik Tutkallar

Sentetik tutkalların orman ürünleri sanayisinde kullanımı II. Dünya Savaşı sonrasında yaygınlaşmıştır. Doğal tutkallara kıyasla suya daha fazla direnç göstermelerinin yanı sıra fiziksel özellikleri açısından benzer yapıya sahiptir (Eckelman, 2000).

Sentetik reçineler: termoset (sıcakta sertleşen) ve termoplastik (sıcakta yumuşayan) reçineler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır.

1- Termoplastik reçinelerde sertleşme sonrası bir çapraz bağlanma reaksiyonu oluşmaz bundan dolayı yapıştırıcıyı ısı ile yumuşatmak mümkündür. Polivinil asetat emülsiyonları ve hot-melt tutkalları bu gruba dâhil olan yapıştırıcılardır.

2- Termoset yapıştırıcılar çapraz bağlanma reaksiyonu esnasında oluşan fiziksel ve kimyasal değişikliklerden dolayı çözünmez hale gelir. Çapraz bağlanma ısı/kimyasal madde veya bunların her ikisinin yardımıyla kendiliğinden başlayabilir. Üre formaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit, resorsin formaldehit ve fenolresorsin formaldehit tutkalları bu gruba dâhil olan yapıştırıcılardır (Demirkır, 2006).

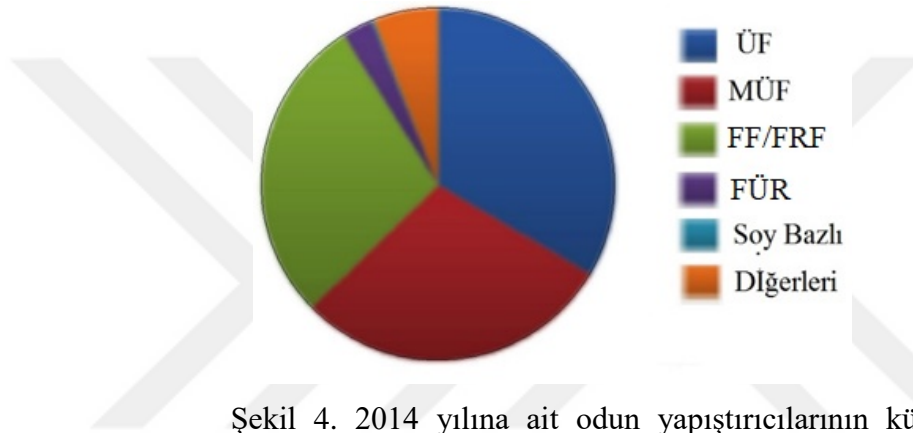
Termoset tutkallar: amino, fenolik, epoxy, izosiyanat, ve elastomerik olarak 5 sınıfa ayrılır.

Amino Reçineler: aminlerin aldehitlerle verdikleri tepkimelerden elde edilen polimerlerdir. Yaygın kullanılan temel amin bileşikleri melamin ve üredir. Aldehitler içerisinde ise formaldehit önemlidir. Bu nedenle amino grup reçineler melamin formaldehit ve üre formaldehit reçineleri olarak sınıflandırılabilir (Saçak, 2004).

1.3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF)

ÜF tutkallarının bir kısmı reçine ve sertleştiriciyi içeren toz halindedir ve su ilavesi ile sertleşir. Genelde kullanılan ÜF tutkalları ise sıvı halde satılır ve sertleşmesi için sertleştiricinin eklenmesi gerekir. Sertleşmenin meydana gelmesi sertleştirici ilave edildiğinde başlar. Sertleşme reaksiyonunun hızı, ısı ile doğru orantılıdır.

Orman endüstrisinde kullanılan tutkalların küresel düzeyde pazar payı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. 2014 yılına ait odun yapıştırıcılarının küresel pazar payı (Hellweg ve Messmer, 2015).

ÜF tutkalı diğer termoset tutkallarla karşılaştırıldığında sıcaklık ve neme karşı dirençsizdir. Bu dezavantajı ÜF tutkalında bağ oluşturan reaksiyonların tersine dönmesi sonucu formaldehit emisyonuna neden olur. Bundan dolayı ÜF tutkalı ile iç mekânda kullanılacak levhalar yapıştırılır. Buna rağmen formaldehit emisyonu tamamen durmaz (Conner, 1996).

ÜF reçinelerinin avantajları ve dezavantajları (Dunky, 1998):

- ÜF reçineleri su ve hava koşullarına dayanıklı değildir
- ÜF bağlı levhalardan sonraki formaldehit emisyonu
- Tam sertleşme dâhil yüksek reaktivite ve düşük presleme süreleri
- Temiz bir yapışma hattı
- Soğuk yapışma (önpres)
- Sulu sistem (organik çözücü yokluğu)
- Diğer yapıştırıcılarla karışabilirliği
- Tutuşmazlık

- Düşük fiyat

Üre ve formaldehit arasındaki tepkime: üre içerisindeki dört değiştirilebilir hidrojen atomundan ve formaldehit içerisindeki ikisinin işlevselliğinden kaynaklanmaktadır. Genellikle alkali metilasyon ve ardından bir asit kondenzasyonu gerçekleşir (Cheng ve Feng, 2012). İki aşama arasındaki pH farkı üretimde avantaj sağlamak için kullanılır (Conner, 1996).

Üre genellikle iki veya bazen daha fazla adımda eklenir. Ürenin ilk eklenmesi, formaldehit-üre (F / U) oranının büyük olduğu (~ 1.6-2) metilasyon aşaması sırasında gerçekleşir. İkinci üre ilavesi kondenzasyon basamağı sırasında olur. İkinci ve sonraki herhangi bir üre ilavesi, nihai F/U oranını istenen seviyeye düşürür (Conner, 1996).

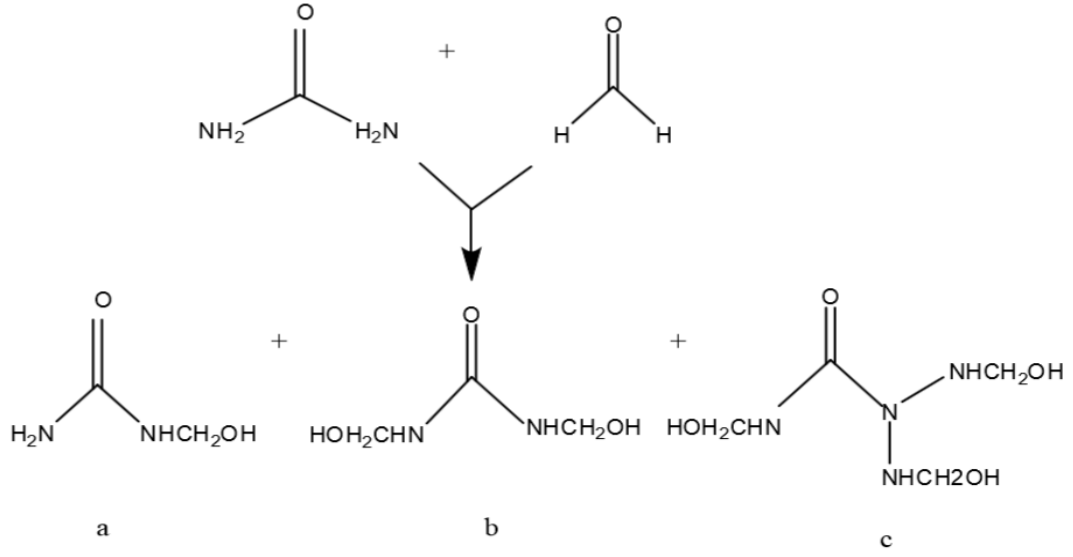
Reaksiyon ürünlerinin özelliklerini belirleyen en önemli faktörler şunlardır:

- Üre'nin formaldehit ile nispi molar oranı,
- Reaksiyon sıcaklığı ve süresi
- Kondenzasyonun gerçekleştiği çeşitli pH değerleri (Cheng ve Feng, 2012).

Bu faktörler tutkalın molekül ağırlığındaki artışı etkilemektedir. Molekül ağırlığı ise tutkalın çözünürlüğünü, viskozitesini, su tutma yeteneğini ve sertleşmesini etkilemektedir (Dunky, 1998).

Genel olarak, ÜF tutkalının üretim aşaması iki adımdan oluşmak üzere alkali metilasyon ve asidik kondenzasyon basamaklarını içerir.

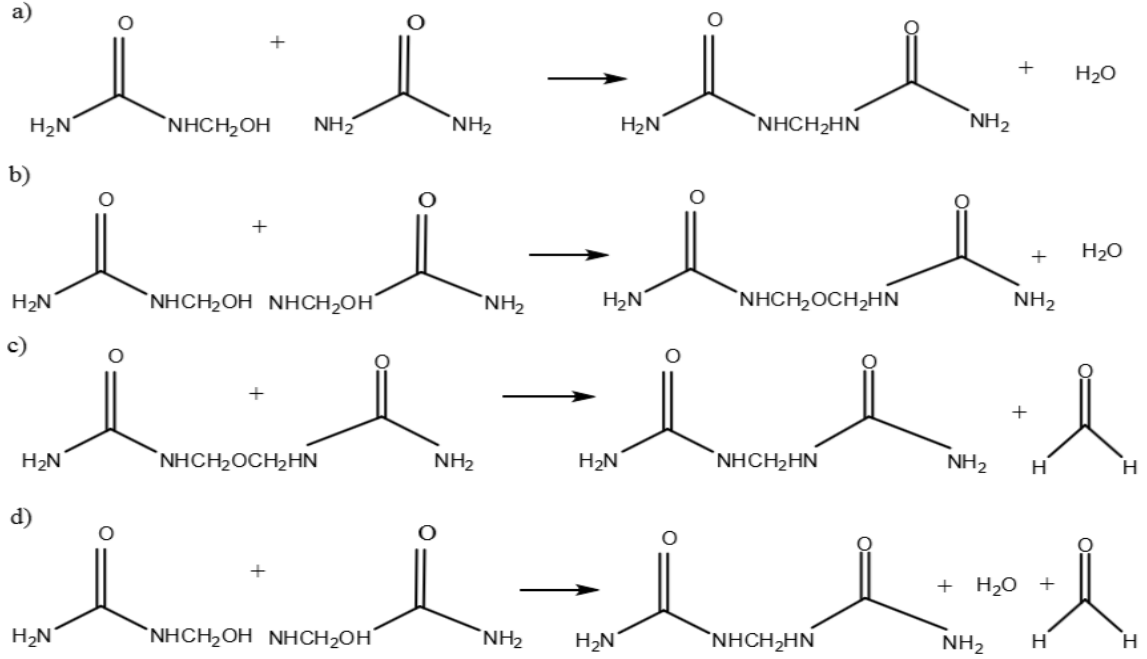
İlk adım: bazik (pH 8-9) ortamda üre ve formaldehitin reaksiyona sokulmasıyla metilolürelerin oluşumu ile gerçekleşir (Conner, 1996). Metilasyonun moleküler türleri; mono-, di- ve trimetilolürelerdir. Tetrametilolürenin hiç izole edilmediği bilinmektedir (Cheng ve Feng, 2012). Metilolürelerin oluştuğu kimyasal tepkime Şekil 5 'te gösterilmiştir. Bu adım metilolürelerin kondenzasyonunu içeren reaksiyonların yokluğunda metilasyonun devam etmesine izin vermek için bazik koşullar altında gerçekleştirilir (Conner, 1996).



Şekil 5. Üreye formaldehitin eklenmesiyle (a) mono-, (b) di-, ve (c) trimetilölüre oluşumu (Jovanovic vd., 2011)

ÜF tutkal sentezinin 2. adımını düşük molekül ağırlıklı metilölürelerin kondenzasyonu oluşturur (Conner, 1996). İkinci adım: asidik (pH 5) ortamda gerçekleştirilir. Düşük sıcaklık ve pH, metilölüreler üzerinde metilen eter köprülerinin (-CH₂-O-CH₂-) oluşumunu kolaylaştırır (Conner,1996). Eter köprüler, formaldehit ayrılarak metilen köprülerine yeniden düzenlenebilir. Bir eter köprüsü iki formaldehit molekülüne ihtiyaç duyar ve bir metilen köprüsü kadar dayanıklı değildir (Cheng ve Feng, 2012). Kondenzasyon reaksiyonları istenen viskoziteye ulaşılan kadar gerçekleştirilir (Conner, 1996).

Asidik kondenzasyon sırasında ve sonrasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. a) Amin grupları arasındaki metilen köprüleri, b) metilen eter bağları ve c), d) metilen bağları (Jovanovic vd., 2011)

Ardından, reaksiyon karışımı soğutulur ve nötrleştirilir. İstenen katı madde içeriğine sahip bir reçineyi (tipik olarak yaklaşık % 60-65) elde etmek için su, vakumla damıtılarak uzaklaştırılır (Conner, 1996).

ÜF tutkalının yeterli direnç özelliklerine sahip olması ve yapıştırılan yüzeyler arasında sağlam bir tutkal hattı oluşturması sertleşme sonucunda gerçekleşir.

Sertleşme: ÜF tutkalının sertleşmesi normal olarak ~ 120 ° C' de ve pH <5 olduğunda gerçekleşir (Conner, 1996). ÜF tutkalının sertleşmesi sonucu doğrusal ve / veya dallanmış ve aynı zamanda üç boyutlu ağ yapısı oluşur (Cheng ve Feng, 2012). Bununla birlikte, kolloidal bir fazın reçine sertleşme sırasında da meydana geldiğine dair kanıtlar vardır (Conner, 1996).

ÜF tutkalı kullanılmadan önce bir asidik sertleştirici katalizör eklenir. Amonyum klorür ve amonyum sülfat, orman ürünleri endüstrisi tarafından kullanılan en yaygın katalizörlerdir (Conner, 1996).

Sertleşmemiş tutkalın yapışkanlık, jel süresi, yayılabilirlik, formaldehit emisyonu ve dayanıklılık gibi özelliklerine kullanım yerine uygun olarak müdahale edilebilir (Conner, 1996).

1.3.2.2. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF)

Reaksiyonun pH ı 5-6 olarak belirlendikten sonra 1/6 oranında melamin ve formaldehit reaksiyona sokulur ve adım adım devam eder. Suda çözülebilir hale geldikten sonra tepkimenin sona ulaşması beklenmeden çözeltinin nötr hale getirilmesi ve soğutulması ile reaksiyon yarıda durdurulur. Tutkalın raf ömrünü 1 sene olabilmesi için toz halde serin, kuru bir ortamda saklanması gerekir (Gerengi vd., 2012).

Melamin formaldehit sentezi tüm pH değerlerinde gerçekleşir. Metilmelaminin hidrofobik ara maddeler vermek için oluşturduğu tepkime su ile formaldehidin ayrışması sonucu metil eter bağlarını meydana getirir. Bunun sonucu olarak reçinenin boyutu hızla artar. Bu sertleşme mekanizması amino ve metilol gruplarının reaksiyonu ile sağlanır. Yapılan araştırmalarda melamin formaldehitin, en iyi fiziksel özelliklerinin ve kondenzasyon derecesininin çapraz bağlanma sonucu elde edildiği görülmüştür (Gerengi vd., 2012).

Melamin formaldehitin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Üre ve fenol reçinelerinde pahalıdır.
- Neme karşı UF den dirençli, FF den daha az dirençlidir.
- Melamin reçineleri 90-140 °C sıcaklıklar arasında sertleşirken herhangi bir sertleştiriciye gerek duymazlar.
- Pahalı olan MF tutkalına üre katılıp maliyeti düşürülebilir.
- Sulu çözeltilerinin raf ömrü kısadır 3 hafta dayanabilir.
- Melamin reçinesi daha çok tabakalar halinde yapıştırılan ve kaynatmaya karşı dayanıklılık isteyen ağaç malzemelerin yapıştırılmasında kullanılır (Güler, 2001).

1.3.2.3. Diğer Tutkallar

Orman ürünleri sanayisinde; kullanılacak ortam, mekanik direnç, estetik görünüş, maruz kalacağı (UV, nem, biyotik faktörler) etkenler için farklı özellikte tutkallar üretilmiştir. Bu tutkalların bir kısmının karakteristikleri ve kullanım alanları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Diğer tutkalların özellikleri ve kullanım alanları (Sellers vd., 1988).

Reçine Türü	Karakteristikleri	Kullanım Alanları
Fenol Formaldehit (FF)	Normal olarak 105 °C nin üzerinde sertleşir. Genellikle yüksek alkali koşullar sertleşmeyi hızlandırır. Suya dayanıklı, koyu renklidir.	Yapı kontrplağı, OSB ve etiket yonga levha. Dış ortamlar için uygundur.
Emülsiyon Polimer/ İzosiyanat (EPI)	Soğuk ve sıcak sertleşme. İki komponentli (bileşen) sistem, oda sıcaklığında sertleşebilir. Su ve sıcaklığa dirençlidir. Formaldehit ayrışması yok.	Odunun, oduna veya odunsu olmayan malzemelere laminasyonunda. İç ve dış ortamlar için uygundur.
İzosiyanatlar (MDI)	Sıcakta sertleşir, su ve ısı sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklıdır. Renksizdir.	Etiket yonga levha, OSB ve yonga levha; iç ve dış ortamlar için uygundur.
Fenol Resorsinol Formaldehit (FRF)	Oda sıcaklığında ve ılık ortamda sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır, şiddetli koşullarda suya dayanıklı, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Köprü ve iskele kısımları, lamine levha ve kamyon kasası; iç ve dış koşullar için uygundur
Resorsinol Formaldehit (RF)	Soğuk veya sıcakta sertleşebilir, sıcaklık veya katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dirençli, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Laminatlar, gemi aksamları dış ortamlar için mobilya; ekstrem koşullar için.

1.4. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Orman ürünleri sanayisinde kullanılan sentetik tutkalların temel bileşenleri aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır;

Bağlayıcı: Tabakaların birleştirilmesinde bağlayıcı görev yapan ana bileşendir.

Sertleştirici: Termoset tutkallarda kullanılır, tutkalın sertleşmesini hızlandırır.

Çözücü: Tutkalın viskozitesinde azalma meydana getirerek sürülmeyi kolaylaştırır.

Seyreltici: Viskoziteyi düşürmek ve bazı yapıştırıcıların işlem koşullarını değiştirmek için kullanılır. Çözücüler gibi buharlaşmaz.

Dolgu maddesi: Malzeme maliyetini düşürür ve özelliklerini iyileştirir.

Katkı maddesi: Bunlar plastikleştiricileri, hızlandırıcıları, inhibitörleri, geciktiricileri, yapışkanlaştırıcıları, koyulaştırıcıları, film oluşturucuları, antioksidanları, antifungal ajanları ve yüzey aktif cisimlerini içerir (Ebnesajjad ve Landrock, 2014).

Dolgu ve katkı maddeleri tutkalın özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Yapıştırıcılarda kullanılan dolgu ve katkı maddelerinin, tutkala katılma oranlarının seçiminde; reçine tipi, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartları etkilidir. Dolgu ve katkı maddelerinin ayrımı içinde bulunan maddelere göre yapılmaktadır. Proteinli ve nişastalı ise katkı maddesi, lignoselülozik ise dolgu maddesi olarak isimlendirilir. Katkı maddeleri kullanılan tutkal miktarını azaltırken tutkala oranla az bir yapışma sağlar. Dolgu

maddeleri: yapıştırma özelliği olmayan, tutkalın yeknesak dağılımı, çalışması, direnç ve diğer özelliklerini iyileştirmek için kullanılır (ASTM-D-1907-77).

Katkı maddesi olarak tahıl ve baklagil unlarının yapıştırıcıya ilavesi sonucunda tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, reçinenin sadece kaplama yüzeyinde tutunmasına ve kaplamanın ıslanabilirliğine olanak sağlamakta, makinede gerçekleştirilen tutkallama işlemini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca sertleşen ÜF tutkal hattında meydana gelebilecek gevrekliği ve gerilimleri büyük ölçüde azaltır. Sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalmasını da önlemektedir.

Ayrıca yoğunluğu fazla olan odunlarda daha güçlü adhezyon, tutkallanmış kaplamaların preslenmeden önce bekleme sürelerinde daha uzun tolerans, ön preste odun ve tutkal arasında daha kuvvetli bir bağ oluşumunu sağlamaktadır.

Dolgu maddeleri genel olarak;

1. Lignoselülozik dolgu maddeleri (organik);
 - a). Furfurol yan ürünleri,
 - b). Ceviz gibi çekirdekli meyve kabuk unları,
 - c). Ağaç kabuk unları,
 - d). Odun tozları,
 - e). Kâğıt hamuru artıkları (özellikle lignin)
2. İnorganik dolgu maddeleri;
 - a). Çeşitli killler, gibi sınıflandırılabilir.

Dolgu maddeleri kaplamaların yüzeyinde bulunan hücre lümeni ve diğer boşlukları, çatlakları, pürüzlülükleri doldurarak poroziteyi minimuma indirmektedir. Kaplama porozitesinin azalması ile dolgu maddeleri yapışma hattında kalabilmektedir. Belirli dozajda kullanılması yapışma direncini önemli şekilde etkilemezken gereken ölçüden fazla kullanılması durumunda makinelerde gerçekleşen tutkallama işlemini zorlaştırmakta ve tutkal-odun arasındaki bağda zayıflama meydana getirmektedir (Çolakoğlu,1993).

Dolgu maddesi olarak kabuk, işlenmemiş veya çeşitli ekstraksiyon işlemlerine tabi tutulmuş şekilde tutkalda belirli oranlarda kullanılabilir.

1.5. Kabuk

Kabuk ağacın odundan sonraki en önemli doku kısmıdır (Fengel ve Wegener, 1984). Kabuk odun dokularını mekanik hasarlardan korurken sıcaklık ve nemin etkisini de önler

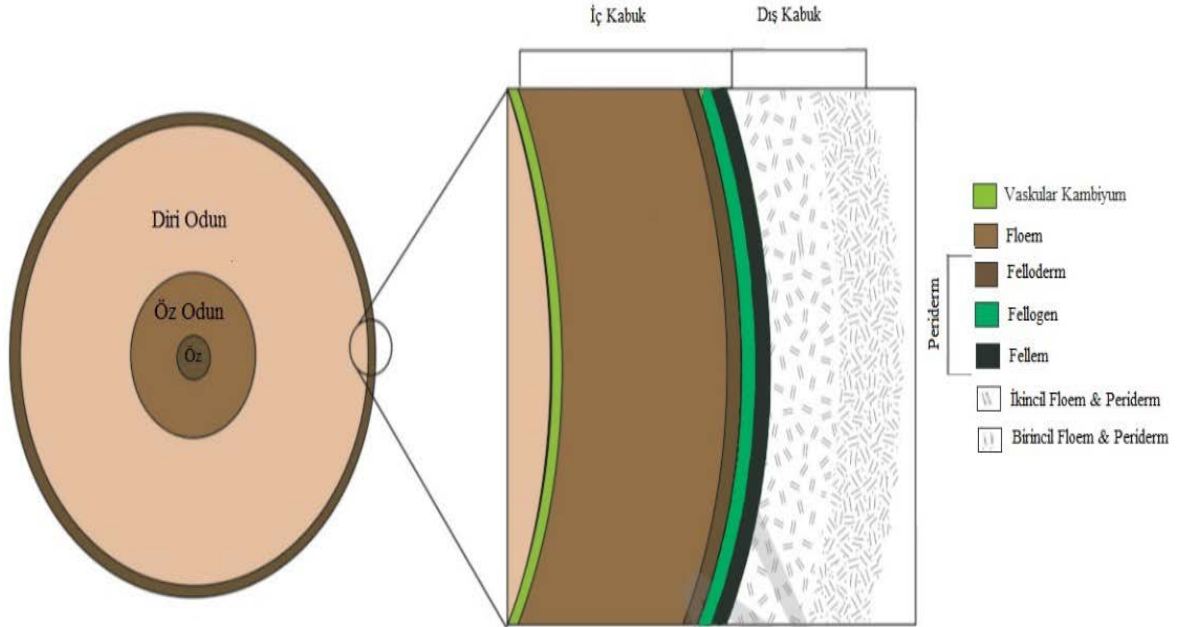
(Sjöström, 1981). Türe ve yetiştirme şartlarına göre farklılaşmakla birlikte bir ağacın yaklaşık %10-20'si kabuktan meydana gelmektedir. Ağacın dallarında ve tepe kısmında bu oran %20-35'lere kadar çıkmaktadır. Ağaç gövdesinin dip kısımlarında ve köklerinde bu oran gövde kısmından daha yüksektir (Fengel ve Wegener, 1984).

1.5.1. Kabuk Anatomisi

Kabuk dış kabuk ve iç kabuk olmak üzere iki kısma ayrılır. Dış kabuk periderm ve ya ritidom olarak adlandırılır ve üç katmandan oluşur: fellem (mantar doku), fellogen (mantar kambiyumu) ve felloderm. Periderm'in kalınlığı ağaç türleri arasında, aynı tür içinde ve kabuğun yaşıyla ilgili olarak değişiklik gösterir.

İç kabuk floem veya bast olarak adlandırılır ve yapı olarak karmaşıktır. Elek tüpleri, lif hücreleri, albuminoz hücreleri dâhil olmak üzere parankim hücreleri, ideoblastlar ve laktifler gibi çeşitli tiplerde hücrelerden oluşur. Her kabuk tipinde aynı hücre türü görülmez. Kabuğu odun ve ya ksilemden vasküler kambiyum tabakası ayırır (Rowell, 2005).

Ağacın gövde kısmını oluşturan anatomik katmanlar Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Kabuğu oluşturan katmanlar (D'Souza, 2016).

1.5.1.1. Dış Kabuk

Odunsu bitkilerin çoğunda bir periderm, epidermisin gelişiminin ilk yılındaki yerini alır. Gövdedeki ilk periderm, genellikle kabuğun dış yüzeyindeki mantar kambiyumundan ya subepidermal tabakadan ya da epidermisten kaynaklanır. Mantar doku ağırlıklı olarak kabuğun dış kısmına doğru oluşturulur, ancak bazı bölümler de parankima hücrelerine benzeyen felloderm kabuğun iç kısmına doğru oluşur. Bu dizilimden dolayı son ritidom genellikle pul pul şeklinde meydana gelir ve mantar hücrelerine ek olarak, bast hücrelerini de içerir.

Üç ince katmandan oluşan ve nadiren çukur oluşturan mantar hücreleri, radyal sıralarda düzenlenir ve erken bir aşamada ölür. Dokuyla su ve gazlara karşı dirençli sıkı bir katman oluşturur. İlkbahar ve yaz sonlarında meydana gelen farklı büyüme nedeniyle, ksilemdeki yıllık halkalara karşılık gelen kabuk ayrı katmanlar oluşturur.

Ölü bir doku olan ritidom gövdenin radyal büyümesine karşı direnç gösteremez ve çatlaklar. Çatlak kabuğun ortaya çıkan formu, ritidomun anatomik yapısına ve esnekliğine bağlıdır ve her ağaç türünün tipik bir özelliğidir (Sjöström, 1981).

1.5.1.2. İç Kabuk

İç kabuğun ana bileşenleri: elek elemanları, parankima hücreleri ve sklerenkima hücreleridir. Elek elemanları, sıvıların ve besinlerin taşınması işlevini yerine getirir. Elek elemanları özelliklerine ve şekillerine göre elek hücrelerine ve elek tüplerine ayrılır. Elek hücreleri gymnospermlerde ve elek tüpleri angiospermlerde bulunur.

Elek elemanları boyuna hücre sıraları şeklinde düzenlenir. Elek hücrelerinin uçları kapalı ve elek tüplerinden daha uzundur. Elek tüpleri ise elek hücrelerine kıyasla daha kısa, büyük çaplıdır ve uçları kapalı değildir. Monokotiledonlarda 1-2 yıl sonra ve ya uzun süre kaldıktan sonra, elek elemanlarının aktiviteleri durur ve bunlar yeni elemanlarla değiştirilir (Sjöström, 1981).

1.5.2. Kabuk Kimyası

Kabuğun kimyasal bileşimini bilmek kullanımı açısından önem taşır. Kabuklar odundan farklı şekilde çalışır, daha az anizotropiktir (üç boyutlu çalışma), daha düşük ısı transfer katsayısına sahiptir ve tüm mekanik özelliklerde oduna kıyasla çok daha zayıftır (Fengel ve Wegener, 1984).

Floem ve periderm arasındaki anatomik farklılıklar kabuğun kimyasal bileşimine de yansır. Genel olarak iç kabuktan dış kabuğa doğru ekstraktif maddeler ve polisakaritler azalırken lignin ve polifenolik maddeler artar. Kabuğun kimyasal bileşimi odunla kıyaslandığında kabuktaki polifenollerin ve suberin varlığı odundan daha az polisakkarit ve daha çok ekstraktif içerdiği sonuçlarına ulaşılmıştır (Fengel ve Wegener, 1984).

Ağaç türlerine ve doku kısımlarına göre analizleri yapılan kimyasal bileşenler ve bulunma yüzdeleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Ayrıca, ağaçta polisakkarit ve lignin ile karşılaştırıldığında en düşük miktarda iştirak oranı olan ekstraktif maddelerin türleri, alt sınıfları, bulunduğu yer ve ağaç türü Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Kabuk ve odundaki temel bileşen miktarları (Harkin ve Rowe, 1971).

Kimyasal Bileşik	İğne Yapraklı Ağaçlar		Geniş Yapraklı Ağaçlar	
	Kabuk (%)	Odun (%)	Kabuk (%)	Odun (%)
Lignin	40-55	25-30	40-50	18-25
Polisakkaritler	30-48	66-72	32-45	74-80
Ekstraktifler	2-25	2-9	5-10	2-5

Tablo 4. Ağaçlarda sekonder bileşenlerin sınıflandırılması (Yang ve Jaakkola, 2011).

Ekstraktifler	Alt sınıflar	Bulunduğu Yer	Ağaç türleri
Terpenoids	Monoterpenoidler- Reçine asitleri -Diğer terpenoidler	Oleoresin kanalları- Heartwood-Knots- Bark	İ.Y.A
Yağlar	Trigliserit-Yağ asitleri-steril ester steroller	Parankima hücresi	İ.Y.A G.Y.A
Fenolik Mad.	Lignans-Flavonoid Stilbenes -Tanenler	Öz odun-Budak-Kabuk- Yaprak	İ.Y.A G.Y.A
Karbonhidratlar	Glikozitler-Şeker-Nişasta - Proteinler-Sakız -Pektin	Diri odun-Kambiyum- Öz odun	İ.Y.A G.Y.A
İnorganik	Çeşitli tuzlar	Diri odun-İç kabuk	İ.Y.A-G.Y.A

Kabukta bulunan kimyasal maddeleri çözümler ve çözümler maddeler olarak 2 gruba ayırmak mümkündür.

1.5.2.1. Çözümler Maddeler

Çözümler maddeler, karbonhidratlar ve ekstraktif maddeler olarak 2 gruba ayrılır. Sonrasında ise ekstraktif maddeler lipofilik ve hidrofilik maddeler olmak üzere 2 kısma ayrılır. Ekstraktif maddeler kabukta odundan daha fazla bulunurlar. Bu kısımların kendine özgü sınırları yoktur ve kabuk kuru ağırlığının %20-40 ını oluştururlar. Bazıları kabukta tipik olarak ama odunda nadiren bulunan heterojen madde gruplarını meydana getirir (Sjöström, 1981).

- Karbonhidratlar: Sıcak su ekstraksiyonu, esas olarak glukoz ve fruktozdan oluşan yaklaşık %5 oranlarında karbonhidrat çözer. Bu miktar büyüme mevsimine bağlı olarak değişir. Örneğin, ilkbaharda karbonhidrat içeriği düşüktür ve büyüme mevsimi boyunca artar, sonbaharda azami seviyeye ulaşır. Kabukta bulunan diğer karbonhidratlar galaktoz, ksiloz, mannoz ve sukrozdur. Yüksek arabinoz içeriğine sahip kabuğun sıcak su ekstraksiyonu daha çok karbonhidrat içerir. Şekerler glikozitler veya hemiselülozlar halinde bağlanır. Hidroliz sırasında salınan diğer şekerler, glukoz, fruktoz, galaktoz, ksiloz, mannoz ve ramnozdur (Rowell, 2005).

Pektinler, iç kabuktaki parankim hücre duvarlarında yüksek konsantrasyonlarda bulunur ve bağlayıcı olarak işlev görür. Pektin maddesinin küçük parçaları olarak çoğunlukla L-arabinofuranoz ve D-galactopiranoz bulunur. Ayrıca pektin metil ester olarak da bulunur (Sakai, 2001).

