

KONTRPLAKLARDA TUTKAL KARIŞIMINA
İLAVE EDİLEN BORAKSIN MEKANİK
ÖZELLİKLERE VE FORMALDEHİT
EMİSYONUNA ETKİSİ

Hüseyin YEŞİL

Yüksek Lisans Tezi

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Ocak – 2008

KONTRPLAKLARDA TUTKAL KARIŞIMINA İLAVE EDİLEN BORAKSIN
MEKANİK ÖZELLİKLERE VE FORMALDEHİT EMİSYONUNA ETKİSİ

Hüseyin YEŞİL

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Ocak – 2008

KABUL VE ONAY SAYFASI

Hüseyin YEŞİL'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı KONTRPLAKLARDA TUTKAL KARIŞIMINA İLAVE EDİLEN BORAKSIN MEKANİK ÖZELLİKLERE VE FORMALDEHİT EMİSYONUNA ETKİSİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

30.01.2008

Danışman Üye : Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Üye : Prof. Dr. Mustafa ALTINOK
Üye : Yrd.Doç .Dr. Murat ÖZALP

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KONTRPLAKLARDA TUTKAL KARIŞIMINA İLAVE EDİLEN BORAKSIN MEKANİK ÖZELLİKLERE VE FORMALDEHİT EMİSYONUNA ETKİSİ

Hüseyin YEŞİL

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, 2008

Tez Danıőmanı: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

ÖZET

Bu çalışmada; boraksın kontrplaklarda mekanik özelliklere ve formaldehit emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Kontrplak örnekleri, tutkal karışımlarına belirli oranlarda boraks pentahidrat ilave edilerek, üre-formaldehit tutkalı ile üretilmiştir. Hazırlanan üç katlı kayın ve kavak numuneler üzerinde mekanik deneyler yapılmıştır. Ayrıca formaldehit emisyonunda meydana gelen değişimler de belirlenmiştir.

Kontrol numunelerinin ve tutkal karışımlarına boraks ilave edilerek üretilen deney örneklerinin, eğilme ve çekme makaslama direnci değerleri arasında belirgin farklar tespit edilmemiştir. Formaldehit emisyonu değerlerinde ise azalmaların meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar kelime: Boraks, eğilme direnci, formaldehit emisyonu, kontrplak.

**THE EFFECT OF BORAX IN THE PLYWOOD PANELS GLUELINE ON THE
MECHANICAL PROPERTIES AND FORMALDEHYDE EMISSION**

Hüseyin YEŞİL

Furniture and Decoration Education, Master's Thesis, 2008

Advisor: Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

SUMMARY

In this study, the effects of borax on mechanical properties and formaldehyde emission of plywood have been investigated. Plywood panels have been produced with urea-formaldehyde (UF). The urea-formaldehyde glue formulations were mixed with various concentrations of borax pentahydrate. Two different types (poplar and beech) of 3-layer plywood were produced to determine the effect of adhesive mixture on mechanical properties and formaldehyde emission.

No clear difference was observed between the shear strength and bending strength of control plywood panels and plywood panels manufactured with the glue mixture containing different amount of borax. Formaldehyde emission results demonstrated that the incorporation of borax in the glueline may decrease formaldehyde emission values.

Key Words: Bending strength, borax, formaldehyde emission, plywood.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmamın yürütücülüğünü üstlenen, her türlü desteği sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT'e ve bölüm başkanım Yrd. Doç. Dr. Murat Özalp'e, çalışmanın gerçekleşmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Mustafa ORDU'ya ve Osman PERÇİN'e, Yolçam AŞ'ye, çalışma süresince yanımda olan aileme ve emeği geçen herkese bütün içtenliğimle saygı ve şükranlarımı sunarım.

Hüseyin YEŞİL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı.....	9
2. KONTRPLAK ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	11
2.1. Üretim Aşamaları.....	13
2.1.1. Tomrukların depolanması.....	14
2.1.2. Tomrukların soyma işlemine hazırlanması	14
2.1.3. Soyma yöntemi ile kaplama üretimi.....	14
2.1.4. Kaplama levhalarının taşınması, kusurlarının temizlenmesi ve kurutulması	15
2.1.5. Dar soyma levhalarının kenarlarının düzeltilerek yanyana eklenmesi.....	15
2.1.6. Kaplama levhalarının tutkallanması	15
2.1.7. Kontrplak levhalarının preslenmesi.....	16
2.1.8. Kontrplak levhalarının klimatizasyonu, zımparalanması ve tasnifi	16
2.2. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar.....	17
2.2.1. Üre formaldehit tutkalı	18
2.2.2. Fenol formaldehit tutkalı	19
2.2.3. Melamin formaldehit ve melamin-üre formaldehit tutkalları	20
2.2.4. Diğer yapıştırıcılar.....	20
2.3. Dolgu ve Katkı Maddeleri	21
2.4. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler	21
2.5. Formaldehit Emisyonu.....	22
2.6. Bor Elementi ve Özellikleri	23
2.6.1. Bor Elementinin Kullanım Alanları	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3. MATERYAL VE METOT	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Kullanılan ağaç malzeme	28
3.1.2. Kullanılan tutkal ve özellikleri	29
3.2. Metot.....	29
3.2.1. Deney numunelerinin hazırlanması.....	29
3.2.1.1. Deneme levhalarının üretimi	30
3.2.1.2. Tutkal karışımının hazırlanması	30
3.2.1.3. Presleme	31
3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi.....	31
3.2.2.1. Eğilme direnci.....	31
3.2.2.2. Çekme- makaslama direnci.....	32
3.2.3. Formaldehit emisyonu.....	33
4. BULGULAR VE ANALİZİ	35
4.1. Mekanik Testlere Ait Bulgular	35
4.1.1. Eğilme direncine ait bulgular	35
4.1.2. Çekme- makaslama direncine ait bulgular	38
4.2. Formaldehit Emisyonu Bulguları.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
5.1. Mekaniksel Deneylere Ait Sonuçlar	42
5.1.1. Eğilme direncine ait sonuçlar	42
5.1.2. Çekme- makaslama direncine ait sonuçlar	44
5.2. Formaldehit Emisyonu Sonuçları	46
KAYNAKLAR DİZİNİ	50
EKLER	53
1. Eğilme direnci deneyine tabi tutulan deney numunelerine ait resimler	
2. Çekme makaslama direnci deneyine tabi tutulan deney numunelerine ait resimler	
3. Mekanik testlerin yapıldığı universal test cihazına ait resim	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Eğilme direnci deneyi örnek boyutları.....	32
3.2 Yapışma direnci deneyi örnek boyutları.....	33
4.1 Kavak örneklerine ait eğilme direnci değerleri	36
4.2 Kayın örneklerine ait eğilme direnci değerleri	37
4.3 Kavak örneklerine ait çekme-makaslama direnci değerleri	39
4.4 Kayın örneklerine ait çekme-makaslama direnci değerleri	40
5.1 Kavak örneklerine ait eğilme direnci değişimi.....	42
5.2 Kayın örneklerine ait eğilme direnci değişimi	43
5.3 Kavak örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi	44
5.4 Kayın örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi.....	45
5.5 Kavak örneklerine ait formaldehit emisyonu değişimi	46
5.6 Kayın örneklerine ait formaldehit emisyonu değişimi	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Reçine türü, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları	17
2.2 Bor elementinin fiziksel özellikleri	24
2.3 Ticari önemi olan bor mineralleri ve bulunduğu yerler	25
3.1 Üre formaldehit tutkalı teknik özellikleri.....	29
3.2 Tutkal karışım reçeteleri	30
4.1 Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri.....	35
4.2 Boraks oranının eğilme direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	36
4.3 Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri	37
4.4 Boraks oranının eğilme direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	38
4.5 Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri	38
4.6 Boraks oranının çekme-makaslama direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	39
4.7 Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri	40
4.8 Boraks oranının çekme-makaslama direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	41
4.9 Kayın ve kavak kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu değerleri	41
5.1 Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değişim oranları.....	43
5.2 Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değişim oranları	44
5.3 Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme makaslama direnci değişim oranları	45
5.4 Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme makaslama direnci değişim oranları	46
5.5 Kavak kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu azalma oranları	47
5.6 Kayın kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu azalma oranları	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a	: Enine kesit kenar uzunluğu
A	: Enine kesit alanı
Ab	: Kör deneyin absorbansı
As	: Ekstraksiyon çözeltisinin absorbansı
NH₄Cl	: Amonyum klorür
b	: Genişlik
F_{max}	: Kırılma anındaki kuvvet
f	: Kalibrasyon eğri faktörü
h	: Eğilme direnci deney parçasının kalınlığı
Kp	: Ağaç malzemenin basınç direnci
L	: Dayanak noktaları arasındaki açıklık
l	: Yapışma yüzey Uzunluğu
M	: Örnek ağırlığı
N	: Newton Kuvvet Birimi
NHA	: Maksimum kuvvet
R	: Levhanın rutubet miktarı
SD	: Ortalama
V	: Cam balonun hacmi
δ_x	: Standart Sapma
σ_e	: Eğilme direnci

1. GİRİŞ

Ağaç işleri endüstrisindeki gelişmelere bağlı olarak, dünyada ve ülkemizde orman varlığı önemli ölçüde azalmış ve azalmaya devam etmektedir. Ağaç malzemenin kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı iyi bir yalıtıcı olması, doğal yapısından kaynaklanan tekstür, renk, motifli yapısı, yorulma direncinin çelik ve betona karşı yüksek oluşu ve diğer malzemelere göre estetik olmasından dolayı bu malzemeye karşı olan talep her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte; higroskopik olması nedeniyle nem alıp vererek boyutlarını değiştirmesi, çeşitli biyolojik faktörlerce tahrip edilebilmesi ve kolayca tutuşabilmesi ahşabın olumsuz yönlerinden bazılarıdır [1,2].

Yoğun kullanımı nedeniyle, endüstriyel gelişim süreci içerisinde ahşabın bu olumsuz yönlerini ortadan kaldırmaya yönelik çabalar büyük bir ivme kazanmış ve pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bu çabaların neticesinde ana maddesi ahşap olan bir kısım yeni ürünler geliştirilmiş veya mevcut ürünler modifiye edilmiştir. Bu ürünlerin geliştirilmesi sırasında pek çok yardımcı hammaddenin ve yeni yöntemlerin kullanımına gidilmiştir. Bu çalışmaların ortak hedefi orman varlığının daha verimli kullanılmasıdır [2].

Kontrplak üretimi de orman varlıklarının etkin ve verimli kullanılması gayretlerinin bir sonucudur. Kontrplak üretimi ile bir taraftan ağaç malzeme daha verimli kullanılırken, diğer taraftan da direnç özellikleri yüksek, çalışması az, çeşitli kusurlardan arındırılmış, geniş yüzeyli malzemeler elde edilmektedir [3].

Teknolojik gelişim, insanlığa yeni ve fonksiyonel ürünler sunarken çeşitli sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda özellikle son yıllarda çevre ve insan sağlığına verilen önemin artmasıyla birlikte ahşap ve ahşap kökenli levhaların üretiminde kullanılan maddelerden kaynaklanan çeşitli emisyonlar büyük bir ilgiye neden olmuştur. Sentetik reçineler ile üretilen ahşap kökenli levhaların üretim ve kullanımları esnasında ortaya çıkan odun tozları ve özellikle fenol formaldehit tutkalının kullanılması halinde ortaya çıkan formik ve asedik asidin neden olduğu problemler bunlardan bazılarıdır.

Bu emisyonların en önemlilerinden biri olan formaldehit emisyonunun miktara bağlı olarak, insanlarda göz yaşarması, boğaz yanması, nefes darlığı ve alerjik deri rahatsızlıklarının oluşması ayrıca kanserojen etkilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte konuyla ilgili araştırmaların genişletilmesi ve endüstride yeni düzenlemelere gidilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Özellikle levhalarda formaldehit emisyonu düşürülürken standartlarda mekanik özellikler için belirtilen esasların dikkate alınması gerekmektedir. Diğer taraftan üretim

şartlarına bağlı olarak hem mekanik özellikleri iyileştirmek hem de formaldehit emisyonunu azaltmak için uygulanacak yöntemlerin ahşap levhanın diğer özelliklerini etkilememesi istenir [4].

1.1. Literatür Özeti

Aydın ve Çolakoğlu kayın ve kızılğaç kaplamalarda, yüksek sıcaklıkta kurutma işleminin ve koruyucu ile muamele edilmesinin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla, 2 mm kalınlığındaki kayın ve kızılğaç kaplamalar 110 ve 180 °C sıcaklıkta kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından diğer bir miktar kaplama, boraks, borik asit ve amonyum asetat ile muamele edilmiştir. Yapılan işlemler sonrasında kaplamaların yüzey pürüzlülük ve renk değişimleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; yüksek sıcaklıkta kurutma işleminin yüzeylerde koyulaşmaya neden olduğu, koruyucu madde ile muamele edilen örneklerde az miktarda da olsa renk koyulaşması olduğu görülmüştür. En yüksek renk değişiminin amonyum sülfatla muamele edilen örneklerde, en düşük değişimin boraks ile muamele edilen örneklerde meydana geldiği belirlenmiş olup yüzey pürüzlülüğü değerlerin de önemli bir değişikliğin meydana gelmediği belirlenmiştir [5].

Bridaux ve arkadaşlarının lamine edilmiş kaplama (LVL) panellerde mekanik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada; 2,6 mm kalınlığındaki kaplamalar kullanılarak, melamin-üre-formaldehit tutkalına belirli oranlarda borik asit ilavesiyle üretilen LVL panellerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, borik asit ilavesinin numunelerde yapışma direncini arttırdığını göstermiştir [6].

Kasal'ın yaptığı çalışmada; kavelalı tutkallı konstrüksiyon kullanılarak ahşap ve ahşap kökenli kompozit malzemeler ile üretilmiş koltuk iskeletlerinin dayanım özellikleri incelenmiştir. Masif malzeme olarak kızılçam ve kayın, kompozit malzeme olarak da yönlendirilmiş yonga levha (OSB), okume kontrplak ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Üretilen örnekler, oturma ve sırtlık bölümlerinin kullanım esnasında maruz kaldığı yükler göz önüne alınarak, statik yük testlerine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak, çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda özellikle döşemeli oturma mobilyalarında, ahşap kompozit malzemelerin ahşap malzeme yerine kullanılabilceği görülmüştür [7].

Çolak ve Çolakoğlu, kontrplaklarda boraks ve borik asit muamelesinin formaldehit emisyonuna ve asetik asit emisyonuna etkisini araştırmıştır. Üre-formaldehit ve fenol-formaldehit olmak üzere iki farklı tutkal kullanılarak üretilen numuneler iki farklı yöntemle üretilmiştir. Bir grup numunenin üretiminde boraks ve borik asit tutkal karışımına ilave

edilirken, diğer numunelerde ise kaplamalar yapıştırılmadan önce daldırma metoduyla emprenye edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda boraksın formaldehit emisyonunu düşürdüğü, borik asidin ise arttırdığı görülmüştür [8].

Uchiyama ve arkadaşlarının kontrplak üretiminde doğal bileşiklerin kullanılmasının formaldehit emisyonuna etkisini incelediği çalışmada; doğal bileşik olarak üre, catechin ve vanillin kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, doğal bileşiklerin tüm sıcaklıklarda formaldehit emisyonunu düşürdüğü tespit edilmiştir [9].

Kartal ve arkadaşları yangın geciktiricilerle muamele edilmiş kontrplakların beyaz mantar, kahverengi mantar ve termitlere karşı dayanımını kütle kaybını ölçerek değerlendirmişlerdir. Kontrplak üretiminde kullanılan ekaba kaplamalar preslenmeden önce borik asit, boraks, mono-amonyum (mop) fosfat ya da di-amonyum (dap) fosfatla muamele edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda boraks ve borik asitle muamele edilen örneklerde kütle kaybının, map ve dap ile muamele edilen örneklerden daha az olduğu belirlenmiştir [10].

Aydın'ın yaptığı çalışmada; kontrplak üretiminde kullanılan kaplamaların yüzey pürüzlülüklerinin, kontrplağın mekanik özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla hazırladığı kaplamaları açık havada ve fırında kurutarak, numunelerinin bir kısmını 100 kum, diğer bir kısmını da 180 kum zımparalama işlemine tabi tutmuştur. İki farklı tutkalla kontrplak üretildikten sonra yapılan deneylerde, mekanik özelliklerin yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir [11].

Risholm-Sundman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; kontrplaklarda formaldehit emisyonu standartlarını karşılaştırmak amacıyla beş farklı standarda göre deneyler yaparak sonuçları değerlendirmiştir. Elde ettikleri değerleri karşılaştırdıklarında farklı standartların farklı sonuçlar verdiğini ve uluslararası üreticilerin üretimlerinde ve sonrasında bu farklılıkların sorun olarak karşılımlarına çıktığını belirtmişlerdir. Bu konu ile ilgili çalışmaların ISO tarafından desteklenmesi gerektiğini vurgulamışlardır [12].

Kim ve Kim, kontrplaklarda formaldehit emisyonunu düşürmek amacıyla melamin formaldehit (MF) reçinesine ilave edilen polivinil asetat (PVAc) ın formaldehit emisyonu ve yapışma özelliklerine etkisini araştırmıştır. Farklı oranlarda hazırlanan tutkal karışımları kullanılarak hazırlanan kontrplak numuneleri, formaldehit emisyonu ve eğilme direnci ölçümlerine tabi tutulmuştur. Yüksek PVAc oranlı bileşiklerle üretilen örneklerde daha düşük formaldehit emisyonu değerleri elde edilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucunda, en yüksek

eğilme direncinin MF reçinesine % 30 oranında PVAc ilavesiyle üretilen deney örneklerinde kaydedildiği belirtilmiştir [13].

Çolakoğlu ve Demirkır, tutkal karışımlarına boraks ilave ederek ürettikleri kontrplaklarda formaldehit emisyonu, makaslama direnci ve eğilme özelliklerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, kontrol numuneleri ile tutkal karışımına % 5 boraks ilave edilerek üretilen örneklerin makaslama direnci ve eğilme direnci değerleri arasında açık farklılıklar görülmediği belirtilmiştir. Kontrol numunelerinin formaldehit emisyonu değerlerinin diğer örneklerden daha fazla olduğu yani; boraks ilavesinin bu değerleri düşürdüğü belirlenmiştir [14].

