

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONTRPLAKLARDA TOMRUK BUHARLAMA VE KAPLAMA KURUTMA
ŞARTLARININ FORMALDEHİT EMİSYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

Orm. End. Müh. Semra ÇOLAK

57873

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Orman Endüstri Yüksek Mühendisi”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27.08.1996

Tezin Savunma Tarihi : 27.08.1996

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Juri Üyesi : Doç. Dr. Mustafa USTA

Juri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yaşar GÖK

Temmuz 1996

TRABZON

ÖNSÖZ

Kontrplak üretiminde uygulanan tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemlerinin odunun kimyasal yapısı, formaldehit emisyonu, eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülü ve çekme makaslama dirençleri üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışma, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU'na teşekkür etmeyi zevkli bir görev bilirim.

Yapıcı eleştirilerinden yaralandığım sayın hocam Doç. Dr. Mustafa USTA'ya ve Yrd. Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca deney kontrplakları üretiminde kullanılan malzemelerin teminini sağlayan ORÜS Bolu Müessese Müdürlüğü ve Çolakoğlu Kontrplak sanayii yetkilileri ile laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Temmuz 1996

Semra ÇOLAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	IX
TABLO LİSTESİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tanımlar.....	2
1.3. Kontrplak Üretim Teknolojisi.....	2
1.3.1. Tomrukların Depolanması.....	3
1.3.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması	3
1.3.3. Soyma Yönetimiyle Kaplama Üretimi.....	3
1.3.4. Kaplama Levhalarının Taşınması Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması.....	4
1.3.5. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yan Yana Eklenmesi.....	4
1.3.6. Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	4
1.3.7. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi.....	5
1.3.8. Kontrplakların Klimatize Edilmesi.....	5
1.4. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar.....	6
1.4.1. Organik Yapıştırıcılar.....	6
1.4.1.1 Üre Formaldehit (ÜF) Tutkalı.....	6
1.4.1.2. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	7
1.4.1.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	9
1.4.2. Diğer Yapıştırıcılar.....	9
1.5. Dolgu ve Katkı Maddeleri.....	10
1.6. Yapışmanın Fiziksel ve Kimyasal İlkeleri.....	11
1.7. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler.....	13
1.8. Formaldehit Emisyonu.....	16
1.8.1. Formaldehitin Canlılar Üzerine Etkisi.....	16

1.8.1.1. Üretim Sırasında Formaldehit Emisyonu.....	16
1.8.1.2. Kullanım Sırasında Formaldehit Emisyonu.....	17
1.8.2. Formaldehit Emisyonuna Etki Eden Faktörler.....	18
1.8.2.1. Ağaç Türü.....	18
1.8.2.2. (F/Ü) Mol Oranı.....	18
1.8.2.3. Sertleştiricilerin Etkisi.....	18
1.8.2.4. Presleme Koşullarının Etkisi.....	19
1.8.2.5. Tutukal Miktarının Etkisi.....	19
1.8.2.6. Formaldehit Tutucuların Etkisi.....	19
1.8.2.7. Levhaların Depolanmasının Etkisi.....	20
1.8.3. Levhalardan Ayrışan Formaldehit Miktarını Belirleme Metodları.....	20
1.8.3.1. Perferatör Yöntemi.....	21
1.8.3.2. Gaz Analizi Yöntemi.....	21
1.8.3.3. Deney Odası Yöntemi.....	22
1.8.3.4. Desikatör Metodları.....	23
1.8.3.5. WKI - Şişe Metodu.....	25
1.8.3.6. Kağıt Sorpsiyon Metodu.....	25
1.9. Odunun Kimyasal Yapısındaki Termal Nedenli Değişmeler.....	25
1.9.1. Odunun Kimyasal Yapısı.....	25
1.9.1.1. Selüloz.....	26
1.9.1.2. Hemiselüloz.....	27
1.9.1.3. Lignin.....	27
1.9.1.4. Ekstraktifler.....	28
1.9.2. Kimyasal Bileşenlerin Değişimi.....	28
2. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	31
2.1. Deneme Meteryali.....	31
2.1.1. Ağaç Malzeme.....	31
2.1.2. Tutkal.....	31
2.2. Deneme Levhalarının Üretimi.....	32
2.2.1. Kaplamalarının Soyulması.....	32
2.2.2. Kaplama Levhalarının Kurutulması.....	32
2.2.3. Levhaların Tutkallanması.....	33