Tek başına galaktoz veya galaktoz ile birlikte arabinoz birimleri içeren pektik bir madde de kabuktan izole edilmiştir (Rowell, 2005).

- Ekstraktifler:

Lipofilik bileşikler: Temel olarak yağlardan, balmumlarından, terpenoidlerden ve daha yüksek alifatik alkollerden oluşur. Terpenoidler, reçine asitleri ve steroller kabuğun içindeki reçine kanallarında bulunur. Bunun dışında mantar hücreleri ve yaralı kabuğun patolojik eksüdasında (oleoresin) bulunur. Triterpenoidler kabuklularda bol miktarda bulunur: sitosterol, bir alkol bileşeni olarak balmumlarında meydana gelir. Bu maddeler etil eter, klorometan gibi apolar çözümlerle ekstrakte edilebilir (Sjöström, 1981).

Hidrofilik bileşikler: Büyük miktarda fenolik bileşen içeren bu grup, tek başına su, aseton veya etanol gibi polar organik çözücüler kullanılarak ekstrakte edilebilir. Birçoğu, özellikle kondanse tanenler (genellikle "fenolik asitler" olarak adlandırılır), yalnızca sulu alkalilerin seyreltik çözeltileri ile tuzlar halinde elde edilebilir (Sjöström, 1981).

Polifenoller: Polifenoller terimi, türetilmiş çok sayıda ilişkili bileşik anlamına gelir. Esas olarak flavan türevlerinden oluşur. Kabuklarda bulunan polifenoller moleküler ağırlıklarına ve çözünürlüklerine göre sınıflandırılır:

Moleküler ağırlıkta en düşük di ve trimerik flavanoller olan prosiyanidinlerdir (proantosiyandinler).

Kondanse tanenler (flobafenler) benzer yapıda fakat moleküler ağırlıkta daha yüksektir. Sıcak suda çözünürlükleri ve yaklaşık 1 000 (tetramer) 3 000 (undecamer) arasında moleküler ağırlıklı bileşikler içerirler. Kabuklarda kondanse tanenlerin içeriği %5-50 arasında değişmektedir. Bu polifenoller kateşin, gallokateşin ve diğer flavanollerden oluşur, ancak flavonoller ve kalkonlar da mevcuttur.

Polifenollere ait üçüncü bileşik grubu, yukarıda belirtilen bileşiklerden, 100 °C'de sadece %1 NaOH ile ekstrakte edilebilmeleri nedeniyle farklı olan polifenolik asitlerdir. Mineral asitlerle çökeltilmeden sonra, bileşikler suda ve polar organik çözücülerde kısmen çözünür. Genel olarak %1-4 alifatik hidroksil grupları ve %2' den az bir metoksil içeriği ile karakterize edilirler.

Piroliz, temel olarak fenoller (fenol, kresoller, guaiacol, catechin) ve sadece az miktarda alifatik bileşikler (metanol, asetik asit, aseton) verir. Nitrobenzen oksidasyonu yoluyla, tipik lignin bozunma ürünlerinin küçük bir kısmı bulunmuştur. Bunlar vanilin, vanilin asit, p-hidroksibenzaldehit ve protokatekualdehitindir (Fengel ve Wegener, 1984).

Aşırı derecede heterojen olan hidrolize edilebilir tanen grubuna ait bileşikler, kabukta oluşan diğer fenolik bileşenlerdir. Bu tanenlerin içindeki ester bağları ılık suda bile kısmen hidrolize olduğundan ellagik ve gallik asitler kolayca çökeltir (Sjöström, 1981).

1.5.2.2. Çözünmez Maddeler

Kabukta karbonhidrat, protein, vitamin ve benzerleri bulunur. Nişasta ve pektinler dışında oligosakaritler, floem eksüdatlarında rafinoz ve stakiloz dâhil tespit edilmiştir. Başlıca hücre çeperi bileşenleri polisakaritler, lignin ve suberinlerdir (Sakai, 2001).

Odun için geliştirilen ekstraksiyon yöntemleri doğrudan ağaç kabuğu için kullanılamaz. Ağaçta bulunmayıp kabukta bulunan ve bu analiz yöntemlerine etki eden pek çok bileşik vardır. Örneğin suberin varlığı, kabuktaki lignine, delignifikasyon reaktiflerinin erişimini sınırlama eğilimindedir ve bu nedenle, kabuktaki polisakaritlerin gruplanmasına izin verecek kadar saf olmayan bir holoselüloza yol açabilir. Suberin, polyflavonoidler ve diğer yüksek molekül ağırlıklı kondanse tanenler ligninin analizini karmaşıklaştırarak lignin içeriğinin yüksek çıkmasına neden olabilir (Rowell, 2005).

- Polisakaritler: Bast lifleri esas olarak polisakaritler tarafından oluşturulur. Selüloz yapısı, odundakiyle aynı tiptedir ve kuru kabuk ağırlığının yaklaşık %30'unu oluşturur (Sjöström, 1981).

Kabukların selüloz içeriği, ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak %16 ile 41 arasında değişmektedir. Ana şeker grubu glukozdur. Özellikle yüksek suberin içeriği, selülozu izole etmek için konsantre koşullar gerektirir, bu nedenle selüloz içeriği genellikle düşüktür ve selüloz, izolasyon işlemi sırasında degradasyona uğrar. Dış kabuk genellikle iç kabuktan daha az selüloz içerir (Rowell, 2005).

Farklı ağaç kabuklarından izole edilen selülozların ortalama polimerizasyon derecesi, Pn, 125-170 ve ağırlıkça ortalama polimerizasyon derecesi ise Pw, 4000-6900 bulunmuştur. Bu değerlere göre, kabuk selülozu odundan daha düşüktür ve daha fazla polidisperdir. Ayrıca kabuk selülozunun kristal yapısı, odun selülozundaki gibi Selüloz I yapısındadır fakat kristalinite derecesi daha düşüktür (Deniz, 2012).

- Lignin: Fenolik asitlerden ayrılma zorluğundan dolayı lignin üzerinde tamamen açıklayıcı veriler mevcut değildir. Farklı ağaç türlerinden elde edilen iğne yapraklı ağaç kabukları için yaklaşık %15-30 oranında lignin içeriği (ekstraksiyon gerektirmeyen kabuk ağırlığına göre) rapor edilmiştir. Diğer çalışmalar, iç kabuktaki ligninin odun ligninine benzer olduğunu gösterirken dış kabuktaki ligninin ondan önemli ölçüde farklı olduğunu göstermektedir. Bu farklılıkları doğrulamak için ne zaman olursa olsun daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Sjöström, 1981).

Kabuk bileşenlerini içeren diğer analizlerde olduğu gibi, lignin içeriği için literatür değerleri, ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişebilir. Suberin sülfürik asitte çözünmediği için yüksek oranda kondanse tanen, hidrolize tanen ve lignin değerleri verir (Rowell, 2005).

Kabukların lignin oranı ancak alkali ekstraksiyonu ile belirlenebilir. Bu arada, uygulanan hidrolizde çözünmeyen polifenoller lignin miktarının normalden yüksek

bulunmasına neden olur. Kabuk lignini yapısal çalışmaları, polifenoller ve ekstraktifleri içermediğinden, sklereit hücreleriyle yapılır. Sklereit hücreleri öğütüldükten sonra eleme ve ya yüzdürme ile kolayca diğer hücrelerden ayrılır. Titrek kavaktaki taş hücrelerinde %23 oranında bulunur (Deniz, 2012).

- Süberinler: Mantar hücreleri, polestolidler veya süberinleri içerir. Meşe kabuğunun (mantar) dış katmanındaki suberin içeriği yüksektir ve huş kabuğunun periderminde %20-40 arasındadır. Polyestolidler, ester bağlarıyla birbirine bağlanan ω -hidroksi monobazik asitlerden oluşan karmaşık polimerlerdir. Ayrıca, bifonksiyonel alkollerle (dioller) esterlenmiş β -dibazik asitleri, ferulik ve sinapik asit gruplarını içerirler.

Zincir uzunlukları değişkendir, ancak suberinler 16 ve 18 karbon (C) atomuna sahip moleküller ile zenginleştirilmiştir. Ayrıca, ester ve eter çapraz bağlarının mümkün olduğu çift bağlar ve hidroksil grupları da vardır. Epidermisin dış tabakası kütin olarak adlandırılan ağır dallanmış ve süberine benzer bir yapıya sahiptir (Sjöström, 1981).

- İnorganik Maddeler ve pH: Kabuk, kuru ağırlığının %2-5'i oranında inorganik madde içerir (belirli kısmı kül olarak). Metaller, oksalatlar, fosfatlar, silikatlar, vb. tuzlar halinde bulunur. Bazıları, kabuktaki karboksilik asit gruplarına bağlanır. Baskın olan metaller kalsiyum ve potasyumdur. Kalsiyumun çoğu, aksiyal parankima hücrelerinde biriken kalsiyum oksalat kristalleri olarak oluşur. Ayrıca bor, bakır ve manganez gibi iz elementler içerir (Sjöström, 1981).

Genel olarak kabuğun pH'ı inorganik madde içeriğinden dolayı düşüktür. Dış kabuk daha yüksek Ca içeriğinden dolayı iç kabuğa göre daha düşük bir pH'a sahiptir. Ağaç kabuğunun pH'ı ağacın yaşı ile birlikte hafifçe düşer (Rowell, 2005).

1.5.3. Kabuk Ekstraksiyon Yöntemleri

Ekstraktiflerle polisakaritlerin ve ligninlerin etkileşimi nedeniyle, kabuğun kimyasal bileşiminin açıklanması sıralı ekstraksiyon işlemi gerektirir. İlk ekstraksiyon dietil eter ile başlar ve vakslar, yağ asitlerini, yağları, reçine asitlerini, fitosteroller ve terpenleri çözer. İlk ekstraksiyonu kondanse tanenleri, flavonoidleri ve fenolikleri veren bir etil alkol ekstraksiyonu aşaması takip eder. Üçüncü adımda sıcak su kullanılarak kondanse tanenler ve suda çözünür karbonhidratlar elde edilir. Fenolik asitleri, hemiselülozları ve suberin monomerlerini kalıntıdan üçüncü aşamada çıkarmak için, %1'lik sulu sodyum hidroksit çözeltisi kullanılır (Rowell, 2005).

Yukarıda belirtilen adımlardan elde edilen her bir ekstrakt daha sonra analiz edilmesi kolay olan bileşik gruplarına ayrılarak daha fazla işleme tabi tutulur. Örneğin; sulu sodyum bikarbonata karşı dietil eter fraksiyonu yağ asitlerini ve reçine asitlerini nötr bileşenlerden, tanenlerden, terpenlerden ve flavonoidlerden ayırır. Nötr fraksiyon daha sonra yağ asitleri, dikarboksilik, hidroksi-yağ ve ferulik asitlerin alkolleri ve tuzlarını vermek üzere sabunlaştırılır. Etanol ekstraksiyonu ve ardından çözünmeyen eter fraksiyonunun sıcak su ekstraksiyonu, çözülebilir basit şekerler ve kondanse tanenleri verir. Çözünmeyen kalıntının sodyum hidroksit ekstraksiyonu, çözünür suberin monomerlerini, fenolik asitleri ve hemiselülozları verir. Çözünmeyen fraksiyonun sülfürik asit muamelesi lignin verir (Rowell, 2005). Çeşitli kimyasallarla yapılan ekstraksiyon işlemi sonrası elde edilen bileşikler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kabuktaki bileşenlerin elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri (Harkin ve Rowe, 1971).

Kullanılan çözücü	Kısmen veya tamamen uzaklaştırılan madde grupları
Petrol ether, Dietil ether, kloroform	Terpenler ve türevleri, yağlar, vakslar, serbest yağ asitleri, alkoller, steroller ve reçineler
Alkol, aseton, Sulu alkol, Sulu aseton	Basit polifenoller ve glikozitleri, tanenler, mono- ve dissakkaritler
Sıcak veya soğuk su	Disakkaritler, nişasta, pektin, tanenler ve reçine kısımları
Sulu alkali çözelti	Flobafenler, fenolik asitler, kabuk kalıntı lignini, hemiselülozlar ve süberin monomerleri
Asit hidrolizi	Holonselülozdan türemiş basit şekerler ve üronik asitler

Ayrıca çeşitli kabukların, işlem görmemiş veya ekstraksiyon işlemi sonrasında sahip olduğu kimyasal özellikler Tablo 6,7,8 ve 9'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Sahil çamı kabuğuna ait kimyasal bileşenler (Nunes vd., 1996).

Bileşen	Fırın Kuru Ağırlığın Yüzdesi					Böl. Ort.
	Bölge 1	Bölge 2	Bölge 3	Bölge 4	Bölge 5	
Kül	2.2	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2 (0.6)*
Ekstraktifler						
Diklorometan	3.3	4.0	1.2	1.8	1.1	2.3 (1.3)*
Etanol	6.5	7.5	4.6	7.3	6.6	6.5 (1.2)*
Su	2.8	2.8	2.5	2.4	2.6	2.6 (0.2)*
Toplam	12.6	14.3	8.3	11.5	10.3	11.4 (2.2)*
Suberin	1.6	1.1	1.6	1.5	1.6	1.5 (0.2)*
Lignin ve Polifenoller	42.6	40.5	44.2	44.0	47.0	43.7 (2.4)*
Polisakkaritler	41.6	42.2	43.0	40.7	41.0	41.7 (0.9)*

Tablo 6'nın devamı

Bileşen	Fırın Kuru Ağırlığın Yüzdesi					
	Bölge 1	Bölge 2	Bölge 3	Bölge 4	Bölge 5	Böl. Ort.
Toplam Fenol	3.8	4.9	4.2	5.4	4.8	4.6 (0.6)*
Tanen	3.7	4.8	4.1	5.3	4.7	4.5 (0.6)*
Glukoz	55.3	48.6	50.5	55.8	49.4	51.9 (1.2)*
Mannoz	14.7	12.1	13.7	10.3	15.8	13.3 (0.9)*
Galaktoz	4.3	4.0	3.3	4.7	4.1	4.1 (0.2)*
Ksiloz	21.6	29.4	28.1	24.8	27.0	26.2 (1.4)*
Arabinoz	4.1	5.9	4.4	4.4	3.7	4.5 (0.4)*

* Standart sapma değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 7. Karağaç kabuk ekstraktının bileşenleri (Ionescu vd., 2018).

Örnek	Katı/ Sıvı Oranı (etanol su karışımı)	Artık (g%)	Yoğunluk (g/mL)	pH	Süre (dk)	TFM GAE (%mg/mL)
Ulmus Glabra	1/10	0.75	0.85	6.61	120	204.05

TFM: Toplam fenol miktarı

Tablo 8. Fındık zürufu ekstraktının bileşenleri (Alasavar vd.,2009).

	Aseton Ekstrakt	Metanol Ekstrakt	Oran
Toplam Fenol (mg CE/g)	686	701	1/10
Kondanse Tanen (mg CE/g)	2,83	2,73	1/10

Tablo 9. Fındık zürufunun kimyasal özellikleri (Tufan ve Ayrılmış, 2016).

Özellik	Min. Değer (%)	Max. Değer (%)	Ort. Değ. (%)
Kül İçeriği	6.57	6.59	6.58
Sıcak Su Çözünürlüğü	22.06	22.60	23.36
%1 NaOH Çözünürlüğü	55.37	57.50	56.59
Lignin İçeriği	32.37	31.72	32.65
Holoseülüz İçeriği	54.39	54.63	54.51
α Selüloz	30.59	31.72	31.15

1.5.4. Kabuğun Kullanım Alanları

Kabuk ilk olarak ısınma amaçlı yakılarak kullanılmış, yanma sonrası meydana gelen kül ise su arıtmada kullanılmıştır. Kabuk soba ve şöminelerde kullanılmak üzere briket yapımında kullanılmaktadır (Sarılın, 2018; Koch ve Mullen, 1971).

Kabuktan yapılan kaplar yiyecekler saklamak ve korumak için kullanılmıştır. Kabuktan çeşitli yöntemlerle tanen, reçine, lateks ürünler, tutkal, tatlandırıcı üretilmesi dışında kinin,

sıtma önleyici, yohimbin şeker hastalığının tedavisinde uygulanmıştır. Tatlandırıcı olarak kullanılan tarçın, kabuğun kullanım alanına en iyi örneğidir (Dönmez ve Dönmez, 2013).

Kabuk, ısıyı odundan daha az iletmesinden dolayı binalarda ses izolasyonu ve ısı yalıtımı malzemesi olarak kullanılır. Bunların yanı sıra kabuk zehirli ok üretimi, rekreasyon alanlarında peyzaj uygulamaları, golf sahaları, kayak pisti gibi alanlarda örtü maddesi (malç) olarak, petrolün sebep olduğu deniz kirliliğini absorbe edici olarak kullanılmaktadır (Harkin ve Rowe, 1971).

Kabuğun lif levha ve yonga levhada kullanılması levha özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Yüksek oranda tutkal ilavesiyle kabuğun olumsuz etkileri azaltılabilir de, bu işlem ekonomik olmamaktadır (Özdemir, 2010).

Kabuk, organik bir maddedir ve kontrol altında gerçekleşen biyolojik bozunma ile rahat bir şekilde kompost maddeye dönüşebilmektedir.

Kompost maddelerin üretimi: kapalı ortamda sıcaklık, nem ve oksijen değişkenlerinin dengede tutulmasıyla gerçekleştirilir (Eghball ve Lesoing, 2000).

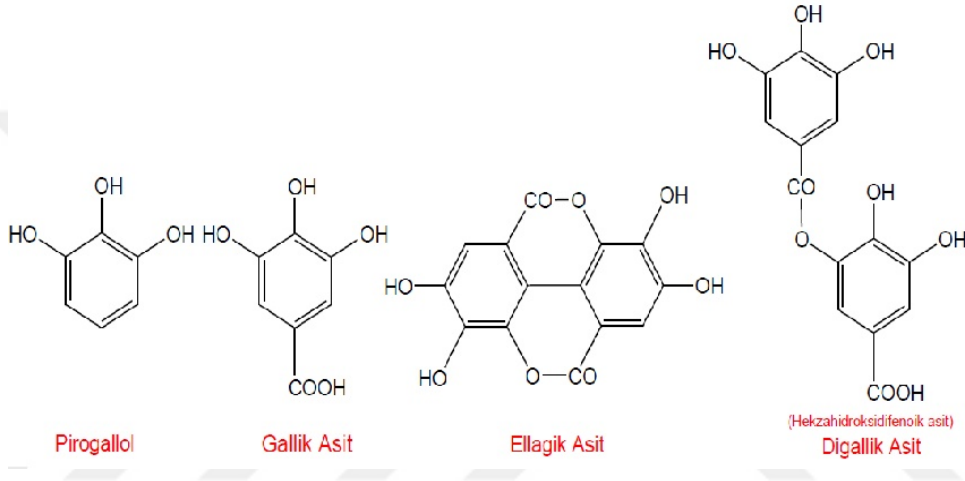
1.6. Tanen ve Yapısı

Tanen: yapraklı, iğne yapraklı ağaçların kabuk, meyve, kozalak ve odununda bulunan molekül ağırlığı 500 ile 2000 arasında değişen karmaşık fenolik bileşiklerden oluşan bir maddedir. İlk olarak tabaklamada kullanılmış olsa da mürekkep endüstrisinde, tekstil endüstrisinde boyama işleminde ve paslanmayı engelleyici gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Bisanda vd., 2003). Tanen bileşikleri hidrolize olabilen tanenler ve kondanse tanenler olarak sınıflandırılmaktadır.

Hidrolize tanenlerin formaldehit ile olan reaktivitesi kondanse tanenlerden düşüktür. Bu özellikleri ile de tek başlarına tutkal olarak kullanmak mümkün değildir. Düşük nükleofilitesi, dünya genelindeki düşük ticari üretimi ve kondanse tanenlere göre yüksek fiyat hidrolize tanenlere olan kimyasal ve ekonomik ilgiyi azaltmıştır. Biyobazlı malzemeler ve biyotutkal üretiminde kondanse tanenlere karşı olan kimyasal ve ekonomik ilgi ise her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerinde nerede zengin kondanse tanen barındıran kabuk ve odun türleri varsa oralarda geniş ağaçlandırma çalışmaları yapılarak, endüstriyel olarak kondanse tanen üretimi yapılmaktadır (Pizzi ve Mittal, 2003).

1.6.1. Hidrolize Tanenler

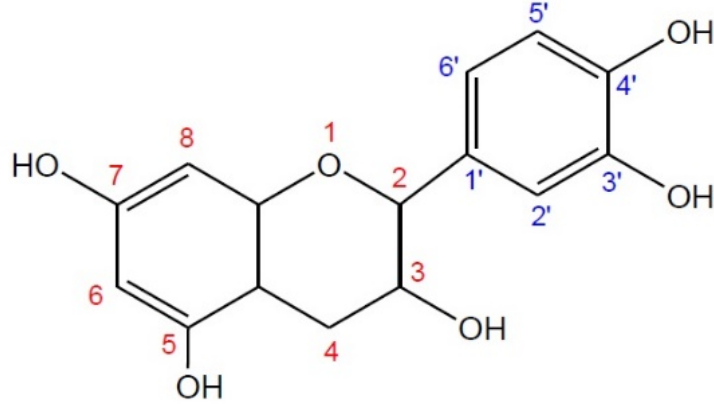
Gallik asit, digallik asit, pirogallol ve ellagik asidin monosakkaritler ile özellikle D-glukoz ile oluşturduğu esterlerdir. Hidrolize tanenlerin temel yapıtaşları Şekil 8’de gösterilmiştir. Bu bileşiklerdeki ester bağları asit, alkali ve enzimlerle hızla hidrolize olurlar. Genellikle hidroliz sonrası gallik asit verenler gallo tanenler, ellagik asit verenler ellagik tanenler olarak adlandırılır (Balaban, 2003).



Şekil 8. Hidrolize tanenlerin yapıtaşları

1.6.2. Kondanse Tanenler

Kondanse tanenler flavan-3-ol, flavan-3,4-diol ve diğer flavonoid yapılar, karbonhidratlar ve eser halde amino ve imino asit yapılar ile birleşerek oluşan değişik kondenzasyon derecelerindeki flavonoidlerden meydana gelmiştir. Monoflavonoidler ve azot içeren asitlerin konsantrasyonu ekstraktın kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Bununla birlikte heksoz, pentoz ve disakkaritler gibi karbonhidratlar ekstraktın viskozitesini düşürürken, hidrokolloid sakızlar viskozitesini artırır. Bu maddelerin oranlarının değişmesi tanenin kondenzasyon derecesinden bağımsız olarak bu değişimlere neden olur (Gönültaş, 2013).



Şekil 9. Kateşin formülü

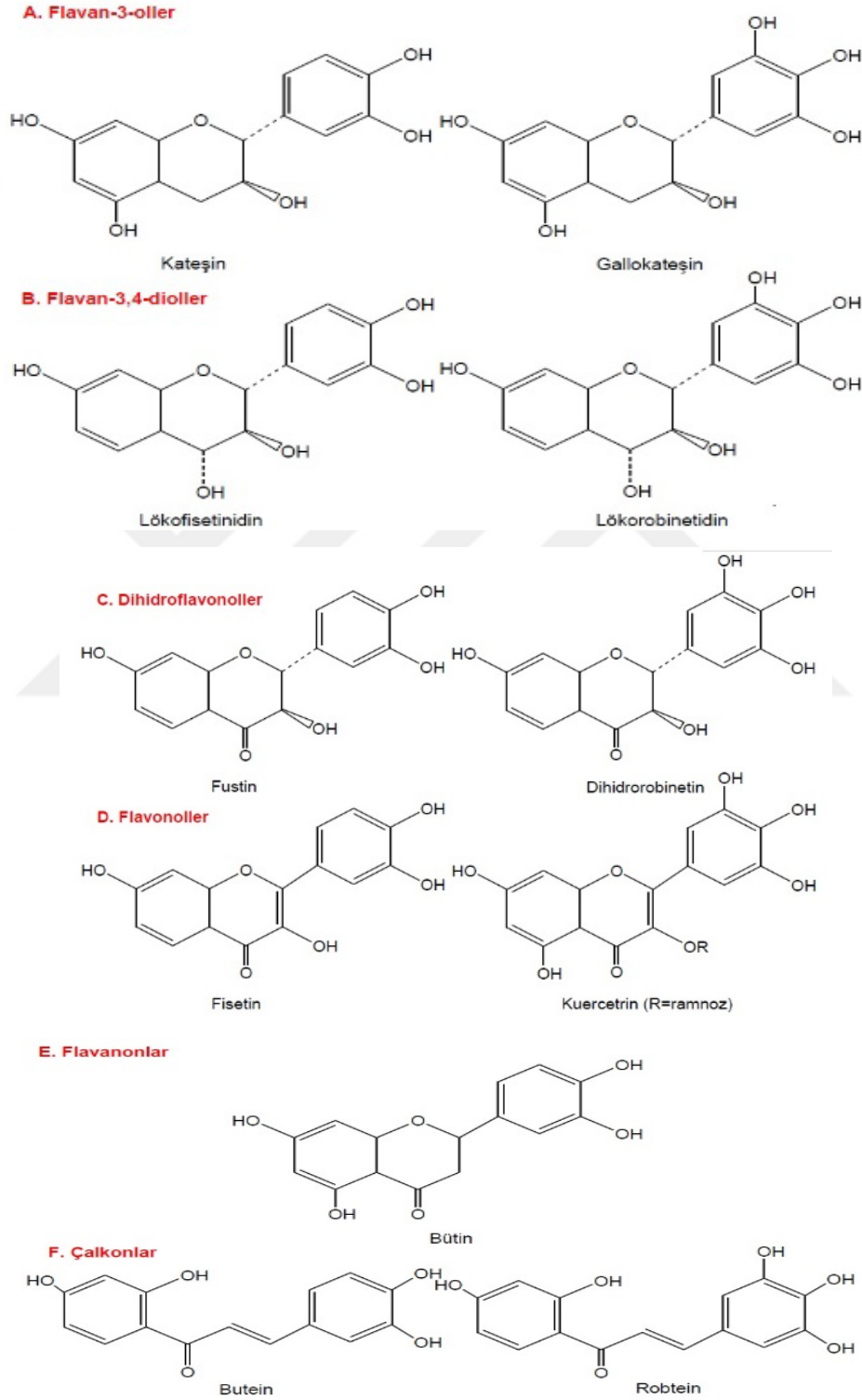
Kondanse tanenlerin ana bileşenleri kateşinler (flavan-3-oller) ve lökoantosiyaniidiner (flavan-3,4-dioller)'dir. Kateşinin genel formülü Şekil 9'da gösterilmiştir. Flavonoid grubuna dâhil olan bu bileşikler bitki dünyasında oldukça geniş yayılış göstermektedir. Flavonoidler; yapılarına bağlı olarak flavon, flavan, flavanon ve izoflavon olarak gruplandırılırlar. Ayrıca açık piron halkası olanlar çalkonlar olarak adlandırılırlar. Bu flavon türlerinin çoğu birçok odun ve kabukta bulunur (Gönültaş, 2013).

Monomerik kateşin ve lökoantosiyaniidinerin ilginç özelliklerinden biri monomerik halde iken sepilme özelliklerinin olmamasına rağmen asit ya da enzimlerin etkisi ile polimerik ya da oligomerik yapıya dönüştüklerinde sepi maddesi özelliği taşıyıcıdır (Khanbabaee ve Ree, 2001).

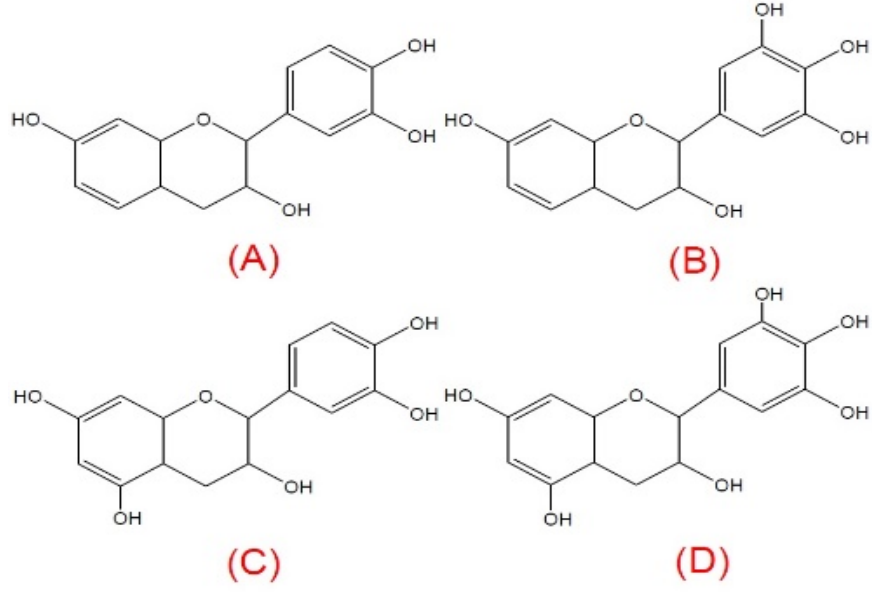
Kondanse tanenleri monoflavonoid, biflavonoid ve tri- ve tetraflavonoidler olarak ayırabiliriz.

Monoflavonoidler: flavan -3-ol (kateşin), flavan -3,4-dioller (lökoantosiyaniidin), dihidroflavonoidler (flavonoller) flavononlar, çalkonlar kumaran-3-oller gibi en çok bilinen flavonoid birimlerinden oluşmaktadır. *Acacia mearnsii* kabuğundan elde edilen mimoza taneninde, rezorsinol ve floroglisinol tipteki A halkası ile kateşol ve pirogallol tipteki B halkalarının dört kombinasyonu bulunmaktadır ancak bu yapılar söz konusu ekstraktın toplam fenoliklerinin %3'ü gibi küçük bir oranının temsil etmektedir. Ayrıca ana polifenolik yapının rezorsinol A halkası ile pirogallol tipteki B halkasından oluştuğu belirlenmiştir. Bu yapı söz konusu tanenin %70'inin oluşturmaktadır. İkinci baskın olan yapı ise rezorsinol A halkası ile kateşol tipteki B halkasının oluşturduğu ve tanenin %25'ini oluşturan yapıdır. Bu

baskın iki grup yaprak ve olgunlaşmamış kabukta fotosentetik proses sonucunda oluşan yapılarıdır (Gönültaş, 2013). Monoflavonoidlerin kimyasal yapısı Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Monoflavonoidler



Şekil 10'un devamı

Biflavonoidler (Proantosiyanidinler): Tanenlerin oluşumuna sadece flavan-3-oller ve flavan-3,4-ollerin katıldığı düşünülmektedir. Çünkü diğer monoflavonoidlerdeki 4 nolu pozisyondaki (heterosiklik halka) karbonil grubunun etkisiyle bu noktadan bağ yapma ihtimali azalmaktadır. Aromatik halkadaki hidroksil grupları ve heterosiklik oksijen grupları 6. ve 8. karbonlardaki nükleofilik etkiyi artırır. Bu nedenle kondanse tanenlerde birimler arasında 4-6 ve 4-8 bağları mevcuttur.

Tri- ve tetraflavonoidler: Kondenzasyon reaksiyonu sırasında rezorsinol ve floroglisinol birimleri arasında başlangıçta meydana gelen 4-8 bağından sonra rezorsinol birimleri arasında 4-6 bağları oluştuğu belirlenmiştir (Gönültaş, 2013).

1.6.3. Tanenlerin Kullanım Alanları

Tanen, biyobazlı tutkal yapımında, boya yapımında, derinin tabaklanması için sepi maddesi olarak, su arıtımında polielektrolit olarak, odun koruyucu olarak ve hatta tıp ve eczacılıkta dahi kullanılan bir maddedir. Bu bileşik ile ilgili yapılacak olan çalışmalar birçok alanda ki açığı kapatacak yeni çözümler sunacak ve doğa dostu bu maddenin kabuğun geri dönüşümüne de katkısı olacaktır (Sarılalan, 2018).

Tanenler çevre dostu, yenilenebilir, formaldehit emisyonunu düşürücü vb. özelliklerinden dolayı biyotutkal üretiminde de kullanılmaktadır.

1.6.4. Tanenin Biyobazlı Tutkal Üretiminde Kullanımı

Sentetik tutkallar ile üretilen levhalardaki formaldehit emisyonunu mümkün olduğunca düşürmek ya da tamamen engellemek önemli bir problemdir. Birçok sentetik tutkalda görülen bu sorun tanen bazlı biyotutkallarda görülmemektedir. Tanen formaldehit biyotutkalında formaldehit salınımı oldukça düşük seviyelerdedir (Pizzi ve Mittal, 2003).