Kartal ve arkadaşlarının, bor emdirmenin ve ısı ile muamelenin ahşabın kimyasal ve mekanik özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada; Japon sedirinden (sugi) elde edilen deney numuneleri üzerinde araştırma yapılmıştır. Hazırlanan örnekler borik asit (BA) ve di-sodyum oktaborat tetrahidrat (DOT) ile muamele edildikten sonra, 180 ve 220 °C sıcaklığa 2 ve 4 saat maruz bırakılmıştır. Sonuçta; yüksek sıcaklığın mekanik özelliklere etkisi 220 °C ısıya maruz bırakılan örneklerde daha net belirlenmiştir. BA ve DOT ile muamele edilen örneklerin elastikiyet modülü kontrol numunelerinininkinden bir miktar düşük bulunmuştur. Bununla birlikte 220 °C ısıya maruz bırakılan örneklerde % 100'e varan elastikiyet modülü kayıpları tespit edilmiştir [15].

Özçiftçi, polivinil asetat, fenol formaldehit ve poliüretan esaslı Desmodur-VTKA tutkalları ile yapıştırılıp ahşap koruyucularla muamele edilmiş ağaç malzemelerin eğilme dirençlerini araştırmıştır. Bu amaçla hazırlanan numunelere, boraks ve borik asit ilave edilmiş di-amonyum fosfat ve tanalit-C koruyucuları vakum basınç yöntemiyle emdirilmiştir. Deney numunelerinin hazırlanmasında doğu kayını, akmeşe, Uludağ köknarı ve kavak ağacı kullanılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda, en yüksek eğilme direnci kayın örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük sonuçlar ise tanalit-C ile muamele edilen akmeşe örneklerinde görülmüştür. Borlu bileşiklerin eğilme direncine etkisinin olmadığı bununla birlikte asedik özellikli uygulamaların bu direnci önemli derecede düşürdüğü belirlenmiştir [16].

Aydın ve Çolakoğlu, kontrplak üretiminde kullanılan soyma kaplamalarda kurutma sıcaklığının, fiziksel ve mekanik özelliklere etkisini araştırmıştır. Bu amaçla 2 mm kalınlığındaki kızılâğaç soyma kaplamalar 20, 110, 150 ve 180 °C sıcaklıkta kurutulduktan sonra üre-formaldehit tutkalı ile yapıştırılarak 3 katlı kontrplak plakalar üretilmiştir. Hazırlanan örnekler renk değişimi, makaslama direnci, eğilme direnci ve formaldehit emisyonu değerleri göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; en pürüzsüz yüzeyler 20 °C

sıcaklıkta kurutulan örneklerde tespit edilirken en yüksek değerler 180 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Renk değişimi değerlerinin ısı ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Örneklerin makaslama direnci düşük kurutma sıcaklığında artmıştır. En düşük eğilme direnci değerleri 20 °C örneklerinde görülmüş olup diğer ısılarda açık farklılıklar görülmemiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça formaldehit emisyonunun da arttığı tespit edilmiştir [17].

Örs ve arkadaşları, kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), okume (*Aucoumea klaineana*) ve melez kavak (*Populus x eureamericana* I 45/51) soyma kaplamalarından farklı kombinasyonlarda, üre-formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen üç tabakalı kontrplakların, yoğunluk, çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü değerlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak kayın kontrplakların yoğunluğu, çekme-makaslama ve eğilme dirençleri ile elastiklik modülü, kavak ve okume kontrplaklarından, kavak kontrplakların çekme makaslama direnci ise okume kontrplakların çekme-makaslama direncinden büyük bulunmuştur. Okume ve kavak kontrplaklarının eğilme dirençleri arasındaki fark ise belirgin değildir. Dış tabakası kayın olanların çekme makaslama direnci en yüksek, okume olanların ise en düşüktür. Orta tabakaları okume ve kavak olan kontrplakların çekme makaslama dirençleri arasında fark görülmezken, orta tabakası kayın olan kontrplakların çekme-makaslama direnci diğerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Orta tabakası kayın ve okume kaplamalardan üretilmiş kontrplakların eğilme dirençleri ve eğilmede elastiklik modülü değerleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır [18].

Ustaömer ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; odun lifleri, % 1 ve % 3 konsantrasyonlarda borik asit, boraks ve sodyum perborat tetrahidrat ile muamele edilerek, bu liflerden liflevhalar üretilmiş ve borlu bileşiklerin levhaların renk değişimi üzerine etkisi CIE L*a*b metodu kullanılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, bor bileşikleri kullanılarak üretilen liflevhaların renklerinin kimyasal madde cins ve konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği; özellikle, sodyum perborat tetrahidrat ile muamele edilerek üretilen örneklerin renklerinin kontrol örneklerinin renginden daha açık olduğu tespit edilmiştir [19].

Uysal ve Kurt'un yaptığı bir çalışmada lamine kaplama elemanlar, fenol formaldehit, PVAc, desmodur- VTKA ve üre formaldehit tutkalları kullanılarak, çam (*Pinus sylvestris* L.), kavak (*Populus tremula* L.) ve dut (*Morus alba* L.) odunlarından üretilmiştir. Lamine kaplama elemanların boyutsal stabilitesi, TS 3639 standardına göre 2, 6, 12, 24, 48 ve 96 saat su buharı etkisinde bırakıldıktan sonra ölçülmüştür. Sonuçlara göre en yüksek yoğunluk, fenol formaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen lamine kaplama elemanlarda gözlemlenmiştir. En

yüksek ağırlık artışı, % 113 ile kavak kontrol örneklerinde, kalınlık artışı % 7,99' luk ve liflere dik yöndeki genişlik artışı da % 5,7'lik artış ile dut kontrol örneklerinde, liflere paralel artış ise % 0,58'lik artış ile fenol formaldehit ve PVAc tutkalı kullanılarak dut odunlarından üretilen laminelerde belirlenmiştir [20].

Örs ve arkadaşları, üre-formaldehit tutkalı (ÜF) kullanılarak elde edilen kavak kontrplaklarda, Ü/F mol oranı, üre ve katkı maddesi (buğday unu) miktarı, pres basıncı ve süresi ile kaplama kalınlığının, çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastiklik modülü üzerine etkileri araştırmışlardır. Bu maksatla laboratuvar şartlarında 3 tabakalı olarak 15 farklı tipte üretilen kontrplakların, çekme-makaslama direnci DIN 53255 (1964), eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü deneylerini DIN 52371' de belirtilen esaslara göre yapmışlardır. Sonuç olarak, 2,1 mm kalınlıktaki soyma kaplamalardan üretilen ve standart iklim şartlarında bekletilen kontrplakların, çekme makaslama direnci, 1,4 mm kalınlıktaki kaplamalardan üretilenlerinkinden daha yüksek, eğilme direnci ise daha düşük bulunmuştur. Eğilmede elastiklik modülüne levha kalınlığının belirgin bir etkisi olmamıştır. Pres basıncı ve süresinin artması, belirtilen özellikleri artırıcı etki yaparken, üre ilavesi çekme-makaslama direncini azaltmış, eğilme direnci ve elastiklik modülünü arttırmıştır. 20 ± 1 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarında (standart iklim) bekletildikten sonra denenen örneklerde (DIN 50014) katkı maddesi miktarının artması yapışma direncini artırırken, eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülünü etkilememiştir [21].

Kantay ve arkadaşları, ön işlem görmemiş, 60 °C'de 40 saat buharlanmış ve 60 °C'de 40 saat sıcak su ile muamele edilmiş kayın tomruklar farklı sıcaklıklarda soyma işlemine tabi tutularak, soyma anındaki sıcaklığın kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, hem buharlanmış, hem de sıcak su ile muamele edilmiş tomruklarda, soyma sıcaklığının artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemiştir. Kayın için yüzey pürüzlülüğü bakımından optimum soyma sıcaklığı olarak 20-30 °C tavsiye etmiştir [22].

Güler ve Çolakoğlu, buharlanmış ve buharlanmadan soyulan kızılçam tomruklarından elde edilen kaplama levhaların bir kısmını teknik, diğer kısmını ise doğal kurutma işlemlerine tabi tuttuktan sonra yüzey pürüzlülüklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, ağaç kaplama levhaların yüzey pürüzlülüğünün çekme-makaslama direncine etkisini incelemek için dört farklı tipte üretilen üç tabakalı kontrplakların çekme-makaslama direnç deneyleri, standartlarda belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Sonuçta; yüzey pürüzlülüğünün daha az olduğu buharlanmış-doğal kurutulmuş kaplama levhalardan elde edilen kontrplaklarda, çekme-

makaslama direnci yüksek, yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu buharlanmış-teknik kurutulmuş kaplama levhalardan elde edilen kontrplaklarda ise çekme-makaslama direnci düşük bulunmuştur [23].

Dönmez ve Kalaycıoğlu'nun yaptıkları çalışmada OSB nin kullanım ömrünün uzatılabilmesi amacıyla, tam kuru yonga ağırlığına oranla % 1,5 oranında çinko borat ve boraks ile muamele edilmiş kavak yongalarından fenol-formaldehit ile tutkallanarak üretilen OSB levhalarının teknolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Boraks yongalara % 5'lik sulu çözelti halinde muamele edilirken, çinko borat yongalara toz halinde karıştırılmıştır. Deney örneklerinin fiziksel özelliklerden, yoğunluk, su alma ve kalınlık artımı, mekanik özelliklerden elastikiyet modülü, eğilme ve yüzeye dik çekme direnci, biyolojik özelliklerden ise çürüklük testi gibi başlıca teknolojik özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak borlu bileşiklerin yongaların bağlanma özelliklerini olumsuz yönde etkilemesinden dolayı levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde azda olsa bir kötüleşme gözlenmiştir. Ancak çürüklük testi denemelerinde kullanılan *T.versicolor* mantarına karşı % 80'lere varan koruma sağlanmıştır. Çinko borat ve boraksın levhanın kalitesi üzerine etkileri istatistiksel anlamda farksız bulunmuştur. Bununla birlikte boraks'a oranla, çinko boratın sudaki çözünürlüğünün düşük olması ve direkt olarak odun yongasına karıştırılması ek bir proses gerektirmediğinden maliyet açısından bazı avantajlara sahip olup kullanım kolaylığı sağlamıştır [24].

Altınok ve arkadaşları, farklı oranlarda modifiye edilmiş polivinilasetat dispersiyonu (VB2O) tutkalının çeşitli ağaç türlerinde yapışma direncini araştırmışlardır. Bu amaçla, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris* L), sedir (*Cedrus libani*), akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), meşe (*Quercus pelraea* Liebi) odunlarından hazırlanan örnekler VB2O, VB2O + % 10 Üre-formaldehit (UF), VB2O + % 20 UF, VB2O + % 30 UF karışımlarıyla elde edilen tutkallar ile yapıştırılmıştır. Hazırlan deney örneklerine DIN 53255'e göre çekme deneyi uygulanmıştır. Deneyler sonunda; en yüksek yapışma direnci % 10 UF modifikasyonu ile yapıştırılmış meşe odununda; en düşük yapışma direnci modifikasyonsuz VB2O tutkalı ile yapıştırılmış akasya odununda elde edilmiştir [25].

Formaldehit, baş ağrısı, bulantı ve baş dönmesi gibi özgül olmayan belirtilerin yanısıra boğazda iritasyon, gözlerde kızarıklık, alerjik reaksiyonlar, sulanma, burun akıntısı vb belirtilere neden olmaktadır. Özellikle kronik etkilenim varlığında kronik konjunktivit, larenjit, farenjit, bronşit ve öksürüğe neden olabilmektedir. Aynı zamanda kontakt dermatite, polen ve diğer alerjenlere bağlı alerjik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına ya da hastalık seyirlerinin ağırlaşmasına neden olabilmektedir. Formaldehitin neden olduğu klinik belirtiler kişisel

duyarlılıkla da ilişkilidir. Formaldehitin astımın oluşumunda rol alabildiği ve astımlılarda gece ortaya çıkan solunum güçlükleri ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Formaldehit, Uluslararası Kanseri Araştırma Kurumu (International Agency for Research on Cancer, IARC) tarafından kanserojen özelliği açısından Grup 2A olarak sınıflanmıştır. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda formaldehitin özellikle burun ve üst solunum yolu kanserlerine neden olabileceği, ayrıca ultraviyole'ye bağlı deri kanserlerinin gelişimine katkıda bulunduğu bildirilmektedir [26].

Farklı ortamların, sandviç kompozitlerin kırılma tokluklarına etkisinin incelendiği çalışmada yüzey malzemesinde takviye olarak elyaf, bağlayıcı ve yapıştırıcı tabaka olarak da polyester kullanılmıştır. Çekirdek malzeme olarak göknar ağacı, su kontraplağı, coremat ve poliüretan köpük kullanılarak, hazırlanan numunelere çatlak deneyi ve tuzlusu testi uygulanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ağaç çekirdek malzemenin kırılma tokluğu, kontrplak çekirdek malzemeninkinden daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin çekirdek malzeme yüzeyinin pürüzlülüğüyle ilgili olduğu düşünülmüştür. Bu maddede anılan her iki malzeme de gerek kolay temin edilebilirlik, gerek düşük maliyet, gerekse yüksek mukavemet / ağırlık oranı nedeniyle çalışmada incelenen seçenekler arasında en uygunları olarak görülmüştür. Tuzlu suda ve malzemelerin üretildiği oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta bekletilmenin sonucunda coremat ve poliüretan çekirdeği içeren sandviç sistemlerin kırılma tokluğunda düşük de olsa bir artış görülmüştür. Ağaç ve kontrplakta ise bir düşüş belirlenmiştir [27].

Chung, ilkbahar odunu ve yaz odununun tutkallanabilme özelliklerini belirlemek için Güney çamından yapılmış kontrplak numunelerinde çekme–makaslama deneyi yapmıştır. Araştırma sonucunda, ilkbahar odunu – ilkbahar odunu en güçlü, ilkbahar odunu – yaz odunu orta, yaz odunu–yaz odunu ise en zayıf tutkal hattı dayanımı oluşturduğunu belirlemiştir [28].

Karaaslan'ın yaptığı çalışmada, polivinilasetat (PVAc), üre-formaldehit (UF), poliüretan (PU), tutkallarının ve bu tutkalların boraks ile karışımının kestane odununun yapışma direncine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, kestane odunundan hazırlanan deney örnekleri, tutkallara % 5 boraks ilave edilerek elde edilen tutkallarla yapıştırılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri DIN 53255 esaslarına göre çekme direnci deneyine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak; en yüksek yapışma direnci UF tutkalı ile yapıştırılmış örneklerde 8,59 N/mm², en düşük yapışma direnci ise modifiye edilmiş PU tutkalı ile yapıştırılmış örneklerde 2.50 N/mm² olarak elde edilmiştir. Buna göre kestane odununun UF tutkalı ile yapıştırılması önerilir. Borla modifiye edilmiş sentetik tutkalların kestane odununun yapıştırılmasında kullanılması ise önerilmemiştir [28].

Yapılan araştırmada; üre-formaldehit reçinesi yanında melamin ile modifiye edilen üre-formaldehit tutkalıyla farklı rutubetlerdeki kaplamalardan üretilen kavak kontrplakların mekanik özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla; Kavak (*Populus x eumericana* I-214) tomruklarından laboratuvar koşullarında 2 mm kalınlıktaki üretilen soyma kaplamalar üç gruba ayrılmış; birinci gruptaki kaplamalar % 4-6, ikinci gruptaki kaplamalar % 10-12 ve üçüncü gruptaki kaplamalar % 16-18 rutubete kadar kurutulmuşlardır. Bu kaplamalardan üre-formaldehit ve melamin ilaveli üre-formaldehit reçineleri kullanılarak üç tabakalı kontrplaklar üretilmiştir. Deney numunelerinin çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülü değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; melamin ilaveli üre-formaldehit ile üretilmiş kavak kontrplakların çekme-makaslama dirençlerinin, her rutubet grubu için üre-formaldehit ile üretilmiş olanlardan belirgin olarak yüksek olduğu görülmüştür. En düşük mekanik özellikler % 16-18 rutubetteki kaplamalardan üretilen kontrplaklarda bulunmuştur [29].

Kocatürk, sentetik tutkallarda modifikasyonun ağaç malzemenin yapışma direncine etkilerini belirlemek amacıyla sarıçam ve Doğu kayını ağaçlarından hazırladığı deney örneklerini, üre-formaldehit (UF), melamin-formaldehit (MF) ve fenol-formaldehit tutkalları ile, % 0, % 15, % 35, % 50 oranlarında modifiye etmiş, polivinilasetat (PVAc) ve üre-formaldehit (UF) tutkalları ile üç farklı ortamda (standart atmosfer, soğuk suda bekletme, kaynatma) yapıştırmış ve çekme deneyi uygulamıştır. Deneyler sonucunda en yüksek yapışma direncini, kayın odununda, UF + % 50 MF tutkalı ile standart atmosferde, en düşük çam odununda UF + % 15 tutkalı ile kaynatma deney şartında elde etmiştir [30].

Yapılan bir diğer çalışmada, üre-formaldehit reçinesi % 1-2 Polivinil alkol (PVA) ve % 10-15 amonyum ile modifiye edilmiştir. Serbest formaldehit miktarı modifiye edilmiş tutkalda % 3, karışimsız tutkalda % 5 çıkmıştır. Çekme direnci deneyi sonuçlarına göre; modifiye edilmiş tutkalla yapıştırılan deney örneklerinde yapışma direncinin arttığı belirlenmiştir [28].

Döngel, masa ve sehpa ayakları ile oturma mobilyalarında kullanılan lamine ahşap malzemede ağaç çeşidi, katman sayısı ve tutkal çeşidinin eğilme direncine etkilerini araştırmıştır. Yapışma direncini, en yüksek PVAc tutkalı ile yapıştırılmış beş katmanlı kayında, en düşük meşede belirlemiştir [28].

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu kapsamda, yapılan çalışmanın amacı; kontrplak üretiminde kullanılan üre-formaldehit tutkalının neden olduğu formaldehit emisyonunun azaltılmasında boraksın etkisinin araştırılması, bunun yanı sıra tutkal karışımına ilave edilen boraksın malzemenin mekanik

özelliklerine etkisinin araştırılarak ideal karışım oranının belirlenmesidir. Sonuçların belirlenmesinde kullanılan kontrplakların üretiminde, endüstride en çok kullanılan iki cins ağaç malzemeden elde edilen kaplamalar kullanılmış, örnekler birebir fabrika ortamında hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler standartlara uygun bir şekilde ölçülendirilerek gerekli mekanik deneyler yapılmıştır.

2. KONTRPLAK ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Kontrplak, belirli özelliklerdeki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ince soyma levhaların (plaka, papel) tutkalanıp lifleri birbirine dik gelecek şekilde en az 3 tabaka ya da daha çok tek sayıda üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen, büyük boyutlu levha şeklinde bir malzemedir. Kalınlıkları 3-70 mm arasında olup, genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. En çok üretilen kalınlıklar 3-30 mm arasında değişmektedir [31].