2.2.4. Presleme.....	33
2.2.5. Presleme Sonrası İşlemler.....	33
2.3. Araştırma Yöntemi.....	33
2.3.1. Mekanik Özellikler.....	34
2.3.1.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	34
2.3.1.2. Çekme - Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	35
2.3.2. Formaldehit Emisyonu.....	36
2.3.2.1. WKI - Şişe Metodu.....	36
2.3.2.2. Perferatör Metodu.....	38
2.3.3. Kimyasal Analizler.....	40
2.3.3.1. Soğuk Suda Çözünürlük.....	40
2.3.3.2. Sıcak Suda Çözünürlük.....	40
2.3.3.3. % 01'lik NaOH'te Çözünürlük.....	41
2.3.3.4. Alkol - Benzende Çözünürlük.....	41
2.3.3.5. Pentozan Tayini.....	42
2.3.3.6. Asetil Grupları Tayini.....	43
2.3.3.7. pH Tayini.....	44
2.4. İstatistik Yöntemler.....	44
3. BULGULAR.....	47
3.1. Soyma Kaplama Levhalarının Kimyasal Analizi.....	47
3.1.1. Çözünürlük Değerleri.....	47
3.1.1.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi.....	48
3.1.1.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	51
3.1.2. Soyma Kaplamaların pH, Pentozan ve Asetil Grupları.....	53
3.1.2.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi.....	54
3.1.2.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	57
3.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	61
3.2.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi.....	61
3.2.2. Buharlama İşleminin Etkisi.....	64
3.3. Çekme - Makaslama Direnci.....	65
3.3.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi.....	65
3.3.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	67

3.4. Formaldehit Emisyonu.....	68
3.4.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi.....	68
3.4.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	71
4. İRDELEME.....	74
5. SONUÇLAR.....	78
6. ÖNERİLER.....	80
7. KAYNAKLAR.....	82
8. EKLER.....	87
9. ÖZGEÇMİŞ.....	90



ÖZET

Bu çalışmada, kontrplak üretiminde uygulanmakta olan tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemlerinin odunun kimyasal yapısı ve dolayısıyla formaldehit emisyonu ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve çekme - makaslama direçleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu amaçla, laboratuvar koşullarında 3 ağaç türünden, uygulanan farklı işlemlere göre 9 gruba ayrılan soyma kaplamalardan 3 tabakalı kontrplaklar üretilmiştir. Kontrplak üretiminden önce, kaplamaların bir kısmı kimyasal analizler için ayrılarak uygun boyutlara getirilmek amacıyla yongalandıktan sonra öğütölmüşlerdir. Kimyasal analizlerin uygulanmasında TAPPI Standart Metodları kullanılmıştır. Deneme kontrplaklarının formaldehit emisyonları perferatör metodu ile fotometrik olarak, WKI - Şişe metodu ile fotometrik ve iyodometrik olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyleri TS 3969 (1983), çekme - makaslama direnci ise TS 47 (1981) de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

Sonuç olarak, uygulanan tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemlerinin kimyasal yapı üzerinde etkili olduğu, çözünürlük değerleri, pentozan miktarı asetil grubu miktarlarını azalttığı, odun asiditesini ise artırdığı tesbit edilmiştir. Buharlama ve doğal kurutma işlemleri formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yaparken kaplamaların teknik kurutulmasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak formaldehit emisyonunun arttığı belirlenmiştir. Formaldehit emisyonu miktarı kayın kontrplaklarda okume ve kızılçam kontrplaklarına göre daha düşüktür.

Anahtar Kelimeler: Kontrplak, Kaplama, Formaldehit Emisyonu, Teknik Kurutma, Doğal Kurutma, Tomruk Buharlama, Odun Kimyasal Yapısı, Asetil Grupları, Eğilme Direnci, Eğilmede Elastikiyet Modülü, Çekme - Makaslama direnci.

SUMMARY

EFFECTS OF PRE - TREATMENT AND VENEER DRYING CONDITIONS ON FORMALDEHYDE EMISSION OF PLYWOOD

In this study, effect of log steaming and veneer drying processes which have been applied during the plywood production on the chemistry of wood, and consequently formaldehyde emission, bending strength, modulus of elasticity and shear - tensile strength were investigated

At the laboratory, three - layer plywood were produced from the rotary veneers of okoume, beech and calabrain pine species in different nine variations. Before the plywood production, some of the veneers were chipped and then ground for the chemical analysis. TAPPI Standart Methods were used for these chemical analysis. Formaldehyde emission was determined by WKI - bottle method and perferator method, bending strength and modulus of elasticity by TS 3969 (1983), and shear - tensile strength by TS 47 (1981).

As a result, the processes of log steaming and veneer drying were determined to have infuluenced the chemical structure of wood, and reduced portions of pentosans and acetyl groups, but increased acidity of wood. Also log steaming and air drying treatments were reduced the formaldehyde emission of plywood. On the other hand, the formaldehyde emission was increased due to the temperature in kiln drying. Amount of formaldehyde emission from calabrain pine plywood was found to be higher than those of beech and okoume plywood.