Tanen bazlı biyotutkal üretiminde viskozite, pH değeri, katı madde miktarı ve kullanılan formaldehit miktarı büyük öneme sahip faktörlerdir. Tanen formaldehit polimerinde tanen oldukça baskındır ve tutkalın sertleşmesi için oldukça az miktarda formaldehit yeterlidir (Ayla, 1978; Pizzi, 1994).

Kopolimerizasyon ve sertleşme: tanenin, sentetik reçine tarafından taşınan metilol gruplarıyla kondenzasyonuna dayanır. Tanen molekülleri genellikle büyük olduğu için, moleküler büyüme bağlanma oranı ile ilişkilidir bu ilişkiden dolayı tanen bazlı yapıştırıcılar sentetik fenolik yapıştırıcılardan düşük jelleşme ve sertleşme süresine sahiptir. Kap ömrü kısadır. Bunları yavaşlatmanın ve yapışkan kap ömrünü uzatmanın normal yolları şunlardır;

- Formaldehit içeren hemiasetaller oluşturmak için yapışkan karışımına alkoller eklemek tanen-formaldehit reaksiyonu geciktirmek,
- İstenilen kap ömrünü ve sertleşme oranını elde etmek için yapıştırıcının pH değerini ayarlamak,
- Mevcut endüstriyel presleme koşullarında ortam sıcaklığında çok uzun bir kap ömrü veren, ancak daha yüksek sıcaklıklarda kısa bir kürlenme süresi veren sertleştirici olarak heksamin kullanmak, (Pizzi ve Mittal, 2017).

Bitkisel tanen ekstraktları çok değişik saflıkta olabilmektedir. Ticari mimoza taneni genellikle %70-80 civarında aktif fenolik bileşen içerir. Tanen olmayan gruplar basit şekerler ve yüksek molekül ağırlığına sahip hidrokolloid sakızlardır. Tanen olmayan gruplar tutkal üretimi sırasında formaldehit ile reaksiyona girmez. Şekerler tutkalın sağlamlığını ve rutubete karşı olan dayanıklılığını iştirak oranına bağlı olarak düşürür. Aynı zamanda tutkalın viskozitesini düşürücü etkisi de mevcuttur. Ancak hidrokolloid sakızların tutkal sağlamlığı ve rutubet dayanımı üzerinde daha belirgin etkileri vardır. Tanen ekstraktının saflaştırılması teknik olarak mümkün iken endüstriyel üretimde zorlu bir süreç olduğu için saflaştırmak verimsizdir. Bunun yerine çoğu zaman safsızlıklardan kaynaklanan etkileri gidermek için tutkalın fenolik ya da aminoplastik tutkallar ile kopolimerizasyon ile güçlendirilmesi en pratik yoldur. Bu işlem tutkalın üretimi esnasında birleştirme işlemi

sırasında karışım hazırlayarak, kullanmadan önce ya da tutkalın kullanım esnasında yapılabilir. Eğer yeterli miktarda sentetik reçine eklenirse %20'ye kadar tanen olmayan grupların bulunmasında bir sakınca yoktur. Genelde biyotutkalın güçlendirilmesi için yüksek miktarda metilol grubu içeren fenol formaldehit ve üre formaldehit reçinesi kullanılır. Eklenen bu reçineler sertleştirici ve güçlendirici madde işlevinin ikisini de görürler. Bu maddeler genellikle tutkal katı maddesine oranla %10-20 kadar kullanılırlar (Pizzi ve Mittal, 2003).

Kabuk ekstraktlarının viskozitesi büyük oranda konsantrasyona bağlıdır. Viskozite, %50 konsantrasyonun üzerinde çok hızlı bir şekilde artar. Tanen tutkalları sentetik tutkallarla benzer konsantrasyonda daha viskoz bir yapıya sahiptir. Kondanse tanenlerin sulu çözeltilerinin yüksek viskozitesi, önem sırasına göre aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır;

- Tanen ekstraktında yüksek molekül ağırlıklı hidrokolloid zamlarının varlığı ve viskozitenin ekstraktta bulunan zamlık miktarı ile doğru orantılı olması.

- Tanen-tanen, tanen-sakız ve sakız-hidrojen bağlarından dolayı sulu tanen ekstrakt solüsyonları gerçek solüsyonlar değildir, aksine, mevcut moleküllerin tüm kısımlarına suyun erişiminin çok yavaş olduğu kolloidal süspansiyonlardır. Sonuç olarak, moleküller arası hidrojen bağlarını sadece seyreltme ile yok etmek zordur.

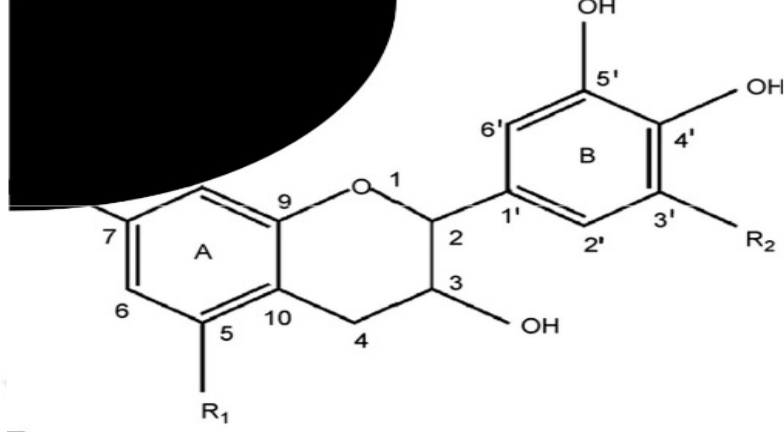
- Ekstraktta yüksek moleküler ağırlıklı tanenlerin varlığı

- Tanen çözeltilerinin yüksek viskozitesi, ekstrakt içerisinde bulunan çok yüksek molekül ağırlıklı tanenlerin oranı ile de ilişkilendirilmiştir. Bu etki iyi tanımlanmamıştır. Kontrplak yapıştırıcılarda olduğu gibi çoğu yapıştırıcı uygulamasında, viskozite kritik değildir ve seyreltme ile yönetilebilir (Pizzi ve Mittal, 2017).

Kondanse tanenlerle formaldehit, metilen bağları oluşturmak için temel olarak A halkası ile reaksiyona girer. A halkası rezorsinol tipinde reaktif bölge C8 pozisyonundayken, A halkasının floroglusinol tipinde olduğunda, reaktif bölge C6 pozisyonundadır. Alkali koşullar kullanıldığında (pH=8'de), tanen fenollerinin nükleofilitesi fenoksit iyonlarının oluşumu ile aktive olur.

B halkası (pirokatekol veya pirogallol), A halkasına göre daha az reaktiftir. B halkası üzerindeki fenol gruplarının varlığından dolayı aktivasyon, aktif bölgeleri C6 ve C8'de bulunan A halkasına karşı karbonun üzerinde yer almaz. Bununla birlikte, yüksek pH'da (yaklaşık 10), B halkası anyon oluşumu ile aktive edilebilir.

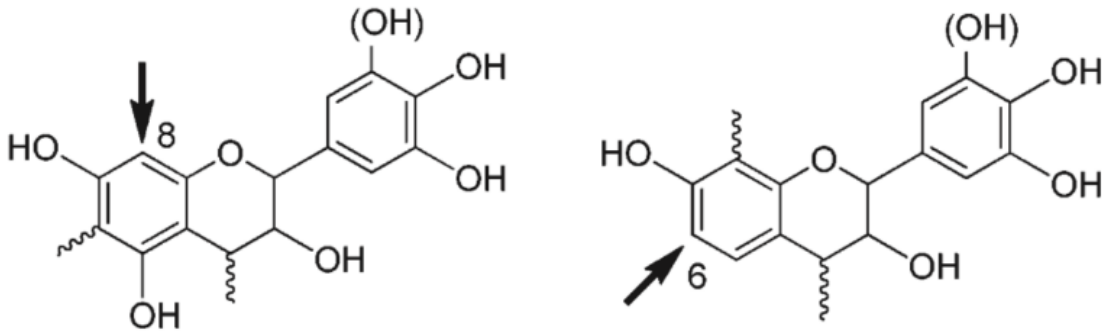
Mimoza tanenine ait flavanoid birimlerindeki A ve B halkaları Şekil 11’de gösterilmiştir.



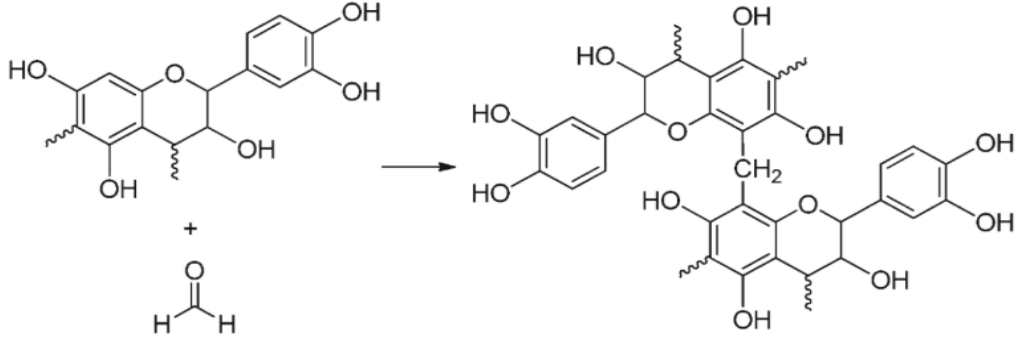
Şekil 11. A halkası: $R_1 = H$ olursa rezorsinol ve $R_1 = OH$ olursa floroglusinol; B halkası: $R_2 = H$ olursa pirokatekol ve $R_2 = OH$ olursa pirogallol olur (Erkan vd., 2014).

A halkası ve formaldehit arasındaki reaksiyon, molekül hareketliliğinin azalması ile çapraz bağlı üç boyutlu bir ağı oluşturmasına yol açar. Küçük bir kondenzasyon derecesinde, moleküllerin boyutu ve konfigürasyonu, reaktif bölgeler çok uzak olduğu için ekstra metilen bağlarının oluşturulmasına izin vermez (Arbenz ve Avérous, 2015).

Formaldehitin reaktif bölgeleri Şekil 12’de ve formaldehitle tanen arasında gerçekleşen kimyasal tepkime Şekil 13’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Kateşin molekülünde formaldehitin reaktif bölgeleri (Arbenz ve Avérous, 2015).



Şekil 13. Tanen ve formaldehit arasındaki reaksiyon (Arbenz ve Avérous, 2015).

1.7. Ağaç Malzemenin Yapışması

Çoğunlukla tutkallar kontrplak, lif levha, yonga levha vb. yapısal malzemelerde kullanılırken az miktarda konut ve endüstriyel yapılarda, özellikle panelli zemin ve duvar sistemlerinde yapı malzemelerini monte etmek için kullanılır (Vick, 1999).

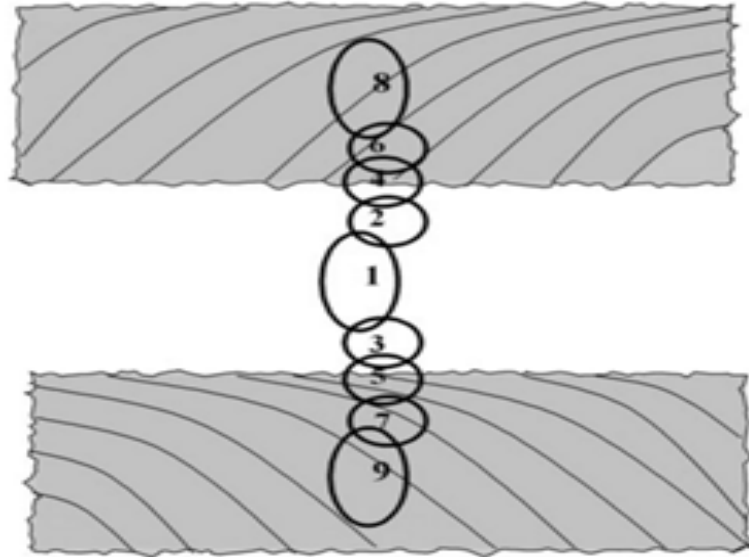
Tutkallar, iki malzemenin birleştirilerek bir arada tutulmasını sağlar. Ağaç malzeme kullanılarak üretilen ürünlerde yapışma performansı, tutkal bağının oluşumu sırasındaki faktörlere bağlıdır. Yapıştırma işlemi uygulanacak ağaç malzemenin özellikleri (rutubet, yüzey düzgünlüğü, özgül ağırlık vb.), yapışma şartları (sıcaklık, nem, pres süresi ve basıncı gibi) ve yapıştırıcının özellikleri (karakteristik özelliği, viskozite, uygulama şekli vb.) yapışma performansını etkilemektedir. Katı madde olan ağaç malzeme ve sıvı haldeki tutkal arasındaki adhezyon olarak tanımlanan çekim kuvvetleri yapışmada en etkili unsurlardır (Aydın vd., 2001).

Adhezyon benzer olmayan iki yüzeyin arayüzey kuvvetleri tarafından bir arada tutulduğu durumdur. Arayüzey kuvvetlerini valans ve/veya birbirine bağlanma kuvvetleri oluşturabilir. Valans kuvvetleri, yapıştırıcı ve yapıştırılacak maddenin her ikisinin yüzeyinde ve atomlar, iyonlar ve moleküllerin kendi içlerinde var olan etkileşimler tarafından oluşturulan çekim kuvvetleridir. Mekanik bağlanma olarak da adlandırılan kenetlenme, sıvı haldeki bir yapıştırıcının poröz yüzeye nüfuz etmesi ve burada katılaşması ile iki yüzeyin bir arada tutulması anlamına gelmektedir. Yapışma olayı sırasında hangi valans kuvvetlerinin ve kenetlenme hareketinin ne düzeyde gerçekleştiği bilinmemekle birlikte her iki kuvvetin de etkili olduğu yapışma performansının en iyi olacağı kabul edilmektedir. Ayrıca adhezyon

dışında olduğu düşünölen kohezyon kuvveti, bir maddenin moleküllerini primer ve sekonder valans kuvvetleri ile bir arada tuttuğu durum olarak tanımlanmaktadır (Aydın vd., 2001).

Yapıştırıcılar gerilmeleri etkili bir şekilde aktarabilir ve dağıtabilir, böylece malzemenin kuvvetini ve sertliğini artırabilir. Stresin bir üyeden diğerine etkin şekilde aktarılması birleştirilmiş bir hattın hayali zincirindeki bağlantıların gücüne bağlıdır. Önemli olan bu zincirin karmaşıklığının anlaşılmasıdır (Vick, 1999).

Yapışkan kuvvetini anlamak için kullanışlı bir yöntem olan zincir bağlantı benzeşmesi kullanılmıştır. Zincir bağlantı benzeşmesi Şekil 14'te gösterilmiştir. Odunun ve yapışkanın farklı alanları, bir dizi zincir bağlantısına benzetilir; en zayıf halka kırılma bölgesidir (Gardner, 2006). Zincirde bulunan her halka, sistem içindeki bir kısmı veya belirli bir yeri temsil etmektedir. Buna göre; 8, 7 ve 9 ya da 8, 6 ve 9 arasında kohezyon kuvveti oluşurken, 6, 4 ve 5, 7 numaralı halkalar yapıştırıcı içindeki sınır tabakalarını, 2 ve 1 (ya da 1 ve 3) numaralı halkalar yapıştırıcı ile yapışacak madde arasındaki ara yüzeyi temsil etmektedirler. Yapıştırıcı ile yapışacak madde arasındaki ara yüzeyi temsil eden 2 ve 1 (1 ve 3) No'lu halkalar, gerçek yapıştırıcı kuvvetlerinin var olduğu ve adhezyonun oluştuğu bölgedir. Bu teorik zincir yapısı içindeki herhangi bir yerde veya halkaların herhangi birinde bir aksaklık oluşması, tüm yapışma sisteminin bozulmasına neden olacaktır (Aydın vd., 2001).



Şekil 14. Bağ gücü için zincir benzeşmesi:

Halkaların anlamları: 8. ve 9. halka yapıştırılacak madde, 6. ve 7. halka yapıştırılacak maddenin alt yüzeyi, 4. ve 5. halka yapıştırılacak madde-yapıştırıcı ara yüzeyi, 2. ve 3. halka yapıştırıcının sınır tabakası, 1. halka yapıştırıcı olarak sınıflandırılmaktadır (Gardner, 2006).

Ağaç malzemenin tutkalla yapıştırılmasında mekanik kenetlenme, ıslanma teorisi ve kovalent kimyasal bağlanma teorisinden oluşan adhezyon mekanizması geçerlidir. Bunlar dışında difüzyon teorisi ve elektrostatik teoride vardır. Ancak bunlar ağaç malzeme için yaygın değildir (Aydın vd., 2001).

Mekanik kenetlenme; yapıştırıcının, katı maddenin yüzeyine uygulanmasını ve bu yüzeyi ıslatmasını gerektirmektedir. Bu mekanizma ile güçlü bir yapışma meydana gelebilmesi için, yapıştırıcı ile yapıştırılacak madde arasında hiçbir kimyasal etkileşimin oluşmasına gerek yoktur. Yapıştırıcı molekülleri, katı maddenin yüzeyindeki düzensiz bölgelerden ve açıklıklardan içeri girer ve katılarak mekanik bağlar meydana getirir (Aydın vd., 2001). Etkili mekanik kenetlenmenin kabul edilebilmesi için tutkalın, kalıntıların ve zarar görmüş liflerin ötesine geçerek sağlam lif hücrelerinde 2 ile 6 hücre derinliğine ulaşması gerekir. Tutkal ince yapışma yüzeylerinde daha derine ulaşarak mekanik kenetlenmeyi artırır. Odunda en dayanıklı yapısal bağları, yapıştırıcının hücre boşluklarını doldurmasına ek olarak hücre duvarına diffüze olup hemiselüloz ve selüloz ile moleküler düzeyde etkileşime girmesi gerçekleştirir. Bir yapıştırıcı sağlam ağaç malzemeye yeterince derinden nüfuz ederse tutkalın dayanımının ahşabın dayanımını aşması beklenebilir (Vick, 1999).

Islanma teorisi (Spesifik adhezyon): Islanma teorisi, çok yakın bir temasın gerçekleşmesi şartıyla, bir ara yüzeyde etkili olan atomlar arası ve moleküller arası kuvvetleri içermektedir. Bunlar, sekonder (Van der Waals ve hidrojen bağları ile elektrostatik kuvvetler) ve primer (iyon, kovalent ve metalik bağlar) kuvvetler olarak açıklanmaktadırlar. Islanma teorisine göre, ağaç malzemenin yapıştırılmasında sekonder kuvvetlerin etkilerinin daha fazla olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Islanma teorisi, iki yüzeyin birbiri ile angstrom düzeyinde temas ettiğinde, aralarında moleküller arası kuvvetlerin var olduğunu ifade etmektedir. Adhezyon; Van der Waals kuvvetleri (dipol-dipol etkileşimler, London dispersion kuvvetleri ve hidrojen bağları) olarak bilinen moleküller arası etkileşimler sonucunda oluşmaktadır. Bu çekim hem tutkalın yüzeyi ıslatması hem de katılma işlemi esnasında oluşur ve çok kuvvetli bağlar ortaya çıkarır. Spesifik adhezyonun, ağaç malzemenin ve hatta diğer birçok materyalin adhezyonu için en etkili mekanizma olduğu kabul edilmektedir (Aydın vd., 2001).

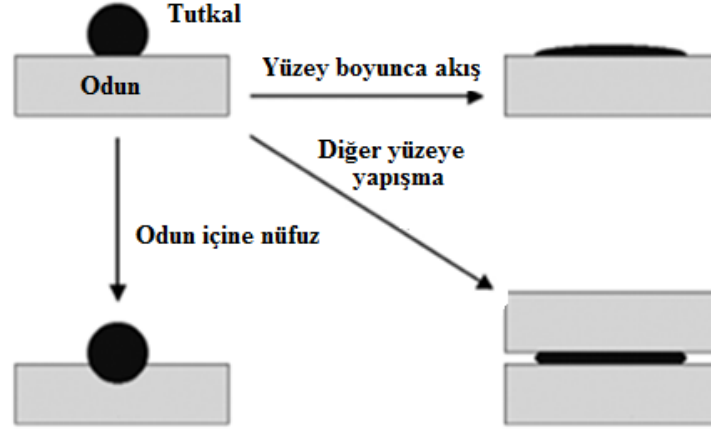
Ağaç malzeme yüzeyi ve tutkal arasında etkili olan Van Der Waals kuvvetleridir ve 3 molekül arası çekim kuvvetinden oluşur. Bunlar:

- Dipol-Dipol Kuvvetler: iki polar molekülün zıt kutupları arasında oluşan elektrostatik çekim kuvvetidir.
- London kuvvetleri: anlık polarlığa sahip moleküller arası etkileşimdir.
- Hidrojen bağları: dipol-dipol kuvvetlerin özel bir tipi olup, polar bir molekülün pozitif yüklü hidrojen atomları ile diğer molekülün elektronegatif atomu arasındaki güçlü çekimlerdir.

Hidrojen bağ kuvvetleri, polar hidroksil grupları ile zengin hemiselüloz ve selüloz molekülleri için polar yapışkan polimerlerin arayüzey çekiciliğinde önemlidir. Bazen özel yapışma olarak da adlandırılan bu fiziksel çekim kuvvetleri yapışkan polimerlerin ahşabın moleküler yapılarına adsorpsiyonunda önemlidir (Vick, 1999).

Kovalent kimyasal bağlanma teorisi: Ağaç malzeme yüzeyi çok sayıda fonksiyonel gruplara sahiptir. Bu nedenle kovalent yapışma ağaç malzeme için diğer malzemelerden daha uygundur. Ağaç malzemedeki kovalent bağlanma için en güçlü durum, izosiyanat içeren tutkallar ile lignindeki hidroksil grupları arasındaki reaksiyondur (Aydın vd., 2001). Atomların H ile bağ yaparak moleküller oluşturma isteğinden dolayı elektronlarını paylaşması ile kovalen bağ oluşur. Kovalent bağın en basit örneği su (H_2O) dur. Kovalent bağ kimyasal bağların en güçlüsüdür; bunlar hidrojen bağının gücünün 11 katından daha fazladır. Yapıştırıcı polimer ve ahşabın moleküler yapısı arasındaki kovalent kimyasal bağlar bir olasılık gibi görünse de bu bağların ağaç malzemenin yapışmasında önemli bir mekanizma oluşturduğuna dair net bir kanıt yoktur (Vick, 1999).

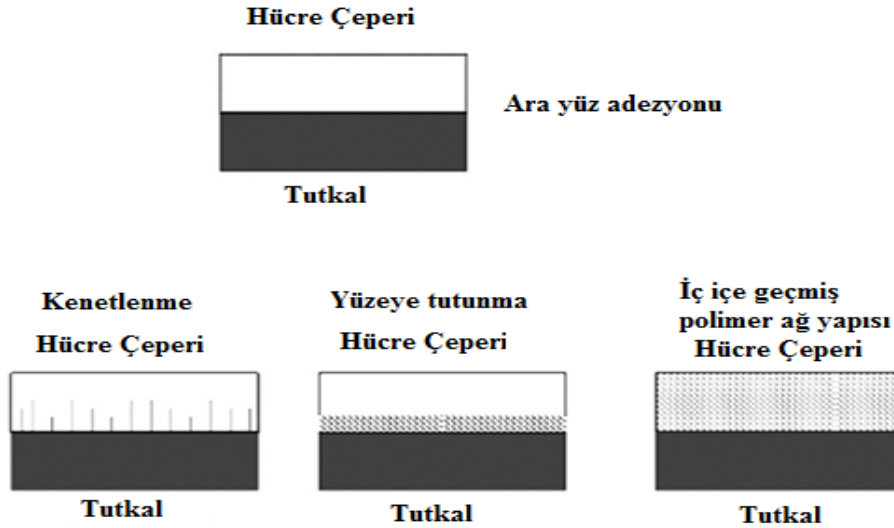
Yüzeyin ıslanması: temas açısı (bir yapışkan damlasının kenarı ile ahşap yüzeyi arasındaki açı) sıfıra yaklaştığında gerçekleşir. Temas açısının sıfıra yaklaşması için düşük yüzey gerilimi ve yüksek çekme enerjisi etkin olmalıdır. Bir damla yapışkan sıfır temas açısına yaklaşırsa ince bir film tabakası oluşturur. Çeşitli ahşap yüzeylerin ıslanabilirliklerindeki farklılıklar Şekil 15'te basit bir su damlası testi ile gösterilmektedir. Çoğu termoset ahşap yapıştırıcıları çözücü olarak su içerir; bu nedenle, su aynı zamanda ahşap tarafından buharlaştırılmalı ve emilmelidir, böylece yapışkanın tamamen kurumasını sağlar (Vick, 1999).



Şekil 15. Ahşap yüzeylerin yapışkan ile ıslanması, akış, penetrasyon ve transfer arasındaki farkı gösterir (Frihart, 2005).

Yapıştırıcıların ahşaba nüfuz etmesi Şekil 16'daki gibi hüresel düzeyde incelenir. Tutkalın hücre lümenlerine akışını yansıtan faktörler, aşağıdakilere göre sınıflandırılabilir (Frihart, 2005):

- Lümenin çapı ve tutkalın nüfuz süresi,
- Yapışkanlık, viskozite ve yüzey enerjisi,
- Montaj süresi, sıcaklık, basınç, nem seviyesi gibi değişkenlerle ilgili.



Şekil 16. Tutkal ve hücre çeperi yüzeyi arasındaki ilişkiler (Frihart, 2005).

1.8. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit: insan sağlığı ve çevre açısından zararlı olan, depolanması %37 lik sulu çözelti halinde yapılan en basit aldehittir (URL-4, 2018). Yoğunluğu havadan fazla olan formaldehit renksiz, yanıcı, keskin kokulu bir maddedir. Yonga levha, lif levha, kontrplak üretiminde kullanılan tutkalin yapısına katıldığı gibi gıdadan tekstile birçok kullanım alanına sahiptir (URL-5, 2018).

Formaldehit kökenli ürünlerin en önemlileri; yalıtım köpükleri ve tekstil ürünleri dışında tutkal üretiminde kullanılan aminoplast ve fenoplastlardır. 1930'larda geliştirilen ve kısa sürede odun tutkalları pazarında önemli bir yere sahip olan aminoplastlar; formaldehitin -amido ve -amino grubu içeren bileşiklerle kondenzasyonu sonucu oluşan ürünlerdir (Çolak, 2002).

Orman endüstrisinde temel bileşeni formaldehit olan tutkallar kullanılır. Bunun nedeni fiyatlarının ucuz olması, rutubet almaması, mekanik etkilere karşı dirençli olması ve kullanım da kolaylık sağlamasıdır. Özellikle ÜF tutkalı ile levha üretimi esnasında ve sonrasında formaldehit salınımı meydana gelmektedir (Çolak, 2002).

Ahşap bazlı panelden formaldehit emisyonu (Zhang vd., 2018);

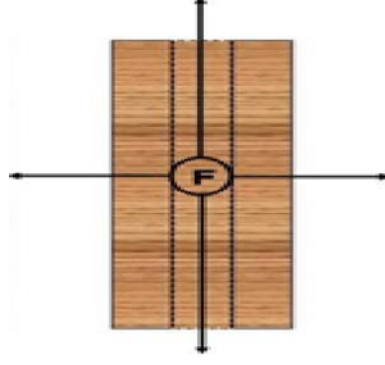
- Panel tipi, odun türü, yapıştırıcı ve paneller için kullanılan kaplama gibi malzemelerle ilgili faktörlerden etkilenebilen karmaşık bir işlem olabilir,

- Sıcaklık, nem, hava hızı ve hava değişimi gibi çevre ile ilgili faktörler,

- Sertleşme ile ilgili faktörler,

- Reçine içeriği ve panelin nem içeriği gibi panel üretim işlemiyle ilgili faktörler.

Ahşap esaslı levhalarda formaldehit salınımı 2 şekilde gerçekleşir: levhalardaki serbest formaldehitin serbest bırakılması daha kolay ve bağlanmış formaldehitin serbest bırakılması daha zordur. İlk aşamada asıl emisyon oluşturan serbest formaldehittir. Emisyon oranı, levhada formaldehit konsantrasyonunun belirlediği serbest formaldehit dağılım oranına bağlıdır. Havalandırma formaldehit salınımını hızlandırabilir. Bu aşama, levhadaki serbest formaldehit miktarına bağlı olarak 1-2 hafta veya 1-3 ay olabilir. İkinci aşamada, emisyon hızının bağlanma kuvvetine bağlı olarak devam ettiği bilinmektedir (Zhang vd., 2018). Formaldehit emisyonunun oluşum yönleri Şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17. Kontrplakta formaldehit emisyonu çıkış yönleri (Çolak, 2002).

Formaldehit emisyonunu azaltmaya yönelik yapılabilecek işlemler (Çolakoğlu, 1993);

- Tutkal reçetelerindeki üre/formaldehit mol oranlarını değiştirmek,
- Kimyasal tutucular (üre, kondenzasyon tanen, üre, amin, amonyak, melamin ve siyanogüinidin) ilave etmek,
- Yeni tutkal formülasyonları geliştirmek,
- Alternatif tutkalların (FF, polimerik izosiyanat (PMDI)) endüstriyel uygulamaya alınması,
- Biyokütle ürünleri veya yan ürün esaslı tutkalların (soya, tanen, lignin) kullanımı,
- Nanoteknoloji ve plazma uygulamaları gibi çözümler sunulmaktadır.

Formaldehit emisyonu ile ilgili düzenlemeler;

Dünya sağlık örgütü bünyesinde bulunan uluslararası kanser araştırmaları kurumu 2004 yılında formaldehitin kansere sebep olabilen (Grup 2A) sınıftan, insanlar için kanserojen sınıfa (Grup 1) dâhil edilmesini tavsiye etmiş ve 2006 yılında da formaldehit insanlar için kanserojen sınıfına dâhil edilmiştir. Benzer şekilde Avrupa birliğinde de şüpheli kanserojen (cat2) sınıfından, 2015 yılı ortasında insanlar için kanserojen kabul edilen (farzedilen) sınıfa geçmesi öngörülmüştür. Amerika'da ise formaldehit için Çevre Koruma Kurumu (EPA) 'nun geçerli sınıflandırması insanlar için muhtemel kanserojen sınıfı (B1) şeklindedir (URL-6, 2018).

1.8.1. Formaldehit Emisyonu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Formaldehit emisyonu belirli değerler arasında insanlarda farklı rahatsızlıklar meydana getirmektedir. Gözler, burun ve boğazda oluşan tahrişler 0,1-5 ppm, gözyaşı, burun, boğazda yanma ve nefes alımında zorluk 10 ppm, ölümcül akciğer kanseri ve diğer ciddi hastalıklar 25 ppm ve üzerinde meydana gelmektedir. Formaldehitin %37 lik sulu çözeltisinin oral yolla alınması ise ölümlerle sonuçlanmaktadır. Formaldehite yüksek oranlarda maruz kalındığında nazofarenks kanseri, sinusal kanseri ve miyeloid lösemi riskini artırdığı epidemiyolojik kanıtlara dayanmaktadır. Çevre Sağlığı Bilimleri Ulusal Enstitüsü Ulusal Toksikoloji Programı Kanserojen üzerinde On ikinci Raporu'nda insan için bilinen kanserojen maddeler listesine formaldehiti eklemiştir (URL-7, 2018).

Ülkelerin kendi standartlarına göre uyguladıkları test methodları ile levha sınıflarında belirlenen sınır değerleri Tablo 10'da verilmiştir

Tablo 10. Ülkelere göre formaldehit emisyonu sınır değerleri (URL-8, 2008).