Kontrplaklar çeşitli açılardan sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Yapılarına göre; plakalı kontrplak, göbekli kontrplak, kompozit kontrplak.
- Yapıştırma kullanılan tutkal türüne göre; kapalı yerde kullanılan kontrplak, açıkta kullanılan kontrplak
- Levha yüzeyine yapılan işleme göre; zımparalanmış kontrplak, zımparalanmamış kontrplak, yüzeyi kaplanmış kontrplak, özel işlem görmüş kontrplak.
- Koruyucu madde ile işlem görme durumuna göre; korunmuş (emprenye edilmiş) kontrplak, korunmamış kontrplak.
- Biçimine göre; düz kontrplak, şekillendirilmiş kontrplak.
- Tabakalarda kullanılan ağaç türüne göre; homojen kontrplak, (bütün tabakaları aynı ağaç türünden yapılmış) karışık kontrplak (çeşitli tabakalarda farklı ağaç türü kullanılmış).
- Kullanım amacına göre; genel amaçlar için üretilmiş kontrplak, özel amaçlar için üretilmiş kontrplak (yapı, kalıplık vb.).

Bu ayrıntılı sınıflamalardan başka genel olarak kontrplaklar iki genel gruba ayrılmaktadır;

- Dekoratif kontrplaklar
- Yapısal ve endüstriyel kontrplaklar

Yapısal ve endüstriyel kontrplaklarda görünümünden çok fiziksel ve mekanik özellikler önemlidir. Dekoratif kontrplaklar daha çok duvar paneli ve mobilya üretimi gibi yerlerde kullanılmakta olup, bu kontrplaklarda fiziksel ve mekanik özelliklerden çok levha yüzeylerinin görünüm özellikleri ön plana çıkmaktadır.

Dekoratif kontrplaklar, yüzey tabakaları genellikle görünüm özellikleri güzel olan yapraklı ağaç türlerinden elde edilir. Bu tip kontrplakların kullanıldığı alanlar; duvar paneli, döşeme, masa, sandalye, televizyon kabini, mutfak mobilyası, kutu, sandık, bazı müzik aletleri, kapı, ince duvar kaplama malzemesi vb.dir.

Yapısal ve endüstriyel kontrplakların kullanımında, levhaların direnç değerleri ve kullanım yerinin gereklerine uygun bir tutkalla üretilmiş olması önemlidir. Bu tip kontrplaklarda yapraklı ağaçların yanında geniş şekilde iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Bu tip kontrplaklar; taban döşemesi, ahşap prefabrik konut yapımı, beton ve betonarme kalıp tahtası, bölme elemanı, raf, tezgah, konteynır, kutu, sandık, trafik işaret levhası, reklam panosu, mağaza donanımı, depolama tankları, gemi ve yat güverteleri, otobüs, minibüs, kamyon, tır vb. araçların taban döşemeleri ve soğutma vagonlarında kullanılır. Bu tip kontrplakların yüzeyleri reçine emdirilmiş kağıt esaslı malzemeler ya da plastik ve metal esaslı malzemelerle kaplanmak suretiyle hem dekoratif ve daha dirençli duruma getirilebilir, hem de kullanım alanı genişletilebilir.

Kontrplak üretim teknolojisi bakımından dağınık traheli yapraklı ağaç türleri daha uygundur. Ancak yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra çam, ladin, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Pratikte genel olarak kaplama, soyma özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, iyi olmayanlar ise ara tabakalarda kullanılmaktadır. Kontrplak üretiminde yaygın olarak kullanılan ağaç türleri aşağıda verilmiştir;

- Orta tabakada kullanılan ağaç türleri; çam, duglas göknarı, ladin, huş, kayın, kızılâğaç, okume, kavak, melez, tetraberlinia, doussie, khaya
- Yüzey tabakalarında kullanılan ağaç türleri; duglas göknarı, melez, sekoya, porsuk, akçaağaç, huş, ceviz, dişbudak, maun, gül ağacı, tik, makore, bubinga, sapelli, sipo, iroko

Bazı ağaç türleri hem orta tabakalarda hem de yüzey tabakalarında kullanılabilir. Bu durum yalnızca ağaç türünün görünüm ve soyulma özelliklerine değil aynı zamanda yeterli miktarda bulunabilmesine de bağlıdır [32].

Son yıllarda yapılarda kullanılan kontrplağa OSB rakip olmuştur. OSB' nin üretim maliyetinin daha düşük olması bu rekabeti arttırmaktadır. Bu nedenle yapısal kontrplak üretiminde son yıllarda birçok yenilik meydana gelmiştir. Örneğin, kaplama kalite ve randımanını etkileyen ön işlemlerde yapılan değişiklikler, bilgisayarlı soyma makineleri, tomruk yükleyiciler, tomruk kusurlarını belirlemek ve zayıyatı azaltmak için geliştirilen yeni metotlar, bilgisayarlı tomografi, impuls radar, doğrusal konumlandırılmış bıçak levhası, yaklaşık olarak 5 cm' den az göbek kalacak şekilde soyma yapılabilmesini sağlayan kavrama başlıkları vb. Ayrıca yapıştırma sistemlerinde de gelişmeler olmuştur. Örneğin, daha yüksek rutubete sahip kaplama levhalarının yapıştırılması ve tutkalın köpürmesi, gerekli yapıştırıcı miktarını azaltmakta ve böylece üretim maliyeti düşürülmektedir. En önemli gelişme fenolik tutkallarda olmuştur.

Böylece % 3-4 rutubet yerine % 10 rutubetteki levhalar tutkallanabilmekte ve bunun sonucunda kurutmada tasarruf sağlanmakta, pres verimliliği artmakta, tutkal tüketimi azalmaktadır. Yüksek rutubet içeriğine sahip kaplama levhaların (% 15'e kadar) tutkallanması sonuçta ürünün rutubetinin denge rutubetine yaklaşmasına neden olmuş ve bu da çatlama ve boyutlarda meydana gelen değişiklikleri azaltmıştır. Bununla birlikte firma yüksek rutubetteki levhaların başarılı bir şekilde tutkallanması için çok sıkı bir proses kontrolü yapmazsa ürün kalitesi önemli derecede azalmaktadır [2].

Günümüzde dekoratif kontrplak yerine daha çok dekoratif kaplamaların yonga levha vb. materyaller üzerine kaplanmasıyla elde edilen ürünler kullanılmaktadır. Bunların piyasadaki en önemli rakibi, üzeri herhangi bir malzeme ile kaplanmış ya da baskı yapılmış MDF' dir.

Kontrplağın özellikleri; farklı kaplama tabakalarının kalitesi, tabakaların yerleşme düzeni ve kullanılan tutkal ve tutkallama koşullarının kontrolüne bağlıdır. Kaplama kalitesi ise; her şeyden önce elde edildiği tomruğun ağaç türü, özgül ağırlık ve yıllık halka yapısına bağlıdır [2].

Belli bir türün kaplama veya kontrplak için teknik olarak uygunluğunu belirleyen odunun fiziksel karakteristikleri dört başlık altında toplanabilir.

Bunlar:

- Soyma ve kesme karakteristikleri (yoğunluk, reaksiyon odunu, budaklar, mineral maddeler),
- Görünüş veya kullanım karakteristikleri (renk, şekil, tekstür, parlaklık, koku),
- Tutkallama veya yüzey işlemleri karakteristikleri (yoğunluk, tutkallanabilirlik, boyanabilirlik),
- Strüktürel karakteristiklerdir (dirence, çürüklük, sertlik).

2.1. Üretim Aşamaları

İdeal kaplamalık tomruğun; silindirik formda olması, özgün her iki ucunun geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzey ve tomruk uçlarının kusursuz olması, odunun yapısında ve özgül ağırlığında az bir değişmeyi gösteren yıllık halkaların yavaş ve homojen büyümesi, liflerin düzgün ve öze paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu içermemesi, reaksiyon odunu ve verimi düşürecek çatlakların bulunmaması ve çapının soyma kaplama üretimi için en az 35 cm olması gerekmektedir. Kontrplak üretimi tomrukların depolanmasından itibaren aşağıdaki safhalarda gerçekleşmektedir [33].

2.1.1. Tomrukların depolanması

Kaplamalık tomrukların depolama sürelerinin kısa tutulması gerekmektedir. Gereğinden uzun bekletilen tomruklarda oluşabilecek böcek saldırısı, porozite artışı, çatlama gibi kusurların önüne geçilebilmesi için ise uygun bir yağmurlama sisteminin uygulanması, enine kesitlere koruyucu maddeler sürülmesi gibi önlemler alınmalıdır ve tomruklar kabuklu olarak bekletilmelidir.

2.1.2. Tomrukların soyma işlemine hazırlanması

Tomrukların soyma işleminden önce bazı ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bunlar; tomrukların kusurlu kısımlarının temizlenmesi, yabancı maddelerden arındırılması, soyma makinelerine uygun ölçülerde kesilmesi, buharlama veya sıcak su kazanlarında ısıtma işlemine tabi tutulması gibi işlemlerdir.

Isıtma işlemi genelde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işlemi, soyma makinesinden önce tomruğu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolayca işlenebilecek duruma getirmek, kontrplağı oluşturacak levhaların birbiri üzerine uygunluğunu sağlamak için eğilme kabiliyetini arttırmak, tomruk yüzeyindeki yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak kolayca soyulmasını sağlamaktadır [4].

Buharlamanın amacı, odunu plastikleştirmektir. Isıtma esnasında petkinin tümü ve ligninin bir kısmı çözünür. Orta tabakadaki bağlayıcı maddeler gevşer. Böylece odun soyma ve kesme için daha uygun duruma gelir ve daha düzgün yüzeyli kaplamalar üretildiğinden yapıştırma esnasında tutkal tüketimi azalır. Isıtılan tomruklardan elde edilen kaplamalar miktar olarak daha fazla ve kalite bakımından daha iyidir. Soyma esnasında bıçak yıpranması, güç ihtiyacı ve kaplamadaki bıçak çatlaklarının derinliği azalır [34].

Tomruklar buharlandıktan sonra, makine bıçaklarının zarar görmesini önlemek amacıyla temizleme makinelerinden geçirilerek kabuk, iç kabuk ve kirlere arındırılır [33].

2.1.3. Soyma yöntemi ile kaplama üretimi

Kontrplak üretiminde genel olarak soyma yöntemi ile elde edilen kaplamalar kullanılmaktadır. Kaplama levhalarını bu yöntemle elde etmenin amacı sonsuz bir bant halinde, her iki yüzü düzgün, büyük boyutlu kaplama levhası üretilebilmesidir.

Soyma makineleri; temel levhası, ayak, kızak, kavrama kolları ve başlığı ile tahrik mekanizmasından oluşur. Kavrama kolları kavrama başlığı ile birlikte tomruğu her iki ucundaki merkezden kavrar ve eksenini etrafında döndürür. Bıçak ve basınç levhası veya makine

silindirlerinden oluşan makine kızıağı sürekli olarak tomruğa doğru ilerler. Ayna mesafesine kadar işlem devam eder ve ardından merkezde kalan küçük çaplı tomruk artık olarak atılır [2].

Kontrplağın özelliklerini, büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi belirler. 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 [33].

2.1.4. Kaplama levhalarının taşınması, kusurlarının temizlenmesi ve kurutulması

Soyma makinesinden çıkan sonsuz bant halindeki levha tablalı masa veya sargı bobin sistemleriyle, boyutlandırma ve kusurlarından arındırılması için giyotine gönderilir. Kuru metotla kaplama üretiminde, soyma makinesinden çıkan levha doğrudan kurutuculara taşınmakta ve levhanın sonsuz bant halinde kurutulmasından sonra boyutlandırma ve kusurlarından arındırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Üre-formaldehit (ÜF) reçinesi ile kontrplak üretiminde kaplamaların % 6-8 rutubete kadar kurutulmaları gerekmektedir. Kontrplak üretim tesislerinde kaplamalar, otomatik sevk özelliğine sahip yüksek hava hızıyla kurutma makinelerinde kurutulur.

2.1.5. Dar soyma levhalarının kenarlarının düzeltilerek yan yana eklenmesi

Soyma işleminde elde edilen sonsuz bant halindeki kaplamalarda, ağacın yapısı gereği bulunan kullanılmayacak bölümler giyotin ile kesilerek banttardan alınır. Ayrıca kurutma işleminden sonra da bazı hatalı kaplama bölümleri ortaya çıkmaktadır. Bu işlemler sonucunda ebatlama sırasında boyutları tabaka boyutlarından küçük parçalar açığa çıkar. Kontrplak tabakası ölçülerinin tamamlanması için bu parçalar yan yana birleştirilerek kullanılır. Ekonomik bakımdan da çok önemli olan bu işlem, kağıt şeritlerle, iplik halindeki tutkal veya şerit kullanmayan kenar yapıştırma makineleri ile gerçekleştirilir [4].

2.1.6. Kaplama levhalarının tutkallanması

Üretilen kontrplak boyutlarına uygun olarak kesilen kaplama levhaları, dökme, püskürtme veya sürme esasına göre çalışan makinelerde tutkallanmaktadır. Tutkallama işleminden sonra istenilen kat sayısında, lif yönü birbirine dik olacak şekilde üst üste yerleştirilmek suretiyle hazırlanan kontrplak taslağı presleme işlemine alınmaktadır.

2.1.7. Kontrplak levhalarının preslenmesi

Kontrplak tabakaları sıcak presleme işleminden önce, bir istif halinde soğuk ön presleme işlemine tabi tutulur. Bu işlem tutkal-odun bağına kuvvetlendirir, verimliliği artırır ve üretim kusurlarını azaltır. Ön presleme işlemi tutkal türü ve reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, sıcaklık ve rutubet, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi gibi etkenler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bir istif şeklinde ön presleme yapılan taslakların, sıcak prese yüklenmesi de kolay olur. Ön pres süresi genellikle 3-5 dakika, basıncı ise 7-12 kg/cm² arasında değişir.

Kontrplak üretiminde, sentetik reçinelerin kullanıldığı presleme işlemlerinde iyi bir yapışmanın sağlanabilmesi için sıcak presler kullanılmaktadır. Sıcak presleme işleminin üç ana unsuru, pres basıncı, pres sıcaklığı ve pres süresidir.

Pres basıncının belirlenmesinde, ağaç cinsi, elastikiyet ve sertlik, üst yüzey özellikleri, iç tabakanın ölçüsü ve yapısı gibi faktörler etkili olurken, aynı tabaka içerisinde farklı cins kaplamalar bulunduğu basıncı en yumuşak olan ağaca göre ayarlanmalıdır.

Pres sıcaklığı ise, tutkal türüne bağlıdır ve her tutkal için uygun bir sertleşme sıcaklığı mevcuttur. Üre-formaldehit tutkalı 90-120 °C, fenol-formaldehit ise 140-170 °C arasındaki sıcaklıklarda sertleşmektedir.

Presleme süresi, 100 °C sıcaklığın orta tabakaya ulaşmaya kadar her 1 mm levha kalınlığının ısınması için 1 dakika hesaplandıktan sonra, bu değere kullanılan tutkalın 100 °C'de sertleşme süresi ilave edilerek hesaplanır [33].

2.1.8. Kontrplak levhalarının klimatizasyonu, zımparalanması ve tasnifi

Sıcak presleme işleminden sonra, kontrplakların iç ve dış katmanları arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılıklarını kararlı hale getirmek gerekmektedir. Bunu sağlamak için prestan alınan kontrplaklar, aralara çıta konmadan istiflenebilir veya yüzeylerine su püskürtülebilir. Ama en uygun yöntem iklimlendirme kanallarından geçirilmesidir.

İklimlendirme işlemine kadar ulaşan levhalar hala soyma ve giyotin makinelerinden çıktığı ölçüdedir. Bu aşamada levhalar boy ve en ebatlama makineleri ile standartlara uygun ölçülere ya da istenilen ölçülere getirilir. Sonrasında her iki yüzeyleri de kalibre zımpara makineleri ile zımparalanarak paketleme ve sevkiyata hazır hale getirilir.

2.2. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

Özellikle 1930'lu yılların ortalarına doğru, hayvansal, kazein, kan albümini ve nişasta gibi doğal kökenli tutkallar yerini petrol veya kömür katranı esaslı sentetik tutkallara bırakmıştır. Bu tutkallar sağladığı avantajlar nedeniyle kontrplak endüstrisinde de geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Duroplastik reçinelerle (aminoplastlar, üre ve melamin-formaldehit ve fenoplastlar, fenol ve resorsin formaldehit) levha üretimi bu yıllardan itibaren hızlı bir şekilde artmıştır. Her biri odun yüzeyini ıslatabilmekte ve sertleştiklerinde çoğunlukla odunun kendisinden daha rijit bir katıya dönüşmektedir.

Reçine türü, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları Çizelge 2.1'de verilmiştir [2].

Çizelge 2.1 Reçine türü, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları

Reçine Türü	Karakteristikleri	Kullanım alanları
Üre-Formaldehit (UF)	Sıcak ve soğuk sertleşebilir, asidik koşullarda ısı ve/veya katalizör ilavesi sertleşmeyi hızlandırır. Soğuk suya dirençlidir. Formaldehit emisyon problemi vardır.	Dekoratif kontrplak, yongalevha ve liflevha. İç ortamlar için uygundur.
Fenol-Formaldehit (FF)	105°C nin üzerinde sertleşir. Genellikle yüksek alkali koşullar sertleşmeyi hızlandırır. Suyu dayanıklı ve koyu renklidir.	Yapı kontrplağı, OSB ve etiket yongalevha. Dış ortamlar için uygundur.
Melamin-Üre Formaldehit (MUF)	Sıcakta sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suyu karşı orta bir direnç gösterir. Renksizdir.	Dekoratif kontrplak. İç maksatlar ve sınırlı olarak 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 ve odunsu olmayan malzemelerle laminasyonunda kullanılır. İç ve dış ortamlar için uygundur.
İzosiyanatlar (MDI)	Sıcakta sertleşir, su ve ısı sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklıdır ve renksizdir.	Etiket yongalevha, OSB ve yongalevha. İç ve dış ortamlar için uygundur.
Melamin Formaldehit (MF)	Sıcakta sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suyu dirençli ve renksizdir. Püskürtülerek kurutulmuş şekilde nakledilir.	Dekoratif kontrplak, lamine levha. Sınırlı olarak dış ortamlar için uygundur.
Fenol-Resorsinol Formaldehit (FRF)	Oda sıcaklığında ve ılık sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklı ve koyu renklidir. Özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Köprü ve iskele kısımları, lamine levha ve kamyon kasası. İç ve dış koşullar için uygundur.
Resorsinol Formaldehit (RF)	Soğuk ve sıcak sertleşme. Isı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklı ve koyu renklidir. Özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Laminatlar, gemi aksamları, dış ortamlar için mobilya, aşırı koşullar için.