Key Words: Plywood, Veneer, Formaldehyde Emission, Kiln Drying, Air Drying, Log Steaming, Chemical Structure of Wood, Acetyl Groups, Bending Strength, Modulus of Elasticity, Shear - Tensile Strength.

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yapıştırıcı ile Odun Arasındaki Hidrojen Köprüleri.....	12
Şekil 2. Gaz Analizi Yöntemi.....	22
Şekil 3. Deney Odasında Büyük Boyutlu Levhalardaki Formaldehit Emisyon Miktarının Hazırlanması.....	23
Şekil 4. Desikatör Metodu Deney Düzeneği.....	24
Şekil 5. Eğilme Direnci Deney Düzeneği.....	35
Şekil 6. a) Kontrplaklardan Çekme - Makaslama Örneklerinin Hazırlanması b) Çekme - Makaslama Deney Örneği	35
Şekil 7. WKI - Şişe Metodu Deney Düzeneği.....	38
Şekil 8. Perferatör Metodu Deney Düzeneği.....	39
Şekil 9. Freudenberg'e Göre Asetil Grupların Tayininde Kullanılan Cihaz....	44
Şekil 10. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhalarının Soğuksu Çözünürlüklerine Etkisi.....	49
Şekil 11. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhalarının Sıcak Su Çözünürlüklerine Etkisi.....	50
Şekil 12. Soyma Kaplama Levhaların % 1'lik NaOH'te Çözünürlüklerin Kurutma Yönteminin Etkisi.....	50
Şekil 13. Soyma Kaplama Levhaların Alkol - Benzen Çözünürlüklerine Kurutma Yönteminin Etkisi.....	51
Şekil 14. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların pH Değerlerine Etkisi.....	56
Şekil 15. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların Pentozan Miktarlarına Etkisi.....	56
Şekil 16. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların Asetil Grubu Miktarlarına Etkisi.....	57
Şekil 17. Tomruk Buharlama İşleminin Okume kaplama Levhaların Asetil Grubu Miktarına Etkisi.....	59
Şekil 18. Kurutma Yönteminin Eğilme Direncine Etkisi.....	63
Şekil 19. Kurutma Yönteminin Elastikiyet Modülüne Etkisi.....	63
Şekil 20. Kurutma Yönteminin Çekme - Makaslama Direncine Etkisi.....	66

Şekil 21. Deneme Kontrplaklarının Formaldehit Emisyonları Üzerine Kurutma Yönteminin Etkisi (Perferatör Y.).....	70
Şekil 22. WKI - Şişe Metodu İyometrik Yönteme Göre Belirlenen Formaldehit Emisyonlarına Kurutma Yönteminin Etkisi.....	70
Şekil 23. WKI - Şişe Metodu Fotometrik Yönteme Göre Belirlenen Formaldehit Emisyonu Üzerine Kurutma Yönteminin Etkisi.....	71
Ek Şekil 1. Farklı İşlem Görmüş Kayın Kaplamalara Ait FTIR - Spektrumları.....	87
Ek Şekil 2. Farklı İşlem Görmüş Kızılçam Kaplamalara Ait FTIR - Spektrumları.....	88
Ek Şekil 3. Farklı İşlem Görmüş Okume Kaplamalara Ait FTIR - Spektrumları.....	89

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Odunun Buhar Destilasyonu ve Su Ekstraksiyonu ile Çözünebilen Kimyasal Bileşenleri.....	29
Tablo 2. Soyma Kaplama Levhaların Üretim Faktörleri.....	46
Tablo 3. Soyma Kaplama Levhalarına Ait Çözünürlük Değerleri.....	47
Tablo 4. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların Çözünürlük Değerlerine Etkilerine İlişkin Varyans Analizi.....	48
Tablo 5. Okume Soyma Kaplama Levhaların Soğuk Su Çözünürlüğüne Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	51
Tablo 6. Okume Soyma Kaplama Levhalarının Sıcak Su Çözünürlüğüne Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	52
Tablo 7. Okume Soyma Kaplama Levhalarının % 1'lik NaOH'te Çözünürlükleri Üzerine Tomruk Buharlamanın Etkisi.....	52
Tablo 8. Okume Kaplama Levhalarının Alkol - Benzen Çözünürlüklerine Buharlama İşleminin Etkisi.....	53
Tablo 9. Soyma Kaplamaların pH, Pentozan ve Asetil Grubu Miktarları.....	54
Tablo 10. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Kaplama Levhaların pH, Pentozan ve Asetil Grubu Miktarlarına Etkisine Ait Varyans Analizi.....	55
Tablo 11. Okume Kaplama Levhaların pH Değerine Tomruk Buharlamanın Etkisi.....	57
Tablo 12. Okume Kaplama Levhaların Pentozan Miktarlarına Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	58
Tablo 13. Okume Kaplama Levhaların Asetil Grubu Miktarlarına Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	58
Tablo 14. Kimyasal Özellikler Üzerine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Varyans Test Sonuçları.....	59
Tablo 15. Deneme Kontrplaklarına Ait Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Ortalamaları.....	61