Ülke	Standart	Test methodu	Levha sınıfı	Sınır değer
EU	EN 13986	Chamber EN 717-1 Perforator EN 120	E1-PB, MDF OSB	≤ 0.1 ppm ≤ 8 mg/100g
		Chamber EN 717-1 Gas analysis EN 717-2	E1-PW	≤ 0.1 ppm ≤ 3.5 mg/h*m ²
		Chamber EN 717-1 Perforator EN 120	E2-PB, MDF OSB	> 0.1 ppm $> 8- \leq 30$ mg/100g
		Chamber EN 717-1 Gas analysis EN 717-2	E2-PW	> 0.1 ppm $> 3.5 \leq + 8$ mg/h*m ²
AU	AS/NZS 1859-1&2	Desiccator AS/NZS 4266.16	E0-PB, MDF	≤ 0.5 mg/L
			E1-PB	≤ 1.5 mg/L
			E1-MDF	≤ 1.0 mg/L
			E2-PB, MDF	≤ 4.5 mg/L
U.S.A	ANSI A 208.1 &2 PB&MDF	Large chamber ASTM E1333	PB, MDF	≤ 0.3 ppm
		Large chamber ASTM E1333	Ind. PW	≤ 0.3 ppm
		Large chamber ASTM E1333	PW panels	≤ 0.2 ppm
JP	JIS A5908 &5905 PB, MDF	Desiccator JIS A 1460	F**	≤ 1.5 mg/L
			F***/E0	≤ 0.5 mg/L
			F****/SEO	≤ 0.3 mg/L

İş güvenliği ve sağlığı standartları kurulu tarafından yasal olarak bir kişinin 8 saatlik vardiya ile çalışma hayatı boyunca formaldehit emisyon değerinin ortalama 0,75 ppm üzerine çıkmaması, kısa süreli çalışanlar için 15 dk lık süre boyunca çalışanın maruz

kalacağı emisyon değerinin 2 ppm in altında olması belirlenmiştir. Eğer bu değerler aşılsa özel ekipmanlar kullanılmalıdır. Sonuçta 8 saatlik vardiya ile çalışan işçilerin maruz kaldığı emisyon değeri 0,5 ppm' in üzerinde ise tıbbi denetim, özel teçhizat ve hava kalitesinin takip edilmesi gerekmektedir (URL-9, 2018). Tablo 11'de çeşitli meslek gruplarında çalışanların maruz kaldığı formaldehit seviye miktarları görülmektedir (Kim vd., 2011).

Tablo 11. İşçilerin formaldehit maruziyet sınıfları (Kim vd., 2011).

Meslek	Maruziyet sınırı (ppm)
Kimyasal madde üreten işçileri	0,04 -0,4
Mobilya işçileri	0,16 -0,4
Kontrplak ve yonga levha üretim işçileri	0,28 -3,48
Ofis çalışanları	0,07 - 0,13
Laboratuvar teknikerleri	0,11 - 0,27
Elektrikçi-Mekanikerler	0,06 -0,18
Temizlikçiler	0,15 - 0,21
Yangın işçileri	0,10 -2,2
Morg çalışanları	0,5 -1,5

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ekstraksiyon İşleminde Kullanılan Ağaç Türleri

Karadeniz bölgesinde yer alan Trabzon ilinden temin edilen sahil çamı ve karaağaç kabukları ve fındık zurufları dolgu maddesi olarak kullanılmak için ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Meşe palamudu taneni ise ticari bir firmadan temin edilmiştir.

2.1.1.1.Sahil Çamı (*Pinus pinaster*)'nın Özellikleri

Sahil çamı (*Pinus pinaster*) Batı Akdeniz havzasında yaygın olarak yetişen, doğal ve yapay olarak geniş bir alanda yayılım gösteren, genetik çeşitliliğe ve çevreyle ilgili faktörlere uyumlu orta boylu bir ağaçtır. En geniş yayılışını İberik yarımadasında (İspanya, Portekiz) yaparak Güney Fransa'dan İtalya'nın Batısında bulunan kıyı kesimlere kadar görülür. Kuzey Afrika'da Cezayir'den Tunus'a kadar yayılan bu tür Korsika ve Sardunya adalarında da yaygındır.

Sahil çamından inşaat odunu, direk ve mobilya gibi sektörlerde kullanılabilecek ağaç malzemeler elde edilir. Ayrıca geleneksel olarak terebentin ve kolofan maddelerinin temin edilmesinde kullanılır. Bu tür; çevresel ve ekonomik amaçlar için tanıtılan güney yarımkürede oldukça istilacı bir tür olarak kabullenilmiştir (Vinas vd., 2016; As, 1992).

Dünya genelinde sahil çamının yayılış alanları Şekil 18'de gösterilmiştir



Şekil 18. Doğal sahil çamı taksonlarının yayılış alanları

Genellikle sahil çamının boyu 36 m'yi çapı 90-120 cm'yi geçmez. Odunu kaba tekstüre sahiptir. Büyük oranda reçine içerir. Uygun şartlarda hızlı büyüyen sahil çamının odunu kaba, budaklı ve diri odun oranı yüksek bir yapı oluşturur.

Genç sürgünler tüysüz, soluk kahverenginde, tomurcuk büyük, reçinesiz, iğ şeklinindedir. Tomurcuk pullarının uçları geriye doğru kıvrılmıştır. İğne yapraklar kalın, parlak yeşil, uçları sivri, batıcı, kenarları ince dişlidir. Yaprak kını uzun, koyu renklidir. Yaprak boyları 10-20 cm arasında değişir. Yapraklar sürgün uçlarında püskül şeklinde bir araya gelmişlerdir. Kısa saplı, sivri, koni şeklinde olan kozalaklar parlak ve açık kahverengindedir (As, 1992).

Sahil çamı (*Pinus pinaster*) Türkiye' de 77 bin Ha kaplamaktadır ve 2037 hektarı reçine eldesine elverişlidir. Ülkemizde doğal olarak yayılış göstermeyen ama endüstriyel plantasyonla yetiştirilmeye çalışılan sahil çamı ormanları; rakım, bakı, çap sınıfları, arazi meyilli gibi faktörler esas alınarak, kapalılık 1 ve 3, gelişme çağları c ve d, yaş sınıfları 4 ve üzeri olarak 2037 Ha' lık sahil çamı ormanından ham reçine üretilebilir (Deniz, 2017).

Sahil Çamı (*Pinus pinaster*)'nın Ekolojik Özellikleri:

Sahil çamı, kışları yağışlı ve ılık, yazları sıcak ve kurak özellik gösteren Akdeniz iklimine sahip alanlarda yayılış göstermektedir. Sıcaklık aralığı: -10 °C ve 35 °C ortalaması ise 16 °C'dir.

Vegetasyon aylarında kesin bir yaz kuraklığı gerçekleşirken yıllık ortalama yağış 750-1250 mm ve yağmur şeklindedir.

Bu ağaç türü, çeşitli kayalardan oluşmuş, kumlu, alüvyal ve iyi draneje olmuş, hafif topraklarda iyi gelişir ve derin toprak ister. Bozuk drenajlı topraklardan etkilenir. Uygun ve rutubetli topraklarda büyüme çok hızlıdır. Fakat buralarda yetişen sahil çamalarında kar kırması ve devirmesi çok görülmektedir. Kurağa oldukça dayanıklı olan bu tür kumlu ve çorak olan fundalık bölgelerde öncü olarak görülebilmektedir. Sahil kumullarına da uyum gösterebilmektedir (As, 1992).

2.1.1.2. Karaağaç (*Ulmus glabra*)' nın Özellikleri

Habitat: Boyu 30-35 m.' ye ulaşabilen geniş tepeli bir ağaçtır. Türkiye' de Bolu-Mengen yöresinde 30 m. boyunda ve 80 cm. çapa kadar ulaşabilen ağaçlar tespit edilmiştir.

Kabuk: Gövde kabuğu başlangıçta çatlaksızdır. İleri ki yaşlarda boyuna ve rombik biçimde derin çatlaklı gri-beyazımsı kabuklar oluşur. Çatlaksız kabuklar üzerindeki lentiseller çok belirgin ve enine kabarcıklar halindedir.

Sürgün: Genç sürgünler diğer taksonların sürgünlerine oranla daha kalındır. Kırmızımsı kahverengi sürgünlerin üzeri kaba, soluk, beyaz tüylüdür. Sürgünler pseudo-terminal olup mahmuz belirgindir. Lentiseller sarımsı renkte ve çıplak gözle görülür. Yaprak sapı izi daha büyük, yuvarlak köşeli ve üzerinde üç adet iletim demeti izi vardır. Yaprak sapı izi hemen tomurcuk altında değil, yana kaymış durumdadır.

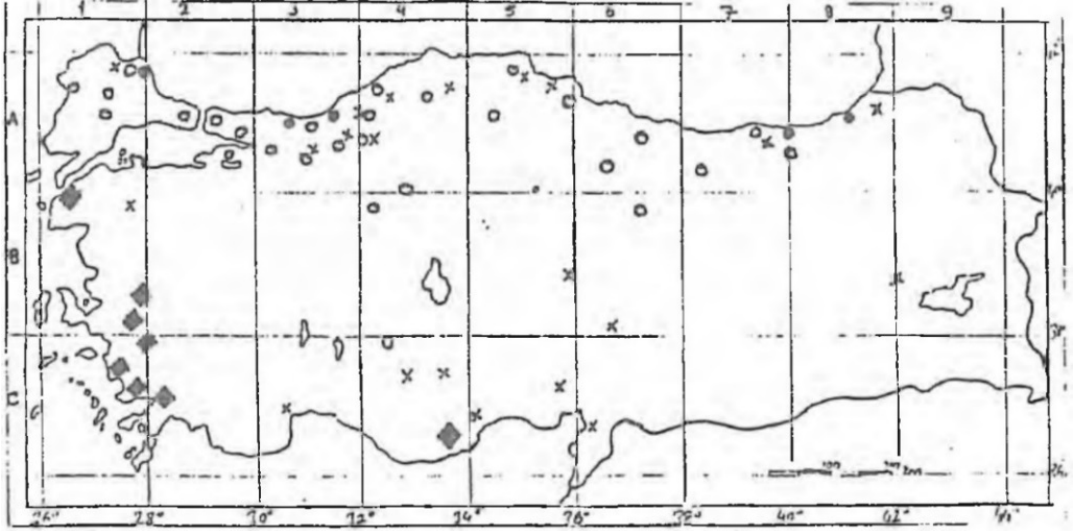
Tomurcuk: Tomurcuklar dışarıdan görülen 4-6 pullu ve pullar iki renklidir. Pulların uç kısımları açık renkli ve soluk beyaz tüylü, diğer kısımları ise siyahımsı kahverengidir. Tomurcuklar daha büyük ve küt uçludur.

Yaprak: Yapraklar diğer taksonlarınkine oranla daha büyüktür ve sapsızdır veya çok kısa saplıdır. Üst yüzü koyu yeşil, alt yüzü açık yeşil olan yaprak ayasının üst yüzü skabroz (sert tüylü), alt yüzü ise yumuşak tüylüdür. İyi yetiştirme yerlerinde yapraklar uç kısımlarda lopcuklar oluşturur ve ayanın alt yüzünde de sert tüyler görülür. Yaprak sapı da sık beyaz tüylüdür. Yaprak ayasının kenarları düzenli, çift sıralı dişli ve uç kısmı kısa damla uçludur.

Çiçek: Çiçekler hermofrodit, çok kısa saplı ve zengin kurullar oluşturur. Perigonun kenarları esmer pas renkli ve kirpiklidir. Her bir çiçek 5-6 etaminli, filamentler beyaz renkli, stigma kırmızı ve iki parçalıdır. Perigon parçalı ve çan şeklinde, yeşil renklidir.

Meyve: Şamara 2 cm uzunluğunda ve dairemsidir. Nuks, tüysüz ve geniş bir kanatla çevrilmiştir (Akkemik, 1995).

Odunu: Ağaç boyu 30-40 cm ye kadar uzarken gövde orta çapı 1.0-1.5 m kadardır. Gövdenin şekli ise silindiriktir. Dağ karaağacı Kuzey ve Orta Avrupa ile Türkiyede yayılış göstermektedir. Lif yapısı düzgün olmakla birlikte lif kıvrıklığı ve düzensiz liflilik görülebilir. Yıllık halka sınırları ve ilkbahar odunu traheleri çıplak gözle görülebilirken öz ışınları ve yaz odunu traheleri lup altında görülebilir. Odunu orta parlaklıkta ve çok dekoratiftir. El aletleri ve makinlerle kolay işlenir ama orta derece körleştirme etkisi vardır. Bu nedenle keskin aletler kullanılmalıdır (Bozkurt ve Erdin, 1989). Türkiye topraklarındaki karaağaç dağılımı Şekil 19’da gösterilmiştir (Akkemik, 1995).



Şekil 19. Doğal karaağaç taksonlarının yayılış alanları *Ulmus glabra*(x)

2.1.1.3. Fındık (*Corylus avellana*)' ın Özellikleri

Basit, yuvarlak yaprakların kenarları çift dişli, ucu sivridir. Çiçekler yapraklardan hemen önce ilkbaharda açar. Bir evcikliktir. Erkek çiçekler kedicik şeklinde 5-12 cm uzunluğunda sarı renklidir. Dişi çiçekler çok küçük, kış boyunca tomurcuklarda gizlenir, 1-3 mm uzunluğunda kırmızı renklidir. Nuks meyve 1-2,5 cm uzunluğunda 1-2 cm çapındadır, kabuğun etrafını tamamen veya kısmen kuşatan bir kadehcik bulunur. Kadehcğin şekil ve yapısı fındık türlerinin teşhisinde önemlidir (URL-3, 2019).

Toprak istekleri: Fındık kökleri yerin merkezine doğru en fazla 80 cm giden saçak köklü bir yapıya sahiptir. Fındığın yetişmesi için gerekli olan toprak özellikleri açısından çok seçici olmamasına rağmen etkili besin maddesince zengin, tınlı-humuslu ve derin topraklarda daha verimlidir. Dal uçlarından itibaren kuruması ve ilerleyen zamanlarda sararmasının nedeni ağır topraklar ile taban suyunun yüksek olması ve iyi havalanmamasıdır (Karadeniz vd.,2008).

Yetiştirme alanları Fındığın, Dünya’da en iyi yetiştirme koşullarının bulunduğu yer Doğu Karadeniz’dir Ticari değeri yüksek olan fındık Trabzon-Giresun-Ordu illerinde tek tarım tipi mono kültür olarak yapılır. Türkiye’deki fındıkların %80’i Karadeniz Bölgesi’nden sağlanır. Başta Giresun, Ordu, Trabzon doğu Karadeniz, Sakarya, Bartın, Zonguldak batı karedeniz olmak üzere iki bölgede yetiştirilir. Türkiye, dünya fındık üretiminde birincidir. Dünya fındık üretiminin %62-65 kadarını Türkiye karşılar. Ayrıca Türkiye Dünya’nın en kaliteli ve lezzetli fındıklarını yetiştirir (URL-3, 2019).

Ekonomisi ve tüketimi: Elde edilen verilere dayanarak Fındık tarımı genel olarak küçük toprak parçalarında ve aile işletmeciliği şeklinde yapıldığı tespit edilmiştir. Ülkemizde yaklaşık 630.000 hektar alanda hemen hemen 400.000 çiftçi fındık tarımı yapmaktadır. Fındık, yetiştirildiği bölgede doğrudan ya da dolaylı olarak 8 milyon nüfusu ilgilendirmektedir (Karadeniz vd.,2008).

Fındık; çikolata, bisküvi, şekerleme, tatlı, pasta, dondurma imalatında katkı maddesi ve çerez olarak tüketilmektedir. Fındık unu çikolatalı tüketim ürünlerinin esas maddesi olduğu için dünyanın yıllık ortalama fındık tüketimi 300.000 ton’u geçmiştir. Fiskobirlik’in özel ambalajlarında satışa sunduğu fındık, fındık ezmesi, nuga ve nutkrem, besin değeri yüksek gıdalardır. Beslenme uzmanları tarafından çocukların beslenmesinde çok önemli bulunmuştur (Karadeniz vd.,2008).

Fındık zurufunun değerlendirilmesi: Patoz’ dan sonra artık madde olarak zuruflar genelde harman alanının belli bir yerinde istiflenerek kurutulur ve sobalarda odunu tutuşturmak için kullanılır. Bir dekar alandaki zuruf miktarı yaklaşık olarak 60-75 kg’dır.

Son zamanlarda zuruf fındık bahçelerinde kullanılmaktadır. Zurufun toprakta kompost olarak kullanılması sonucu kalitede ve verimde meydana gelen artış bilimsel olarak ispatlanmıştır. Aynı zamanda ekonomik oluşu ve yararı dışında kompost madde olarak hangi oranlarda kullanılacağı da belirlenmiştir (Karadeniz vd.,2008).

2.1.2. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri

2.1.2.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris*)' in Özellikleri

Makroskopik Yapı: Diri odun, sarımsı beyaz öz odun ise kırmızımsı kahverengidir. Yıllık halka sınırı belirgin ve hafif dalgalıdır. İlbahar odunu yaz odunu geçişi ani, bazen yavaş olabilir. Öz ışını gözle görülmez ve reçine kanalı çoktur. Odunu mat, reçine kokulu, oldukça sert, orta ağırlıkta ve dekoratiftir özelliğe sahiptir.

Mikroskopik Yapı: Traheid çapı 10-50 mikron, uzunluğu 1.8-4.5 mm dir. Öz ışınları tek sıralı heterojen yapıda olup 1-12 hücre yüksekliğindedir. Karşılaşma yeri geçitleri pencere tipindedir. Boyuna reçine kanalları tek tek ve genelde yaz odununda bulunur. Epitel hücreleri ince çepelidir (As, 2011).

Genel olarak sarıçam odununa ait mekanik ve kimyasal özellikler Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Sarıçam odununa ait mekanik ve kimyasal özellikler

Sarıçam			
Mekanik Özellikler (As, 2011)		Kimyasal Özellikler (Bozkurt ve Erdin, 1989)	
Yoğunluk (D_0)(g/cm ³)	0.49	Selüloz (%)	40-57
Basınç Direnci (N/mm ²)	64	Lignin (%)	25-39
Eğilme Direnci (N/mm ²)	100	Pentozan (%)	8-11
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	12000	pH	5.1
Çekme Direnci (N/mm ²)	104		
Makaslama Direnci (N/mm ²)	10		

2.1.2.2. Doğu Ladini (*Picea orientalis*)'nin Özellikleri

Makroskopik Yapı: Diri ve öz odun arasında renk farkı olmayıp sarımsı beyaz renkte ve olgun odun özelliğindedir. Yıllık halka sınırı belirgin, ilkbahar-yaz odunu geçişi yavaştır. Reçine kanalları genellikle yaz odununda bulunmaktadır. Öz ışınları çok ince ve gözle görülmez. Yumuşak ve orta ağırlıkta bir ağaçtır.

Mikroskopik Yapı: Traheid: çapı 20-40 mikron, uzunluğu 1,3-4,3 mm dir. Öz ışınları tek sıralı heterojen yapıdadır. Karşılaşma yeri geçitleri piceoid tipte ve boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücreleri kalın çeperlidir (As, 2011). Doğu ladinine ait mekanik ve kimyasal özellikler Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. Doğu ladini odununa ait mekanik ve kimyasal özellikler

Doğu Ladini			
Mekanik Özellikler (As, 2011)		Kimyasal Özellikler (Bozkurt ve Erdin, 1989)	
Yoğunluk (D_0)(g/cm ³)	0.416	Selüloz (%)	41-49
Basınç Direnci (N/mm ²)	28.2	Lignin (%)	19-20
Eğilme Direnci (N/mm ²)	51.96	Pentozan (%)	8-13
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	10528	pH	4.0-5.3
Çekme Direnci (N/mm ²)	53.5		
Makaslama Direnci (N/mm ²)	6		

2.1.3. Tutkal

Bu çalışma kapsamında; kontrplak endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tutkal türlerinden üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılmıştır. Kontrplak levhalarının üretiminde kullanılan sıvı haldeki %55 katı madde miktarına sahip ÜF tutkalı Polisan Kimya Sanayi A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Kullanılan ÜF tutkalına ait bazı teknik özellikler Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. ÜF tutkalına ait teknik özellikler

Ürün Karakteristiği	ÜF Reçinesi (Sınır Değerler)
Görünüş	Yarı saydam ve sıvı
Katı Madde Miktarı (%)	56
Yoğunluk (20 °C da, gr/cm ³)	1.214
Viskozite (20 °C da, cps.)	140
Akma Zamanı (20 °C da, sn.)	29
Jelleşme Zamanı (sn.)	22
pH (20 °C da)	8.32
Depolama Süresi (gün)	60
Serbest Formaldehit,(%)	Max. 0.8
Depolama (20 °C de)	60 gün

*Bilgiler üretici firmadan sağlanmıştır.

2.1.3.1. Sertleştirici Madde

Levhaların üretiminde, ÜF tutkal çözeltisine sertleştirici olarak amonyum klorür'ün% 15'lik sulu çözeltisi eklenerek kullanılmıştır.

2.1.3.2. Dolgu ve Katkı Maddeleri

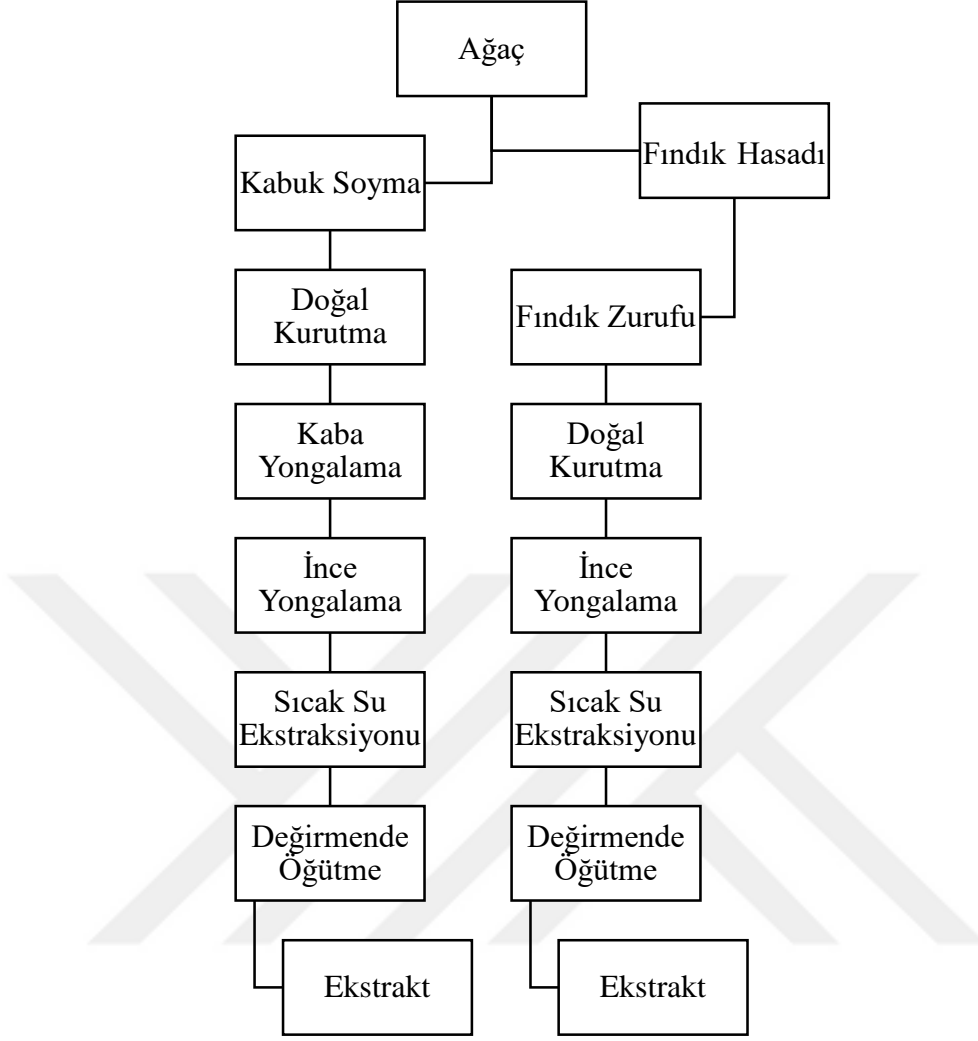
ÜF tutkalının hazırlanmasında katkı maddesi olarak buğday unu, dolgu maddesi olarak ise meşe palamudu tanen ekstraktı, sahil çamı ve karaağaç kabuk ekstraktları ile fındık zurufu ekstraktı farklı oranlarda kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Ekstraksiyon İşlemine Hazırlık

Ağaç malzemedен alınan kabukları ekstraksiyon işlemine tabi tutmadan önce çeşitli işlemlerden geçmesi gerekir. Bu işlemlerin uygulanmasındaki amaç verimi artırmaktır.

Ağaç kabuğundan ekstrakt elde etme aşamaları aşağıda bulunan Şekil 20'de özetlenmiştir.



Şekil 20. Ekstraksiyon işlemi akış şeması

2.2.1.1. Kabuk Soyma ve Kurutma

Kesici aletler (balta, keser) ile odundan soyulan kabuklar yongalama makinesi için küçük boyutlara bölünmüş ve kompresör yardımı ile toz vb. yabancı maddelerden arındırılmıştır. Fındık kabukları fındık zuruflarından temizlenmiştir. Sonrasında kabuklardan polifenollerin uzaklaşmaması için 2 hafta boyunca laboratuvar ortamında serme yöntemi kullanılarak Şekil 21’de gösterildiği gibi doğal kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 21. 1: Zuruf, 2: Odundan soyulmuş karaağaç, 3: Yongalanacak karaağaç

2.2.1.2. Yongaların Üretimi

Doğal kurutmada rutubet değeri düşen kabukların ve zurufların yongalama işlemlerine başlanmıştır. Yongalama işlemi kaba ve ince olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Sahil çamı ve karaağaç kabuğunun yongalanmasında ilk olarak Robert Hildebrand marka, laboratuvar (20/6/2) tipi, iki bıçaklı bir kaba yongalayıcı kullanılmış ve makine silindirinin altında mevcut kesici ızgara sayesinde yaklaşık aynı boyutlarda yonga elde edilmiştir. Elde edilmiş kaba yongalar ve fındık zurufları 6 çekiç, 16 bıçaktan oluşan halkalı ince yongalama makinesinde ekstraksiyon işlemi için uygun hale getirilmiştir. Yongalama makineleri ve yongalar Şekil 22’de gösterilmiştir.



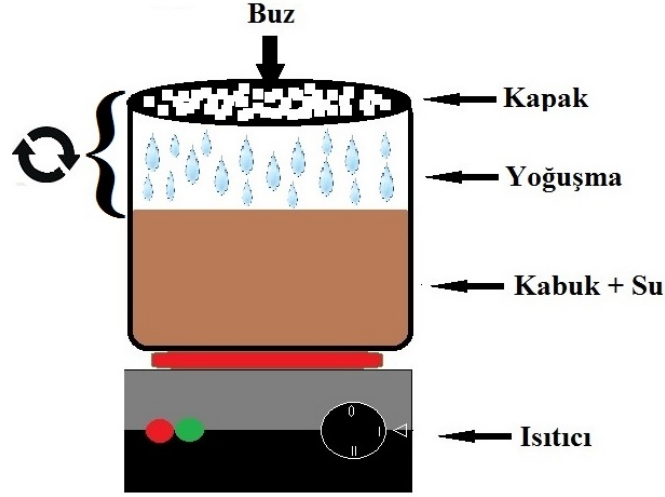
Şekil 22. 1: Kaba yongalam ve ince yongalama makineleri, 2: Yongalama makinelerinin yakından görünüşü, 3: Üstteki Sahil çamı kabuğu, soldan 1. Karaağaç kabuğu, soldan 2. Zuruf

2.2.2. Ekstraksiyon işlemi

İnce yongalama işlemi gerçekleştirilen kabuklar ve zuruflar 35 litre kapasiteli alüminyum kazanda Tablo 15’te belirtilen kg/L oranlarında sıcak su ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. Uçucu bileşiklerin sıcaklığın etkisi ile uzaklaşmasına engel olmak için Şekil 23’te görüldüğü gibi ekstraksiyon işlemi; kapalı kapta, ekstraksiyon işlemi boyunca ve sonrasında soğuyuncaya kadar kapak üzerine buz ilave edilerek gerçekleştirilmiştir.

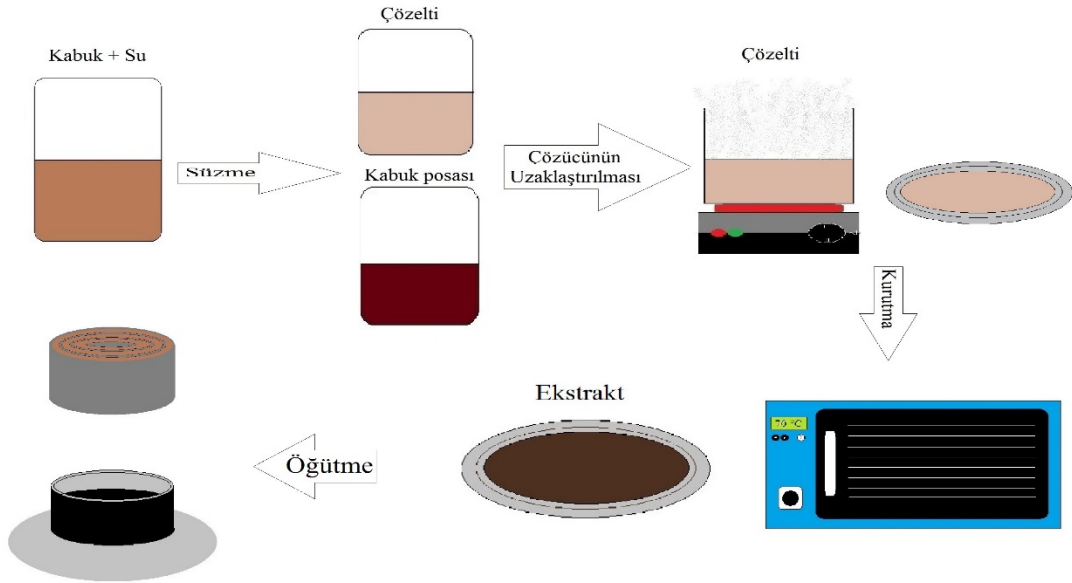
Tablo 15. Ekstraksiyon işleminde uygulanan değişkenler.

Tür	Sıcaklık (°C)	Oran (kg/L)	Süre (Saat)	Yonga Rutubeti (%)	Ekstrakt Rutubeti (%)
Ç.K.E.	95	1/6	2	17.18	2.06
K.K.E.	95	1/6	2	12.67	1.13
F.Z.E.	75	1/50	3	15.68	2.51
M.K.E.	Ticari bir firmadan temin edilmiştir				2.99



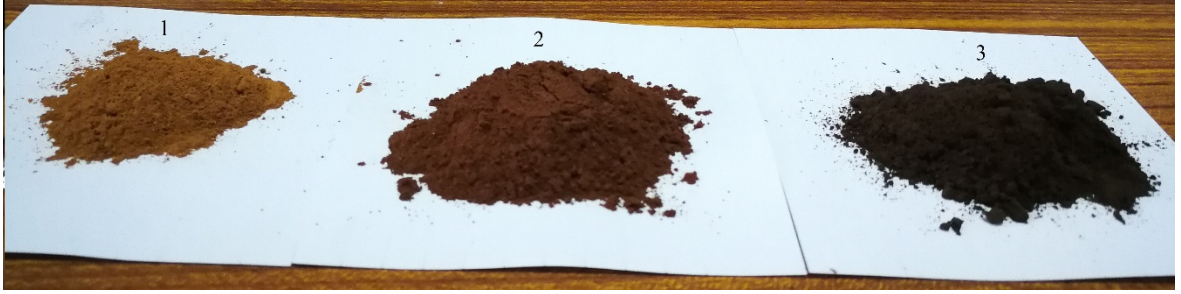
Şekil 23. Sıcak su ekstraksiyonu işlemi

Ön işlemden sonra kabuk posasının çözeltilerden uzaklaştırılması 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 16 cm lik plastik süzgeçten geçirildikten sonra 60 meshlik elekten geçirilerek 9 litre kapasiteli çelik tabanlı tencerede suyun uzaklaşır katı madde miktarının artması için kaynatılmıştır. Suyun büyük bir kısmı uzaklaşır çözelti çamur kıvamına geldikten sonra alüminyum tepsiye dökülmüş ve etüvde 70 °C de tamamen kuruyuncaya kadar ısıtılmıştır. Etüvden alınan örnekler halkalı değirmende öğütülerek toz haline getirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi boyunca yapılan işlemler Şekil 24’te gösterilmiştir.



Şekil 24. Sıcak su ekstraksiyonu işlem basamakları

Ekstraksiyon işlemi sonrasında elde edilen kabuk ve zuruf örnekleri Şekil 25'te gösterilmiştir.