2.2.1. Üre-formaldehit tutkalı

Üre-formaldehit (UF) reçineleri, ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılan en yaygın yapıştırıcılardır. Üre-formaldehit; üre ile formaldehitin yoğunlaşması sonucu meydana gelen, amino grubu reçinelerden, termosetting bir polimerdir ve asidik ortamda sertleşen bir yapıya sahiptir. Reaktif yapısı nedeniyle üre formaldehit reçineleri, en hızlı sertleşen tutkallar arasında yer almaktadır. Tepkimeye girmemiş üre, çoğunlukla depolama sırasında daha iyi stabilite sağlamaktadır. Ancak presleme esnasında ve sonrasında formaldehit ayrışmasına neden olmaktadır.

Sıvı halde satılan üre-formaldehit reçinelerine, toz haldeki sertleştirici ilave edilerek reaksiyon başlatılır. Sertleşme reaksiyonunun hızı ısı ile arttırılabilir. Tutkalın oda sıcaklığında sertleşmesi birkaç saat, 80 °C'de birkaç dakika ve 215 °C'de bir dakikadan daha az bir zamanda gerçekleşmektedir. Reçine ve sertleştirici bir arada, toz halinde temin edilebilmektedir. Bu tür tutkallara su ilave edilmesi ile birlikte reaksiyon başlamaktadır [33,35].

Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri, çeşitli yoğunlaşma kademelerindeki pH değeri, üre formaldehit mol oranı, yoğunlaşma arasında çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, yoğunlaşma süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir. Böylelikle reaksiyon ürünlerinin karakteristikleri ile düşük ve yüksek yoğunlaşma aşamaları mukayese edildiğinde özellikle çözünürlük, vizikosite, su birikmesi ve tutkalın sertleşme oranı önemli ölçüde farklılık göstermektedir [2].

Sertleşmiş üre-formaldehit tutkalı, özellikle yüksek sıcaklıkta ürenin azotu ve metilen köprülerinin karbonu arasındaki bağların zayıf olması nedeniyle ıslak ve nemli koşullar altında hidrolize olabilir. Bu reaksiyon boyunca formaldehit serbest kalabilir. Hidroliz için, sıcaklık, pH ve tutkalın serleşme derecesi önemli başlıca faktörlerdir. Özellikle tutkalın sertleşmesini sağlayan asit hidrolize neden olmaktadır. Üre-formaldehit tutkalı 200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hidroliz olmakta ve yapısı bozulmaktadır. Sertleşmiş halde üre formaldehit reçineleri zehirli değildir. Üre bileşeni zehirli değildir. Ancak serbest formaldehit oldukça reaktiftir ve insan vücudundaki proteinlerle kolayca birleşebilir. Uluslar arası kanser araştırma ajansı (Dünya Sağlık Organizasyonu Bölümü) formaldehiti, 2A kategorisinden daha kanserojen bir madde sınıfı olan kategori 1'e yükseltmiştir.

Üre-formaldehit tutkalının avantaj ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır [33].

- Güçlü adhezyon özelliğine sahiptir.
- Düşük sıcaklıklarda hızla sertleşmektedir.

- Suda çözünebilir.
- Kokusuzdur.
- Tutuşmaz.
- Kısmen opak bir özellik arz etmektedir.
- Fiyatı düşüktür.
- Çok iyi termal özelliklere sahiptir.
- Sertleşmiş tutkal filmi renksizdir.
- Rutubet ve suya karşı dayanıksızdır.
- Formaldehit emisyonu yüksektir.

Sürekli ıslanma ve kurumaya karşı dayanıklı olmayan üre-formaldehit tutkalı, 60 °C ve % 60 bağıl nem altında bozulmaya başlar. % 15-20'lik odun rutubeti 60 °C'nin altında tutkal degradasyonunu hızlandırmaktadır [33].

2.1.2. Fenol-formaldehit tutkalı

Fenol-formaldehit (FF) reçineleri endüstriyel olarak fenol ve formaldehitin bir katalizör varlığında reaksiyonu ile üretilmektedir. Bu reçineler dış mekanlar ve açık hava koşullarında kullanılacak kompozitler için geliştirilmiştir. Doğru bir şekilde kullanıldıklarında suya dayanıklı ve çoğunlukla odunun kendisinden daha dirençli bağlar oluştururlar. Pahalılığı, koyu rengi ve tutkallama esnasında daha düşük kaplama rutubete gerektirmesi olumsuz özellikleridir [2-33].

FF reçineleri genel olarak, kullanılan katalizörün türü ve tepkimeye giren maddelerin mol oranlarına göre “novalak” ve “resol” adı verilen iki gruba ayrılır.

Novalak, asidik ortamda üretilen termoplastik bir reçinedir. Bunlar ısı etkisinde eriyerek akışkan hale geçerler. Asidik sertleşmeleri, asidik katalizörün oduna zarar verebilmesi, yüksek maliyetleri ve ilave sertleştirici gereksinimleri nedeniyle novalak tipi reçineler ağaç işleri endüstrisinde sınırlı olarak kullanılır.

Resol ise, alkali şartlar altında elde edilen fenolik bir reçinedir. Odun kompozitleri üretiminde resol tipi formaldehit reçineler kullanılmaktadır. Resol reçinede formaldehit oranı daha fazladır. Formaldehitin daha fazla olması sertleşmiş durumda mükemmel rutubet direnci, düşük tutuşma kabiliyeti, yüksek çekme direnci ve iyi bir boyutsal stabilite ile sonuçlanan bir çapraz bağlanma yoğunluğu sağlar. Bununla birlikte reçinenin sertleşme süresi kısalmaktadır [2].

Depolama süreleri birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. Fenolik tutkallar üre tutkallarından daha yavaş sertleşirler. Ayrıca daha yüksek pres sıcaklığı uygulamak gerekir. Tutkal sertleştikten sonra ısı ve kimyasal maddelere karşı direnç kazanır. FF tutkalı ağacın rengini koyulaştırır, derine nüfuz eder ve kokusu uzun süre çıkmaz. Bu nedenle, tutkallama yapılan hacimde çok iyi havalandırma yapılmalı, eller sabunla yıkanmalı, koruyucu elbiseler giyilmeli ve fenol reçinesi teneffüs edilmemelidir [33].

2.2.3. Melamin-formaldehit ve melamin-üre-formaldehit tutkalları

Melamin-formaldehit (MF) reçineleri, üre-formaldehit reçinesine benzer şekilde melamin ve formaldehit reçineleri arasındaki yoğunlaşma sonucu elde edilir. Bu reçinelerin sertleşmesi için ısı ve asit katalizör gerekmektedir. Açık renkli olup mükemmel bir dayanıklılığa sahip olan MF tutkalı, 60-70 °C sıcaklıkta sertleşebilmektedir. Bununla birlikte, bir çok uygulama için sertleşme sıcaklığı en az 115 °C'dir. Melamin-üre-formaldehit reçinesi ise, sıcak pres tutkallarının özel bir grubudur. Kuru toz halindeki üre ve melamin reçinelerinin karışımıyla veya iki ayrı reçinenin solüsyon halindeki karışımıyla üretilmektedir.

Daha çok rutubete maruz kalacak olan kompozit ürünlerin üretiminde kullanılırlar. MF reçinelerin fiyat dezavantajı, üre ilavesi ile düşürülebilmektedir [33].

2.2.4. Diğer yapıştırıcılar

Resorsin formaldehit reçinesi, fenol-formaldehit tutkallarına göre daha pahalı olup, uçaklarda kullanılan ahşap elemanların yapıştırılması gibi özel amaçlar için kullanılır. Kullanımından önce toz veya sıvı haldeki sertleştirici ilave edilir. Sertleşme sıcaklığı 20-65 °C arasındadır.

Epoksi tutkalları özellikle tekne yapımı ile yapısal odun bileşenlerinin tamir restorasyon işlerinde kullanılmaktadır. Reçine ve katalizör veya sertleştiricinin karışımından oluşan iki bileşenli bir tutkaldır. Bu tutkallar yüksek makaslama direncine sahiptir ve rutubete karşı dayanıklıdır.

İzosiyanat esaslı tutkallar odun yüzeyini kolayca ıslatabilmekte ve düşük molekül ağırlığı sayesinde ağaç malzeme içerisine iyi bir şekilde nüfuz etmektedir. Fenol-formaldehitten daha pahalı bir tutkaldır. Yapısındaki zehirli maddeler nedeniyle taşınmasında zorluklar olsa da, bu tutkalın en önemli avantajı, formaldehit emisyonununun olmayışıdır.

Son zamanlarda yapıştırıcı olarak Kazein, soya ve kan tutkalları yanında, tanen ve sülfat atık suyu da kullanılmaya başlanmıştır.

Doğal polifenoller (tanenler), dış maksatlarda kullanılan tutkalları hammaddesini oluşturmaktadır. En önemli tanen kaynakları “Mimoza ve Kebrako”dur. Kebrako, formaldehit ile reaksiyona sokulduğunda, suya dayanıklı ve çözünmeyen bir reçine oluşmaktadır [33].

2.3. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak üretiminde tutkalların endüstriyel kullanımında, odun türü, kullanım yeri ve tutkallama metodu ile pres şartlarına bağlı olarak çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir.

Katkı maddeleri; nispeten az miktarda yapışma özelliğine sahip, birim alana sürülen yapıştırıcı miktarını düşürmek için tutkala ilave edilen maddeler, dolgu maddeleri ise; genellikle yapışma özelliği olmayan ve çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımı, direnci veya diğer özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen maddelerdir. Genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır.

Katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle; tutkal karışımının vizkositesi ayarlanmakta, tutkalın kaplama içine nüfuz etmesi engellenmekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliği ve tutkal hattında oluşabilecek gerilimler önemli oranda azalmakta ve sıcak preste tutkalın vizkositesinin azalması engellenmektedir [2].

2.4. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler

Kontrplak tutkal bağı kalitesini etkileyen faktörleri üç ana kategoride incelemek mümkündür. Kaplama ile ilgili faktörler:

- Özgül ağırlık
- Kaplama rutubeti
- Anatomik yapı
- Kaplama sıcaklığı
- Yüzey pürüzlülüğü
- Kaplamanın ıslanabilme yeteneği
- Ekstraktif maddeler
- Levha kalınlığı

Üretim şartları ile ilgili faktörler:

- Üretim alanındaki sıcaklık ve bağıl nem

- Açık ve kapalı bekleme süresi
- Ön pres süresi, sıcaklığı ve basıncı
- Pres süresi, sıcaklığı ve basıncı

Yapıştırıcı ile ilgili faktörler:

- Yapıştırıcı türü ve karakteristikleri
- Tutkal karışım formülasyonu ve viskozite
- Yüzeyle sürülen tutkal miktarı

Kullanılan ahşabın özgül ağırlığının artmasıyla bu kaplamalarla üretilen kontrplakları da çekme makaslama direncinin arttığı belirlenmiştir. Yapıştırıcının kaplamaya nüfuz edebilme yeteneği ve tutkallama sonunda meydana gelen tutkal tabakası kalınlığı, tutkallama anında mevcut su miktarına bağlıdır.

Kaplama sıcaklığının yapışma üzerine olan etkisinin özellikle uzun bekleme sürelerinde tesirli olduğu ve yapışma direncini düşürdüğü belirtilmektedir. Yapışma yüzeyleri pürüzsüz olan kaplamalardan yapılmış kontrplakların, lif oranı deneyi sonuçlarının daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Pres basıncının mekanik özelliklere etkisinin araştırıldığı çalışmalar sonucunda, yüksek pres basıncının yapışma direncini arttırdığı tespit edilmiş olup, aşırı basıncın kaplama kalınlıklarına olumsuz etkisi vurgulanmıştır [4].

2.5. Formaldehit Emisyonu

Kapalı ortam kirleticilerinden formaldehit, sağlığa etkileri ve ev ortamında kirletici olarak yaygın olarak rastlanmaları nedeniyle önemlidir. Üre-formaldehit kapalı ortam kirleticilerinden en basit olanı ve en sık saptananıdır. Aynı zamanda üzerinde en fazla çalışılmış olan aldehittir. Formaldehit alevlenebilen, renksiz, kolay polimerize olan uçucu bir bileşiktir ve çevrede doğal ya da insan kaynaklı (egzost gazları, emisyonlar, sigara vb) olarak bulunmaktadır. Evlerde yapılan araştırmalarda yüksek miktarlarda saptanabilmektedir.

Formaldehit, baş ağrısı, bulantı ve baş dönmesi gibi özgül olmayan belirtilerin yanında boğazda iritasyon, alerjik reaksiyonlar, gözlerde kızarıklık, sulanma, burun akıntısı vb belirtilere neden olmaktadır. Özellikle kronik etkilenim varlığında kronik konjunktivit, farenjit, larenjit, bronşit ve öksürüğe neden olabilmektedir. Aynı zamanda kontakt dermatite, polen ve diğer alerjenlere bağlı alerjik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına ya da hastalık seyirlerinin ağırlaşmasına neden olabilmektedir. Formaldehitin neden olduğu klinik belirtiler kişisel duyarlılıkla da ilişkilidir. Formaldehitin astımın oluşumunda rol alabildiği ve astımlılarda gece

ortaya çıkan solunum güçlükleri ile ilişkili bulunduğu bildirilmektedir. 2004 Haziran ayında uluslar arası kanser araştırma ajansı (Dünya Sağlık Organizasyonu Bölümü-IARC) formaldehiti 2A kategorisinden daha kanserojen bir madde sınıfı olan kategori 1'e yükseltmiştir. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda formaldehitin özellikle burun ve üst solunum yolu kanserlerine neden olabileceği, ayrıca ultraviyole'ye bağlı deri kanserlerinin gelişimine katkıda bulunduğu bildirilmektedir. Çocuklar zamanlarının çoğunu evde ya da diğer kapalı ortamlarda geçirdiklerinden önemli bir risk grubudur ve kapalı ortamlarda mobilya ve dekorasyon malzemelerinden yayılan formaldehit etkilenimi açısından da risk altındadırlar. Okullarda yapılan bir çalışmada da açık raflar ve dokuma ürünlerinin fazla olduğu sınıflarda formaldehit düzeyinin yüksek olduğu saptanmıştır [26].

Ahşap kompozit levhaların (yonga levha, kontrplak, MDF) üretiminde; ucuzluğu, açık renkli olması, yüksek reaksiyon hızı ve geniş tolerans sınırları nedeniyle ÜF tutkalı önemli oranda tüketilmektedir. Bu levhaların üretimi ve kullanımı esnasında, kullanılan ahşap türü, reçine tipi ve miktarı, presleme şartları, sertleştirici ve ilave maddelerin miktar ve türleri ile odun rutubeti gibi üretim parametrelerine bağlı olarak açığa çıkan formaldehit miktarı değişmektedir [4].

Odun levhalarından ayrılan formaldehit miktarı farklı metotlarla belirlenebilmektedir. Bunlar;

- Perforator yöntemi
- Gaz analizi metodu
- Kabin metodu
- Deney odası metodu
- WKI şişe metodu ve
- Desikatör metotlarıdır.

2.6. Bor Elementi ve Özellikleri

Bor, kelime kökeni olarak Arapça buraq/baurach ve Farsça'da burah kelimelerinden gelen bir elementtir. Periyodik sistemin üçüncü grubun başında bulunan ve atom numarası 5 olan bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotoptan oluşur. Kimyasal sembolü (B) olup, periyodik cetvelin III A grubunun metal olmayan tek elementidir. Bor, ilk bakışta beyaz bir kaya şeklinde olup, çok sert ve ısıya dayanıklı, doğada serbest bir element olarak değil, tuz bileşikleri şeklinde bulunmaktadır. Bor' un amorf bir toz halindeki rengi koyu

kahverengidir. Ancak çok gevrek ve sert yapılı monoklinik kristal halinin rengi ise sarımsı kahverengidir. Elmastan sonra en sert elementtir.

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor, toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunur. Toprağın bor içeriği ortalama 10–20 ppm, deniz suyunda 0,5 –9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,001–1,5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijenle bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve Amerika'nın kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Çizelge 2.2'de borun fiziksel özellikleri verilmiştir. Bor, karbon ve silisyum elementlerine benzerliği en fazla olan ve oksijene karşı afinitesi çok yüksek olan bir elementtir [36].

Çizelge 2.2 Bor elementinin fiziksel özellikleri.

Özellik	Değeri
Atom Ağırlığı	10.811±0.005 veya 0.007
Erime noktası	2190 ± 20 °C
Kaynama noktası	3660 °C
Isıl genleşme katsayısı (25 – 1050 °C arası, 1 °C için)	5x10 ⁶ – 7x10 ⁶

Bor, elmastan sonra, ametaller arasında elektropozitifliği en yüksek olan elementtir. Oda sıcaklığında elektrik iletkenliği zayıftır. Fakat yüksek sıcaklıklarda çok yüksektir. Proton ve elektron sayısı 5, nötron sayısı 6, atom çapı 1,78 Å dır. Bor'un, nükleon başına bağlama enerjisi, 6,9 mega elektron volt'dur. Bor atomlarının, yer kabuğunda çok fazla bulunmamasının yararı, özellikle canlıların hayatı için önemli elementler olan karbon, azot ve oksijenin bolluk oranlarından daha az olması çok önemlidir. Çünkü nükleon başına bağlama enerjisi düşük olan atomlar hidrojen ve helyumla daha kolay birleşme reaksiyonlarına girerler. Bor atom çekirdekleri, yıldız kütleleri içinde bu tür reaksiyonlarla C, N ve oksijenin sentezlerine yol açarlar. Bor, 2,33 g/cm³ yoğunluklu kristal ve 2,3 g/cm³ yoğunluklu amorf olmak üzere iki şekilde bulunur.

Bor, yanıcı fakat tutuşma sıcaklığının yüksek olmasından dolayı, yanma sonucunda kolaylıkla aktarılabilecek katı ürün vermesi ve çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması gibi bir özelliğe sahip olduğundan katı yakıt hücresi olarak ta kullanılmaktadır. Bor mineralleri

yapılarında bulunan Ca, Na ve Mg elementlerine göre sınıflandırılırlar. Na kökenli olanlara tinkal (boraks), Ca kökenli olanlara kolemanit ve Na–Ca kökenli olanlara üleksit denir [28].