Tablo 16. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Kontrplakların Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülüne Etkisine İlişkin Varyans Analizi.....	62
Tablo 17. Eğilme Direncine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	64
Tablo 18. Eğilmede Elastikiyet Modülü Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	64
Tablo 19. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülüne Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)*	65
Tablo 20. Deneme Kontrplaklarına Ait Çekme - Makaslama Dirençleri.....	65
Tablo 21. Ağaç Türü Kurutma Yönteminin Kontrplakların Çekme - Makaslama Dirençlerine Etkisine İlişkin Varyans Analizi.....	66
Tablo 22. Çekme - Makaslama Dirençine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	67
Tablo 23. Çekme - Makaslama Dirençine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)*	67
Tablo 24. Deneme Kontrplaklarından Ayrışan Formaldehit Miktarları.....	68
Tablo 25. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Deneme Kontrplaklarından Ayrışan Formaldehit Miktarına Etkisine İlişkin Varyans Analizi.....	69
Tablo 26. Perferatör Metoduna Göre Buharlanan Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi.....	72
Tablo 27. Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi (WKI - Şişe Metodu İyodometrik Yöntem).....	72
Tablo 28. Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi (WKI - Şişe Metodu Fotometrik Yöntem).....	72
Tablo29. Formaldehit Emisyonuna Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)*	73

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun yapısını değiştirerek üretim yapan, kağıt ve selüloz endüstrilerinde kimyasal ve fiziksel özelliklerde meydana gelen değişmeler, uygulanan işlem safhalarına göre oldukça belirgin olmaktadır. Her ne kadar yonga levha ve kontrplak endüstrilerinde uygulanan işlemlerle odunun fiziksel ve kimyasal yapısında çok belirgin değişmeler olmasa dahi kurutma ve presleme şartlarına bağlı olarak meydana gelen bazı değişiklikler söz konusudur. Odunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine sıcaklığın etkisi, pek çok yayına konu olmuştur (1). Bunun yanında özellikle kontrplak üretiminde tomrukların yumuşatılarak daha kolay soyulmasını sağlamak amacıyla uygulanmakta olan buharlama işleminin, her ağaç türü için, odun özelliklerine etkisi farklı olabilmektedir.

Diğer yandan orman varlıklarının etkin ve verimli kullanılması çalışmalarının bir sonucu olan kontrplak üretimi; masif malzemeye göre çeşitli üstün özellikleri ve nisbeten ucuz olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle sentetik reçinelerin kullanılmaya başlanmasından sonra kontrplak üretiminde önemli mesafeler katedilmiştir. Ancak bu gelişmelerin paralelinde kontrplak üretiminde kullanılan tutkalların yapısında bulunan formaldehit emisyonunun, gerek levhaların üretimi ve gerekse kullanımları sırasında ortaya çıkmasıyla oluşan ciddi sorunlar gündeme gelmiştir. Zira; literatürlerde formaldehitin insan sağlığı üzerine pek çok olumsuz etkileri yanında kanserojen riskli maddeler arasında yer aldığı belirtilmektedir (2,3).

Çevre ve insan sağlığına verilen önemin artmasıyla pek çok ülkede formaldehit emisyonu için yasal sınırlandırmalar getirilmiş ve levha ürünleri ile kalite sınıfları geliştirilmiştir.

Bilimsel ve teknik gelişmeler doğrultusunda kaliteli ve istenilen özelliklerde ürünler üretilirken bu ürünlerin çevreye verdikleri zararları önlemek amacıyla gerekli yöntemlerin de araştırılması zorunludur. Belirlenecek yöntemlerin kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarını minimuma indirmesi yanında, levhaların çeşitli kullanım amaçları için istenilen özellik ve direnç değerlerinin altına düşülmemesine dikkat edilmelidir. Bu ise her şeyden önce formaldehit emisyonuna etki eden faktörlerin ortaya konulması ile sağlanabilir.

Bu çalışmada, kontrplak üretim aşamaları içerisinde yer alan tomruk buharlama ve kaplama kurutma gibi işlemlerin odunda meydana getirdiği değişiklikler belirlenmeye

çalışılmış ve bu değişmelerin bazı mekanik özellikler ile formaldehit emisyonuna etkilerinin literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

1.2. Tanımlar

TS 2128 (4) de Kontrplak, ardışık gelen tabakalarının lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde yapıştırılmış (orta tabaka veya göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik) bir levha olarak tanımlanmaktadır.