Şekil 25. 1) Karaağaç kabuğu ekstraktı, 2) Sahil çamı kabuğu ekstraktı, 3) Fındık zurufu ekstraktı

2.2.3. Ekstraktların Kimyasal Özellikleri

2.2.3.1. pH Değerleri

Çalışma kapsamında kullanılan odun kabukları ve fındık zurufları için pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. pH ölçümünde kullanılan kabuk ve zuruf örnekleri TAPPI t m-45'e göre hazırlanmıştır. Her test grubunu temsil eden odun kabukları ve fındık zurufları Willey tipi değirmen ile öğütüldükten sonra sıcak su ile ekstrakte edilmiş ve 40 ve 60 mesh'lik eleklerde kademeli olarak elenmiş, 60 mesh'lik elek üzerinde kalan materyal kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Rutubetleri belirlendikten sonra, her test grubuna ait yaklaşık 5 gr odun örneği, içinde 150 ml destile edilmiş su bulunan bir erlenmayere yerleştirilmiş ve bir çalkalayıcı ile 24 saat çalkalanmıştır. Bu süre sonunda elde edilen çözelti bir vakum pompası yardımıyla süzülerek pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. pH ölçümünde kullanılan cihazlar Şekil 26'da gösterilmiştir.



Şekil 26. 1: Çalkalayıcı, 2: pH ölçer

2.2.3.2. Tampon (Buffer) Kapasitesi

pH ölçümleri için hazırlanan süzölmüş çözeltilerden 20 ml alınarak tampon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu çözeltiler, pH değerleri 7'ye ulaşınca kadar 0.001 N'lik NaOH ile titrasyona tabi tutulmuş ve bu işlem için harcanan NaOH miktarı belirlendikten sonra, 1 numaralı formül yardımıyla tampon kapasiteleri hesaplanmıştır (Demirkır, 2006).

$$T. K. = \frac{N \times T \times I}{A \times K} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;

T.K. : Tampon kapasitesi (ml/1000 g tamkuru odun)

N: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi (N) (0.001)

T: pH=7 oluncaya kadar çözeltiliye katılan NaOH miktarı (ml)

I: Çözeltideki su miktarı (ml)

A: Kullanılan odun örneğinin ağırlığı (g)

K: Titrasyon için kullanılan çözelti miktarı (ml) (20 ml)

2.2.3.3. Stiasny Sayısı Tayini

Çözeltideki toplam kondanse tanen miktarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntem olan stiasny sayısı tayini için 50 ml %0,4'lük sulu ekstrakt çözeltisi hazırlanmıştır. Bu

çözeltiyeye 5 ml %37'lik formaldehit ve 5 ml %37'lik HCl eklenip reaksiyona sokulmuştur. Karışım manyetik karıştırıcıda geri soğutucu altında kaynamaya başladıktan sonra 30 dk boyunca reaksiyon devam ettirilmiştir. Süre sonunda çözelti daha önce tam kuru ağırlığı belirlenmiş porozitesi 3 olan krozelerden vakum altında süzölmüş ve 500 ml kaynar su ile yıkanmıştır. Krozeler, $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde kurutulmuş ve kütle kaybından giderek stiasny sayısı 2 numaralı formülle belirlenmiştir (Pizzi ve Mittal, 2010). Stiasny sayısını belirlemek için kullanılan malzemeler Şekil 27 ve Şekil 28' de gösterilmiştir.

$$S, \% = \frac{A}{B} \times 100 \quad (2)$$

A: Çözünen Madde Miktarı

B: Çözünmeyen Madde Miktarı



Şekil 27. 1: İnce yongalanmış kabuklar ve zuruf, 2: Elek makinesi, 3: Stiasny sayısı için örnekler



Şekil 28. 1: Manyetik karıştırıcı, 2: Vakumla yıkama

2.2.3.4. Toplam Polifenol ve Flavanoid Miktarı

Toplam fenol miktarı K.T.Ü. Kimya Bölümünde Folin-Ciocalteu yöntemine göre hazırlanan sahil çamı kabuğu, karaağaç kabuğu ve zuruf ekstrakt örneklerinin fenolik madde içeriği gallik asit eşdeğeri olarak verildi (mg GAE/g).

Ekstraktların flavanoid içerikleri K.T.Ü. Kimya Bölümünde kuersetin eşdeğeri olarak hesaplandı (mg QE/g).

Kabuklardan ve zurufdan elde edilen ekstraktların kimyasal özellikleri Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. Ekstraktların kimyasal özellikleri

Tür	Ekstraksiyon Verimi (%)	Toplam Fenol (mg.GAE/g)	Flavanoid (mg.QE/g)	Stiasny Sayısı (%)	Asit-Baz (pH)	Tampon kapasitesi (ml/1000 g tam kuru odun)
Ç.K.E	7,5	101,1238±4,0	1.7400±0,1	9	4.42	22.0329
K.K.E.	5.18	407,05	0.3645±0,0	50	5.79	8.8809
F.Z.E.	13.3	14.04	-	31	6.47	5.6984
M.K.E.	-	710,3	-	-	3.97	80.8252

2.2.4. Kontrplak Üretimi

Kontrplak levhaların kalitesini üretim faktörleri önemli ölçüde etkilemektedir. Tez kapsamında istenilen amaca ulaşıp ulaşılamadığının belirlenebilmesi için levhalar üzerinde aşağıda belirtilen testler uygulanmıştır.

2.2.4.1. Kontrplakların Hazırlaması

Çalışmada 2 mm kalınlığında 50x50 cm ebatlarında ki kaplamaların kurutulması işlemi K.T.Ü., Orman Fakültesi, kontrplak pilot tesisinde 110 °C sıcaklıkta ve 5 dakika sürede gerçekleştirilmiştir. Kaplama levhalardan ÜF tutkalı kullanılarak 3 tabakalı kontrplaklar üretilmiştir. Kontrplak üretiminde kullanılacak tutkal reçeteleri Tablo 17’de verilmiştir. Kaplamaların tutkallanması 4 silindirli tutkallama makinesinde gerçekleştirilmiş ve m²'ye 160 g tutkal sürülmüştür. Tutkallama sonrası hazırlanan levha taslakları presleme alanı 70x89 cm olan tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Presleme şartları: sıcaklık 110 °C, basınç 8 kg/cm², süre 6 dk olarak uygulanmıştır. Üretilen deneme levhalarının, iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farkının giderilmesi için 1 hafta süreyle istif latası kullanılmaksızın üst üste istiflenmiştir. Böylece kontrplakların eşit şartlarda soğumaları sağlanarak biçim değişiklikleri engellenmiştir. Kontrplak üretimi sırasında kullanılan kaplamalar ve makineler Şekil 29’de verilmiştir.



Şekil 29. Kontrplak üretim aşamaları.

Tablo 17. Kontrplak üretimi için hazırlanan tutkal reçeteleri

Örnek Grupları	Tutkal Karışımı	Birim Ağırlık
Kontrol	%55'lik ÜF tutkalı	100
	Buğday unu	30
	NH ₄ Cl(%15'lik)	10
Dolgu Maddesi Kullanılan Gruplar (Ç.K.E.-K.K.A.-M.K.E.-F.Z.E.)	%55'lik ÜF tutkalı	100
	Buğday unu	25
	Dolgu Maddesi	5
	NH ₄ Cl(%15'lik)	10
	%55'lik ÜF tutkalı	100
	Buğday unu	27,5
Dolgu Maddesi	2,5	
NH ₄ Cl(%15'lik)	10	

Ç.K.E.: Sahil çamı kabuk ekstraktı, K.K.E.: Karağaç kabuğu ekstraktı, F.Z.E.: Fındık zurufu ekstraktı, M.K.E.: Meşe palamudu tanen ekstraktı temsil etmektedir.

2.2.5. Kontrplakların Fiziksel Özellikleri

2.2.5.1. Denge Rutubet Miktarı

Üretilen kontrplak levhalarının sahip olduğu denge rutubeti miktarları, TS EN 322 standardına göre belirlenmiştir (EN 322, 1999). Örneklerin rutubetli haldeki ağırlıkları $\pm 0.01g$ hassasiyetli bir analitik terazide tartıldıktan sonra, 103 ± 2 °C sıcaklıktaki bir etüvde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutularak tam kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Her test grubu için kontrplaklarda 25'er adet, deney örneği kullanılmıştır.

Örneklerin rutubet miktarı 3 numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$r = \frac{M_r - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

Eşitlikte;

r: deney parçasının sahip olduğu rutubet miktarı (%)

Mr: deney parçasının rutubetli haldeki ağırlığı (g)

Mo: deney parçasının tam kuru haldeki ağırlığı (g)

2.2.5.2. Özgül Ağırlık

Kontrplak levhalar için özgül ağırlık; TS EN 323/1 de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir (EN 323-1, 1999). Özgül ağırlık örnekleri, iklim odasında 20 ± 2 °C sıcaklı ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında bekletilerek rutubetlerinin % 12 olması sağlanmıştır. Kontrplak levhalarının genişlikleri kumpas ile kalınlıkları mikrometre ile ölçülmüştür. Örneklerin ağırlıkları 0,01 mm duyarlıklı analitik terazide belirlenmiştir. Her test grubu için kontrplaklarda 25'er adet kullanılmıştır.

Örneklerin rutubet miktarı 4 numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\delta = \frac{M_r}{a_1 \times a_2 \times e} \quad (4)$$

Burada; e= Örnek kalınlığı (cm)

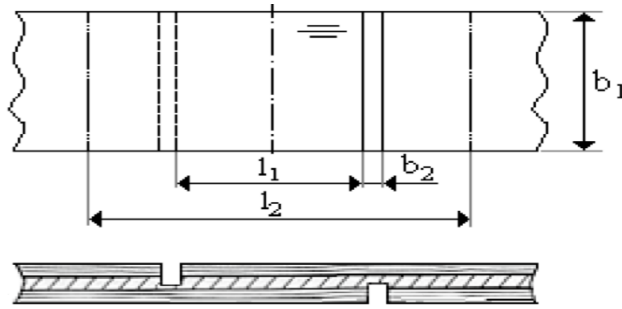
δ =Hava kurusu haldeki özgül ağırlığı (g/cm³) M_r = Ağırlık (g)
 a_1 = Örnek genişliği (cm) a_2 = Örnek uzunluğu (cm)

2.2.6. Kontrplakların Mekanik Özellikleri

2.2.6.1. Çekme-Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Kontrplağın kalitesinin ve kullanım yerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli test, çekme-makaslama direnci testidir. Çekme-makaslama direnci kontrplakların en önemli mekanik özelliklerinden biri olup, malzemenin diğer mekanik özellikleri hakkında yapılacak yorumlar içinde referans teşkil etmektedir. Çalışmada hangi dolgu maddesinin ve dolgu maddesi oranının hangi ağaç türleri için daha uygun olduğunu belirleyebilmek ve aralarında bir karşılaştırma yapabilmek için çekme-makaslama testi sonuçları kullanılmıştır.

Üretilen kontrplak levhalarının yapışma direncinin tespit edilmesinde kullanılan çekme-makaslama direnci, TS EN 314-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu standarda göre, 3 tabakalı kontrplak levhaları için hazırlanan çekme-makaslama direnci test örneği Şekil 30’da gösterilmiştir (EN 314-1, 1998). Örnek boyutları 25 x 110 x levha kalınlığı mm dir. Üre formaldehit tutkalı ile üretilen her bir gruptaki kontrplak levhalarından hazırlanan test örnekleri 20 °C sıcaklıktaki su içinde 24 saat bekletilmiş, her bir gruptan 30’ar adet örnek incelenmiştir.



Şekil 30. Çekme-makaslama deney örnekleri (Boyutlar mm cinsindedir.)

Şekilde;

l_1 = Makaslama uzunluğu (25±0,5 mm)

b_1 = Makaslama genişliği (25±0,5 mm)

I_2 = Sıkıştırma çeneleri arasındaki minimum uzaklık (50 mm)

b_2 = Örnek yüzeylerine açılan kanalların Genişliği (2,5-4 mm)

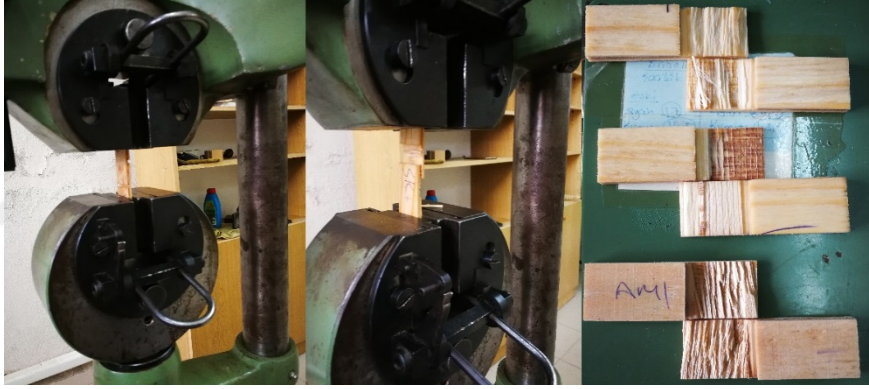
Örnek kalınlığı = Levha kalınlığı

Çekme-makaslama direncinin tespitinde 5 numaralı eşitlikten yararlanılmıştır:

$$\text{Ç. M.} = \frac{F_{\text{MAX}}}{I_1 b_1} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (5)$$

Eşitlikte; F_{max} : Kopma anındaki maksimum yükür.

Deney Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında bulunan Losenhausen ve Mohr & Federhaff marka universal test makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 31).

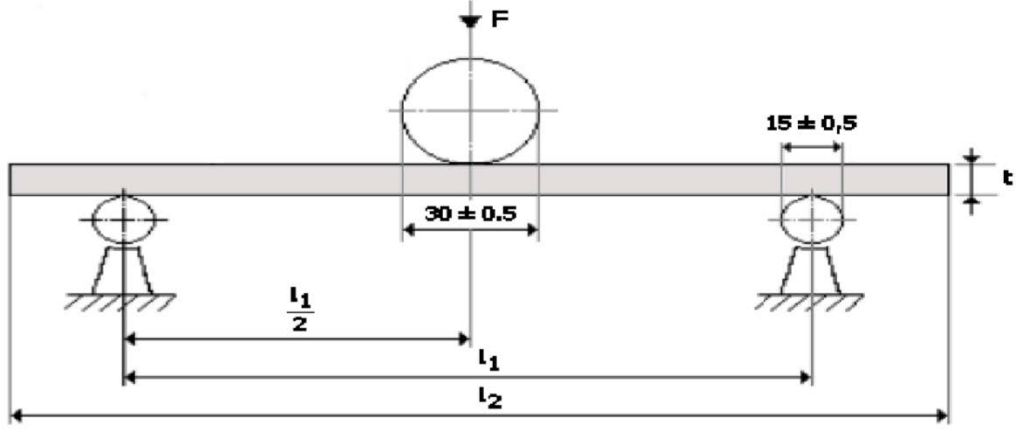


Şekil 31. Çekme-Makaslama deney düzeneği

2.2.6.2. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalarına uygulanan eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri, TS EN 310 (EN 310, 1998) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu standarda göre hazırlanan eğilme direnci ve elastikiyet modülü test örneği ve test düzeneği Şekil 32’de gösterilmiştir. Kontrplak levhaları için deney örneklerinin boyutları; 50 x 170 x levha kalınlığı mm dir. Örnekler iklimlendirme odasında 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında bekletilerek rutubetlerinin yaklaşık % 12 olması sağlanmıştır. İklimlendirme işleminden sonra örneklerin kalınlıkları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı mikrometre ile genişlikleri $\pm 0,1$ mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Deney örnekleri makineye dayanak noktaları

arasındaki açıklık, kalınlığın 20 katı olacak şekilde yerleştirilmiş ve yük deney örneğinin tam orta kısmından uygulanmıştır. Kontrplak levhaları için her test grubundan 20'şer adet deney örneği kullanılmıştır.



Şekil 32. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney örnekleri (Boyutlar mm cinsindedir)

F: Kuvvet (N)

l_1 : Dayanaklar arasındaki açıklık (mm)

t: Deney parçasının kalınlığı (mm)

l_2 : Deney numunesinin uzunluğu (mm)

Eğilme direncinin tespitinde 6 numaralı eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E . D . = \frac{3 \times F_{MAX} \times l_1}{2 \times b \times t^2} (N/mm^2) \quad (6)$$

Eşitlikte;

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N), b = Deney parçasının genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{F \times I^3}{4 \times e \times b \times d^3} (N/mm^2) \quad (7)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

e = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

I = Dayanaklar arası açıklık (mm)

Deney Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında bulunan Zwick marka universal test makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 33)



Şekil 33. Eğilme direnci deney düzeneği

2.2.7. Formaldehit Emisyonu

Üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu değerleri, EN 717-3 (EN 717-3, 1996) standardı uyarınca şişe yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu metoda göre, içerisinde 50 ml destile su bulunan 500 ml. lik polietilen şişelere, üretimi yapılan her kontrplak grubuna ait 25x25xlevha kalınlığı (mm) boyutlarındaki örneklerden rastgele seçilen 15-17 g ağırlıktaki numuneler bir lastik yardımıyla destile suya değmeyecek şekilde asılmış ve şişenin ağzı sıkıca kapatılmıştır (Şekil 34). Şişeler 40 °C sıcaklıktaki fırında 3 saat tutulduktan sonra çıkarılmış ve içerisindeki örnekler uzaklaştırılarak kapakları kapalı şekilde 1 saat soğumaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda şişelerden alınan çözelti analiz edilerek kontrplakların formaldehit emisyonu değerleri aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$F = \frac{(A_s - A_b) \times f \times 50 \times 10 \times (100 + R)}{M} \text{ (mg)} \quad (8)$$

Burada;

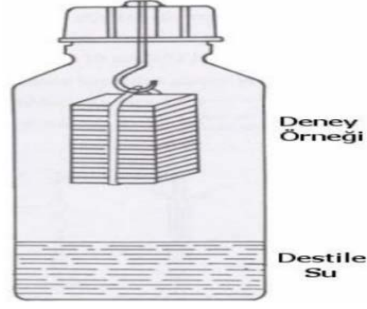
As= Ekstraksiyon çözeltisinin absorbanısı

F= Kalibrasyon eğri faktörü

Ab= Kır deneyinin absorbanısı

M= Örnek ağırlığı

R= Levhanın rutubet miktar



Şekil 34. WKI Şişe Yöntemi

Formaldehit emisyonu şişe yöntemi kullanılarak ölçülürken kullanılan malzemeler ve cihazlar Şekil 35’te verilmiştir.



Şekil 35. Şişe yöntemi ile formaldehit emisyonu ölçümü

2.2.8. İstatistiksel Analiz

Bu çalışma kapsamında ağaç kabukları ve fındık zurufu ekstraktları dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Dolgu maddelerinin, kontrplakların fiziksel ve mekanik özelliklerine ek olarak formaldehit emisyonuna etkisini ortaya koymak için basit varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi; etkisi araştırılan faktörlerin üretilen kontrplakların ortak olan test grupları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi ile elde edilen farkların anlamlı bulunması durumunda, Student Newman- Keuls testi uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir. İstatistik analizlerin gerçekleştirilmesinde, SPSS 23 for Windows istatistik paket programından yararlanılmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Kimyasal Özellikler

3.1.1. Ekstraksiyon Verimi

Her bir tür için uygulanan ekstraksiyon işlemi sonucu elde edilen ekstraksiyon verimleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Dolgu maddelerinin ekstraksiyon verimleri

Tür	Verim (%)	Sıcaklık (°C)	Oran (kg/L)	Süre (Saat)	Yonga rutubeti(%)
Ç.K.E.	7,5	95	1/6	2	17,18
K.K.E.	5,18	95	1/6	2	12,67
F.Z.E.	13,3	75	1/50	3	15,68
M.K.E.	Ticari Bir Firmadan Alınmıştır				

Ekstraksiyon işlemi sonucunda F.Z.E. dan en yüksek verim elde edilirken, K.K.E. dan en düşük verim elde edilmiştir.

3.1.2. pH ve Tampon Kapasitesi

Kontrplak üretiminde kullanılan ekstraktların pH ve tamponlama kapasitesi değerleri Tablo 19’da verilmiştir.

Her bir grup için 2 şer tekrarlı pH ve tamponlama kapasitesi deneyi yapılmıştır. Her bir gruba ait 2 deney arasındaki farklar birbirine çok yakın olduğundan standart sapma değerleri hesaplanmamıştır.

Tablo 19. Dolgu maddelerinin pH ve tampon kapasitesi

Tür	Ç.K.E.	K.K.E.	M.K.E.	F.Z.E.	Sarıçam	Ladin
Asit-Baz (pH)	4,42	5,79	3,97	6,47	5.13 (Nemli vd., 2018)	4.77 (Aydın ve Demirkır, 2010)
Tampon kapasitesi (ml/1000 g tam kuru odun)	22,03	8,88	80,82	5,69	-	-

Ekstraktlarda en yüksek pH değerine F.Z.E. sahipken en düşük pH değerine M.K.E. nin sahip olduğu tespit edilmiştir. Tampon kapasiteleri ise pH değerleri ile ters orantılıdır.

3.1.3. Stiasny Sayısı, Toplam Polifenol ve Flavanoid Miktarı

Her bir türden elde edilen ve üretiminde kullanılacak olan ekstraktların belirlenen toplam polifenol miktarı, flavanoid değerleri Tablo 20’de verilmiştir. Ayrıca ekstraksiyon işlemine tabi tutulmayan ağaç kabukları ve fındık zurufunun stiasny sayısı belirlenmiştir.

Tablo 20. Dolgu maddelerinin kimyasal içeriği

Tür	Toplam PoliFenol (mg.GAE/g)	Toplam Flavanoid (mg.QE/g)	Stiasny Sayısı (%)
Ç.K.E	101,12±4,0	1,74±0,1	9
K.K.E.	407,05	0,36±0,0	50
F.Z.E.	14,04	-	31
M.K.E.	710,3	-	-

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümünde yaptırılan toplam polifenol miktarı analizi sonucu en yüksek polifenol miktarı M.K.E. da bulunurken en düşük polifenol miktarı F.Z.E. da bulunmuştur.

Yapılan kimyasal analiz sonucunda stiasny sayısı en yüksek K.K.E. iken en düşük Ç.K.E. dir. M.K.E. ticari bir firmadan tanen ekstraktı olarak temin edildiği için hammaddesinin stiasny sayısı belirlenmemiştir.

3.2. Fiziksel Özellikler

3.2.1. Özgül Ağırlık

Dolgu maddesi türlerinin ve tutkala karışım oranlarının özgül ağırlığa etkileri basit varyans analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Varyans kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespiti için Student-Newman-Keuls testi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir. Testlerde 25 er adet örnek kullanılmıştır. İstatistiksel olarak uç değerlere sahip örnekler ortalamaya katılmamıştır.

Tablo 21. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün özgül ağırlık üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Türü	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)					
		%5			%2.5		
		\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*	\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*
SARIÇAM	Kontrol	0,489	0,034	a	0,489	0,034	a
	Ç.K.E.	0,603	0,031	c	0,559	0,042	bc
	K.K.E.	0,501	0,052	a	0,552	0,036	bc
	M.K.E.	0,526	0,035	b	0,539	0,039	b
	F.Z.E.	0,543	0,042	b	0,575	0,034	c
DOĞU LADINI	Kontrol	0,439	0,046	b	0,439	0,046	b
	Ç.K.E.	0,418	0,021	a	0,412	0,028	a
	K.K.E.	0,417	0,020	a	0,417	0,028	a
	M.K.E.	0,412	0,019	a	0,415	0,018	a
	F.Z.E.	0,432	0,0329	ab	0,410	0,010	a

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda istatistiksel olarak %5 oranda en düşük özgül ağırlık kontrol ve K.K.E. gruplarında, en yüksek özgül ağırlık ise Ç.K.E. grubunda belirlenmiştir. M.K.E. ve F.Z.E. gruplarının özgül ağırlığı ise en büyük ve en küçük özgül ağırlık değerleri arasında yer almaktadır. Dolgu maddesi oranı %2.5 iken kontrol grubunda en düşük ve F.Z.E. grubunda en büyük özgül ağırlık elde edilmiştir. M.K.E. grubunun özgül ağırlığı kontrol ve F.Z.E. gruplarının arasında bulunmuştur. Ç.K.E. ve K.K.E. gruplarında ise M.K.E. ve F.Z.E. gruplarına yakın özgül ağırlık verileri belirlenmiştir.

İstatistiksel hesaplamalar sonucunda ladin kontrplaklarda her iki oranda en yüksek özgül ağırlık değeri kontrol grubunda belirlenmiştir. Dolgu maddesi oranı %5 iken Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. gruplarında en düşük özgül ağırlık değeri elde edilirken bu üç grup arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. F.Z.E. grubunun özgül ağırlık değeri ise en yüksek ve en düşük homojenlik gruplarına yakındır. Ladin kontrplaklarda %2.5 oranında en düşük özgül ağırlık değeri dolgu maddesi kullanılan gruplarda elde edilmiş ve istatistiksel olarak dolgu maddelerinin özgül ağırlıkları arasında bir fark görülmemiştir.

Tablo 22. Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının özgül ağırlık üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Özgül Ağırlık (gr/cm ³)									
Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Dolgu Maddesi Türü							
		Ç.K.E.	H.G.*	K.K.E.	H.G.*	M.K.E.	H.G.*	F.Z.E.	H.G.*
		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
SARIÇAM	Kontrol	0,489	a	0,489	a	0,489	a	0,489	a
	%5	0,603	c	0,501	a	0,526	b	0,543	b
	%2.5	0,559	b	0,552	b	0,539	b	0,575	c
DOĞU LADINI	Kontrol	0,439	b	0,439	a	0,439	b	0,439	b
	%5	0,418	a	0,417	a	0,412	a	0,432	b
	%2.5	0,412	a	0,417	a	0,415	a	0,410	a

X: Aritmetik ortalama H.G.: Homojenlik Grupları

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Dolgu maddesinin kontrplakların etkisi Tablo 22' de gösterildiği gibi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir

Sarıçam türü kullanılarak üretilen kontrplakların K.K.E. grubunda kontrol ve %5 oran arasında istatistiksel olarak fark yok iken F.Z.E. grubunda her iki orandada kontrolden yüksek özgül ağırlık değeri elde edilmiştir. Oranın %5 ten %2.5'e düşmesi K.K.E. ve F.Z.E. gruplarında özgül ağırlığın artışına Ç.K.E. grubunda ise düşüşüne neden olmuştur. Ç.K.E. grubunun kullanımı özgül ağırlığı artırmıştır. M.K.E. grubunun özgül ağırlığı her iki oranda da kontrolden yüksektir ve oranlar arasında istatistiksel bir fark yoktur.

Ladin kontrplaklarda K.K.E. grubunda dolgu maddesi oranının özgül ağırlığa bir etkisi görülmezken Ç.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında kontrol den düşüktür. Ama Ç.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranları arasında istatistiksel bir fark yoktur.

F.Z.E. grubunda %5 oranda kontrolde en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, %2.5 te en düşük özgül ağırlık değeri elde edilmiştir.

3.2.2. Denge Rutubeti Miktarı

Dolgu maddesi türlerinin ve tutkala karışım oranlarının denge rutubet miktarına etkileri basit varyans analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Varyans kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespiti için Student-Newman-Keuls testi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 23'te verilmiştir. Denemeler $n = 25$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 23. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün denge rutubet miktarı üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Türü	Denge Rutubeti (%)					
		%5			%2.5		
		\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*	\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*
SARIÇAM	Kontrol	8,085	0,425	a	8,085	0,425	ab
	Ç.K.E.	8,452	0,265	b	8,167	0,177	ab
	K.K.E.	8,062	0,334	a	7,990	0,273	a
	M.K.E.	8,111	0,234	a	8,102	0,235	ab
	F.Z.E.	8,229	0,343	a	8,247	0,352	b
DOĞU LADINI	Kontrol	8,272	0,335	a	8,272	0,335	a
	Ç.K.E.	8,564	0,477	b	8,385	0,365	a
	K.K.E.	8,474	0,209	b	8,670	0,281	b
	M.K.E.	8,521	0,256	b	8,734	0,365	b
	F.Z.E.	8,495	0,228	b	8,644	0,378	b

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesi oranı %5 olduğu zaman kontrol, K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarının denge rutubet miktarı istatistiksel olarak Ç.K.E. grubundan daha düşüktür. Oran %2.5 olduğunda ise en düşük denge rutubet miktarı K.K.E. grubunda ve en büyük denge rutubet miktarı F.Z.E. grubunda elde edilmiştir. Kontrol, Ç.K.E. ve

M.K.E. gruplarında ise F.Z.E. ve K.K.E. gruplarına yakın denge rutubet miktarı değerleri belirlenmiştir.

İstatistiksel analiz sonuçlarından elde edilen veriler ladin kontrplaklarda %5 oranda dolgu maddesi kullanılan grupların kontrol grubundan daha yüksek değerler verdiğini ifade etmektedir. Dolgu maddesi kullanım oranının %2.5 olduğunda kontrol ve Ç.K.E. grubu aynı homojenlik grubunda yer almaktadır ve K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarından daha düşük özgül ağırlık değerine sahiptir.

Tablo 24. Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının denge rutubet miktarı üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Denge Rutubeti (%)									
Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Dolgu Maddesi Türü							
		Ç.K.E.	H.G.*	K.K.E.	H.G.*	M.K.E.	H.G.*	F.Z.E.	H.G.*
		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
SARIÇAM	Kontrol	8,0852	a	8,0852	a	8,0852	a	8,0852	a
	%5	8,4527	b	8,0629	a	8,1112	a	8,2292	a
	%2.5	8,1677	a	7,9903	a	8,1029	a	8,2471	a
DOĞU LADINI	Kontrol	8,2723	a	8,2723	a	8,2723	a	8,2723	a
	%5	8,5645	b	8,4740	b	8,5210	b	8,4954	b
	%2.5	8,3854	ab	8,6700	c	8,7344	c	8,6448	b

X: Aritmetik ortalama H.G.: Homojenlik Grupları

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Tablo 24'te dolgu maddesi oranlarının denge rutubet miktarına etkisi verilmiştir. Sarıçam kontrplaklarda K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarının kontrol ve dolgu maddesi oranları arasında istatistiksel bir fark yoktur. Ç.K.E. grubunda ise %5 oranda en yüksek denge rutubet miktarı değeri elde edilirken, kontrol ve %2.5 oranda en düşük denge rutubet miktarı değeri elde edilmiştir.

Ladin kontrplaklarda %5 ve %2.5 oranında kullanıldığında dolgu maddelerinin hepsinde kontrolden daha yüksek denge rutubet miktarı olduğunu göstermektedir. K.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranının artması denge rutubet miktarını azaltmıştır

artırmıştır ama . F.Z.E. grubunda dolgu maddesi oranları arasında istatistiksel bir fark yokken Ç.K.E. grubunda %2.5 teki değer hem kontrol grubuna hemde %5 orana yakın çıkmıştır.

3.3. Mekanik Özellikler

3.3.1. Eğilme Direnci

Dolgu maddesi türlerinin ve oranlarının eğilme direncine etkileri basit varyans analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Varyans kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespiti için Student-Newman-Keuls testi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 25'te ve Tablo 26'da verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel olarak uç değerlere sahip örnekler ortalamaya katılmamıştır.

Tablo 25. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün eğilme direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Türü	Eğilme Direnci (N/mm ²)					
		%5			%2.5		
		\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*	\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*
SARIÇAM	Kontrol	35,57	7,76	a	35,57	7,76	a
	Ç.K.E.	49,97	12,22	b	45,02	15,67	ab
	K.K.E.	42,71	9,01	ab	44,89	11,53	ab
	M.K.E.	42,95	8,44	ab	46,32	15,44	ab
	F.Z.E.	50,83	12,37	b	53,79	13,82	b
DOĞU LADINI	Kontrol	34,22	2,98	ab	34,22	2,98	ab
	Ç.K.E.	32,18	5,10	a	31,74	4,46	a
	K.K.E.	34,10	7,52	ab	33,27	3,42	ab
	M.K.E.	35,64	4,46	ab	33,33	4,55	ab
	F.Z.E.	38,13	2,85	b	35,40	3,99	b

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda istatistiksel olarak her iki oranda kontrol grubu dolgu maddesi kullanılan gruplardan daha düşük eğilme direncine sahiptir. F.Z.E. grubu her iki orandada

en yüksek eğilme direncine sahipken Ç.K.E. grubu sadece %5 oranda en yüksek eğilme direncine sahiptir.

İstatistiksel olarak ladin kontrplaklarda her iki orandada F.Z.E. grubunun eğilme direnci Ç.K.E. grubunun eğilme direncinden daha yüksek çıkmıştır. Kontrol, K.K.E. ve M.K.E. grupları Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarına yakın eğilme direnci değerleri vermiştir.