Bor'un kimyasal özellikleri, morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken, kristal bor kolay reaksiyona girmez. Bor, yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek, borik asit ve diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlama şeklinde olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur. Bor, doğada serbest olarak bulunmamaktadır. Doğada 250'den fazla minerale bileşik halinde bulunmaktadır. Yapılarında değişik oranlarda bor oksit (B_2O_3) içeren bor minerallerinin en önemlileri tinkal, kolemanit ve üleksittir. Bor cevherinin yapısındaki kil bileşiklerinden arındırılması için uygulanan zenginleştirme işlemi ile elde edilen ürün, ham bor olarak tanımlanmaktadır. Bor mineralleri piyasaya ham bor ve/veya öğütülmüş ham bor olarak da sunulmakta, fakat genel olarak rafine bor bileşiklerine dönüştürülerek kullanılabilir [28].

Bor ürünleri, başta cam, sabun, deterjan endüstrisi, seramik, emaye, metalürji ve tarım sektörü olmak üzere çok çeşitli alanlarda kullanılmakta olup, günümüz teknolojisinde önemli bir yere sahiptir.

Ticari önemi olan ve kristal suyu içeren boratlardan en önemlileri, kimyasal kompozisyonları ve bulunduğu yerler Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Ticari önemi olan bor mineralleri ve bulunduğu yerler

Mineral	Formülü	B_2O_3 (%)	Bulunduğu Yer
Boraks (tinkal)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	36,6	Kırka, Emet, Bigadiç, ABD
Kornit (Razorit)	$Na_2B_4O_7 \cdot H_2O$	51,0	Kırka, ABD, Arjantin
Üleksit	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	43,0	Bigadiç, Kırka, Emet, Arjantin
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	50,8	Emet, Bigadiç, Küçükler, ABD
Propertit	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	49,6	Kestel, Emet, ABD
Pandermit(Priseit)	$Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$	49,8	Sultançayır, Bigadiç
Borasit	$Mg_3B_7O_{13}Cl$	62,2	Almanya
Szaybolit	$MgBO_2(OH)$	41,4	Rusya
Hidroborasit	$CaMgBO_{11} \cdot 6H_2O$	50,5	Emet

Bu minerallerin dışında, genellikle ileri teknoloji gerektiren metotlar ile dünya da, ticari olarak üretilen ve değişik kullanım alanları olan, 100'den fazla özel bor ürünü mevcuttur. Bunlardan bazıları; susuz borikasit, elementer bor, çinkoborat, ferrobor, borkarbür, bor nitrür vb. dir. Özel bor kimyasalları terimi, bor elementi, bor halidleri, inorganik boratlar, fluoboratlar, borikasit esterleri, borikasit hidrürleri, organik bor bileşikleri ve bor azot bileşikleri vb. şekilde ifade edilmektedir [37].

2.6.1. Bor elementinin kullanım alanları

Endüstride çok yaygın ve çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olan bor bileşiklerinin önemi ve kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde 400'den fazla üründe, vazgeçilmez bir element olarak kullanılmaktadır. Günlük hayatımızın hemen her yerinde, borun kullanıldığını görmek mümkündür. Bor camlarda, motor yağlarında ve çelik jantlarda, araba boyalarının içine katılarak parlaklığı artırır ve çizilmeyi önler. Lastiklerin içindeki çelik teller de borla güçlendirilmekte, bilgisayarlardan, kasetçalara kadar bilgi akışını kesintisiz sağlayan ince optik lifler borla güçlendirilmekte, tarım ilaçlarında ve gübrelerde, gıda ve hamur işi yapılan kalıplarda da bor kullanılmaktadır.

Dünyada, yıllık bor tüketiminin kullanıldığı alanlar yüzde olarak şöyledir. % 41 izolasyon, fibreglas, ve tekstil sanayisinde, % 13 seramik ve bileşikleri sanayisinde, % 12 deterjan ve temizlik sanayisinde, % 8 metalürji sanayisinde, % 7 tarım sanayisinde ve % 19'da diğer sahalarda kullanılmaktadır [38].

Seramik sanayinde, fayansların parlaklığı ve sertliği bor sayesinde olmaktadır. Deterjanlarda, yanmaz kumaş üretiminde, tıp ve ilaç sanayisinde, diş macunlarından yanık kremlerine, yat üretiminde kullanılmaktadır. Borlu yakıtlar itme güçlerinin fazlalığından dolayı, roket füze ve savaş uçaklarında kullanılmaktadır. Borun endüstriyel uygulama ve kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sınıflandırabilir.

- Cam sanayi: Özel cam ürünlerinde, rafine sulu/susuz boraks, borikasit veya kolemanit/boraks gibi doğal haliyle kullanılmaktadır.
- Seramik sanayi: Borikasit, seramik sanayiinde, seramiği çizilmeye karşı korumaktadır.
- Temizlik ve beyazlatma sanayi: Mikrop öldürücü ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle kullanılmaktadır.
- Tarım sanayi: Bor minerali birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bitkilerdeki bor eksikliğini gidermek için susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır.

- Metalürji sanayi: Curuf yapıcı ve metallerde alaşım elamanı olarak kullanılmaktadır.
- Nükleer sanayi: Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörlerin alarm ile kapatılmasında, bor kullanılmaktadır.
- Yanmayı geciktirici maddeler sanayi: Borikasit ve boratlar selülozik maddelere ve ateşe karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Bor bileşikleri plastiklerde, yanmayı önleyici olarak giderek artan oranda kullanılmaktadır.

Bunları yanı sıra ahşap malzeme korunumu için, sodyum oktoborat kullanılmaktadır. Araçların soğutma sistemlerinde, korozyonu önlemek üzere boraks, antifiriz karışımına katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Tekstil sanayisinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitelerinin ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde olarak, boru ve tel çekmede akıcılığı sağlayıcı madde, dericilikte kireç çöktürücü madde olarak boraks kullanılmaktadır.

Doğada tinkal minerali olarak bulunan boraks dekahidrat 50 °C'de ısıtıldığında boraks pentahidratı vermektedir. Boraks pentahidratın kimyasal formülü $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, yoğunluğu 1,880 gr/cm³ tür. Bazik yapıda rombohedral kristalli tinkalkonit olarak da adlandırılan bir bor bileşiğidir. Sulu çözeltilerde 60,8 °C'nin üzerinde hızla kristalleşme özelliğine sahiptir [39].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, kontrplak üretimi için ağaç malzeme olarak kavak ve kayın kaplama, tutkal olarak üre formaldehit, katkı maddesi olarak buğday unu, sertleştirici olarak amonyum klorür ve tutkal modifikasyonu için boraks pentahidrat kullanılmıştır.

3.1.1. Kullanılan ağaç malzeme

Bu çalışmada, deney levhalarının üretiminde kayın ve kavak ağaçlarından elde edilen soyma kaplamalar kullanılmıştır.

Kayın olgun odunlu bir ağaçtır ve doğal rengi kirli beyazdır. Ancak; genellikle bu halde satılmaz ve bu rengi beğenilmez. Buharlanıp fırınlanan kayının rengi pembeleşir ve koyulaşır. Ağır ağaçlar grubuna girer. Kerestesi, sert ve sıkı dokuludur. Kısa lifli bir yapısı olduğu için esnekliği sınırlıdır. Kolay ve rahat işlenir. Fiziki etkilere karşı dayanıklıdır. Tekstür ince ve yeknesak, düzgün lifli, ince iğne çizikli ve az dekoratiftir. Kurutmada dikkat isteyen bir ağaç türüdür. Oldukça hızlı kurutulabilir. Fakat çarpılmaya ve çatlamaya karşı eğilimi vardır. Kullanım yerinde stabilitesi iyi değildir. Böceklere karşı hassastır. Hava kurusunun özgül ağırlığı $0,72 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Şok direnci yüksektir.

Ülkemizde kontrplak üretiminin yanı sıra mobilya yapımında kullanım alanı en geniş ağaçtır. Her çeşit masif mobilya işinde, iç doğramalarda, merdiven basamak ve korkuluklarında, parke döşemelerinde, dilme ve soyma kaplama olarak, yonga levha yapımında, araba ve ambalaj sanayisinde, maden direklerinde, kalıp işlerinde, oturma mobilyası, bükme sandalye, alet sapı, iş tezgâhı, okul sırası yapımında, torna işlerinde çok kullanılır. Kimyasal boya ile, değişik renklere boyanmaya elverişlidir. Her çeşit cila ve vernik işlemi başarı ile uygulanabilir [40].

Kavak her ne kadar soyma kaplama üretiminde çap bakımından uygun değilse de, ucuz ve kontrplak üretim maliyetlerinin düşük olması yanında yurt içinden sağlanabilmesi bu endüstride kullanımını artırmaktadır. Kontrplak üretiminde okume ve ithal kayın kullanılması durumunda döviz çıktısı söz konusu olmakta ve ekonomik duruma göre döviz fiyatlarındaki değişimler üreticileri olumsuz yönde etkilemektedir [41].

Melez kavak, fiyatının ucuz olması ve özellikle soyma öncesi tomrukların buharlanmasına gerek olmaması nedeniyle kontrplak üretiminde özellikle tercih edilmektedir [21].

3.1.2. Kullanılan tutkal ve özellikleri

Deneme kontrplaklarının üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Sıcak preslemede sertleşme süresi kısa, kullanımı kolay, ucuz ve renginin şeffaf olması nedeniyle odun levha üretiminin % 90'ında (özellikle iç mekânlar için hazırlanan levhaların üretiminde) üre formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Üre formaldehit sulu ortamda dağılmış, üre ile formaldehitin yüksek moleküllü ağır polimerleridir. Üre ile formaldehitin kademeli bir şekilde kondenzasyonu sonucu kuru ve sıvı hallerde elde edilebilir. Formaldehit metanol'ün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu ile üretilmektedir. Üre renksiz, kokusuz, suda kolaylıkla çözünebilir kristal halinde bir madde olup, % 100'lük sıvı amonyağın sıvı karbondioksit ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Kullanılan tutkala ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir [42].

Çizelge 3.1 Üre formaldehit tutkalı teknik özellikleri

Görünüş	Yarı saydam sıvı
Katı madde oranı (%)	55 ± 1
Yoğunluk (20 °C)	1,22-1,23 g/cm ³
Vizikosite (20 °C)	100-200 cps
Akma zamanı	25-45 sn
pH (20 °C)	7,5-8,5
Serbest formaldehit (%)	0,8 max
Jelleşme zamanı (100 °C)	15-25 sn
Depolama zamanı (20 °C)	90 gün

3.2. Metot

3.2.1. Deney numunelerinin hazırlanması

Mekanik özelliklerin ve formaldehit emisyonunun belirlenmesi için öncelikle, gerekli standartlara uygun deney numunelerinin elde edilebileceği büyüklükte levhalar üretilmiş ve bu levhalardan istenilen örnekler kesilmiştir. Sonrasında numuneler eğilme ve yapışma direnci testlerine tabi tutulup formaldehit emisyonu ölçümleri yapılmıştır.

3.2.1.1. Deneme levhalarının üretimi

Üretilen levha ölçüleri, her iki mekanik deney için en az 20'şer adet numune, emisyon ölçümü için de gerekli büyüklükte parça alınabilecek şekilde belirlenmiştir. Levhanın üretiminde 80×80 cm ebadında kavak ve kayın kaplamalardan üç katlı, dörder adet kontrplak üretilen kadar temin edilmiştir. Sonuçların endüstriyel şartlara uygun belirlenebilmesi amacıyla kaplamalar kontrplak üretimi yapan fabrikalardan temin edilmiştir. Kaplamaların kimyasal ve biyolojik açıdan aynı özelliklere sahip olmasını sağlamak amacıyla, her iki cins ağaç için de kaplamaların aynı keresteden elde edilmiş olmasına dikkat edilmiştir.

Kullanılan kayın kaplamalar, Karadeniz bölgesinde yetişmiş kayın ağacından, kavak kaplamalar ise, Simav yöresinde yetişen kavak keresteden elde edilmiştir.

3.2.1.2. Tutkal karışımının hazırlanması

Deneme kontrplaklarının üretiminde katı madde miktarı % 55 olan üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılmıştır. Tutkal çözeltilerinin hazırlanmasında üretici firmanın tavsiyeleri, araştırma amacı ve kontrplak fabrikalarının kullandığı reçeteler dikkate alınmıştır. Sertleştirici olarak % 15'lik amonyum klorür (NH₄Cl) kullanılmış ve sıvı haldeki tutkalın % 10'u oranında ilâve edilmiştir. Katkı maddesi olarak buğday unu tutkala katı madde miktarının % 55'i kadar katılmıştır. Modifikasyon maddesi olarak, tutkala toplam katı madde miktarının % 5, % 10 ve % 20'si kadar boraks pentahidrat ilave edilmiştir. Tutkal reçeteleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tutkal karışım reçeteleri

Karışım	ÜF-%55(gr)	Un(gr)	NH ₄ Cl-%15(gr)	Katı madde(gr)	Boraks(gr)
1- %0	1000	300	100	865	0
2- %5	1000	300	100	865	43
3- %10	1000	300	100	865	86
4- %20	1000	300	100	865	172

Tutkal viskozitesinin firmaların önerdiği değerde olmasına özen gösterilmiştir. Tutkalın örneklere sürülmesi ise merdane yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzeyle yaklaşık olarak 200 g/m² olacak şekilde tutkal sürülmüştür.

3.2.1.3. Presleme

Üç tabakalı 80×80 cm ölçülerindeki levhaların preslenmesi kontrplak fabrikasında kullanılan 150×300 cm presleme alanına sahip elektrikle ısıtılan hidrolik preste yapılmıştır. Standartlara uygun olarak, pres basıncı 10 kg/cm², sıcaklık ise 110 °C ayarlanmıştır. Presleme süresi 5 dakika olarak uygulanmıştır. Levhaların kuruma esnasında şekil değiştirmesini önlemek için, üst üste konulup iki yonga levha arasına sıkılmıştır.

3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Deney numunelerinin klimatize işlemleri ve mekanik testler, Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, fiziksel ve mekanik araştırma laboratuvarında, etüv ve universal test cihazları kullanılarak yapılmıştır.

3.2.2.1. Eğilme direnci

Eğilme direnci deneylerinde TS EN 310 esaslarına uyulmuştur. Örnekler, uzunluk eksenini dış tabakaların lif doğrultusuna paralel olacak şekilde, 30 × levha kalınlığı (a) ± 0,5 mm + 50 mm uzunluğunda ve 50 mm genişliğinde hazırlanmıştır. Sonrasında iklimlendirme dolabında, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nemde klimatize edilmiştir. Hazırlanan ve son ölçümleri yapılan örnekler, çapları 25 mm olan dayanaklar üzerine kuvvet uygulama silindiri (r = 12,5mm) örneğin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dayanak silindirleri arasındaki mesafe 30 × levha kalınlığı (a) ± 0,5 mm, yükleme hızı ise kırılma yüküne (Fmax) 1-2 dakikada ulaşacak şekilde ayarlanmıştır.

Deneyler, her tip kontrplaktan alınan 20 adet örneğin yarısına alttan diğer yarısına üstten uygulanmıştır. Maksimum yük deney cihazına bağlı bilgisayar ekranından Newton cinsinden okunup aşağıdaki formül ile eğilme direnci hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3.F.L}{2.b.a^2} \quad (3.1)$$

Burada;

σ_e : Eğilme direnci (N/mm²),

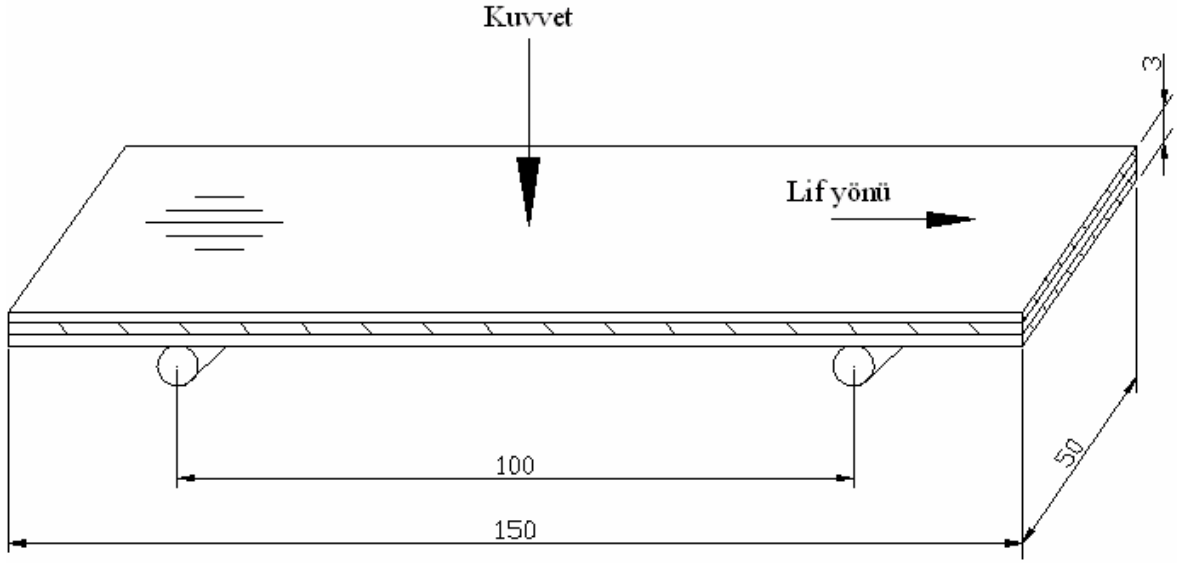
F : Kırılma anındaki max. kuvvet (N),

L : Dayanak noktası arasındaki açıklık (mm)

b : Deney parçasının genişliği (mm),

a : Deney parçasının kalınlığı (mm) .

Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 3.1’de verilmiştir.