ASTM D-907 (5) ye göre kontrplak ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90° açı yapaçak şekilde tutkallanmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek sayıdadır.

Ancak 1982 yılında, orta tabakaları birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhalasından oluşan kontrplakların üretimine başlanmasından sonra literatürde (6), kontrplağın her bir tabakası tek bir tabakadan oluşabileceği gibi, iki veya daha çok kaplama levhaların birbirine paralel yapıştırılmasıyla teşkil edilebileceği bildirilmektedir.

DIN 68708 (7) ye göre ise Kontrplak lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiş en az üç adet yapıştırılmış tabakadan oluşan dış ve iç tabakaları öz veya orta tabakanın her iki tarafına simetrik olarak tesbit edilmiş levha olarak ifade edilmektedir.

1.3. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplak için üretilecek olan kaplama levhalarının özelliklerini; kullanılacak olan tomruğun elde edildiği ağaç türünün özgül ağırlığı, yıllık halka yapısı, ilkbahar ve yaz odununun katılım oranı, özgül ağırlık dağılımı ve her ikisi arasındaki geçişin durumu, çeşitli makroskopik hatalar ve özellikle liflerin durumu, reaksiyon odunun varlığı ve yapraklı ağaçlarda trahelerin halkalı veya dağınık oluşu gibi çeşitli özellikler belirler. İdeal kaplamalık tomruğun; silindirik formda olması ve özün her iki ucun geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzeyin yani çevrenin ve tomruk uçlarının kusursuz olması, odun yapısında ve özgül ağırlığında az bir değişmeyi gösteren yıllık halkaların yavaş ve homojen büyümesi, liflerin düzgün ve öze paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu olmaması, reaksiyon odunun bulunmaması, verimi düşürecek çatlakların olmaması ve çapın soyuma kaplama üretimi için en az 35 cm olması istenmektedir (8). Kontrplak üretimi aşağıdaki safhalarda gerçekleşmektedir.

1.3.1. Tomrukların Depolanması

Depolama esnasında tomrukların enine kesitlerinde ve çevrelerinde kuruma ve çatlamalardan dolayı oluşabilecek kusurları önlemek amacıyla; tomruk enine kesitlerine çeşitli koruyucu maddeler sürülmesi, uygun bir yağmurlama sistemiyle ıslatılması veya su içinde istiflenmeleri yollarına gidilebilir .

1.3.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlaması

Üretime başlamadan tomrukların soyma işlemine hazırlanması için hatalı kısımlarının uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makineleri için uygun uzunlukta kesilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılması gibi bazı ön işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Isıtma işlemi ülkemizde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işleminin amacı; tomruk deposundan gelen aynı cins, çap, kalite ve boydaki tomruklar soyma makinesinden önce odunu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolaylıkla işlenebilecek bir hale getirmek, kontrplağı teşkil eden levhaların bir biri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini arttırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatacak kolayca soyulmasını sağlamaktadır.

Yurdumuzdaki kontrplak fabrikalarında tomrukların yumuşatılması için buharlama odaları ve buharlama mahzenleri kullanılmakla birlikte genellikle buharlama direkt veya indirekt ısıtma ile yapılmaktadır (9).

Buharla muamelede; esas itibariyle pektin maddesi ve az miktarda ligninin çözünmesiyle odunsu hücrelerdeki orta lamel gevşetilmekte böylece soyma işlemi kolaylaşmaktadır (10).

Tomruklar buharlandıktan sonra, makina bıçaklarının zarar görmesini engellemek amacıyla temizleme makinalarından geçirilerek kabuk, iç kabuk ve kirlerinden arındırılır (9).

1.3.3. Soyma Yöntemi İle Kaplama Üretimi

Kontrplak üretiminde genel olarak soyma yöntemiyle üretilmiş kaplamalar kullanılmaktadır.

Kontrplağın özelliklerini büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi etkiler. Kaplama

kalitesi ise ağaç türüne, bunun soymaya hazırlanışına, soyma makinesi ve ayarına bağlıdır(11). Özellikle soyma makinesinin bıçak ve basınç levhasının ayarı (açı ve açıklıklar) kaplama kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

1.3.4. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması.