Tablo 26. Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının eğilme direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Eğilme Direnci (N/mm ²)									
Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Dolgu Maddesi Türü							
		Ç.K.E.	H.G.*	K.K.E.	H.G.*	M.K.E.	H.G.*	F.Z.E.	H.G.*
		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
SARIÇAM	Kontrol	35,57	a	35,57	a	35,57	a	35,57	a
	%5	49,97	b	42,71	b	42,95	b	50,83	b
	%2.5	45,02	b	44,89	b	46,32	b	53,79	b
DOĞU LADİNİ	Kontrol	34,22	a	34,22	a	34,22	a	34,22	a
	%5	32,18	a	34,10	a	35,64	a	38,13	b
	%2.5	31,74	a	33,27	a	33,33	a	35,40	a

X: Aritmetik ortalama H.G.: Homojenlik Grupları

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların eğilme direnci kontrol grubundan daha yüksektir. Dolgu maddesinin farklı oranlarda ilave edilmesiyle eğilme dirençleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

Elde edilen bulgulara göre ladin kontrplaklarda Ç.K.E., M.K.E. ve K.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranının eğilme direnci üzerine etkisi ile ilgili istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. F.Z.E. grubunda ise %5 orandaki eğilme direnci aynı homojenlik grubunda yer alan kontrol ve %2.5 orandan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

3.3.2. Elastikiyet Modülü

Dolgu maddesi türlerinin ve oranlarının elastikiyet modülüne etkileri basit varyans analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Varyans kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespiti için Student-Newman-Keuls testi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 27 ve 28’de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 27. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün elastikiyet modülü üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Türü	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)					
		%5			%2.5		
		\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*	\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*
SARIÇAM	Kontrol	2851,95	475,98	a	2851,95	475,98	a
	Ç.K.E.	4415,39	407,78	c	5608,98	1423,07	d
	K.K.E.	3523,94	634,25	b	3863,46	851,56	b
	M.K.E.	3633,89	694,91	b	3828,86	934,86	b
	F.Z.E.	4631,54	570,73	c	4546,31	615,25	c
DOĞU LADINI	Kontrol	2785,10	179,68	a	2785,10	179,68	ab
	Ç.K.E.	2789,25	505,87	ab	2573,38	402,12	a
	K.K.E.	2716,22	383,70	ab	2701,63	310,31	ab
	M.K.E.	2843,76	324,63	ab	2892,83	303,08	b
	F.Z.E.	3051,93	261,48	b	2941,86	244,86	b

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklardan istatistiksel olarak elde edilen verilere göre her iki oranda en düşük elastikiyet modülü kontrol grubundan elde edilmiştir. Dolgu maddesi oranının %5 olduğu durumlarda Ç.K.E. ve F.Z.E. grupları aynı homojenlik grubunda yer alarak en yüksek elastikiyet modülü değerlerini vermişlerdir. K.K.E. ve M.K.E. gruplarının elastikiyet modülü kontrol grubundan yüksek, F.Z.E. ve Ç.K.E. gruplarından düşük olduğu belirlenmiştir. Dolgu maddesi oranı %2.5 olduğunda ise en yüksek elastikiyet modülü değeri Ç.K.E. ve ardından F.Z.E. gruplarında bulunmuştur. M.K.E. ve K.K.E. gruplarının elastikiyet modülü değerleri kontrol ve F.Z.E. grupları arasında yer almaktadır.

İstatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak ladin kontrplakların elastikiyet modülü değerlerine ait veriler elde edilmiştir. Dolgu maddesi %5 oranında eklendiğinde F.Z.E. grubunun elastikiyet modülü, kontrol grubunun elastikiyet modülünden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. grupları aynı homojenlik grubunda yer alırken elastikiyet modüllerinin kontrol ve F.Z.E. gruplarına yakın olduğu belirlenmiştir. Oran %2.5 e indiğinde en düşük elastikiyet modülü Ç.K.E. grubunda en yüksek elastikiyet modülü ise M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında elde edilmiştir. Kontrol ve K.K.E. gruplarının elastikiyet modülleri en yüksek ve en düşük elastikiyet modülü değerlerine yakındır.

Tablo 28. Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının elastikiyet modülü üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Elastikiyet Modülü (N/mm ²)									
Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Dolgu Maddesi Türü							
		Ç.K.E.	H.G.*	K.K.E.	H.G.*	M.K.E.	H.G.*	F.Z.E.	H.G.*
		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
SARIÇAM	Kontrol	2851,95	a	2851,95	a	2851,95	a	2851,95	a
	%5	4415,39	b	3523,94	b	3633,89	b	4631,54	b
	%2.5	5608,98	c	3863,46	b	3828,86	b	4546,31	b
DOĞU LADINI	Kontrol	2785,10	a	2785,10	a	2785,10	a	2785,10	a
	%5	2789,25	a	2716,22	a	2843,76	a	3051,93	b
	%2.5	2573,38	a	2701,63	a	2892,83	a	2941,86	b

X: Aritmetik ortalama H.G.: Homojenlik Grupları

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Elde edilen istatistiksel veriler sarıçamdan üretilmiş kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların kontrol grubundan daha yüksek elastikiyet modülüne sahip olduğunu göstermektedir. K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranlarının elastikiyet modülü üzerine bir etkisi olmadığı görülmektedir. Ç.K.E. grubunda ise dolgu maddesi oranının azalması ile en yüksek elastikiyet modülü değeri elde edilmiştir.

Ladin kontrplaklarda Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. gruplarının dolgu maddesi oranları ve kontrol arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. F.Z.E. grubunun en yüksek elastikiyet modülü değerleri aynı homojenlik grubundaki %5 ve %2.5 oranda belirlenmiştir. F.Z.E. grubunda dolgu maddesi oranları kontrol den daha yüksek elastikiyet modülüne sahiptir.

3.3.3. Çekme – Makaslama Direnci

Dolgu maddesi türlerinin ve oranlarının çekme-makaslama direncine etkileri basit varyans analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada Student-Newman-Keuls testi her grup için 30 örnek üzerinden uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 29’da ve Tablo 30’da gösterilmiştir.

Tablo 29. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün çekme-makaslama direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Türü	Çekme Makaslama Direnci (N/mm ²)					
		%5			%2.5		
		\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*	\bar{X}	S	Homojenlik Grupları*
SARIÇAM	Kontrol	1,00	0,357	a	1,00	0,357	a
	Ç.K.E.	1,11	0,209	ab	1,23	0,250	b
	K.K.E.	1,16	0,246	ab	0,99	0,314	a
	M.K.E.	1,07	0,310	ab	1,12	0,239	ab
	F.Z.E.	1,23	0,186	b	1,21	0,332	b
DOĞU LADINI	Kontrol	1,17	0,192	b	1,17	0,192	b
	Ç.K.E.	0,99	0,382	a	1,03	0,191	b
	K.K.E.	1,15	0,252	b	1,11	0,191	b
	M.K.E.	0,88	0,173	a	0,91	0,325	a
	F.Z.E.	1,19	0,237	b	1,19	0,193	b

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesinin %5 oranda kullanılması sonucu kontrol grubunun çekme-makaslama direnci dolgu maddesi kullanılan grupların çekme-makaslama direncinden daha küçüktür. F.Z.E. grubunda en yüksek çekme-makaslama direnci elde edilirken, Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. gruplarının çekme-makaslama direnci kontrol ve F.Z.E.

gruplarının çekme-makaslama direncine yakındır. Dolgu maddesi oranını %2.5 olduğu durumda Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarının çekme-makaslama direnci kontrol ve K.K.E. gruplarından daha yüksek bulunmuştur.

Ladin kontrplaklarda %5 oranda kontrol, K.K.E. ve F.Z.E. gruplarının çekme-makaslama direnci değerleri istatistiksel olarak Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarının çekme-makaslama direnci değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolgu maddesi %2.5 oranda kullanıldığında kontrol, Ç.K.E., K.K.E. ve F.Z.E. gruplarının çekme-makaslama direncinin M.K.E. grubunun çekme makaslama direncinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 30. Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının çekme-makaslama direnci üzerine etkisinin varyans analizi sonuçları

Çekme Makaslama Direnci (N/mm ²)									
Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Dolgu Maddesi Türü							
		Ç.K.E.	H.G.*	K.K.E.	H.G.*	M.K.E.	H.G.*	F.Z.E.	H.G.*
		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
SARIÇAM	Kontrol	1,00	a	1,00	a	1,00	a	1,00	a
	%5	1,11	ab	1,16	a	1,07	a	1,23	b
	%2.5	1,23	b	0,99	a	1,12	a	1,21	b
DOĞU LADİNİ	Kontrol	1,17	b	1,17	a	1,17	b	1,17	a
	%5	0,99	a	1,15	a	0,88	a	1,19	a
	%2.5	1,03	ab	1,11	a	0,91	a	1,19	a

X: Aritmetik ortalama H.G.: Homojenlik Grupları

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda K.K.E. ve M.K.E. gruplarının çekme-makaslama direnci değerleri her iki orandada kontrol ile aynı homojenlik grubunda yer almaktadır. Ç.K.E. grubunda %2.5 orandaki çekme-makaslama direnci istatistiksel olarak kontrol den daha yüksek değer vermiştir. F.Z.E. grubunun çekme-makaslama direnci oranlar arasında istatistiksel bir fark göstermezken en düşük çekme-makaslama direnci kontrol de bulunmuştur.

İstatistiksel olarak ladin kontrplaklarda K.K.E. ve F.Z.E. gruplarının çekme-makaslama dirençleri kontrol, %5 ve %2.5 oranda aynı homojenlik grubunda yer almaktadır.

M.K.E. grubunda iki oran arasında istatistiksel olarak bir fark yokken kontrol en düşük çekme-makaslam direncine sahiptir. Ç.K.E. grubunda çekme-makaslama direnci en yüksek kontrol de elde edilirken en düşük %5 oranda elde edilmiştir. Oranın %2.5 e düşmesi ile Ç.K.E. grubunun çekme-makaslama direnci kontrol ve %5'e yakın değerler almıştır.

3.4. Formaldehit Emisyonu

Levha grupları için formaldehit emisyonu şişe yöntemine göre belirlenmiştir. Deneme levhalarının formaldehit emisyonu değerleri Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 31. Kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarları

Ağaç Türü	Dolgu Maddesi Oranı	Formaldehit Emisyonu			
		Dolgu Maddesi Türü			
		Ç.K.E.	K.K.E.	M.K.E.	F.Z.E.
SARIÇAM	Kontrol	12,04	12,04	12,04	12,04
	% 2,5	8,65	7,26	9,97	10,67
	%5	9,18	7,25	7,94	9,81
DOĞU LADİNİ	Kontrol	16,52	16,52	16,52	16,52
	% 2,5	11,51	15,48	16,04	15,94
	%5	13,64	11,43	10,45	15,07

Her bir grup için 2 formaldehit emisyonu değeri belirlenmiştir. Her bir gruba ait 2 deney arasındaki farklar birbirine çok yakın olduğundan standart sapma değerleri hesaplanmamıştır.

Sarıçam kontrplaklarda her iki oranda da en düşük formaldehit emisyonunu K.K.E., en yüksek formaldehit emisyonu F.Z.E. grubunda belirlenirken %2.5 te Ç.K.E. grubu M.K.E grubundan, %5 oranda M.K.E. grubu Ç.K.E. grubundan daha düşük formaldehit emisyonu değeri vermiştir.

Ladin kontrplaklarda %2.5 oranında en yüksek formaldehit emisyonu M.K.E. grubunda en düşük formaldehit emisyonu ise Ç.K.E. grubunda bulunmuştur. K.K.E. grubunun formaldehit emisyonu ise F.Z.E. grubunun formaldehit emisyonundan düşüktür. Oranın %5 e yükselmesi ile en büyük formaldehit emisyonu F.Z.E. grubu ve en düşük

formaldehit emisyonu M.K.E. grubunda elde edilmiştir. Ç.K.E. grubunun formaldehit emisyonu K.K.E. grubundan daha yüksek bulunmuştur.

Dolgu maddesi oranının %2.5 ten %5 e çıkması ile formaldehit emisyonunda meydana gelen düşüşte belirgin bir fark görülmemiştir.



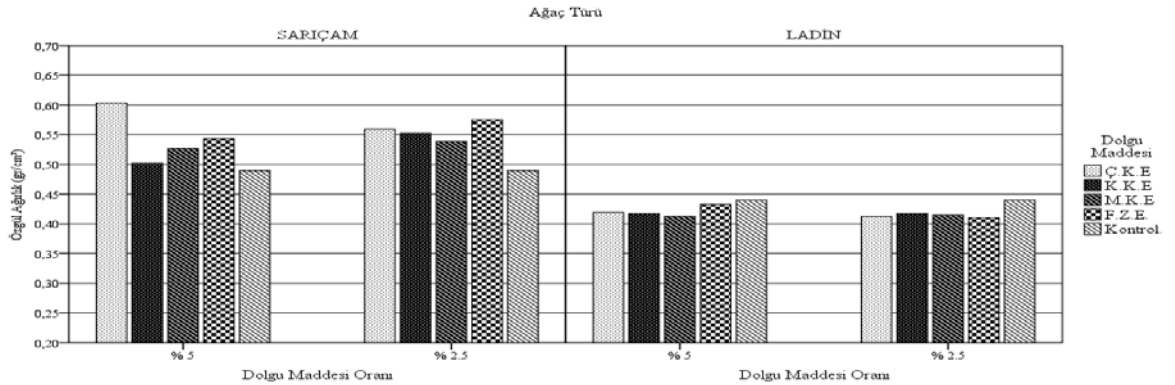
4. İRDELEME

Bu bölüm de kontrplaklara ait fiziksel ve mekanik özellikler ile formaldehit emisyonu; dolgu maddelerine ait toplam polifenol miktarı, ekstraksiyon verimi, stiasny sayısı ve tampon kapasitesi verileri değerlendirilmiştir. Dolgu maddeleri temel alınarak yapılan değerlendirmelerde meşe palamudu tanen ekstraktının saf tanen içerdiği, sıcak su ekstraksiyonu işlemi sonrası elde edilen dolgu maddelerinin ise karbonhidratlar, tanen ve reçine kısımlarını içerdiği göz önünde bulundurulmuştur.

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Özgül Ağırlık

Sarıçam ve Ladin kontrplakların yapıştırılmasında kullanılan ÜF tutkalına, tutkalın %5'i ve %2.5'i oranında dört farklı dolgu maddesi katılmıştır. Dolgu maddesi türünün ve oranının kontrplakların özgül ağırlığına etkisi Şekil 36'da gösterilmiştir.



Şekil 36. Kontrplaklarda dolgu maddesinin özgül ağırlığa etkisi

Sarıçam kontrplakların ladin kontrplaklardan daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmasının nedeni kontrplakların özgül ağırlığının üretildiği ağacın özgül ağırlığına bağlı olmasıdır (Özen, 1981). Ağacın özgül ağırlığı ise yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odunu iştirak oranı, ağaç yaşı, ağaç türü vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Berkel, 1970).

Dolgu maddesi kullanılarak sarıçamdan üretilen kontrplakların özgül ağırlığı kontrol grubunun özgül ağırlığından yüksek bulunmuştur. Literatürde dolgu maddesinin özelliğinin kontrplakların özgül ağırlığına etkisi olduğu belirtilmiştir (Özen, 1981). Dolgu maddesinin %5 oranında en yüksek özgül ağırlık değeri sahil çamı kabuğu kullanılan grupta elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu kullanılan grupta bulunan kondanse tanenlerin floroglusinolik A halkasına sahip olması ve farklı kimyasal özelliklere sahip ağaç türlerinde reaksiyon dengesini bozduğu literatür ile uyumludur (Pizzi 1979). Karaağaç kabuğu kullanılan grupta özgül ağırlık değeri ise %5 oranda en düşüktür. Dolgu maddesi oranı %2.5 olan kontrplaklarda en yüksek özgül ağırlık değeri fındık zurufu kullanılan grupta, en yüksek pH değerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek pH değeri tutkalın sertleşmesi için geçen zamanı uzatmakta bu da tutkalın odunun hücre boşluklarına daha fazla nüfuz etmesine neden olmaktadır (Çolak, 2002). Meşe palamudu taneni kullanılan grup en yüksek polifenol içeriğine ve toplam polifenol miktarına sahipken %2.5 oranda en düşük özgül ağırlık değerini vermiştir. Toplam polifenol içeriği yüksek olan karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan grupların özgül ağırlığı sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplardan düşük çıkmıştır.

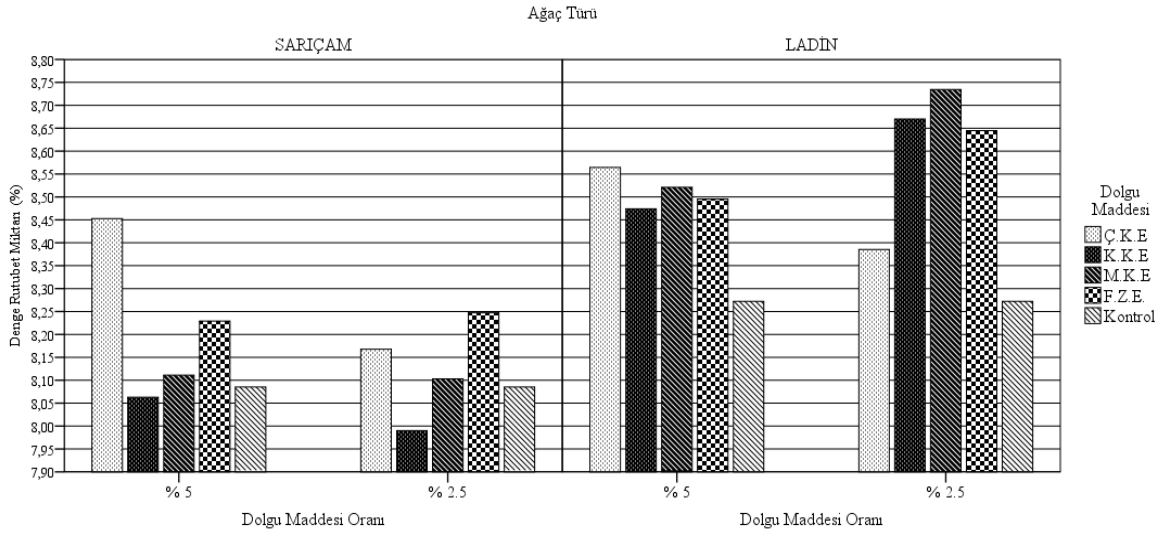
Sarıçam kontrplaklarda sahil çamı kabuğu kullanılan grupta dolgu maddesi oranının artmasıyla özgül ağırlıkta artış meydana gelmiştir. Karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça özgül ağırlık değerinde azalma meydana gelmiştir. Karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda literatür ile uyumlu şekilde dolgu maddesi oranının artması ile özgül ağırlığın azaldığı görülmüştür (Çolakoğlu, 1993).

Ladin kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların özgül ağırlığı kontrol grubundan daha düşük çıkmıştır. Yapıştırıcı madde ile ilgili bazı etmenlerin özgül ağırlığın oluşmasında etkisi olduğu literatürde belirtilmiştir (Özen, 1981). Ladin ağaç türünün pH değeri 4.75 olduğu için düşük pH'a sahip sahil çamı kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplar sertleşmeyi hızlandırmış ve kalın bir tutkal hattı oluşturmuş buda hacimde artışa neden olarak özgül ağırlığı düşürmüştür (Çolak, 2002). Fındık zurufu ve karaağaç kabuğu kullanılan gruplar yüksek pH'a sahip olduğu için sertleşmeyi geciktirmiş ve liflerde şişmeye neden olmuştur. Bunun sonucunda hacimde artış meydana gelerek özgül ağırlık düşmüştür (Çolak, 2002). Ladin kontrplaklarda %5 ve %2.5 oranda dolgu maddesi kullanılan gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Ladin kontrplaklarda sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça özgül ağırlıkta artış meydana gelmiştir. Karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

4.1.2. Denge Rutubet Miktarı

Sarıçam ve Ladin kaplamaların yapıştirılmasında ÜF tutkalına katılan dolgu maddelerinin miktarı tutkalın %5'i ve %2.5 i olarak belirlenmiştir. Dolgu maddelerinin kontrplakların denge rutubet miktarında meydana getirdiği etkiler Şekil 37'de ifade edilmiştir.



Şekil 37. Kontrplaklarda dolgu maddesinin denge rutubet miktarına etkisi

Ağaç türünün kontrplaklarda denge rutubet miktarına etkisi, sarıçam kontrplaklarda denge rutubet miktarının ladin kontrplaklardan daha düşük olması ile literatür ile uyumludur (Özen,1981). Ayrıca odunun yoğunluğu arttıkça denge rutubet miktarı da artmaktadır. Bunun nedeni, odunda denge rutubetinin hücre çeperine tutunan rutubet olduğu ve çeper maddesi arttıkça denge rutubetinin bir miktar daha yükseldiği ve odundaki lignin miktarının değişmesi ile denge rutubeti miktarının da değiştiği bildirilmiştir (Bal vd., 2016). Sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılarak üretilen sarıçamdan kontrplaklarda kontrol grubundan daha yüksek denge rutubet miktarı elde edilmiştir. Diğer gruplarla kontrol grubu arasında

istatistiksel bir fark bulunamamıştır. En yüksek denge rutubet miktarını %5 oranda sahil çamı kabuğu kullanılan grup verirken en düşük denge rutubet miktarını %2.5 oranında karaağaç kabuğu kullanılan grup vermiştir. Diğer dolgu maddesi kullanılan gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır.

Sarıçam kontrplaklarda fındık zurufu kullanılan grupta dolgu maddesi oranında meydana gelen artış ile denge rutubet miktarı azalmıştır. Sahil çamı kabuğu, karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranının artması denge rutubet miktarını artırmıştır.

Ladin kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların denge rutubet miktarları kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur. Sahil çamı kabuğu kullanılan grupta %2.5 oranda en düşük denge rutubet miktarı bulunmuşken diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

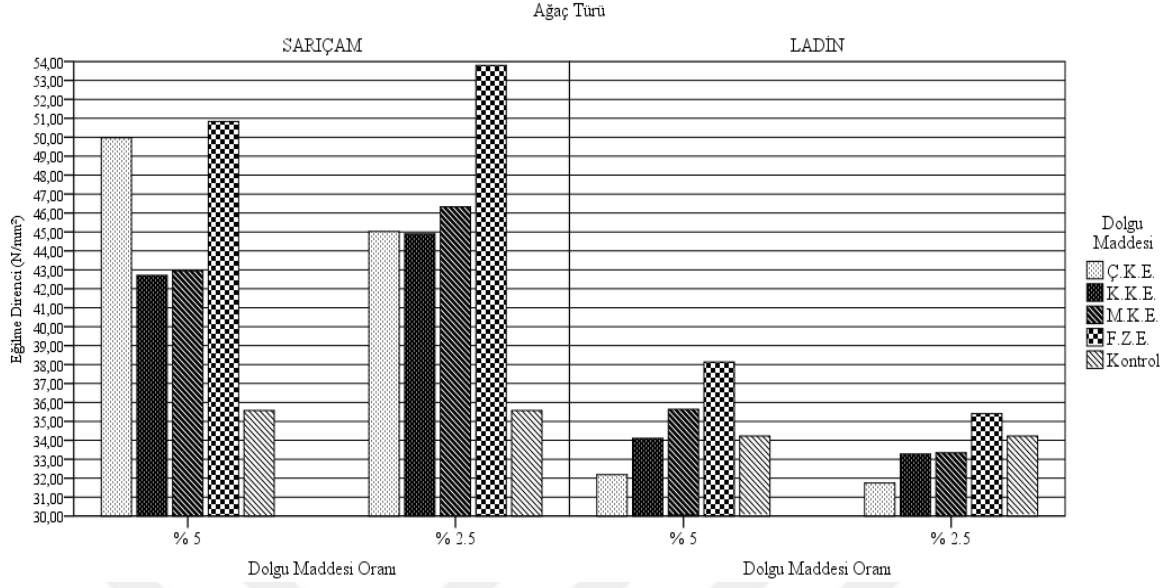
Ladin kontrplaklarda sahil çamı kabuğu kullanılan grubun dolgu maddesi oranındaki artış denge rutubet miktarında artışa neden olmuştur. Karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranının artması denge rutubet miktarında düşüşe neden olmuştur.

Çalışma kapsamında elde edilen denge rutubet miktarları, BS 1134 standardında belirtildiği gibi %6-14 aralığında bulunmuştur (BS 1134, 1990).

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

Sarıçam ve Ladin kontrplakların yapıştırılmasında kullanılan ÜF tutkalına, tutkalın %5'i ve %2.5'i oranında dört farklı dolgu maddesi ilave edilmiştir. Dolgu maddelerinin kontrplakların eğilme direncinde meydana getirdiği değişiklikler Şekil 38'de verilmiştir.



Şekil 38. Kontrplaklarda dolgu maddesinin eğilme direncine etkisi

Sarıçam kontrplaklarda eğilme direnci ladin kontrplaklardan daha yüksektir. Ağaç türünün masif eğilme direnci ile kontrplak eğilme direncinin paralel olduğu literatürde ifade edilmiştir (Özen, 1981). Masif ağacın eğilme direncini ise budaklarda meydana gelen lif sapmalarının ve denge rutubet miktarındaki lif doygunluk noktasına kadar artış etkilemektedir. Bunlara ek olarak eğilme direnci özgül ağırlık ve yaz odunu iştirak oranı ile doğru orantılıdır (Berkel, 1970).

Sarıçam kontrplakların kontrol grubunun eğilme direnci diğer gruplardan daha düşüktür. En yüksek eğilme direnci değeri %2.5 oranında fındık zurufu kullanılan grupta ve %5 oranda sahil çamı ve fındık zurufu kullanılan gruplarda elde edilirken diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Meşe palamudu taneni ve karaağaç kabuğu kullanılan grupların toplam polifenol içeriği sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplardan daha yüksek olduğu için meşe palamudu taneni ve karaağaç kabuğu kullanılan grupların üre/formaldehit oranı daha düşüktür. Bu nedenle mekanik özelliklerde düşüş görüldüğü düşünülmektedir.

Sarıçam kontrplaklarda sahil çamı kabuğu kullanılan grupta dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direnci artmıştır. Karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda ise dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direncinde azalma gerçekleşmiştir.

Kayın kabuğunun dolgu maddesi olarak kullanıldığı kontrplaklarda dolgu maddesi oranı arttıkça mekanik özelliklerde düşüş görüldüğü ifade edilmiş (Ružiak, 2017). Benzer şekilde Akasya kabuğu ekstraktı kullanılarak üretilen yonga levhada tanen çözeltisinin tutkaldaki oranı arttıkça mekanik değerlerde düşüş gerçekleştiği ifade edilmiştir (Elbadawi, 2015).

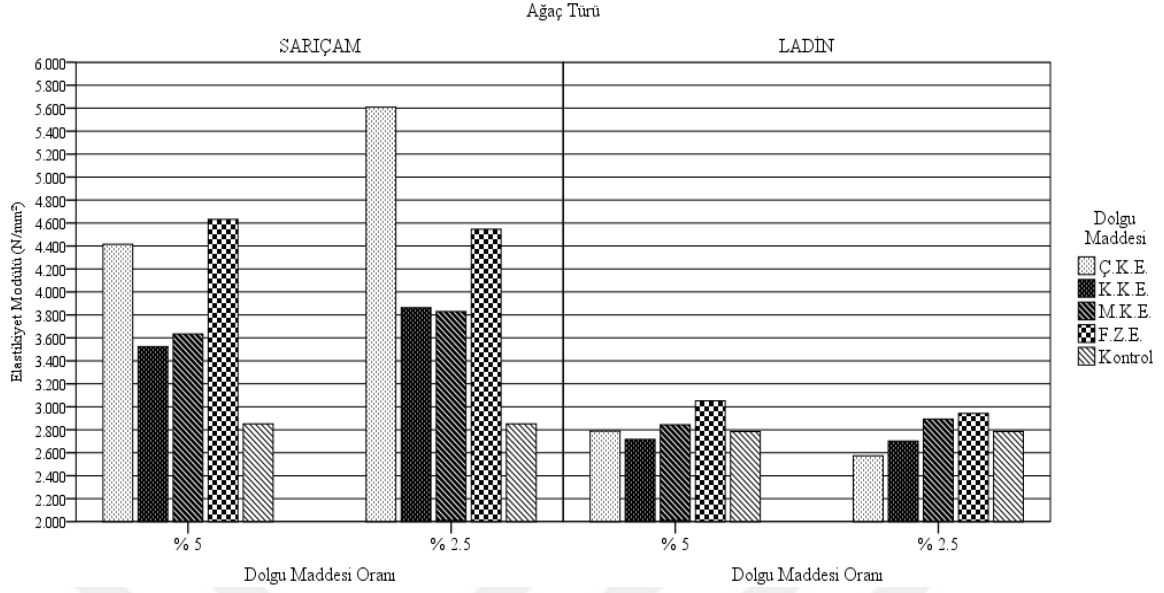
Ladin kontrplaklarda kontrol grubunun altında sahil çamı kabuğu kullanılan grubun, üstünde ise fındık zurufu kullanılan grubun eğilme direnci elde edilirken diğer gruplarla kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. İki oranda da en yüksek eğilme direnci fındık zurufu kullanılan grupta belirlenmiştir. Fındık zurufu kullanılan grup en yüksek pH değerine sahiptir ve ladin kontrplaklarda gerçekleşen tepkimenin pH değerini yükseltmiştir. Yüksek pH değeri olan ortam ise ÜF tutkalının jelleşme ve sertleşme süresinde uzamaya neden olur. Alkali ortamın yapışmaya etkisi pres sıcaklığında tutkal viskozitesinin başlangıçta azalması ve bir süre sonra viskozitenin hızlı bir şekilde artarak tutkalın sertleşmesi ile ilgilidir. Preste başlangıçta azalan viskozite alkali ortamda daha uzun süre beklemektedir ve bu sürede tutkal kaplama hücreleri içerisine nüfuz ederek daha ince bir tutkal tabakası ve daha iyi bir yapışma sağlayacaktır (Çolak,2002). En düşük eğilme direnci değeri her iki oranda da sahil çamı kabuğu kullanılan grupta elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu taneni grubu floroglusinolik A halkası yapısına sahip olduğu için ağaç türünün kimyasal özelliğine göre reaksiyon dengesini değiştirebileceği literatürde ifade edilmiştir (Pizzi, 1979).

Ladin kontrplaklarda en yüksek eğilme direnci değeri tüm gruplarda %5 oranında elde edilmiştir. Ladin kontrplaklarda dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direncinde artış gözlemlenmiştir.

Genel amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci BS EN 636 standardına göre değerlendirilmiştir. Sarıçam kontrplakların eğilme direnci değerleri BS EN 636 standardının F 20 ve F 40 sınıflarında ifade edilen değerler arasında yer almaktadır. Ladin kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ise BS EN 636 standardının F 20 ve F 25 sınıflarında belirtilen değerler arasında bulunmuştur (BS EN 636, 2003).

4.2.2. Elastikiyet Modülü

Sarıçam ve Ladin kaplamalardan üretilen kontrplaklara iki farklı oranda ilave edilen dolgu maddesinin elastikiyet modülüne etkisi Şekil 39'da gösterilmiştir.



Şekil 39. Kontrplaklarda dolgu maddesi türünün elastikiyet modülüne etkisi

Masif ağacın, soyma kaplamasından üretilmiş olan kontrplaktan daha düşük elastikiyet modülüne sahip olduğu literatürde belirtilmiştir (Özen,1981). Sarıçam kontrplaklardaki elastikiyet modülü değeri ladin kontrplaklardan daha yüksek bulunmuştur.

Sarıçam kontrplaklarda en düşük elastikiyet modülü kontrol grubunda elde edilmiştir. En yüksek elastikiyet modülü %5 oranda sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplarda elde edilirken %2.5 oranda sadece sahil çamı kabuğu kullanılan grupta elde edilmiştir. En düşük elastikiyet modülü ise her iki orandada karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda edilmiştir. Meşe palamudu taneni ve karaağaç kabuğu kullanılan gruplar en yüksek polifenol içeriğine sahiptir. Mekanik özelliklerdeki düşüşün dolgu maddelerindeki tanen gibi reaktif maddelerin varlığından dolayı üre/formaldehit molar oranındaki azalma sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir.

Elbadawi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada üre formaldehit tutkalına %35 konsantrasyonda 3 farklı oranda akasya kabuğu ekstraktı ilave edilerek kokor ağaçtan yonga levha üretilmiştir. Kabuk ekstraktının %5 oranda katılmasıyla eğilme direnci, elastikiyet modülü ve iç yapışma direncinin arttığı ifade edilmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda fındık zurufu kullanılan grupta dolgu maddesi oranları arasında belirgin bir fark yokken sahil çamı kabuğu, karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet modülü azalmıştır.