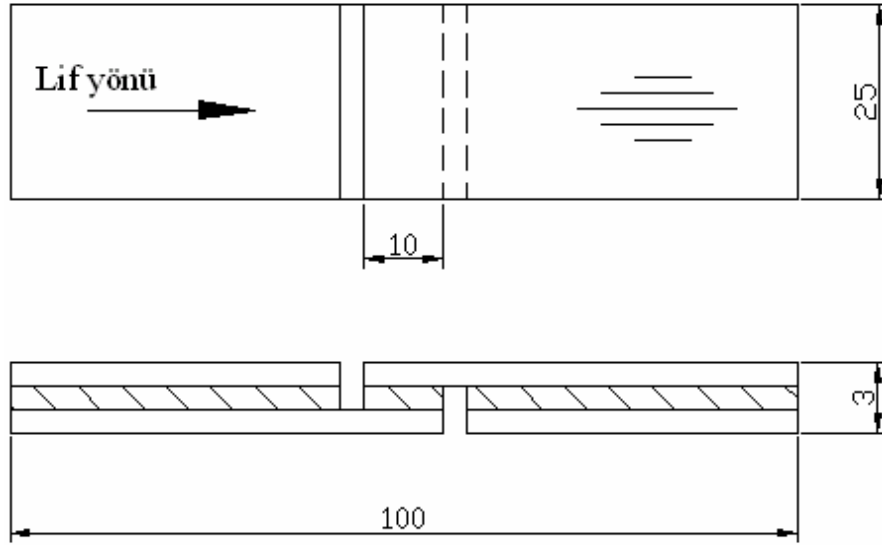
Şekil 3.1 Eğilme direnci deneyi örnek boyutları (mm)

3.2.2.2. Çekme- makaslama direnci

Uygun boyutlara getirilen örnekler, klimatize edilerek şekil 3.2’de belirtilen ölçü ve biçimde hazırlanmıştır. Etüvde, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nemde bekletilen örneklerde TS EN 314-2 esaslarına göre çekme-makaslama deneyi ile yapışma dirençleri belirlenmiştir.

Örnekler, her iki uçlarından 30 mm’lik kısımları kavrama çeneleri arasında kalacak şekilde, düşey olarak makineye bağlanmıştır. Bu durumda çekme kuvveti uygulanmaya başlanmıştır. Deney hızı her cm² tutkallanmış makaslama alanı için dakikada 100 kg olarak ayarlanmıştır. Deney örneği kopuncaya kadar sürdürülen çekme sırasında uygulanan en büyük kuvvet Newton cinsinden, cihazın bağlı olduğu bilgisayar ekranından okunmuştur. Çekme-makaslama direnci sonuçları aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

Yapışma deneyi uygulanan örneklerin görünümü ve boyutları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Yapışma direnci deneyi örnek boyutları (mm)

Yapışma direnci (σ)'nın hesaplamasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{(b.l)} \quad (3.2)$$

Burada;

σ : Yapışma Direnci (N/mm²),

F : Kopma anındaki kuvvet (N),

b : Yapışma yüzeyinin genişliği (mm),

l : Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm), dir.

3.2.3. Formaldehit emisyonu

Deney numunelerinin formaldehit emisyonu ölçümleri, Boytaş A.Ş.'ye ait Kayseri'de bulunan kalite yönetimi bölümü, deney laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, TS 4894 EN 120 esaslarına göre, perferatör yöntemi ile yapılmıştır.

Bu yöntemde ekstraksiyon yolu ile levha içindeki serbest formaldehit belirlenmektedir. Standartlara göre toluen içinde kaynatılan levha örneklerinden serbest formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltideki formaldehit miktarı fotometrik olarak belirlenerek tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır [43].

Bu yöntemde yaklaşık olarak $110 \pm 0,01$ g ağırlıkta tartılan deney örnekleri perferatör cihazının cam balonu içine konulmuş ve bunun üzerine 600 ml tolüen ilave edilmiştir. Cihazın gaz absorpsiyon şişesi yaklaşık 100 ml destile su ile doldurulmuş ve cihaza balonlu cam boru ile bağlanmıştır. Bu işlemden sonra soğutma ve ısıtma işlemine geçilmiştir. Ekstraksiyon süresi boyunca tolüenin geri akışı dakikada 70-90 damla kadar ayarlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi tolüenin sifo borusuna gelmesi ile başlayıp 2 saat devam etmiştir. Sürenin sonunda perferatör içindeki su bir ölçü kabına alınmış ve ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2000 ml'lik balon jöjeye aktarılmıştır. Daha sonra balon jöje çerisindeki çözelti su ile 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın sadece tolüen ile bir kör deneme yapılmıştır.

2000 ml'lik balon jöjede bulunan çözülden önce 10 ml alınarak destile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözeltinin 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10ml 0,01 N asetil aseton ve 10 ml 0,01 N amonyum asetat ilave edilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40 °C sıcaklıktaki bir su banyosunda 15 dak süreyle bekletildikten sonra bir saat süreyle ışık almayan bir yerde soğutulmuştur. Bu çözümlerin absorpsiyon değerleri U.V. spektrometre cihazında 412 nm'de fotometrik olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu absorpsiyon değerleri kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla örneklerin içerdikleri formaldehit miktarı belirlenmiştir [33,43].

$$F = \frac{(A_s - A_b) \cdot f \cdot (100 + R \cdot V)}{M} \text{ mg/100 gr tam kuru levha} \quad (3.3)$$

Burada;

A_s : Ekstraksiyon çözeltisinin absorpsiyonu (nm)

A_b : Kör deneyin absorpsiyonu (nm)

f : Kalibrasyon eğri faktörü

R : Levhanın rutubet miktarı (%)

M : Örnek ağırlığı (gr)

V : Cam balonun hacmi (cm^3)

4. BULGULAR VE ANALİZİ

4.1. Mekanik Testlere Ait Bulgular

Hazırlanan kontrol numuneleri ve tutkal karışımlarına belirli oranlarda boraks ilave edilerek üretilen deney örnekleri eğilme direnci ve çekme-makaslama direnci deneylerine tabi tutulmuş, elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Eğilme direncine ait bulgular

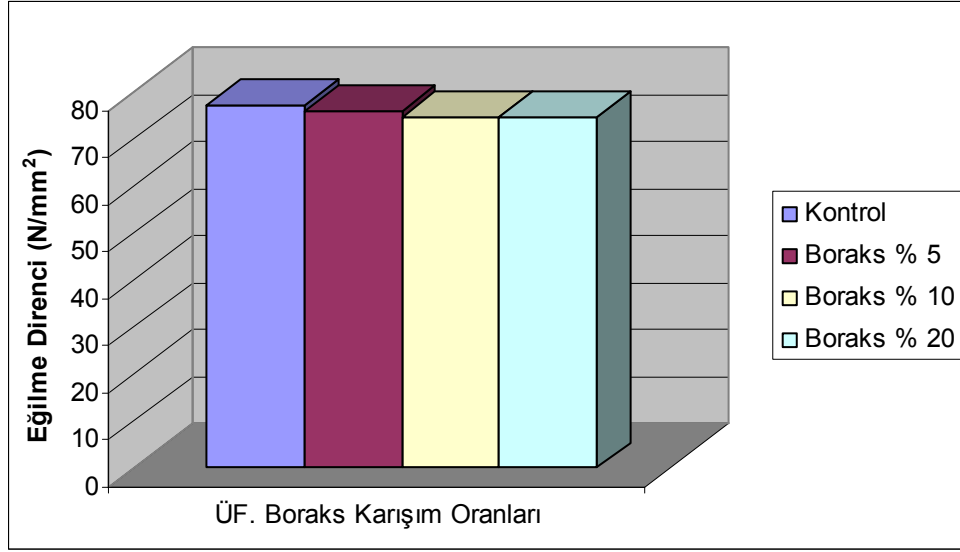
Kavak ve kayın kaplamalardan üretilen, kontrol numuneleri ve tutkal karışımlarına % 5, % 10, % 20 boraks ilave edilen örneklerin, eğilme direnci deneyleri universal test cihazında yapılmıştır. Her numune cinsi için 20 şer adet örnek kırılmıştır.

Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri

Ağaç Cinsi	Eğilme Direnci Değerleri (N/mm ²)							
	Kontrol		Boraks % 5		Boraks % 10		Boraks % 20	
Kavak	Min	75,65	Min	74,68	Min	73,47	Min	73,46
	Max	79,15	Max	78,06	Max	76,36	Max	76,10
	\bar{e}	77,24	\bar{e}	75,99	\bar{e}	74,83	\bar{e}	74,73
	δ_x	0,91	δ_x	0,79	δ_x	0,76	δ_x	0,68
	n	20	n	20	n	20	n	20

Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmaları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Kavak örneklerine ait eğilme direnci değerleri

Kavak kontrplakların eğilme direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Boraks oranının eğilme direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	Fh	P
Gruplar arası	82,506	3	27,502	41,014	0,000
Gruplar içi	50,963	76	0,671		
Toplam	133,469	79			

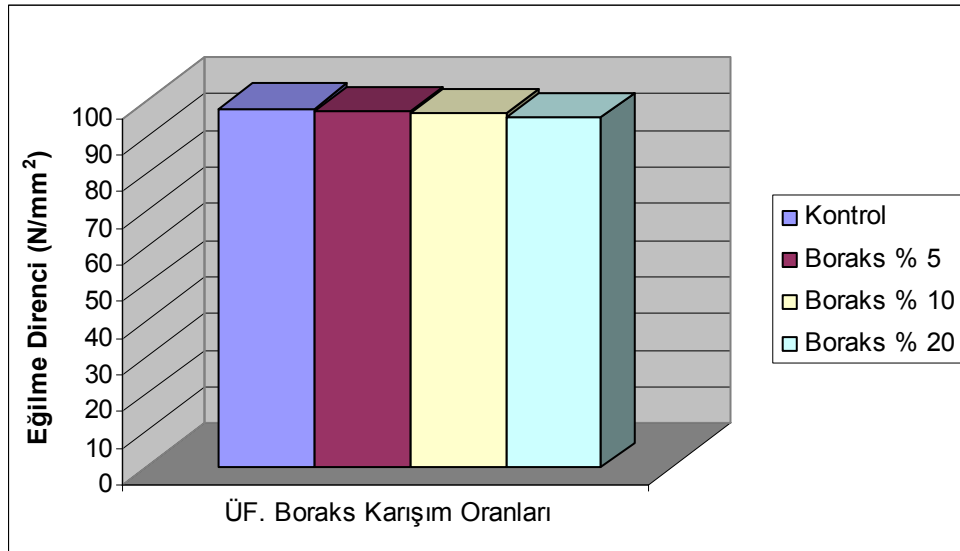
Varyans analizi sonucuna göre, kavak kontrplakların eğilme direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının % 5 hata payı ile herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerleri

Ağaç Cinsi	Eğilme Direnci Değerleri (N/mm ²)							
	Kontrol		Boraks % 5		Boraks % 10		Boraks % 20	
Kayın	Min	96,13	Min	95,17	Min	95,14	Min	93,74
	Max	99,57	Max	97,87	Max	98,22	Max	96,89
	\bar{e}	97,74	\bar{e}	96,68	\bar{e}	96,45	\bar{e}	95,25
	δ_x	0,77	δ_x	0,88	δ_x	0,91	δ_x	0,99
	n	20	n	20	n	20	n	20

Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değerlerinin karşılaştırmaları Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Kayın örneklere ait eğilme direnci değerleri

Kayın kontrplakların eğilme direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Boraks oranının eğilme direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	Fh	P
Gruplar arası	49,287	3	16,429	15,211	0,000
Gruplar içi	82,088	76	1,000		
Toplam	131,375	79			

Varyans analizi sonucuna göre, kayın kontrplakların eğilme direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının % 5 hata payı ile herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Farklı oranlarda boraksın tutkal karışımlarına ilavesinin eğilme direncine etkilerini araştırmak için yapılan karşılaştırmalarda, değerler arasındaki farklar çizelge ve şekillerde görüldüğü gibidir. Burada eğilme direnci değerleri içerisinde en iyi sonucun az bir farkla kontrol numunelerinden alındığı görülmüştür.

4.1.2. Çekme-makaslama direncine ait bulgular

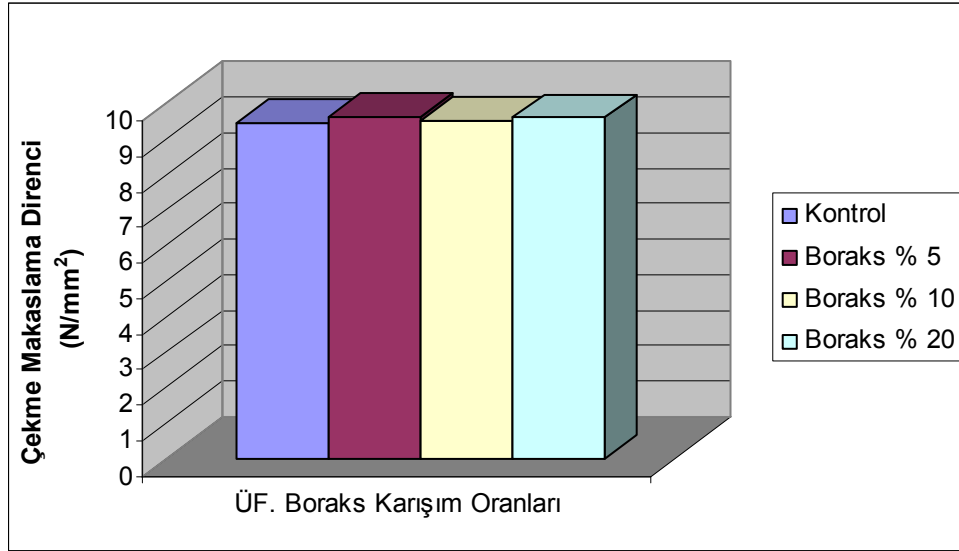
Kavak ve kayın kaplamalardan üretilen, kontrol numuneleri ve tutkal karışımlarına % 5, % 10, % 20 boraks ilave edilen örneklerin, çekme-makaslama direnci deneyleri universal test cihazında yapılmıştır. Her numune cinsi için 20 şer adet örnek kırılmıştır.

Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri

Ağaç Cinsi	Çekme Makaslama Direnci Değerleri (N/mm ²)							
	Kontrol		Boraks % 5		Boraks % 10		Boraks % 20	
Kavak	Min	9,30	Min	9,52	Min	9,42	Min	9,50
	Max	9,54	Max	9,69	Max	9,63	Max	9,71
	\bar{e}	9,43	\bar{e}	9,60	\bar{e}	9,52	\bar{e}	9,59
	δ_x	0,61	δ_x	0,055	δ_x	0,059	δ_x	0,056
	n	20	n	20	n	20	n	20

Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerlerinin karşılaştırmaları Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Kavak örneklerine ait çekme-makaslama direnci değerleri

Kavak kontrplakların çekme-makaslama direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Boraks oranının çekme-makaslama direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	Fh	P
Gruplar arası	0,346	3	0,115	30,608	0,000
Gruplar içi	0,286	76	0,004		
Toplam	0,632	79			

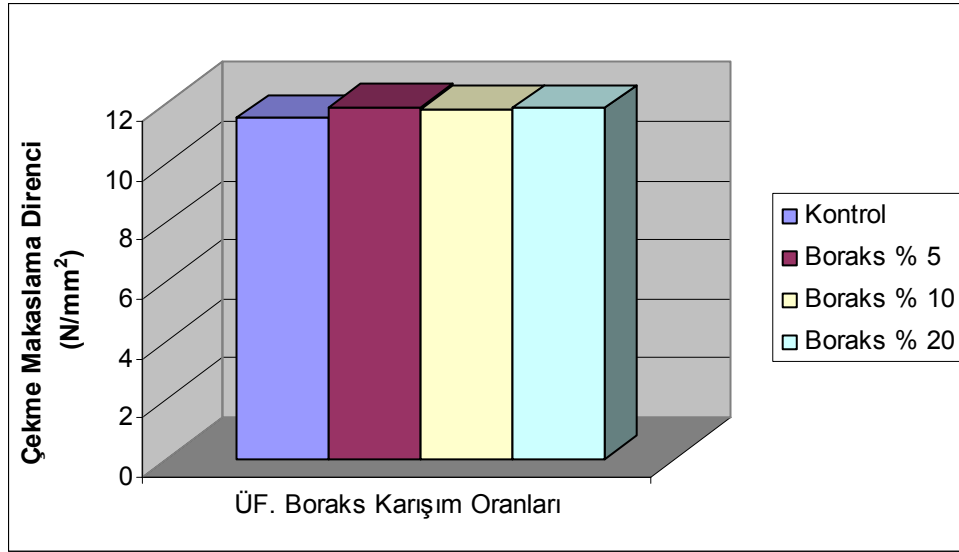
Varyans analizi sonucuna göre, kavak kontrplakların çekme-makaslama direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının % 5 hata payı ile herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri

Ağaç Cinsi	Çekme Makaslama Direnci Değerleri (N/mm ²)							
	Kontrol		Boraks % 5		Boraks % 10		Boraks % 20	
Kayın	Min	11,40	Min	11,74	Min	11,73	Min	11,72
	Max	11,67	Max	11,98	Max	12,0	Max	11,94
	\bar{e}	11,51	\bar{e}	11,87	\bar{e}	11,84	\bar{e}	11,85
	δ_x	0,079	δ_x	0,063	δ_x	0,068	δ_x	0,059
	n	20	n	20	n	20	n	20

Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme-makaslama direnci değerlerinin karşılaştırmaları Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Kayın örneklere ait çekme-makaslama direnci değerleri

Kayın kontrplakların çekme-makaslama direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Boraks oranının çekme-makaslama direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	Fh	P
Gruplar arası	1,543	3	0,514	38,467	0,000
Gruplar içi	1,106	76	0,013		
Toplam	2,560	79			

Varyans analizi sonucuna göre, kayın kontrplakların çekme-makaslama direncine, tutkala ilave edilen boraks oranının % 5 hata payı ile herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Farklı oranlarda boraksın tutkal karışımlarına ilavesinin çekme-makaslama direncine etkilerini araştırmak için yapılan karşılaştırmalarda, değerler arasındaki farklar çizelge ve şekillerde görüldüğü gibidir. Burada boraks ilaveli tutkalla üretilen numunelerden elde edilen çekme-makaslama direnci değerlerinin az bir farkla kontrol numunelerinden elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmüştür.