Soyma makinesinden çıkan sonsuz bant halindeki levha; tablalı masa (Tray-Deck) veya sargı-bobin sistemleriyle, boyutlandırma ve kusurlardan temizlenmesi için giyotinlere gönderilir. Kuru metodla kaplama üretiminde, soyma makinesinden çıkan levha doğrudan kurutuculara taşınmakta ve levhanın sonsuz bant halinde kurutulmasından sonra boyutlandırma ve kusurlarından temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

ÜF- Reçinesi ile kontrplak üretimi için; soyma kaplama levhalarının % 6 - 8 rutubete kadar kurutulmaları gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için geliştirilen kurutma makinelerinde, kaplamalar makinenin bir ucundan girerken yanlardan, alt ve üstten veya makinenin çıkış ucundan kurutucu hava püskürtülmektedir. Kaplama levhaların makine içindeki hareketini silindirler veya tel örgü bantlar sağlamaktadır.

1.3.5. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yanyana Eklenmesi

Geniş ve çok tabakalı kontrplakların üretiminde soyma suretiyle elde edilen dar kaplama levhaları birbirine eklenerek arzu edilen ölçülere getirilir. Ekonomik bakımdan da çok önemli olan bu işlem kağıt şeritler, iplik halindeki tutkal veya şerit kullanmayan kenar yapıştırma makineleriyle gerçekleştirilir.

1.3.6. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Üretilen kontrplak boyutlarına göre uygun şekilde kesilmiş ekli veya eksiz soyma kaplama levhaları; dökme, püskürtme ve sürme esasına göre çalışan makinelerle tutkallanmaktadır (6).

1.3.7. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi

Sıcak preslemeden önce uygulanacak olan soğuk presleme tutkal-odun bağına kuvvetlendirir, verimliliği artırır ve üretim kusurlarını azaltır. Uygun olmayan bir ön presleme ise özellikle tutkal-odun bağına zarar verir. Ön preslemeye, tutkal türü ve reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, sıcaklığı ve rutubeti, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi, ön pres basıncı ve süresi etki etmektedir.

Ön pres süresi genellikle 3 - 5 dk, basıncı ise 7 - 12 kg/cm² arasında değişir (6). Sentetik reçine kullanılarak üretilen kontrplak levhalarında iyi bir yapışma sağlanabilmesi için sıcak presler kullanılmaktadır. Kontrplakların preslenmesinde, pres basıncı, sıcaklığı ve süresi oldukça önemlidir. Pres basıncı öncelikle ağaç cinsi (yumuşak veya sert ağaç), elastikiyet ve sertliğe, üst yüzeylerin özelliğine, iç tabakanın ölçü tamlığı ve yapısı gibi faktörlere bağlı bulunmakta ve aynı tabaka içinde değişik ağaç türlerinin kullanılmasında pres basıncı yumuşak ağaca göre belirlenmektedir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlıdır ve her tutkal için uygun bir sertleşme sıcaklığı vardır. Üre formaldehit 90 - 120 C°, fenol formaldehit ise 140 - 170 C° arasındaki sıcaklıklarda sertleşmektedir (9). Sıcak preslerde presleme süresinin belirlenmesi için 100 C° sıcaklıktaki ısının orta tabakaya ulaşmaya kadar her bir mm levha kalınlığı için 1 dk olarak hesaplanmakta ve buna kullanılan tutkalın 100 C° deki yapışma (sertleşme) süresi ilave edilmektedir (9).

1.3.8. Kontrplakların Klimatize Edilmesi

Sıcak presten çıkan kontrplakların iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılıklarını stabil hale getirmek için klimatize edilmeleri gerekmektedir. Kontrplak endüstrisinde klimatize işlemi; presten çıkan levhaların araya çıta konmadan sık bir şekilde istif edilmesi, klimatize kanallarından geçirilmesi veya levha yüzeylerine su püskürtülmesi suretiyle gerçekleştirilebilir. Ancak ek bir iş getirmesi nedeniyle uygulamada bundan vazgeçilmiştir.

Klimatize işleminden sonra standart ölçülerden büyük olan levhalar; boy ve yan alma makineleriyle standart boyutlara getirilirler. Standartlara uygun şekilde boyutlandırılan kontrplakların, alt ve üst yüzeyleri zımparalama makineleri ile zımparalanmaktadır.

1.4. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

1930 yılından önce kontrplak üretiminde kullanılan hayvansal, kazein, kan albümini ve bitkisel tutkalların yerini bugün için sentetik reçineler almış ve hızlı bir şekilde gelişme göstermişlerdir.

1.4.1. Organik Yapıştırıcılar

Levha endüstrisinde genellikle duroplastik reçineler (Aminoplastlar; üre formaldehit, melamin formaldehit ve fenoplastlar; fenol formaldehit ve resorsin formaldehit) ile az miktarda termoplastik reçineler kullanılmaktadır. Duroplastik reçineler ısıtılarak önce yumuşamakta sonra da yeniden yumuşamamak üzere sertleşmektedir (12). Oysa, termoplastik reçinelerin ısıyla yapışma özelliklerinde bazı değişiklikler görülür.