Sarıçam kontrplaklarda %5 oranda tüm gruplarda eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında doğru orantılı bir ilişki varken %2.5 oranda bu ilişki sadece karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda vardır. Sahil çamı kabuğu kullanılan gruplarda eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında ilişki söz konusu değildir.

Dolgu maddesi kullanılarak üretilen ladin kontrplaklarda %2.5 oranda fındık zurufu ve meşe palamudu taneni kullanılan grubun ve %5 oranda sadece fındık zurufu kullanılan grubun elastikiyet modülü kontrol grubundan yüksektir. Diğer gruplar kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. En yüksek elastikiyet modülü değeri %2.5 oranında dolgu maddesi olarak fındık zurufu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda elde edilirken %5 oranda sadece fındık zurufu kullanılan grupta elde edilmiştir. Diğer gruplar arasında %5 oranda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamışken %2.5 oranda en düşük elastikiyet modülü sahil çamı kabuğu kullanılan grupta elde edilmiştir.

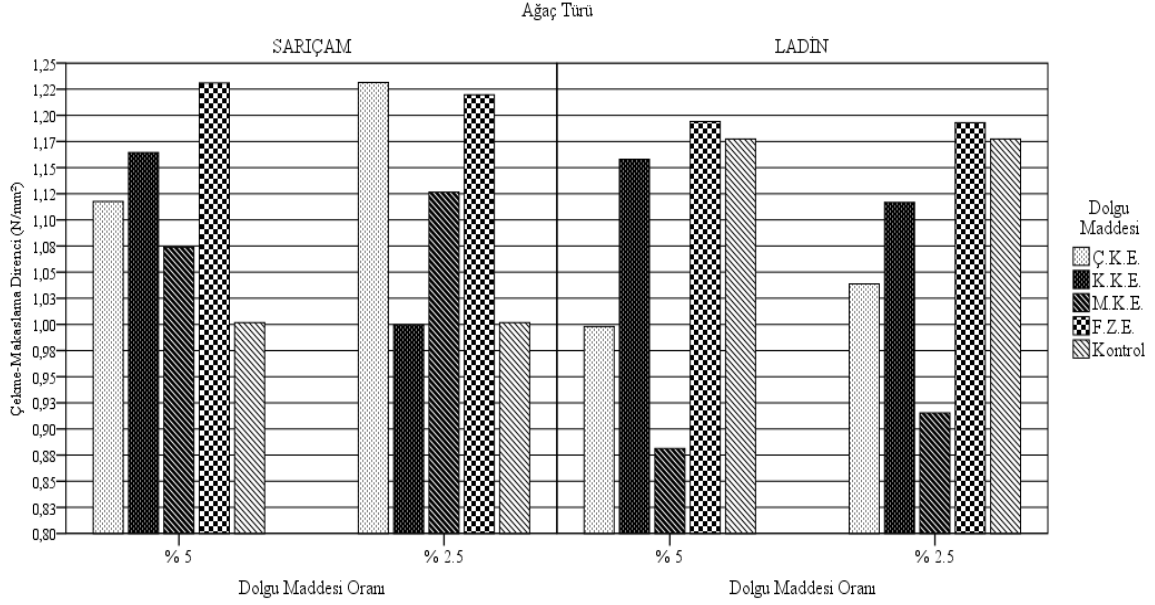
Ladin kontrplaklarda karaağaç kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan grupların dolgu maddesi oranlarının elastikiyet modülüne etkisinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yok iken sahil çamı kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet modülü de artmıştır.

Ladin kontrplaklarda %5 ve %2.5 oranda eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında tüm gruplarda doğru orantılı bir ilişki vardır.

BS EN 636 standardında yapılan sınıflandırmada sarıçam kontrplakların elastikiyet modülü değerleri E 25 ve E 60 sınıflarında belirtilen değerler arasında yer alırken ladin kontrplakların elastikiyet modülü E 25 ve E 30 sınıflarında belirtilen değerler arasında yer almıştır (BS EN 636, 2003).

4.2.3. Çekme-Makaslama Direnci

Sarıçam ve Ladin kontrplakların üretiminde kullanılan ÜF tutkalına, tutkalın %5'i ve %2.5'i oranında dört farklı dolgu maddesi katılmıştır. Dolgu maddesi türlerinin ve oranlarının kontrplakların çekme-makaslama direncine etkisi Şekil 40'ta gösterilmiştir.



Şekil 40. Kontrplaklarda dolgu maddesinin çekme-makaslama direncine etkisi

Sarıçam kontrplaklarda çekme-makaslama direnci ladin kontrplaklardan daha yüksektir. Bu farkın nedeni suda çözünür ekstraktiflerin kurutma işlemi sırasında ahşap yüzeyine su ile birlikte taşınması ve su buharlaştığında katı madde olarak depolanmasıdır. Bu olay reaksiyon bölgelerindeki tıkanıklık, birikinti gibi problemlere neden olarak ıslanmayı engellemektedir (Hse vd., 1998).

Sahil çamı kabuğu ekstraktı kullanarak kontrplak üretimini gerçekleştiren çalışmada yapışma kalitesini ekstrakttaki karbonhidratlar ve reaktif poliflavanoidlerin polimerizasyon derecesi, yapısı ve bileşimi gibi değişkenlerin de gösterdiği belirtilmiş (Yazaki, 1994).

Üretilen sarıçam kontrplaklarda sahil çamı kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zuruftu kullanılan grupların çekme-makaslama direnci kontrol grubunun çekme-makaslama direncinden yüksek iken %2.5 oranda karaağaç kabuğu kullanılan grubun çekme-makaslama direnci kontrol grubununkinden düşüktür. Diğer gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Dolgu maddesi kullanılan grupların çekme-makaslama direncinin farklı çıkması: literatürde belirtildiği şekilde, kaplamaların mikroskopik incelemelerinde yüzeyde çukurların, tepelerin ve çatlakların olması, düzensiz lifler ve diğer bozukluklar ile karmakarışık bir halde bulunmasından kaynaklanabilir. Bu yüzey şartlarının, tutkal tarafından tamamen ıslanmayı engelleyen tıkanıklıklara sebep

olduğu ve tutkal sertleştiğinde de gerilmelerin oluşmasına yol açtığı literatürde yer almaktadır (Aydın vd., 2001). Dolgu maddesinin kullanılmasıyla yüzey bozukluğu, poröz ve lifli yapının giderildiği gözlemlenmiş ve daha iyi yapışmanın gerçekleştiği ve tutkal sızmasının engellendiği literatürde ifade edilmiştir (Tan ve Çolakoğlu, 2010).

Sarıçam kontrplaklarda en yüksek çekme-makaslama direnci değeri %5 oranında fındık zurufu kullanılan grupta elde edilirken diğer gruplar arasında istatistiksel bir fark yoktur. Oranın %2.5'e düşmesi ile sahil çamı kabuğu kullanılan grupta en yüksek, karaağaç kabuğu kullanılan grupta en düşük çekme-makaslama direnci belirlenmiştir. Sahil çamı kabuğu taneni floroglusinolik A halkası yapısına sahip olduğu için ağaç türünün kimyasal özelliğine göre reaksiyon dengesini değiştirebileceği literatürde ifade edilmiştir (Pizzi, 1979).

Sarıçam kontrplaklarda karaağaç kabuğu ve fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direnci de artmıştır. Sahil çamı kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda ise dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direncinde azalma meydana gelmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda %5 oranda tüm gruplarda pH değeri ve çekme-makaslama direnci arasında doğru orantılı ilişki bulunmuştur. Ama %2.5 oranda hiçbir grupta pH değeri ve çekme-makaslama direnci arasında bir ilişki kurulamamıştır.

Ladin kontrplaklarda her iki oranda meşe palamudu taneni kullanılan gruplar ve %5 oranda sahil çamı kabuğu kullanılan grubun çekme-makaslama direnci kontrol grubunun çekme-makaslama direncinden düşük çıkarken diğer dolgu maddesi kullanılan gruplarla kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Ladin kontrplaklarda en yüksek çekme-makaslama direnci değeri %5 oranda fındık zurufu kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Fındık zurufu ve karaağaç kabuğu ekstraktları en yüksek pH değerine sahiptir. pH değerindeki artış tutkalın sertleşmesini geciktirir ve tutkal hücre boşluklarına daha iyi tutunarak sağlam bir tutkal hattı oluşturur (Çolak, 2002). En düşük çekme makaslama direnci sahil çamı kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu ekstraktının ve meşe palamudu taneninin pH değerleri diğer grupların pH değerinden daha küçüktür bu nedenle erken sertleşme gerçekleşerek tutkalın odun hücre boşluklarına nüfuzu gerçekleşmemiştir. Dolgu maddesi oranının %2.5 olduğu durumda en düşük çekme makaslama direnci meşe palamudu taneni kullanılan gruptan elde edilirken diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Meşe palamudu taneni en yüksek polifenol içeriği ve en düşük pH değerine

sahip olduğu için hem sertleşme süresini kısaltarak kalın bir tutkal hattı oluşturması hem de yüksek polifenol içeriğinden dolayı üre/formaldehit mol oranını düşürmesi yapışmada olumsuz etkiye neden olmuştur (Çolak, 2002; Nemli vd., 2004)

Ladin kontrplaklarda sahil çamı kabuğu ve meşe palamudu taneni kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direncinde azalma meydana gelirken karaağaç kabuğu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslam direncinde artış meydana gelmiştir. Fındık zurufu kullanılan gruplarda dolgu maddesi oranlarının çekme makaslama direncine etkisi üzerine dolgu maddesi oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir.

Ladin kontrplaklarda %5 ve %2.5 oranda tüm gruplarda pH değeri ve çekme-makaslama direnci arasında doğru orantılı ilişki bulunmuştur.

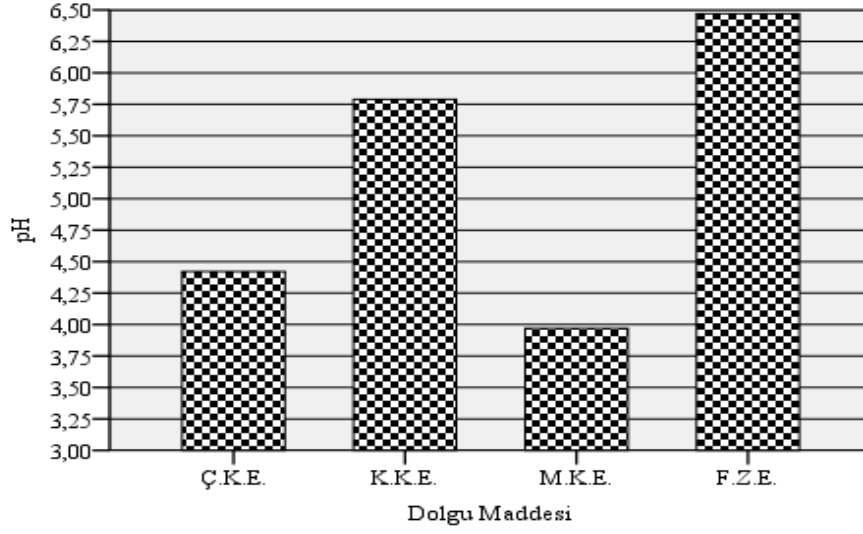
Kontrplak yapışma direnci değerleri, EN 314-1 ve DIN 68705-3 standartlarında 1 N/mm² olarak belirtilmiştir. Sarıçam kontrplaklarda %5 oranda tüm gruplar standart değerlere uygunken %2.5 oranda sahil çamı kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan grupların standart değerleri sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca kontrol grupları da standart değere uygundur. Ladin kontrplaklarda her iki oranda da karaağaç kabuğu ve fındık zurufu kullanılan grupların standart değere uygunken dolgu maddesinin %2.5 oranda kullanıldığı durumda sahil çamı kabuğu kullanılan grubun çekme-makaslama direncinin de standarda uygun olduğu görülmüştür. Kontrol grubu da standart değerlere uygundur.

4.3.Kimyasal Özellikler

4.3.1. Tampon Kapasitesi ve pH

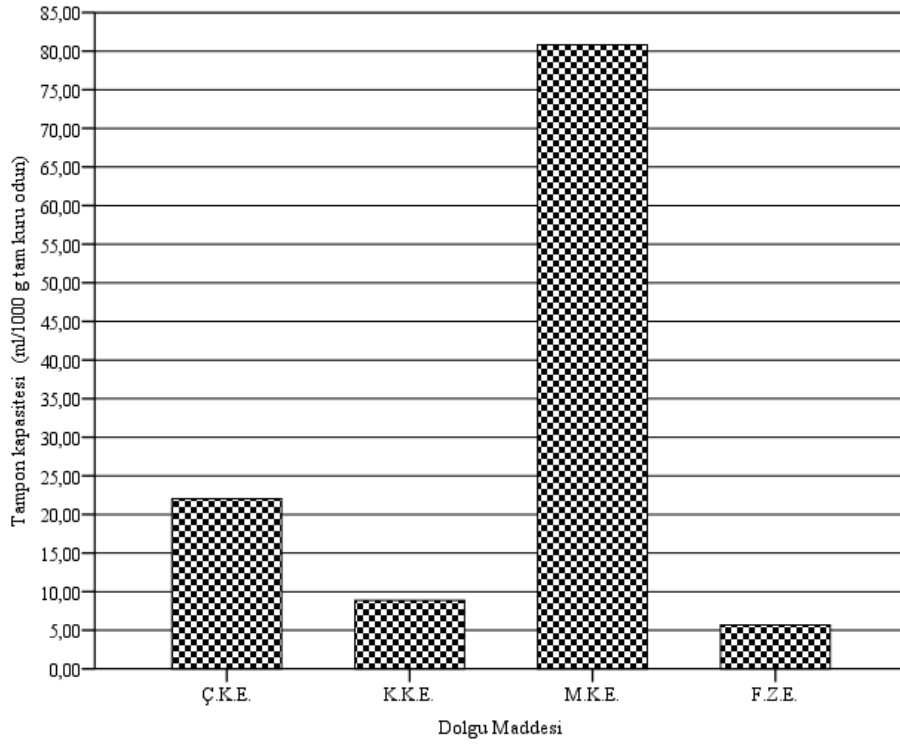
Genel olarak kabuğun pH' ı inorganik madde içeriğinden dolayı odundan daha düşüktür. Dış kabuk daha yüksek Ca içeriğinden dolayı iç kabuğa göre daha düşük bir pH'a sahiptir. Ağaç kabuğunun pH'ı ağacın yaşı ile birlikte hafifçe düşer (Rowell, 2005).

Dolgu maddelerinin sahip olduğu pH değerleri Şekil 41'de tampon kapasiteleri ise Şekil 42'de gösterilmiştir.



Şekil 41. Dolgu maddelerinin pH değerleri

En yüksek pH değeri fındık zurufu ekstraktında elde edilirken en düşük pH değeri meşe palamudu taneninde elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu ekstraktı ve meşe palamudu taneni kuvvetli asidik özellik gösterirken karaağaç kabuğu ekstraktı ve fındık zurufu ekstraktı zayıf asidik özellik göstermektedir.



Şekil 42. Dolgu maddelerinin tampon kapasitesi değerleri

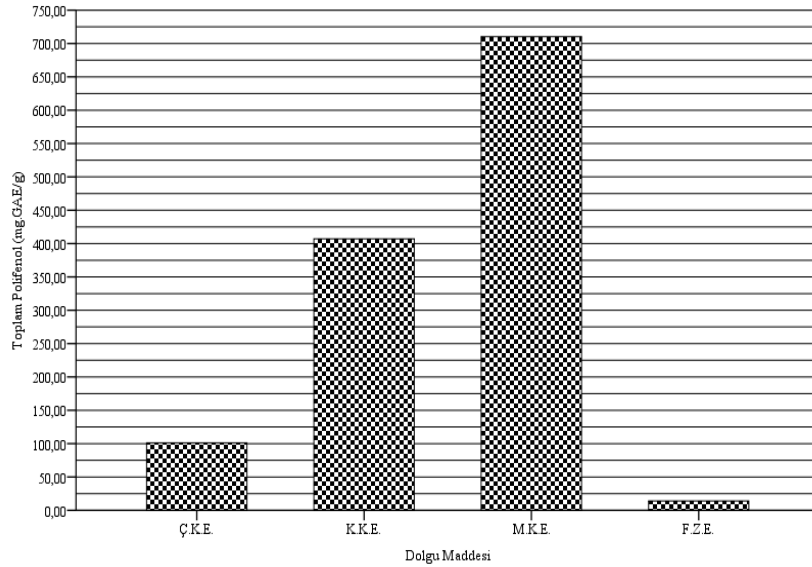
Tampon kapasitesi kabuğun asidik durumdan nötr (pH=7) duruma gelebilmek için daha fazla alkali (NaOH) kullanıldığı için yani asit ortamda daha fazla kaldığının göstergesidir (Demirkır, 2006).

En yüksek tampon kapasitesi değeri meşe palamudu taneninde elde edilirken en düşük tampon kapasitesi değeri fındık zurufu ekstraktında elde edilmiştir. Dolgu maddelerinin tampon kapasiteleri ve pH değerleri arasında doğru orantılı ilişki bulunmuştur.

Bir ağaç türünün pH değeri ve tamponlama kapasitesi, tutkalın sertleşmesini etkiler. Odunun tamponlama kapasitesi, pH değerini istenen seviyeye düşürmek için ne kadar sertleştirici katılması gerektiğini belirlediğinden önemli bulunmaktadır. Eğer bir türün tamponlama kapasitesi yüksek ise pH değerini düşürmek için daha fazla sertleştirici ilave edilmelidir (Akbulut ve Ayrılmış, 2001).

4.3.2. Toplam Polifenol Miktarı

Polifenolik ekstraktlar (tanenler) ahşap esaslı endüstride bağlayıcı olarak kullanılabilmesine ek olarak, odundaki formaldehit ile reaksiyona girebilir ve ahşap panellerin formaldehit emisyonunu azaltabilir. (Roffael, 2016).



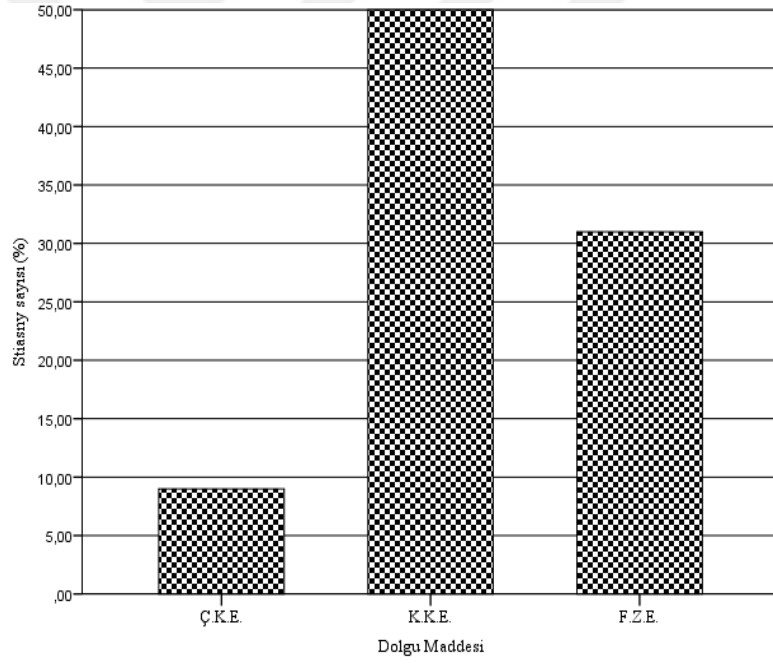
Şekil 43. Dolgu maddelerinin toplam polifenol miktarları

Şekil 43’de görüldüğü gibi en yüksek toplam polifenol miktarı meşe palamudu tanen ekstraktında elde edilirken en düşük toplam polifenol miktarı fındık zuru ekstraktında elde edilmiştir.

4.3.3. Stiasny Sayısı

Tanenin ve odunun pH 1 tutkalın sertleşmesini etkileyebilir. Stiasny sayısı kondanse tanen yüzdesini verir ve bu da tanenin formaldehit ile reaktivitesini belirlemek için önemlidir (Elbadawi vd., 2015).

Stiasny sayısı yaklaşık olarak ekstrakttaki formaldehite karşı reaktif olan poliflavanoidlerin miktarını verir (Yazaki ve Collins, 1994).

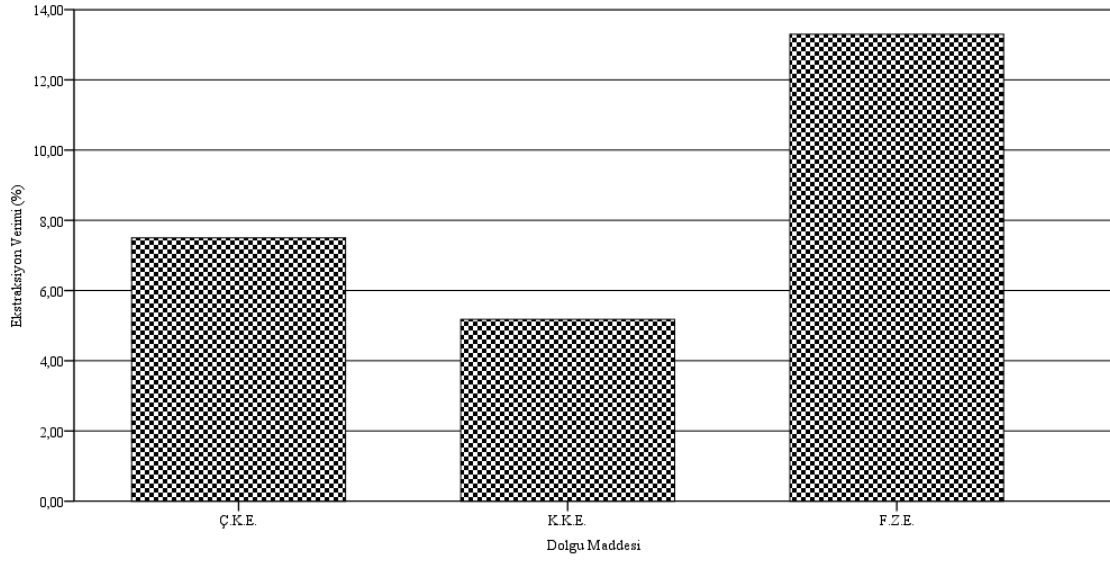


Şekil 44. Ekstrakt işlemi uygulanmamış ağaç kabuklarının stiasny sayıları

En yüksek stiasny sayısı değeri karaağaç kabuğu ekstraktında elde edilirken en düşük stiasny sayısı sahil çamı kabuğu ekstraktından elde edildiği Şekil 44’ten anlaşılmaktadır. Meşe palamudu tanen ekstraktı ise ticari bir firmadan alındığı için stiasny sayısı belirlenememiştir. Ekstraksiyon işlemi gerçekleşmemiş kabuğun stiasny sayısına bakılmıştır.

4.3.4. Ekstraksiyon Verimi

Sıcak su ekstraksiyonu sonucu ağaç kabuklarından ve fındık zurufundan disakkaritler, monosakkaritler, tanenler ve reçine kısımlarının elde edildiği literatürde belirtilmiştir (Harkin ve Rowe). Şekil 45'te sıcak su ekstraksiyonu sonucu elde edilen verimler gösterilmiştir.



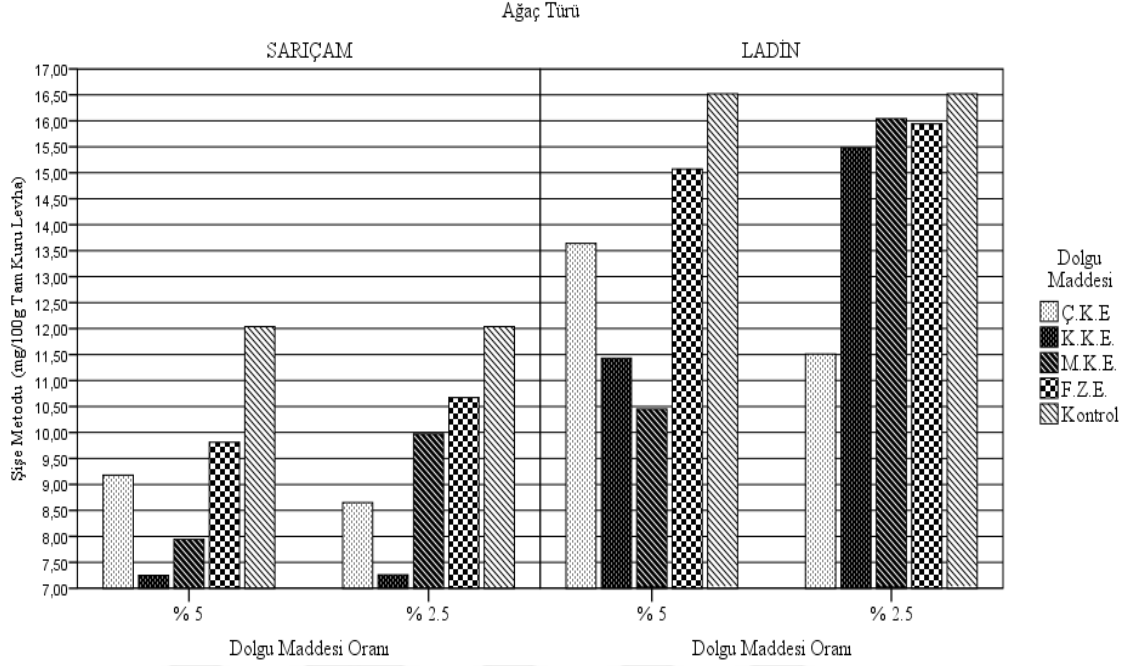
Şekil 45. Dolgu maddelerinin ekstraksiyon verimi

En yüksek ekstraksiyon verimi fındık zurufunda elde edilirken en düşük ekstraksiyon verimi karaağaç kabuğundan elde edilmiştir.

Ekstraksiyon işleminde aynı değişkenler kullanılan sahil çamı kabuğu ve karaağaç kabuğunda, sahil çamı kabuğundan daha yüksek verim alınmıştır.

4.4. Formaldehit Emisyonu

Sarıçam ve Ladin kontrplakların yapıştırılmasında kullanılan ÜF tutkalına, tutkalın %5'i ve %2.5'i oranında dört farklı dolgu maddesi katılmıştır. Dolgu maddesinin kontrplakların formaldehit emisyonuna etkisi Şekil 46'da gösterilmiştir.



Şekil 46. Kontrplaklarda dolgu maddesinin formaldehit emisyonuna etkisi

Sarıçam kontrplaklardaki formaldehit emisyonu ladin kontrplaklardan daha düşük çıkmıştır. Kontrplak üretiminde pres sıcaklığı; kaplamalardan asetil gruplarının ayrılarak asetik aside dönüşmesine neden olur ve bu olay formaldehiti bağlayıcı etkiye sahiptir. Ağaç türünün formaldehit emisyonuna belirgin etkisi vardır. Ayrıca kontrplak yüzeylerinden ayrılan formaldehit miktarının; dış tabakanın üretildiği ağacın anatomik yapısı, porozitesi ve difüzyon direncine bağlı olduğu literatürde belirtilmiştir (Çolakoğlu, 1993).

Dolgu maddesi kullanılan grupların formaldehit emisyonu her iki kontrplak türünde de kontrol grubundan daha düşük seviyede elde edilmiştir. Dolgu maddelerinin düşük formaldehit emisyonuna sebep olması doğal fenolik olan tanenlerin formaldehit ile reaksiyonundan kaynaklanmaktadır (Zhang vd., 2014).

Aydın vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada ceviz, kestane, ladin ve köknar kabuklarının unları ve buğday unu %55'lik üre formaldehit tutkalına katılarak 3 tabakalı kontrplak üretilmiştir. Köknar ve kestane kabuğu unu formaldehit emisyonunu düşürmüştür. Aynı zamanda ceviz ve ladin kabuğu unundan daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri bulunmuştur.

Zhang vd. (2014) yaptıkları çalışmada melez ağacı kabuk ekstraktını kullanarak tanen üre formaldehit tutkalı üretilmişler ve bunu 3 tabakalı kontrplak üretiminde kullanmışlardır. Sonuç olarak yapışma direnci artmış, formaldehit emisyonu azalmıştır.

Sarıçam kontrplaklarda iki oranda da en düşük formaldehit emisyonu karaağaç kabuğu kullanılan gruplarda belirlenmiştir. Karaağaç kabuğu ekstraktı yüksek polifenol içeriği ve yüksek pH değerine sahiptir. Bunun sonucunda yüksek sıcaklıkta alkalen ortamda hemiselüloz içindeki şeker üniteleri ile esterleşmiş olarak bulunan asetil gruplarının hidrolize uğraması sonucu asetil gruplarının formaldehiti bağlayıcı etki yapması literatür ile uyum göstermektedir (Çolak, 2002). Her iki orandada en yüksek formaldehit emisyonu değeri en düşük polifenol içeriğine sahip fındık zurufu kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu kullanılan grup %5 oranda meşe palamudu taneni kullanılan gruptan daha yüksek formaldehit emisyonuna sahipken %2.5 oranda meşe palamudu taneni kullanılan gruptan daha düşük formaldehit emisyonuna sahiptir.

Sarıçam kontrplaklarda her iki orandada karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan grupların formaldehit emisyonu ve denge rutubet miktarı arasında doğrusal bir ilişki varken sahil çamı kabuğu kullanılan grupta denge rutubet miktarı ve formaldehit emisyonu arasında ilişki kurulamamıştır.

Ladin kaplamalardan üretilen kontrplaklarda dolgu maddesi oranı %5 iken en yüksek formaldehit emisyonu fındık zurufu kullanılan grupta, en düşük formaldehit emisyonu ise meşe palamudu taneni kullanılan grupta elde edilmiştir. Fındık zurufu ekstraktı en düşük ve meşe palamudu tanen ekstraktı en yüksek polifenol miktarına sahiptir. Sahil çamı kullanılan grubun formaldehit emisyonunun karaağaç kabuğu kullanılan grubun formaldehit emisyonundan daha büyük olduğu belirlenmiştir. Oran %2.5' e düştüğünde sahil çamı kabuğu kullanılan grupta en düşük formaldehit emisyonu elde edilmiştir. Sahil çamı kabuğu taneni floroglusinolik A halkası yapısına sahip olduğu için ağaç türünün kimyasal özelliğine göre reaksiyon dengesini değiştirebileceği literatürde ifade edilmiştir (Pizzi, 1979).

Her iki oranda da karaağaç kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplarda yapılan formaldehit emisyonu testinden elde edilen veriler dolgu maddesi oranında meydana gelen artışın formaldehit emisyonunu düşürdüğü yöndedir. Sahil çamı kabuğu kullanılan grupta yapılan test sonucunda ise dolgu maddesi oranındaki artışın formaldehit emisyonunu artırdığı gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Sarıçam ve ladin kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri genel amaçlı kullanım için belirlenen BS EN 636 standardına uygundur. Ayrıca dolgu maddesi kullanılan tüm grupların formaldehit emisyonunu düşürdüğü belirlenmiştir. Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesinin %5 oranda kullanıldığı grupların hepsi EN 314-1 ve DIN 68705-3 standardında belirtilen değeri sağlarken dolgu maddesinin %2.5 oranında kullanılması sonucunda sahil çamı kabuğu, meşe palamudu taneni ve fındık zurufu kullanılan gruplar standardı sağlamıştır. Dolgu maddesinin %5 oranında kullanıldığı ladin kontrplaklarda karaağaç kabuğu ve fındık zurufu kullanılan grupların, dolgu maddesinin %2.5 oranında kullanılmasıyla ise sahil çamı kabuğu, karaağaç kabuğu ve fındık zurufu kullanılan grupların çekme-makaslama direnci değerleri EN 314-1 ve DIN 68705-3 standardında belirtilen değere uygundur.

Dolgu maddesi oranında meydana gelen artış ile sarıçam kontrplaklarda sahil çamı kabuğu kullanılan grubun elastikiyet modülü azalmış, ladin kontrplaklarda ise fındık zurufu kullanılan grubun eğilme direnci artmıştır. Diğer gruplarda dolgu maddesi oranındaki artışın mekanik özelliklere istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi görülmemiştir.

Sahil çamı kabuğu kullanılan grupta dolgu maddesi oranının arttırılması ile formaldehit emisyonu artmış, diğer dolgu maddesi kullanılan gruplarda ise dolgu maddesi oranının arttırılması formaldehit emisyonunu azaltmıştır.

5.1. Fizisel Özellikler

5.1.1. Özgül Ağırlık

Sarıçam kontrplaklarda özgül ağırlık değerleri $0,49 \text{ gr/cm}^3$ ile $0,60 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. Dolgu maddesi kullanılan grupların özgül ağırlığı kontrol grubunun özgül ağırlığından büyüktür.