4.2. Formaldehit Emisyonu Bulguları

Deney numunelerinin formaldehit emisyonu ölçümleri, Boytaş A.Ş.'ye ait Kayseri'de bulunan kalite yönetimi bölümü, deney laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, TS 4894 EN 120 esaslarına göre, perferatör yöntemi ile yapılmıştır. Kayın ve kavak kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kayın ve kavak kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu değerleri

Ağaç Cinsi	Dolgu Maddesi Karışım Oranları (%)	% 0	% 5	% 10	% 20
Kavak	Formaldehit Emisyonu mg/100gr	66,24	50,47	37,84	37,85
Kayın	Formaldehit Emisyonu mg/100gr	48,28	40,56	32,62	29,98

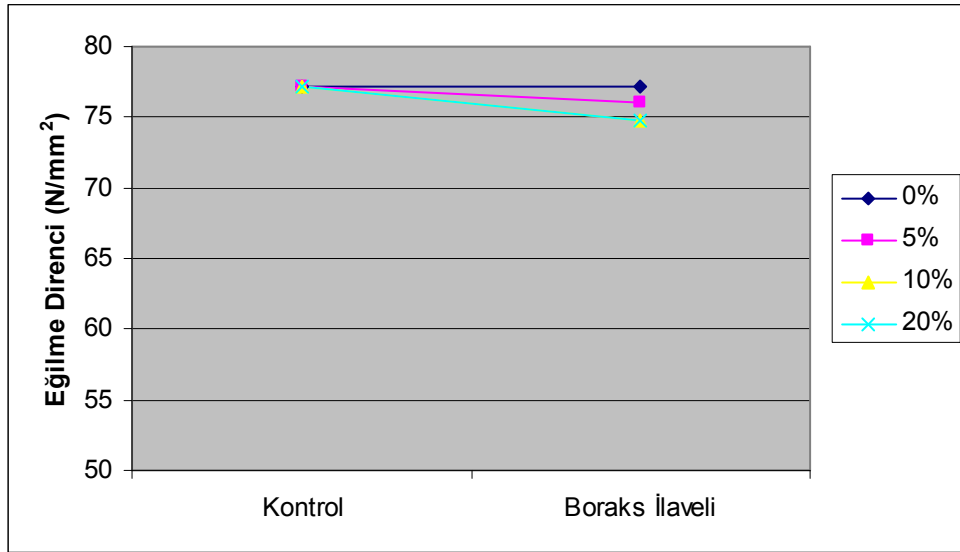
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Mekaniksel Deneylere Ait Sonuçlar

Mekanik özelliklerdeki değişimin belirlenmesi amacıyla kavak ve kayın kontrol numuneleri ve tutkal karışımlarına belirli oranlarda boraks ilave edilerek üretilen deney örnekleri eğilme direnci ve yapışma direnci deneylerine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin, literatürdeki diğer çalışmalar ile aynı doğrultuda olduğu görülmüştür. Kontrol numuneleri ve tutkal karışımlarına belirli oranlarda boraks ilave edilerek üretilen deney örneklerin eğilme direnci ile yapışma direnci sonuçları aşağıda verilmiştir.

5.1.1. Eğilme direncine ait sonuçlar

Deneyler sonucunda elde edilen kavak örneklere ait eğilme direnci değişimi Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Kavak örneklere ait eğilme direnci değişimi

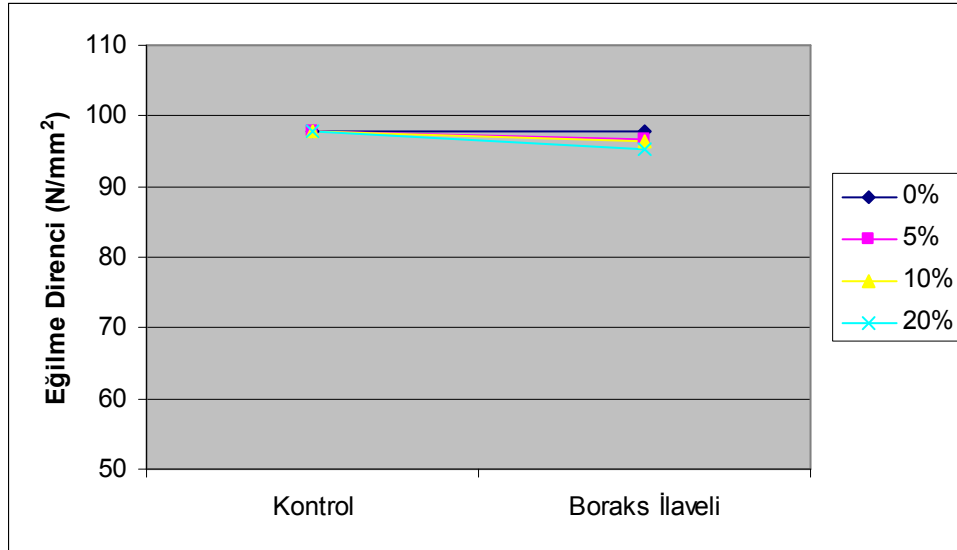
Elde edilen kavak örneklere ait eğilme direnci değişimi Çizelge 5.1’de oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kavak kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değişim oranları

Dolgu Maddesi Oranı (%)	Kullanılan Ağaç Cinsi	
	Kavak	
	Eğilme Direnci Değerleri (N/mm ²)	Değişim (%)
% 0	77,24	-
% 5	75,99	-1,62
% 10	74,83	-3,12
% 20	74,73	-3,25

Kavak kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraks pentahidratın, eğilme direnci değerlerini düşürdüğü fakat bu değişimin önemli derecede olmadığı belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen kayın örneklerine ait eğilme direnci değişimi Şekil 5.2’de verilmiştir.

**Şekil 5.2** Kayın örneklerine ait eğilme direnci değişimi

Elde edilen kayın örneklerine ait eğilme direnci değişimi Çizelge 5.2’de oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.2 Kayın kontrplaklarda elde edilen eğilme direnci değişim oranları

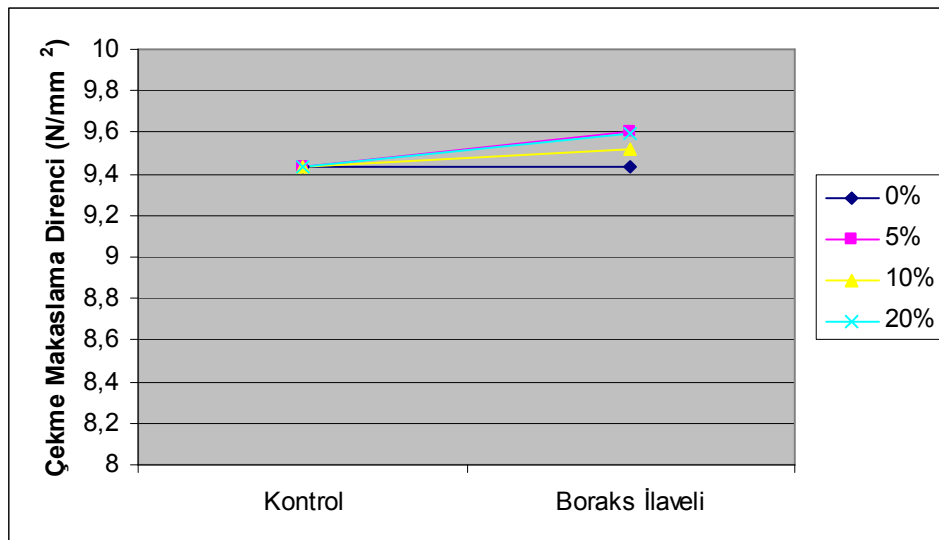
Dolgu Maddesi Oranı (%)	Kullanılan Ağaç Cinsi	
	Kayın	
	Eğilme Direnci Değerleri (N/mm ²)	Değişim (%)
% 0	97,74	-
% 5	96,68	-1,08
% 10	96,45	-1,31
% 20	95,25	-2,54

Kayın kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraks pentahidratın, eğilme direnci değerlerini düşürdüğü fakat bu değişimin önemli derecede olmadığı belirlenmiştir.

Kayın kontrplakların eğilme dirençleri, literatürde de belirtildiği gibi kavak kontrplakların eğilme direncinden yüksek bulunmuştur. Her iki cins kontrplakta da boraks ilavesiyle, eğilme direnci değerlerinde yaklaşık ölçülerde azalma tespit edilmiştir. Literatürde tutkal pH değerinin artmasının da eğilme direncine olumsuz etki ettiği belirtilmiştir. Yapılan deneylerdeki azalmanın da bu nedenle olması beklenmektedir. Tutkal karışımına ilave edilecek çözücü maddelerle bu sorunun ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

5.1.2. Çekme- makaslama ait sonuçlar

Deneyler sonucunda elde edilen kavak örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi Şekil 5.3'de verilmiştir.

**Şekil 5.3** Kavak örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi

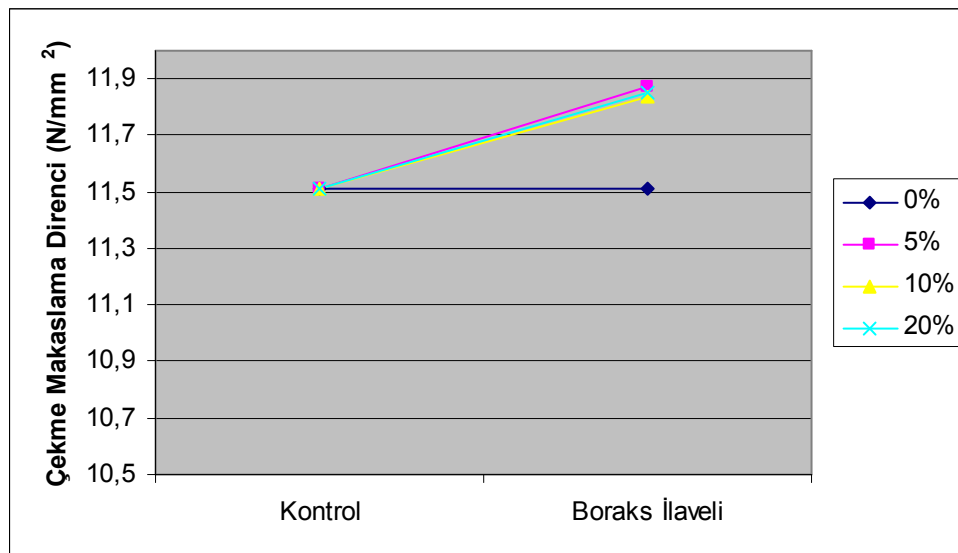
Elde edilen kavak örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi Çizelge 5.3'de oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.3 Kavak kontrplaklarda elde edilen çekme makaslama direnci değişim oranları

Dolgu Maddesi Oranı (%)	Kullanılan Ağaç Cinsi	
	Kavak	
	Çekme Makaslama Direnci (N/mm ²)	Değişim (%)
% 0	9,43	-
% 5	9,60	+1,80
% 10	9,52	+0,95
% 20	9,59	+1,69

Kavak kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraks pentahidratın, çekme makaslama direnci değerlerini çok az bir miktar arttırdığı, fakat bu değişimin önemli derecede olmadığı belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen kayın örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4 Kayın örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi

Elde edilen Kayın örneklerine ait çekme makaslama direnci değişimi Çizelge 5.4'de oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kayın kontrplaklarda elde edilen çekme makaslama direnci değişim oranları

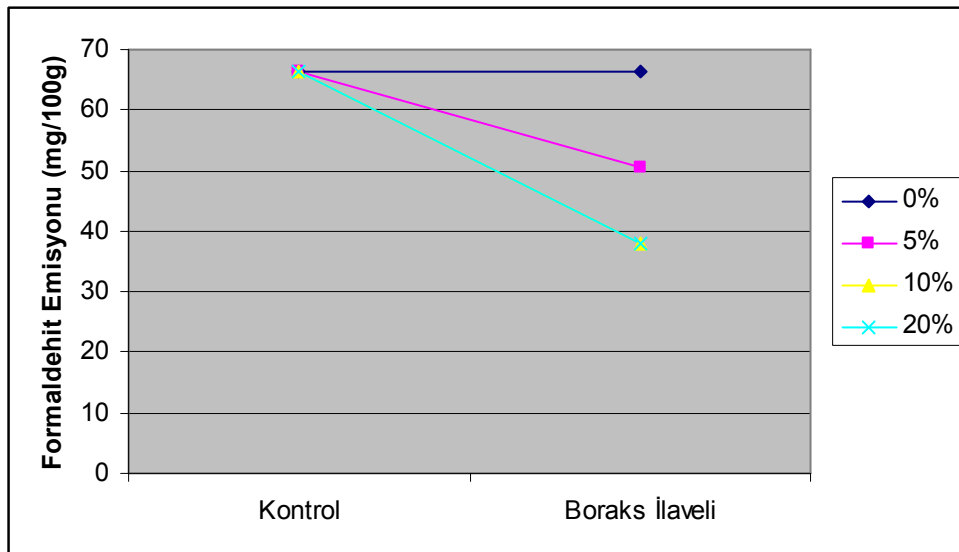
Dolgu Maddesi Oranı (%)	Kullanılan Ağaç Cinsi	
	Kayın	
	Çekme Makaslama Direnci (N/mm ²)	Değişim (%)
% 0	11,51	-
% 5	11,87	+3,12
% 10	11,84	+2,86
% 20	11,85	+2,95

Kayın kontrplaklarda tutkal karışımına ilave edilen boraks pentahidratın, çekme makaslama direnci değerlerini çok az bir miktar arttırdığı görülmüştür, fakat bu değişimin önemli derecede olmadığı belirlenmiştir.

Kayın kontrplakların çekme makaslama dirençleri, literatürde de belirtildiği gibi kavak kontrplakların eğilme direncinden yüksek bulunmuştur. Her iki cins kontrplakta da boraks ilavesiyle, çekme makaslama direnci değerlerinde yaklaşık ölçülerde, önemsiz bir artış tespit edilmiştir.

5.2. Formaldehit Emisyonu Sonuçları

Deneyler sonucunda elde edilen kavak örneklere ait formaldehit emisyonu değişimi Şekil 5.5’de verilmiştir.

**Şekil 5.5** Kavak örneklere ait formaldehit emisyonu değişimi

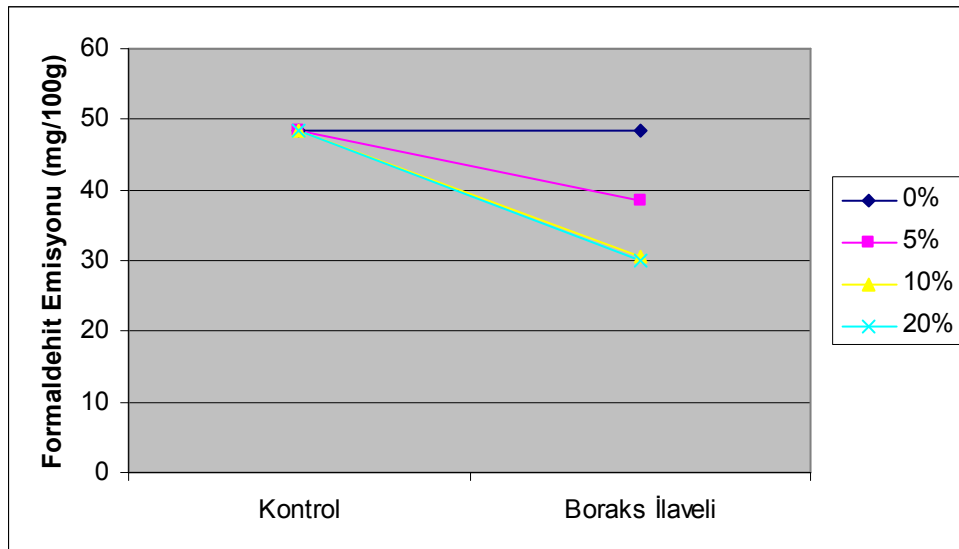
Kavak kontrplaklarda tutkal karışımına % 5 boraks ilave edilmesiyle, formaldehit emisyonu değerleri belirgin bir şekilde azalmıştır. Karışım oranı % 10 olarak ayarlandığında emisyonun daha da az olduğu tespit edilmiş, % 20'lik karışımda ise emisyonun % 10'luk karışımla yaklaşık aynı değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen kavak örneklere ait formaldehit emisyonu değişimi Çizelge 5.5'de oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.5 Kavak kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu azalma oranları

Dolgu maddesi oranı (%)	Kullanılan ağaç cinsi	
	Kavak	
	Formaldehit emisyonu (mg/100gr)	Değişim (%)
% 0	66,24	-
% 5	50,47	-23,80
% 10	37,84	-42,87
% 20	37,85	-42,85

Deneyle sonuçunda elde edilen kayın örneklere ait formaldehit emisyonu değişimi Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6 Kayın örneklere ait formaldehit emisyonu değişimi

Kayın kontrplaklarda tutkal karışımına % 5 boraks ilave edilmesiyle, formaldehit emisyonu değerleri belirgin bir şekilde azalmıştır. Karışım oranı % 10 olarak ayarlandığında emisyonun daha da az olduğu tespit edilmiş, % 20'lik karışımda ise emisyonun %10'luk karışımla yaklaşık aynı değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen kayın örneklerine ait formaldehit emisyonu değişimi Çizelge 5.6'da oransal olarak verilmiştir.

Çizelge 5.6 Kayın kontrplaklarda elde edilen formaldehit emisyonu azalma oranları

Dolgu Maddesi Oranı (%)	Kullanılan Ağaç Cinsi	
	Kayın	
	Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	Değişim (%)
% 0	48,28	-
% 5	38,56	-20,13
% 10	30,62	-36,57
% 20	29,98	-37,90

Literatürde de belirtildiği gibi kavak kontrplaklarda formaldehit emisyonu değerlerinin kayın kontrplaklardakinden fazla olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin kaplamaların elde edildiği ağaçların anatomik yapıları, poroziteleri ve özgül ağırlıkları arasındaki farklar olduğu daha önce yapılmış olan çalışmalarda da belirtilmiştir.

Genel olarak bakıldığında; tutkal karışımına ilave edilen boraksın eğilme ve çekme makaslama dirençlerini önemli ölçüde etkilemezken formaldehit emisyonu değerlerinde kayda değer miktarda azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Karışıma ilave edilen boraks oranları karşılaştırılacak olursa, boraksın sulu çözeltilerde % 5 oranında çözünebildiği de göz önünde bulundurulduğunda tutkal karışımlarına % 5 ilave edilerek kullanılması ideal değerleri sağlayacaktır.