1.4.1.1. Üre Formaldehit (ÜF) Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı; ucuz olması, kullanma teknolojisinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeni ile tabakalı ağaç malzeme, yonga levha, lif evha, ve masif konstrüksiyon işlerinde en çok kullanılan yapıştırıcıdır.

ÜF tutkalı, üre ve formaldehitin sulu bir çözeltide kondense olmasıyla elde olunur. Her iki bileşen dimetil ve monometilol ürenin teşekkülü altında, hafif alkali ortamda reaksiyona girer. Oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Bu ön kondenzasyon ürünleri henüz suda çözünebilen bileşikler olup reaksiyona üç boyutlu ağlar oluşturacak şekilde devam ederler, arzu edilen kondenzasyon derecesine ulaşmasından sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötralleşme ile kesilir. Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri; çeşitli kondenzasyon kademelerindeki pH, üre ve formaldehit arasındaki mol oranı, kondenzasyon esnasında çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, kondenzasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir (13). Genel olarak ÜF-tutkalının üretim akışı aşağıdaki gibidir (14).

- 1- Formaldehitin reaktöre verilmesi
- 2- pH'nın nötr veya alkali olacak şekilde ayarlanması
- 3- Modife edici maddelerin ilavesi
- 4- Arzu edilen mol oranına göre üre ilave edilmesi
- 5- Reaksiyonun başlaması ve hızlandırılması için sıcaklığın artırılması ($\approx 90^\circ\text{C}$)
- 6- Alkali ortamda 90°C 'de sıcaklığın sabit tutulması
- 7- pH'ın asidik ortama ayarlanması
- 8- İstenilen molekül ağırlığını elde etmek üzere kondenzasyon reaksiyonu için asidik pH'nın korunması ve artırılması
- 9- Reaksiyonu durdurmak için pH'nın 7.0 üzerine çıkararak nötralize edilmesi
- 10- Gerekirse fazla suyun destile edilmesi
- 11- Arzu edilirse üre ilave edilmesi
- 12- İlave kimyasal maddelerin katılması
- 13- 25°C 'ye kadar soğutma

Üre ve formaldehit mol oranının 1/1 ile 1/2 arasında ayarlamak suretiyle değişik özelliklerdeki reçineyi elde etmek mümkündür. Özellikle formaldehit miktarı yüksek olan reçine daha uzun süre depolanabilir. Ancak presleme esnasında ve sonrasında yapıştırılmış malzemelerde aşırı formaldehit emisyonu sözkonusu olur (15).

Üre ve formaldehit arasındaki kondenzasyon reaksiyonunun seyri çeşitli yollarla değiştirilebilir. Örneğin DOS 2207921'e göre fazla miktardaki formaldehit ($\text{Ü/F} = 1/3$) ile üre, pH 3' den düşük ortamda ön kondenzasyon oluşturur ve bunu takiben pH yavaş yavaş yükselttilerek ilave ürenin katılmasıyla kondenzasyon pH 8 civarında devam ettirilir. Bu şekilde üretilmiş ÜF tutkalları geleneksel yöntemle üretilmiş, aynı mol oranına sahip tutkallarla kıyaslandığında çok daha düşük serbest formaldehit oranı göstermektedir.

ÜF-tutkalının kullanım amaçlarına göre ayarlanması gereken özellikleri arasında; viskozite, soğuk uygulanabilirlik, mol oranı, reaktivite, pH, buffer kapasitesi, depolanabilirlik ve ilave maddelerle (parafin gibi) uyumluluk gösterilebilir (13).

1.4.1.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol ile formaldehitin kondenzasyonu ya asidik, veya alkali ortamda olur ki bunun sonucu olarak isimlendirilen iki ayrı tutkal türü ortaya çıkar. Formaldehit/fenol < 1 olmak