İstatistiksel olarak en yüksek özgül ağırlık %5 oranda Ç.K.E. ve %2.5 oranda F.Z.E. gruplarında elde edilirken, en düşük özgül ağırlık her iki oranda da kontrol grubunda elde edilmiştir. Test gruplarının özgül ağırlıkları büyükten küçüğe %5 oranda Ç.K.E. (0,60 gr/cm³), F.Z.E. (0,54 gr/cm³), M.K.E. (0,53 gr/cm³), K.K.E. (0,50 gr/cm³), ve kontrol (0,49 gr/cm³) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (0,57 gr/cm³), Ç.K.E. (0,56 gr/cm³), K.K.E. (0,55 gr/cm³), M.K.E. (0,54 gr/cm³) ve kontrol (0,49 gr/cm³) grubu şeklinde sıralanmıştır.

Sarıçam kontrplaklarda K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranının azalması özgül ağırlık değerinin artışına neden olmuştur. Ç.K.E. grubunda ise dolgu maddesi oranının azalması özgül ağırlığı da azaltmıştır. Ladin kontrplaklarda özgül ağırlık değerleri 0,41 ile 0,44 gr/cm³ arasında değişmektedir. Dolgu maddesi kullanılan grupların özgül ağırlığı kontrol grubunun özgül ağırlığından düşük çıkmıştır.

Ladin kontrplaklarda test gruplarının özgül ağırlıkları büyükten küçüğe %5 oranda kontrol (0,44 gr/cm³), F.Z.E. (0,43 gr/cm³), Ç.K.E. (0,42 gr/cm³), K.K.E. (0,42 gr/cm³), M.K.E. (0,41 gr/cm³) grubu şeklinde; %2.5 oranda kontrol (0,44 gr/cm³), K.K.E. (0,42 gr/cm³), M.K.E. (0,42 gr/cm³), F.Z.E. (0,41 gr/cm³), Ç.K.E. (0,41 gr/cm³), grubu sıralanmıştır. İstatistiksel olarak dolgu maddesi kullanılan grupların özgül ağırlıkları arasında bir fark yoktur.

5.1.2. Denge Rutubet Miktarı

BS 1134 standardında denge rutubet miktarı %6-14 arasında belirlenmiştir. Test gruplarından elde edilen tüm denge rutubet miktarları bu standarda uygundur. Sarıçam kontrplakların denge rutubet miktarı %8,08 – %8,45 arasında, ladin kontrplakların ise %8,73 – 8,27 arasında değişmektedir (BS 1134, 1990).

Sarıçam kontrplaklarda test gruplarının denge rutubet miktarları büyükten küçüğe %5 oranda Ç.K.E. (%8,45), F.Z.E. (%8,22), M.K.E. (%8,11), kontrol (%8,08), K.K.E. (%8,06) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (%8,24), Ç.K.E. (%8,17), M.K.E. (%8,10), kontrol (%8,08), K.K.E. (%8) grubu şeklinde sıralanmıştır. Dolgu maddesi kullanılan gruplarda %5 oranda Ç.K.E. ve %2.5 oranda F.Z.E. grupları kontrol grubundan daha yüksek denge rutubet miktarı elde edilirken diğer gruplarda istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir. İstatistiksel olarak en yüksek denge rutubet miktarı %5 oranda Ç.K.E. ve %2.5 oranda F.Z.E. gruplarında belirlenmiştir. En düşük özgül ağırlık değeri olarak değerlendirildiğinde %5 oranda test

grupları arasında bir fark bulunamazken %2.5 oranda K.K.E. grubu en düşük özgül ağırlık değerini vermiştir.

Sarıçam kontrplaklarda Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça denge rutubet miktarı artmıştır. F.Z.E. grubunda dolgu maddesi oranı arttıkça denge rutubet miktarı azalmıştır. Ayrıca toplam polifenol içeriği yüksek olan M.K.E.ve F.Z.E. gruplarında denge rutubet miktarı Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarının denge rutubet miktarlarından küçüktür. Özgül ağırlık ve denge rutubet miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Ladin kontrplaklarda test gruplarının denge rutubet miktarları büyükten küçüğe %5 oranda Ç.K.E. (%8,56), M.K.E. (%8,52), F.Z.E. (%8,50), K.K.E. (%8,47), kontrol (%8,27) grubu şeklinde; %2.5 oranda M.K.E. (%8,73), F.Z.E. (%8,64), K.K.E. (%8,67), Ç.K.E. (%8,38), kontrol (%8,27) grubu şeklinde sıralanmıştır. Dolgu maddesi kullanılan grupların denge rutubet miktarları kontrol grubundan daha yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak en düşük denge rutubet miktarı her iki oranda da kontrol grubunda bulunmuştur.

Ladin kontrplaklarda K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça denge rutubet miktarı azalmıştır. Ç.K.E. grubunda dolgu maddesi oranı arttıkça denge rutubet miktarıda artmıştır.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme Direnci

Genel amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci değerleri BS EN 636 standardında belirtilmiştir. Sarıçam kontrplaklar standardın F 20 ve F 40 sınıflarında, ladin kontrplaklar standardın F 20 ve F25 sınıflarında belirtilen değer aralığında yer almaktadır.

Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların eğilme direnci kontrol grubundan daha yüksektir. Test gruplarının eğilme dirençleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (50,83 N/mm²), Ç.K.E. (49,97 N/mm²), M.K.E. (42,95 N/mm²), K.K.E. (42,71 N/mm²), kontrol (35,57 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (53,79 N/mm²), M.K.E. (46,32 N/mm²), Ç.K.E. (45,02 N/mm²), K.K.E. (44,89 N/mm²), kontrol (35,57 N/mm²) grubu şeklinde sıralanmıştır. İstatistiksel olarak en yüksek eğilme direnci %5 oranda Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarında; %2.5 oranda F.Z.E. grubunda elde edilirken, dolgu maddesi kullanılan diğer gruplar arasında bir fark bulunamamıştır.

Sarıçam kontrplaklarda K.K.E., M.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direnci azalmıştır. Ç.K.E. grubunda dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direncide artmıştır.

Ladin kontrplaklarda iki oranda da Ç.K.E. grubu kontrol grubunun altında, F.Z.E. grubu kontrol grubunun üzerinde eğilme direnci verirken diğer gruplarla kontrol grubu arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Test gruplarının eğilme dirençleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (38,13 N/mm²), M.K.E. (35,64 N/mm²), kontrol (34,22 N/mm²), K.K.E. (34,10 N/mm²), Ç.K.E. (32,18 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (35,40 N/mm²), kontrol (34,22 N/mm²), M.K.E. (33,33 N/mm²), K.K.E. (33,27 N/mm²), Ç.K.E. (31,74 N/mm²) grubu şeklinde sıralanmıştır. İstatistiksel olarak en yüksek eğilme direnci %5 ve %2.5 oranda F.Z.E. grubunda elde edilirken en düşük eğilme direnci %5 ve %2.5 oranda Ç.K.E. grubunda elde edilmiştir. Ladin kontrplaklarda dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direnci artmıştır.

5.2.2. Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü değerleri, BS EN 636 standardında yapılan sınıflandırmada sarıçam kontrplaklar için E 25 ve E 60, ladin kontrplaklar için ise E 25 ve E 30 aralığında bulunmuştur.

Sarıçam kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların elastikiyet modülü kontrol grubunun elastikiyet modülünden daha yüksektir. Test gruplarının elastikiyet modülleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (4631 N/mm²), Ç.K.E. (4415 N/mm²), M.K.E. (3633 N/mm²), K.K.E. (3523 N/mm²), kontrol (2851 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 Ç.K.E. (5608 N/mm²), F.Z.E. (4546 N/mm²), K.K.E. (3863 N/mm²), M.K.E. (3828 N/mm²), kontrol (2851 N/mm²) grubu şeklinde sıralanmıştır. Ç.K.E., K.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet modülü azalmıştır. F.Z.E. grubunda dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet modülü artmıştır.

Ladin kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan iki oranda F.Z.E. ve %2.5 oranda M.K.E. gruplarının elastikiyet modülü kontrol grubundan yüksektir. Ç.K.E. ve K.K.E. grupları ve kontrol grubu arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Test gruplarının elastikiyet modülleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (3051 N/mm²), M.K.E. (2843 N/mm²), Ç.K.E. (2789 N/mm²), kontrol (2785 N/mm²), K.K.E. (2716 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (2941 N/mm²), M.K.E. (2892 N/mm²), kontrol (2785 N/mm²),

K.K.E. (2701 N/mm²), Ç.K.E. (2573 N/mm²) grubu şeklinde sıralanmıştır. Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet modülü artmıştır. K.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranlarında bir fark yoktur.

5.2.3. Çekme-Makaslama Direnci

Kontrplak yapışma direnci değerleri, EN 314-1 ve DIN 68705-3 standartlarında 1 N/mm² olarak belirtilmiştir. Sarıçam kontrplaklarda %2.5 oranda K.K.E. grubu dışındaki tüm gruplar DIN ve EN standartlarına uygundur. Ladin kontrplaklarda %5 oranda K.K.E. ve F.Z.E. grupları; %2.5 oranda Ç.K.E., K.K.E. ve F.Z.E. grupları DIN ve EN standartlarına uygundur.

Sarıçam kontrplaklarda K.K.E. dışındaki dolgu maddesi kullanılan grupların çekme-makaslama direnci kontrol grubundan yüksektir. K.K.E. grubu ve kontrol grubu aynı istatistiksel değere sahiptir. Test gruplarının çekme-makaslama dirençleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (1,23 N/mm²), K.K.E. (1,16 N/mm²), Ç.K.E. (1,11 N/mm²), M.K.E. (1,07 N/mm²), kontrol (1 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 Ç.K.E. (1,23 N/mm²), F.Z.E. (1,21 N/mm²), M.K.E. (1,12 N/mm²), kontrol (1 N/mm²), K.K.E. (0,99 N/mm²) grubu şeklinde sıralanmıştır. İstatistiksel olarak en yüksek çekme-makaslama direnci %5 oranda F.Z.E. grubunda; %2.5 oranda Ç.K.E. ve F.Z.E. gruplarında elde edilirken en düşük çekme-makaslama direnci %2.5 oranda K.K.E. grubunda belirlenmiştir. Oran %5'e yükseldiğinde ise en düşük çekme-makaslama direnci kontrol grubunda tespit edilmiştir. Dolgu maddesinin %5 olduğu durumda pH değeri yüksek olan K.K.E. ve F.Z.E. gruplarında Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarından daha yüksek çekme-makaslama direnci elde edilmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direnci azalırken K.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direnci artmıştır.

Ladin kontrplaklarda %5 oranda Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarının; %2.5 oranda M.K.E. grubunun çekme-makaslama direnci kontrol grubundan küçükken diğer dolgu maddesi kullanılan grupların ve kontrol grubunun çekme-makaslama direnci arasında istatistiksel bir fark yoktur. Test gruplarının çekme-makaslama dirençleri büyükten küçüğe %5 oranda F.Z.E. (1,19 N/mm²), kontrol (1,17 N/mm²), K.K.E. (1,15 N/mm²), Ç.K.E. (0,99 N/mm²), M.K.E. (0,88 N/mm²) grubu şeklinde; %2.5 oranda F.Z.E. (1,19 N/mm²), kontrol (1,17 N/mm²), K.K.E. (1,11 N/mm²), Ç.K.E. (1,03 N/mm²), M.K.E. (0,91 N/mm²) grubu şeklinde

sıralanmıştır. İstatistiksel olarak en yüksek çekme-makaslama direnci %5 oranda K.K.E. ve F.Z.E. gruplarından; %2.5 oranda Ç.K.E., K.K.E., F.Z.E. ve kontrol gruplarından elde edilirken en düşük çekme-makaslama direnci %5 oranda Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarından; %2.5 oranda M.K.E. grubundan elde edilmiştir. Yüksek pH değerine sahip K.K.E. ve F.Z.E. gruplarında Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarından daha yüksek çekme-makaslama direnci elde edilmiştir

Ladin kontrplaklarda Ç.K.E. ve M.K.E. gruplarında dolgu maddesi oranı arttıkça çekme-makaslama direnci azalmıştır. K.K.E. grubunda dolgu maddesi oranı arttıkça çeme-makaslama direnci artarken F.Z.E. grubunun dolgu maddesi oranları arasında bir fark yoktur.

5.3. Formaldehit Emisyonu

Sarıçam ve ladin kontrplaklarda dolgu maddesi kullanılan grupların formaldehit emisyonu kontrol grubunun formaldehit emisyonundan daha düşüktür.

Sarıçam kontrplaklarda her iki orandada en yüksek formaldehit emisyonu F.Z.E. grubunda, en küçük formaldehit emisyonu K.K.E. grubunda ölçülmüştür. Sarıçam kontrplakların %2.5 oranda formaldehit emisyonu test sonuçları büyükten küçüğe: kontrol (12,04 mg), F.Z.E. (10,67 mg), M.K.E. (9,97 mg), Ç.K.E. (8,65 mg), K.K.E. (7,26 mg) grubu şeklinde; %5 kontrol (12,04 mg), F.Z.E. (9,81 mg), Ç.K.E. (9,18 mg), M.K.E. (7,94 mg), K.K.E. (7,25 mg) grubu şeklinde sıralanmıştır. Dolgu maddelerinin formaldehit emisyonunda meydana getirdiği düşüşler %5 oranda sırasıyla: K.K.E. (%40), M.K.E. (%34), Ç.K.E. (%24), F.Z.E. (%19) grubu şeklindedir. Dolgu maddesi oranının %2.5 olduğu durumlarda meydana gelen düşüşler ise sırasıyla; K.K.E. (%40), Ç.K.E. (%28), M.K.E. (%17), F.Z.E. (%11) grubu şeklindedir.

Ladin kontrplaklarda %5 oranda M.K.E. grubu ve %2.5 oranda Ç.K.E. grubu en düşük formaldehit emisyonuna sahiptir. Oran %5 iken en yüksek formaldehit emisyonu F.Z.E. grubunda elde edilmişken %2.5 oranda F.Z.E., K.K.E. ve M.K.E. arasında belirgin bir fark yoktur. K.K.E. grubunda ise %5 oranda M.K.E. grubundan daha yüksek formaldehit emisyonu belirlenmiştir. Test gruplarının formaldehit emisyonları büyükten küçüğe %5 oranda; kontrol (16,52 mg), F.Z.E. (15,07 mg), Ç.K.E. (1,64 mg), K.K.E. (11,43 mg), M.K.E. (10,45 mg) grubu şeklinde; %2.5 oranda kontrol (16,52 mg), M.K.E. (16,04 mg), F.Z.E. (15,94 mg), K.K.E. (15,48 mg), Ç.K.E. (11,51 mg), grubu şeklinde sıralanmıştır. Dolgu maddelerinin formaldehit emisyonunda meydana getirdiği düşüşler %5 oranda

sırasıyla; M.K.E. (%37), K.K.E. (%31), Ç.K.E. (%17), F.Z.E. (%9), grubu şeklindedir. Dolgu maddesi oranının %2.5 olduğu durumda meydana gelen düşümler ise sırasıyla; Ç.K.E. (%30), K.K.E. (%6), F.Z.E. (%4), M.K.E. (%3) grubu şeklindedir.

Her iki kontrplak türünde de dolgu maddesi oranı arttıkça formaldehit emisyonunda azalma meydana geldiği belirlenmiştir.



6. ÖNERİLER

Dünya genelinde hızlı nüfus artışı ile birlikte artan tüketim miktarı orman varlıklarında hızla azalmaya neden olmuştur. Orman varlıklarının daha verimli ve kullanım yerine uygun olmasına yönelik faaliyetlerden dolayı odun işleyen sektörlerde ağaç kabukları atık durumdadır ve çevre kirliliği oluşturmaktadır. Aynı zamanda karadeniz bölgesinde yetişen fındıkların hasat sonrası artık durumda olan zurufları endüstriyel açıdan değerlendirilerek katma değeri olan ürünlerde kullanılmalıdır. Bu bakımdan ele alındığında farklı ağaç kabuklarının ve fındık zuruflarının inşaat sektöründe, mobilya üretiminde, ulaştırma sektöründe, ambalaj sanayinde, reklam standları ve trafik işaretleri gibi geniş yelpazeli kullanım alanına sahip kontrplak endüstrisinde dolgu maddesi olarak değerlendirilmesi mekanik özelliklerin iyileştirilmesinin ve formaldehit emisyonunun azaltılması dışında endüstriye kazandırılarak çevre kirliliğini önlemeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Deneme kontrplaklarının performans özellikleri karşılaştırıldığında dolgu malzemesi olarak ağaç kabuğu ve fındık zuruflarının ekstraktlarının tutkal karışımına ilave edilmesi oldukça uygun bir alternatif olacaktır. Formaldehit emisyonu ve mekanik değerler açısından sahil çamı kabuk ekstraktının ve fındık zuruflarının ekstraktının kontrplaklarda kullanımının avantaj sağlayacağı belirlenmiştir. Tutkal çözeltilerine ilave edilen dolgu maddesi miktarının azlığı dikkate alındığında farklı oranlarda kullanımına yönelik araştırmalar yapılabilir.

Bu çalışmada; polifenol içeriği fazla olan farklı ağaç türleri kabuklarından ve fındık zuruflarından elde edilen ekstraktların kontrplak üretiminde dolgu maddesi olarak kullanımının, üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla sahil çamı, karaağaç, meşe ağaçlarının kabuk ekstraktları ve fındık zuruflarının ekstraktı kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak buğday unundan faydalanılmıştır. Amaç, ağaç kabuklarının ve fındık zuruflarının endüstriyel açıdan değerlendirilmesi neticesinde katma değer oluşturulmasıdır.

Laboratuvar ortamında elde edilen bu verilerin, fabrika ölçeğinde uygulanabilecek daha kapsamlı test ve düzenlemeler açısından ışık tutucu olabileceği ve çeşitli ilave çalışmalarla desteklenerek sanayiye uygulanabilirliğinin sağlanabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü., 1995. Ülkemizde Doğal Yetişen Karaağaç (Ulmus L.) Taksonlarının Morfolojik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A, 45, 2, 95-115.
- Arbenz, A., and Avérous, L., 2015. Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures, Green Chemistry, 17, 5, 2626-2646.
- As, N., 1992. Pinus pinaster Ait Değişik Irklarının Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ASTM, 1983. Standart Definitions of Terms Relating to Adhesives, Standart D-907.
- Aydin, I. and Demirkir, C., 2010. Activation of spruce wood surfaces by plasma treatment after long terms of natural surface inactivation, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 30, 5, 697-706.
- Aydin, İ., Demirkır, C., Çolak, S. ve Çolakoğlu, G., 2010. Çeşitli ağaç kabuğu unlarının kontrplaklarda dolgu maddesi olarak değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin-Türkiye, Bildiriler Kitabı 5: 1825-1833.
- Aydin, I., Demirkir, C., Colak, S. and Colakoglu, G., 2017. Utilization of bark flours as additive in plywood manufacturing, European Journal of Wood and Wood Products, 75, 1, 63-69.
- Ayla, C., 1978. Tanen- Formaldehit Yapıştırıcıları, Yurdumuz Açısından Önemi, Pinus brutia Kabuk Ekstraktı ile Yapılan Ön Çalışmalar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 28, 1, 234-256.
- Bal, B. C., Akçakaya, E., ve Gündeş, Z., 2016. Farklı Ağaç Türlerinden Üretilmiş Kontrplakların Yanal Çivi Dayanımı, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 12, 1, 145-153.
- Balaban, M., 2003. Orman ürünleri kimyası ders notları, Basılmamış.
- Balaban, M., 2004. Identification of the main phenolic compounds in wood of Ceratonia siliqua by GC-MS, Phytochemical Analysis, 15,385-388.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Birinci Cilt I, İÜ Orman Fak., İstanbul.
- Bisanda, E.T.N., Ogola, W.O. and Tesha, J.V., 2003. Characterisation of Tannin Resin Blends for Particle Bard Applications, Cement Concrete Composites, 25, 593-598.

- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar Ders Kitabı, İ. Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İÜ Yayın, 3572. BS 1134, 1990. Assesment of Surface Texture, Part 1 and Part 2, British Standards Institute, BSI, Lindford, UK.
- BS EN 636, 2003. Classification System, Plywood Specifications, British Standards Institute, 389 Chiswick High Road, London, UK.
- Cheng, C. B. and Feng, H. L., 2012. Formaldehyde chemistry, Applications and Role in polymerization, Nova, New York.
- Conner, A. H., 1996. Urea-formaldehyde adhesive resins, Polymeric materials encyclopedia, 11, 8496-8501.
- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 1990. Kavak (*P. x euramericana* I-214) ve Kızılağaç (*A. Glutinosa subsp. barbata*) Kontrplaklarının Tutkallama Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 1993. Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 2004. Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Dallı, G., 2005. Türkiye’de Kaplama Tabakalı Kereste (LVL) Üretim İmkanlarının Araştırılması ve Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirkır, C., 2006. Kontrplak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık ve Artık Materyallerin Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Deniz, İ., 2012. Odun Kimyası Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Deniz, İ., 2017. Odun Dışı Orman Ürünleri Endüstrisi, Ders Notları, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Fakültesi, K.T.Ü.
- DIN 68708, 1976. Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin.
- Dönmez, İ. ve Dönmez, Ş., 2013. Ağaç Kabuğunun Yapısı ve Yararlanma İmkanları, S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 14, 156-162.
- D'Souza, J., 2016. The utilization of bark to make rigid polyurethane foams, Doctoral dissertation, University of Toronto, Canada.

- Dunky, M., 1998. Urea-Formaldehyde (UF) Adhesive Resins for Wood, International Journal of Adhesion and Adhesives, 95-107.
- Ebnesajjad, S. and Landrock, A. H., 2014. Adhesives technology handbook, William Andrew.
- Eckelman, C.A., 2000. Brief Survey of Wood Adhesives, Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette.
- Eghball, B. and Lesoing, G.W., 2000. Viability of Weed Seeds Following Manure Windrow Composting, Compost Sci. Util., 8, 46-53.
- Elbadawi, M., Osman, Z., Paridah, T., Nasroun, T., ve Kantiner, W., 2015. Mechanical and physical properties of particleboards made from Ailanthus wood and UF resin fortified by Acacias tannins blend., J. Mater. Environ. Sci., 6, 4, 1016-1021.
- EN 717-3, 1996. Bestimmung der Formaldehydabgabe, Teil 3. Formaldehydabgabe nach der Flaschen-Methode, CEN, Brüssel.
- Erkan, G., Şengül, K. ve Kaya, S., 2014. Dyeing of white and indigo dyed cotton fabrics with Mimosa tenuiflora extract., Journal of Saudi Chemical Society, 18, 2, 139-148.
- Fengel, D. and Wegener, G., 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure and Reactions, De Gruyter, Berlin.
- Frihart, C. R., 2005. Wood adhesion and adhesives, 216-272, CRC Press, New York.
- Gardner, D. J., 2006. Adhesion mechanism of durable wood adhesive bonds. Stokke. Douglas, D., and Groom. Leslie, H, Characterization of cellulosic cell wall.
- Gerengi, H., Akçay, Ç., Güler, C., ve Şahin, H., 2012. Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi, Turkish Journal of Forestry, 13, 2, 155-161.
- Göker, Y., As, N. ve Dündar, T., 2001. Hızlı Gelişen Yabancı Orijinli Bazı Çam Türleri ile Oluşturulan Ormanların, Orman Ürünleri Yönünden Değerlendirilmesi, Orman Fakültesi Dergisi, 51, 1, İstanbul.
- Gönültaş, O., 2013. Doğu Ladini (*Picea orientalis*) ve Meşe (*Quercus spp.*) Kabukları Taneninin Biotutkal Üretiminde Kullanılması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güler, C., 2001. Pamuk (*Gossypium hirsutum L.*) saplarından kompozit levha üretimi olanaklarının araştırılması. Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 150s, Bartın.
- Hamarneh, A. I. M., 2010. Novel wood adhesives from bio-based materials and polyketones.

- Harkin, J. M. and Rowe, J. M., 1971. Bark and Its Possible Uses, USDA For. Serv. For. Prod. Lab. Res. Note FP1-091.
- Hellweg, S. and Messmer, A., 2015. Life cycle assessment (LCA) of adhesives used in wood constructions, Doctoral Dissertation, Master Thesis. Institute of Ecological System Design-ETH Zürich. Zürich, Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- Ionescu, E., Țebrencu, C. E., Vochita, G., Gherghel, D. and Ciuperca, O. T., 2018. HPTLC Investigation of Phenolic Compounds from The Extracts of *Ulmus Glabra* Huds. Bark (Elm), *Analele Stiintifice ale Universitatii Alexandru Ioan Cuza din Iasi. Sectiunea II A, Biologie Vegetala*, 64.
- Jovanovic, S., S., Jovanovic, V., Konstantinovic, S., Markovic, G. and Cincovic, M., M., 2011. Thermal Behavior of Modified Urea-Formaldehyde Resins. *J. Therm. Anal. Calorim*, 104, 1159–1166.
- Karadeniz, T., Bostan, Z., Tuncer, C. ve Tarakcioğlu, C., 2008. Fındık Yetiştiriciliği, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 1.
- Khanbabaee, K. and Ree, T.V., 2001. Tannins: classification and definition, *Natural Product Reports*, 18, 641–649.
- Kılıç, Y., 2007. Türkiye Ağaç Kaplama ve Kontrplak Endüstrisinin Yapısı, Sorunları ve Çözüm Önerileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kim, K. H., Jahan, S. A. and Lee, J. T., 2011. Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards, *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 29, 4, 277-299.
- Koch, P. and Mullen, J.F., 1971. Bark from southern pine may find as fuel. *Forest Ind.*, 98, 36-37, Service Research Note. U.K.
- Nemli, G., Ayan, E., Ay, N. and Tiryaki, S., 2018. Utilization potential of waste wood subjected to insect and fungi degradation for particleboard manufacturing, *European journal of wood and wood products*, 76, 2, 759-766.
- Nunes, E., Quilhó, T. and Pereira, H., 1996. Anatomy and chemical composition of *Pinus pinaster* bark, *IAWA Journal*, 17, 2, 141-150.
- Özdemir, H., 2010. Endüstride Önemli İbrelili Ağaç Kabuklarından Tanen Üretimi ve Üretilen Tanenlerin Lif Levhada Tutkal Olarak Değerlendirilmesi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özen, R., 1981. Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar. KTÜ, *Orman Fakültesi Yayınları*, Fakülte yayını, 120.
- Rowell, R. M., 2005. Chapter 3 Cell Wall Chemistry: Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC press.

- Ružiak, I., Igaz, R., Krišťák, L., Réh, R., Mitterpach, J., Očkajová, A. and Kučerka, M., 2017. Influence of urea-formaldehyde adhesive modification with beech bark on chosen properties of plywood, BioResources, 12, 2, 3250-3264.
- Pizzi, A., 1979. The chemistry and development of tannin/urea-formaldehyde condensates for exterior wood adhesives, Journal of Applied polymer science, 23, 9, 2777-2792.
- Pizzi, A., 1994. Advanced wood adhesives technology, Marcel Dekker Inc., New York, 978-0824-7926-64.
- Pizzi, A. and Mittal, K.L., 2003. Handbook of Adhesive Technology, Second Edition, Revised and Expanded, Marcel Dekker, New York, 0-8247-0986-1.
- Pizzi, A., 2006. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues, J. Adhesion Sci. Technol., 20. 8: 829-846.
- Pizzi, A. and Mittal, K. L. (Eds.), 2010. Wood adhesives. CRC Press.
- Pizzi, A. and Mittal, K. L., 2017. Natural Phenolic Adhesives Derived from Tannins and Lignin; Handbook of adhesive technology. CRC press, New York.
- Roffael, E., Dix, B. and Okum, J., 2000. Use of spruce tannin as a binder in particleboards and medium density fiberboards (MDF), European Journal of Wood and Wood Products, 58, 5, 301-305.
- Saçak, M., 2004. Polimer Kimyasına Giriş, Gazi Kitapevi, Ankara,2-3.
- Sakai, K., 2001. Chemistry of Bark In: Wood and Celulosic Chemistry, 243-274, New York, Basel.
- Sarıalan, N., 2018. Değişik Ekstraksiyon Yöntemlerinin Sahil Çamı Kabuk Taneni Verimi ve Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, B.T.U., Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Schmidt, R. G., 1998. Aspects of Wood Adhesion: Applications of ¹³C CP/MAS NMR and Fracture Testing, Ph. D. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Scoville, C. R., 2001. Characterizing the Durability of PF and pMDI Adhesive Wood Composites Through Fracture Testing, Msc. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Wood Science and Forest Products, Blacksburg, Virginia.
- Sellers, T., McSween, J.R. and Nearn, W.T., 1988. Gluing of Eastern Hardwoods: A Review, USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report, SO-71, New Orleans, Louisiana.

- Sjostrom, E., 1981. The structure of wood. Wood chemistry: fundamentals and applications., 1-20.
- Tan, H. ve Çolakoğlu, G., 2010. Dolgu Maddesi Olarak Meşe Palamut Unu Kullanımının Kayın ve Okume Kontrplak Levhalarında Bazı Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, III. Ulusal Ormancılık Kongresi, Artvin / Türkiye, 5, 1819-1824.
- TAPPI T m-45, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, TAPPI Press Atlanta, Georgia, U.S..
- Tekin, A., 2015. Kompozit Mobilya Elemanlarının VOC Emisyonunun Belirlenmesi ve Emisyonu Azaltıcı İşlemlerin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TS 2128, 1975. Kontrplak, Terimler ve Tarifler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 314-1, 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 310, 1998. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, 1. Baskı, TSE Ankara.
- Tufan, M. and Ayrilmis, N., 2016. Potential use of hazelnut husk in recycled high-density polyethylene composites, BioResources, 11, 3, 7476-7489.
- URL-1, http://www.raute.com/documents/10157/890119/Plywood+production+and+consumption_20181031.pdf/770d2d62-801d-4484-91e0-48063b7a1a35?version=1.0. 20 Şubat 2019.
- URL-2, <https://www.pinterest.ph/pin/84935142942931507>. 31 Temmuz 2018.
- URL-3, <https://www.fiskobirlik.org.tr/findik-nedir>. 25 Mart 2019.
- URL-3, http://www.kimyaborsasi.com.tr/module/stblog/88_formaldehit-hakkinda-bilgiler.html. 5 Kasım 2018.
- URL-4, <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/formaldehyde>. 5 Ağustos 2018.
- URL-5, <http://www.chimarhellas.com/wp-content/uploads/2013/03/CHIMAR-Adhesive-Technologies-EA-CM-21112013.pdf>. 7 Kasım 2018.
- URL-6, <http://dceg.cancer.gov/news-events/linkage-newsletter/2011-11/research-publications/formaldehyde>. 12 Kasım 2018.
- URL-7, https://www.chimarhellas.com/mlS8RYRg7/images/publications/files/formaldehyde_2008.pdf. 23 Aralık 2018.
- URL-8, <http://www.cdph.ca.gov/programs/hesis/Documents/formaldehyde.pdf>. 5 Aralık 2018.

- Vinas, R. A., Caudullo, G., Oliveira, S. and Rigo, D., 2016. *Pinus pinaster* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*, Publ. Off. EU, Luxembourg.
- Vick, C. B., 1999. Adhesive bonding of wood materials. *Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General technical report FPL; GTR-113, 9.1-9.24, 113.
- Yazaki, Y., and Collins, P. J., 1994. Wood adhesives based on tannin extracts from barks of some pine and spruce species, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 52, 5, 307.
- Yeşil, H., 2008. Kontrplaklarda Tutkal Karışımına İlave Edilen Boraksın Mekanik Özelliklere ve Formaldehit Emisyonuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, D.P.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Yang, G. and Jaakkola, P., 2011. *Wood chemistry and isolation of extractives from wood*, Saimaa University of Applied Sciences.
- Zhang, J., Kang, H., Gao, Q., Li, J., Pizzi, A. and Delmotte, L., 2014. Performances of larch (*larix gmelini*) tannin modified urea–formaldehyde (TUF) resin and plywood bonded by TUF resin, *Journal of Applied Polymer Science*, 131, 22.
- Zhang, J., Song, F., Tao, J., Zhang, Z. and Shi, S. Q., 2018. Research Progress on Formaldehyde Emission of Wood-Based Panel, *International Journal of Polymer Science*.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur Bilgin 03.10.1992 tarihinde Trabzon'da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladıktan sonra 2011 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2016 yılında mezun oldu. Aynı yıl B.T.Ü. de yüksek lisansa başladıktan 3 dönem sonra 2018 de Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atandı ve yüksek lisans eğitimine burada devam etti. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