Bununla birlikte, % 10 boraks ilaveli deney numunelerinde elde edilen emisyon değerleri, kontrol numunelerine göre % 35 ila % 40 düşük bulunmuştur. Aynı örneklerde mekanik özelliklerde kayda değer bir değişiklik görülmemiştir. % 10 oranında boraks ilave edilen örneklerde emisyon değerlerinin daha düşük bulunması, presleme esnasında tatbik edilen yüksek sıcaklığın, tutkal içerisindeki boraksın tepkisini etkilemesi olarak açıklanabilir. Bu durum bundan sonraki çalışmalarda kimyasal olarak incelenebilir. Özellikle iç mekanlarda kullanılacak olan kontrplaklarda emisyon değerlerini daha da düşürmek için tutkal karışımlarına % 10 boraks ilave edilmesi önerilebilir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, tutkal karışımına % 5 boraks ilave edilerek üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu değerlerinin, kontrol numunelerinin değerlerinden düşük bulunduğu belirtilmiştir. Bu çalışmalarda boraks sulu çözelti haline getirilerek tutkal karışımlarına ilave edilmiştir. Aynı zamanda birçok çalışmada, modifikasyon maddesi olarak borik asit kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, özellikle iç mekânlarda kullanılan özel ve genel amaçlı kontrplakların üretiminde, formaldehit emisyonunun düşürülmesi amacıyla tutkal karışımına % 5 oranında boraks pentahidrat ilave edilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

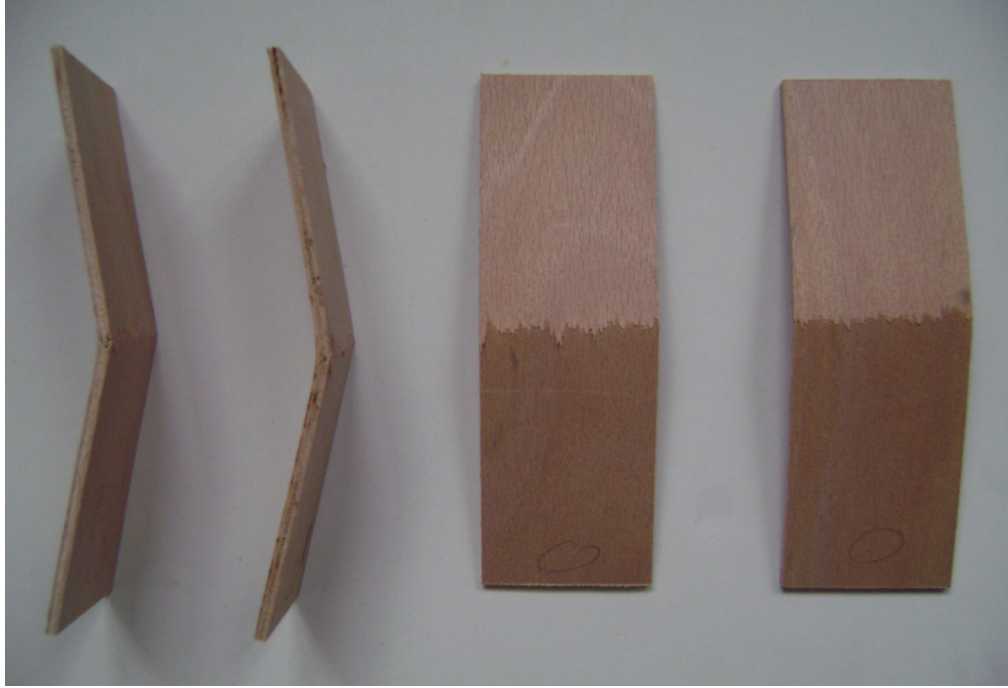
- [1] Özalp, M., 2003, "Su İtici Ve Koruyucu Emprenye Maddeleri İle Muamele Edilmiş Çam Örneklerinin Su Soğutma Kulelerinde Kullanımı İle Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi", ZKÜ, F.B.E., Doktora Tezi, Bartın
- [2] Çolak, S., 2002, "Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkileri", KTÜ, F.B.E., Doktora Tezi, Trabzon
- [3] Özalp, M., 1996, "Kontrplaklarda Dolgu Maddesi Oranının Eğilme Mukavemeti ve Formaldehit Ayrışmasına Etkisi", DPÜ, F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Kütahya
- [4] Çolakoğlu, G., 1993, "Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi", KTÜ, F.B.E., Doktora Tezi, Trabzon
- [5] Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2005 "Effects of Surface Inactivation, High Temperature Drying and Preservative Treatment on Surface Roughness and Colour of Alder and Beech Wood", Applied Surface Science, 252: 430-440
- [6] Bridaux, V., Charrier, B., Fauroux, N., Charrier, F., Goncalvez, J., 2001, "Addition of Boron Based Compound in the LVL Glueline: Effect on the Mechanical Properties and the Leaching of Boron" Holzforschung, 55: 5
- [7] Kasal, A., 2006, "Determination of the Strength of Various Sofa Frames with Finite Element Analysis", G.U. Journal of Science, 19(4): 191-203
- [8] Çolak, S., Çolakoglu, G., 2004, "Volatile Acetic Acid and Formaldehyde Emission From Plywood Treated With Boron Compound", Building and Environment, 39: 533-536
- [9] Uchiyama, S., Matsushimab, E., Kitaoa, N., Tokunagab, H., Andoc, M., Otsubo, Y., 2007, "Effect of Natural Compounds on Reducing Formaldehyde Emission From Plywood", Atmospheric Environment, 41: 8825-8830
- [10] Kartal, S.N., Ayrılmış, N., Imamurac, Y., 2007, "Decay and Termite Resistance of Plywood Treated With Various Fire Retardants", Building and Environment 42: 1207–1211
- [11] Aydın, İ., 2004, "Activation of Wood Surfaces for Glue Bonds by Mechanical Pre-treatment and Its Effects on Some Properties of Veneer Surfaces and Plywood Panels", Applied Surface Science 233: 268–274
- [12] Sundmana, M.R., Larsenb, A., Vestina, E., Weibull, A., 2007, "Formaldehyde emission-Comparison of Different Standard Methods", Atmospheric Environment 41: 3193–3202
- [13] Kim, S., Kim, H.J., 2005, "Effect of Addition of Polyvinyl Acetate to Melamine-formaldehyde Resin on The Adhesion and Formaldehyde Emission in Engineered Flooring", International Journal of Adhesion & Adhesives 25: 456–461
- [14] Çolakoğlu, G., Demirkır, C., 2006, "Characteristics of Plywood Panels Produced With Urea Formaldehyde Resin Containing Borax", Holz als Roh- und Werkstoff, 64: 250-251

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

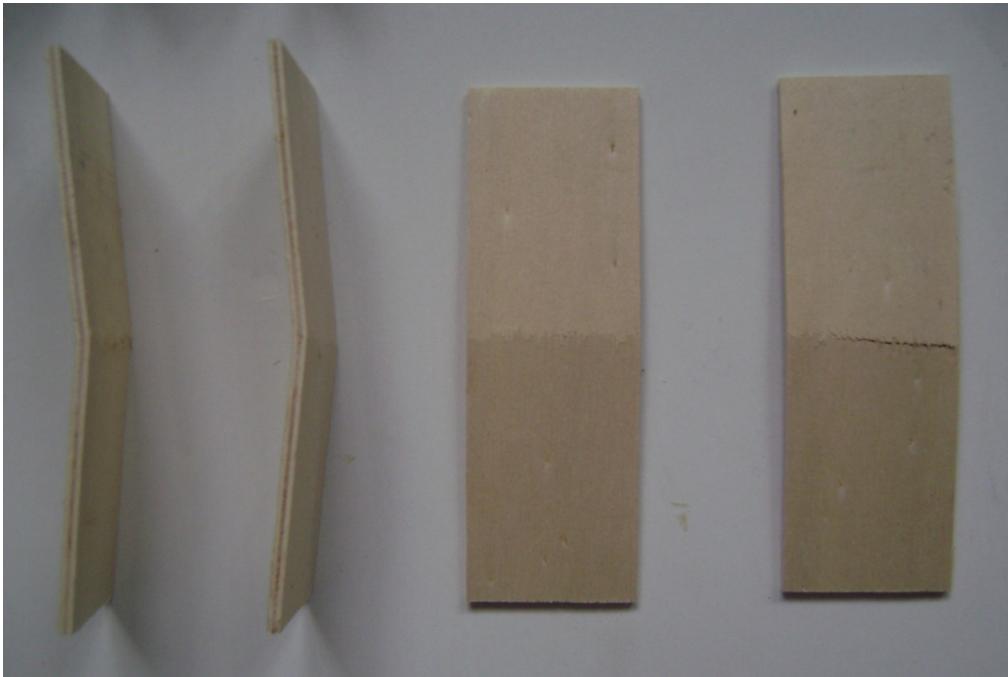
- [15] Kartal, S.N., Hwang, W.J., Imamura, Y., 2007, "Combined Effect of Boron Compounds and Heat Treatments on Wood Properties: Chemical and Strength Properties of Wood", Journal of Materials Processing Technology, Protec-11090; No. of Pages 6
- [16] Özçiftçi, A., 2006, "Impacts of İmpregnation With Boron Compounds on TheBonding Strength of Wood Materials", Construction and Building Materials, 11-006
- [17] Aydın, İ., Çolakoglu, G., 2005, "Formaldehyde Emission, Surface Roughness, and Some Properties of Plywood as Function of Veneer Drying Temperature", 23:1107-1117
- [18] ÖRS, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2002, "Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması", Politeknik Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 3, s. 257-265
- [19] Ustaömer, D., Usta, M., Boran,S., 2006, "Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilerek Üretilmiş Liflevhaların Spektrofotometrik Yöntemle Renk Değişimlerinin Belirlenmesi", III. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 117:51
- [20] Uysal, B., Kurt, Ş., 2005, "Dimensional Stability of Laminated Veneer Lumbers Manufactured by Using Different Adhesives After the Steam Test", G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(4): 681-691
- [21] Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak, S., 2001, "Kavak Kontrplaklarının Çekme-Makaslama ve Eğilme Direnci ile Eğilmede Elastiklik Modülü Üzerine Bazı Üretim Faktörlerinin Etkisi", Politeknik Dergisi, Cilt: 4, Sayı: 4, s. 25-32
- [22] Kantay, R., Akbulut, T., Korkut, S., 2003, "Kayın Soyma Kaplama Üretiminde Soyma Sıcaklığının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi", Review of the Faculty of Forestry, University of İstanbul, Series A, Volume 53, Number 2, pp.1-11
- [23] Güler, C., Çolakoğlu, G., 2001, "Farklı Koşullarda Üretilen Kızılçam Kontrplaklarda Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Kaplama Levhaların Yüzey Pürüzlülüğünün Etkisi", Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 4, Sayı 1
- [24] Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., 2006, "Çinko Borat ve Boraks ile Muamele Edilerek Üretilmiş OSB Levhalarının Bazı Teknolojik Özellikleri" III. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 117:39
- [25] Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C., 2000, "Modifiye Edilmiş Polivinilasetat Dispersiyonu (Vb2o) Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi", Cilt: 13, No:2, ISSN 1300-1833
- [26] Aksakal, F.N., Vaizoğlu, S.A., Güler, Ç., 2005, "Mobilyalardaki Kimyasallar ve Sağlık Etkileri", Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, cilt 14, sayı 12, 268
- [27] Kolat, K., 2005, "Farklı Ortamların Sandwich Kompozitlerin Kırılma Tokluğu Üzerindeki Etkisi", Dokuz Eylül Üniversitesi F.B.E.,Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- [28] Karaaslan, A., 2004, "Borla Modifiye Edilmiş Bazı Tutkalların Kestane Ağacının Yapışma Direncine Etkileri", Dumlupınar Üniversitesi, F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Kütahya

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

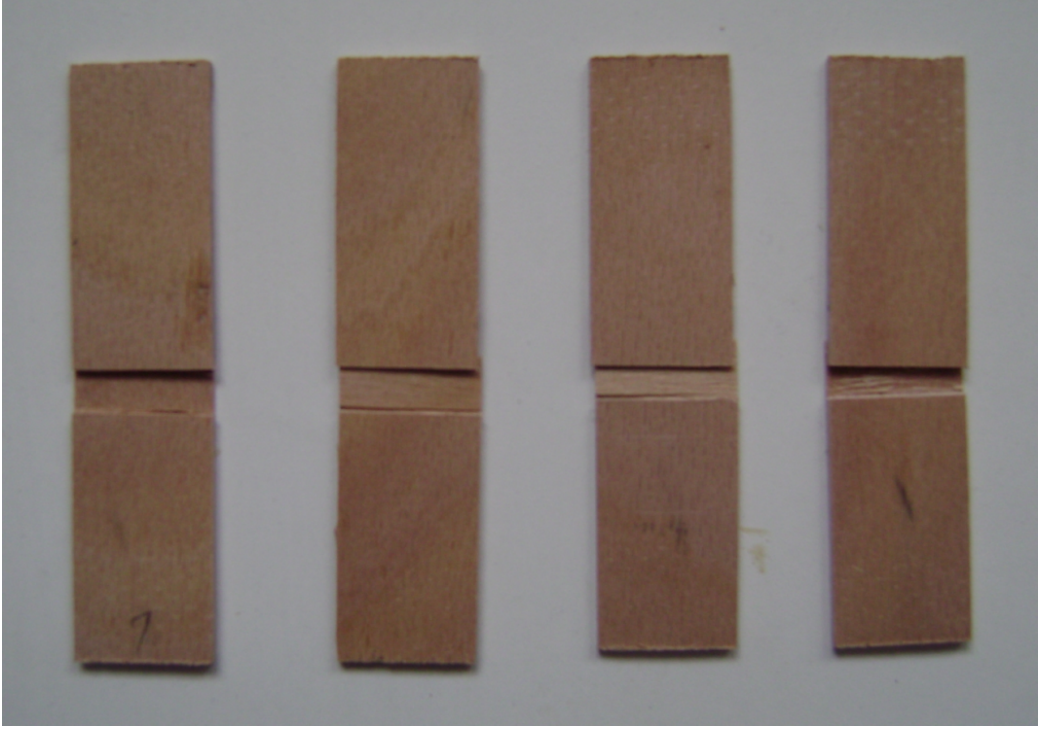
- [29] Aydın, İ., Demirkır, C., Çolakoğlu, G., 2003, "Farklı Rutubetteki Soyma Kaplamalardan Melamin ile Modifiye Edilmiş Üre Formaldehit Reçinesiyle Üretilen Kavak Kontrplakların Bazı Mekanik Özellikleri", Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:3, No:1, ISSN 1303-2399
- [30] Kocatürk, İ., 2000, "Sentetik Tutkallarda Modifikasyonun Ağaç Malzemede Yapışma Direncine Etkileri", Gazi Üniversitesi, F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- [31] Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1986, "Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü.Yayın No:3401, Orman Fak.Yayın No:378, İstanbul
- [32] Güller, B., 2001, "Odun Kompozitleri", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa:135-160
- [33] Demirkır, C., 2006, "Kontrplak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık Ve Artık Materyallerin Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi", Karadeniz Teknik Üniversitesi, F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- [34] Göker, Y., "Türkiyede Kontrplak kontrtabla ve yonga levha Sanayi Gelişme Olanakları, Bu malzemelerin Teknolojik Özellikleri Üzerine Arştırmalar", İ.Ü., Orman Fak., Yayın No:3243/367, İstanbul, 1984
- [35] Dunky, M., 1998, "Urea-Formaldehyde (UF) Adhesive Resins For Wood", International Journal of Adhesion and Adhesives', 18:95-107.
- [36] Irmak, P., 2006, "Türkiye' de Bor Madeni ve Ekonomik İncelemesi: Eskişehir-Kırka İşletmesi Örneği", Osmangazi Üniversitesi,S.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir
- [37] VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu
- [38] www.maden.org.tr
- [39] Gözmen, T., 1997, "Boraks Pentahidratın Transisyon Sıcaklığı Altında Kristalizasyon Mekanizmasının Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi, F.B.E., Doktora Tezi, İstanbul
- [40] Şanıvar, N., Zorlu, İ., 1999, "Ağaç İşleri Gereç Bilgisi", Milli Eğitim Basımevi, İstanbul
- [41] Örs, Y. Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2002, " Kayın Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması", Politeknik Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 3, s. 257-265
- [42] Fidan, M.S., 2005, "Bazı Yıllık Lignoselülozik Artıklardan Fenol-Formaldehit Tipi Tutkalların Üretimi ve Uygulanması", Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş
- [43] TS 4894 EN 120, 1999, "Ahşap Esaslı Levhalar-Formaldehit Miktarının Tayini Ekstraksiyon Metodu İle Ayırma", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

EK-1 Eğilme direnci deneyine tabi tutulan deney numuneleri

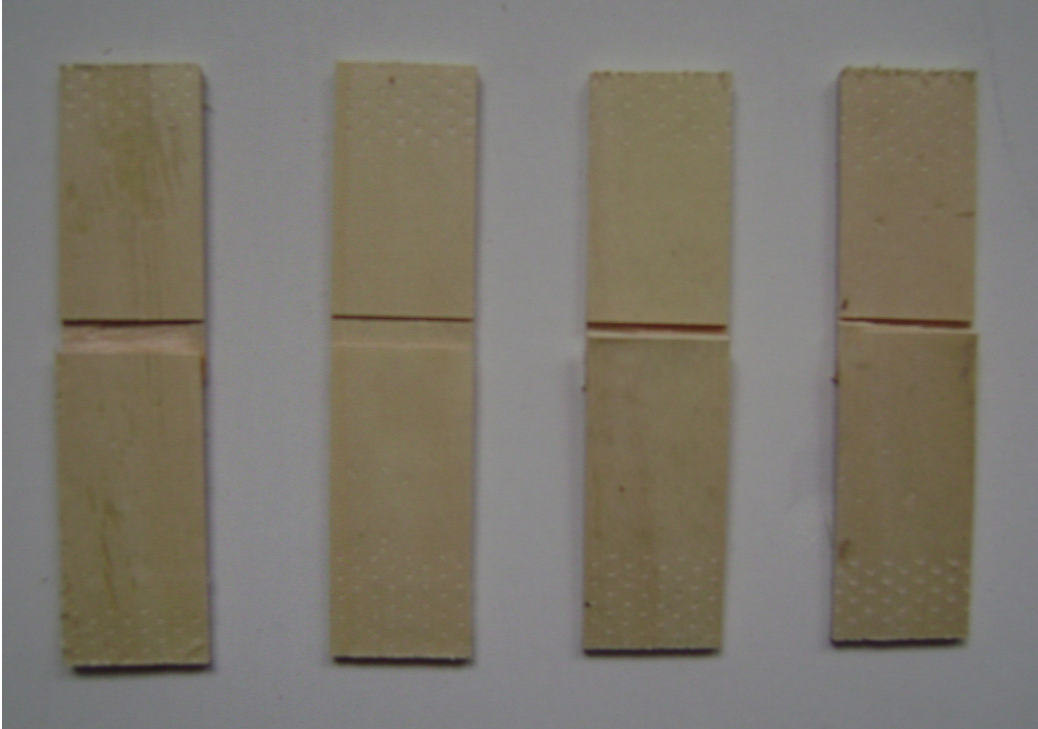
Eğilme direnci deneyine tabi tutulan kayın deney numuneleri



Eğilme direnci deneyine tabi tutulan kavak deney numuneleri

EK-2 ekme makaslama direnci deneyine tabi tutulan deney numuneleri

Çekme makaslama direnci deneyine tabi tutulan kayın deney numuneleri



Çekme makaslama direnci deneyine tabi tutulan kavak deney numuneleri

EK-3 Mekanik testlerin yapıldığı üniversal test cihazı