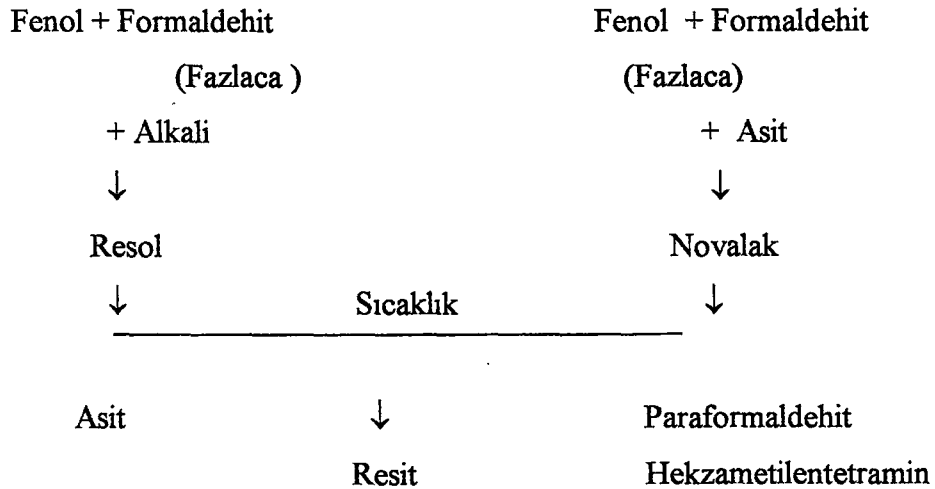
üzere fenol ile formaldehitin asidik katalizörler yardımı ile kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine NOVALAK adı verilmekte olup, organik alkali çözücülerde çözünmektedir. Asidik fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırabilmek (yani yarıda kesilen kondenzasyonu devam ettirebilmek) için çözelti pH değerinin 2 olması gerekir. Ağaç malzemeye zarar veren bu durum nedeniyle asidik tür odun işleyen endüstrilerde kullanılmamaktadır (15,16).

Formaldehit / fenol > 1 (1.5 - 2) olmak üzere fenol ile formaldehitin alkali katalizörler yardımıyla kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise RESOL denilmektedir.

Her iki türün de elde edilişi aynı olup, fenol ile formaldehit çözeltileri yukarıdaki oranlarda karıştırıldıktan sonra reaksiyonun başlayabilmesi için çözeltinin pH değerinin ayarlanması amacıyla NaOH ilave edilmektedir.

Ekstrem hava şartlarına dayanıklı oluşu nedeniyle daha ziyade açık havada ve klimatize edilmeyen yerlerde kullanılacak masif ve tabakalı ağaç malzemelerin üretimi için kullanılır. Ayrıca ahşap konstrüksiyonlarda, odun ve metalin yapıştırılmasında, bazı özel kağıtlara emdirilerek yüzey kaplamada kullanılmaktadır.

Fenol reçinesi tutkalının bazı durumlarda uygulandığı malzemeye koyu bir renk vermesi ve sıvı tutkalında her odun çeşidinde kullanılmaya elverişli olmayıp bazı çeşitlerde tutkalın emilerek malzemenin içine fazla geçmesi gibi sakıncalı yönleri de bulunmaktadır. Ayrıca bu tutkalla yapıştırılmış olan ve kapalı yerde kullanılan malzemedeki fenol veya krezot kokusu bazen uzun yıllarca kalabilmektedir (15).



1.4.1.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu oluşan, görünüşü, kimyasal tutumu ve kullanım yeri bakımından ÜF tutkalına çok benzer özellikte bir tutkal çeşididir.

Melamin-formaldehit reçine üretimi pH = 5 - 6 da yapılır. Buradada reaksiyon nötürleştirmek suretiyle kondenzasyon ürünü yeterince çözünebilir bir durumda durdurulur. Çözünebilir reçine safhasında iken reçine depolamaya elverişlidir. Melamin reçinesi çözültisinde aktiviteyi canlandıran grupların bulunması bu reçinenin dayanıklılığını azaltır. Çünkü bekleme süresince reaksiyon ilerler ve çapraz bağlı reçineye dönüşür. Bu yüzden çözünebilir reçine püskürtülerek suyu giderilip toz haline getirilir ve istenildiğinde sulandırılarak kullanılır (15,17).

Melamin tutkalı üre tutkalının aksine asidik katalizör kullanmadan sadece sıcakta sertleşir. Az miktarda katılan asidik katalizatör sıcak ortamda sertleşmeyi hızlandırır. Bu bakımdan melamin reçinesi soğuk tutkalamaya elverişli değildir.

Pahalı olması nedeniyle genellikle ÜF veya dolgu maddesi ilavesiyle kullanılır. % 10 - 15 oranında resorsin ilavesi ile hazırlanan MF tutkalı sıcakta odun ile metali yapıştırmak maksadıyla kullanılmaktadır (17).

1.4.2. Diğer Yapıştırıcılar

Son yıllarda maliyetlerindeki önemli ölçülerdeki artışlar fenolik reçinelerin üretiminde, yenilenebilir hammadde kaynaklarının bulunması ve kullanımına yönelik araştırma ve geliştirme çabalarını artırmıştır. Özellikle zengin fenolik yapılara sahip tanen ve lignin gibi maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur.

Georgia Pasific Resins Inc. yenilenebilen bir hammadde olan lignin ile modifiye edilmiş fenolik tutkal kullanılarak üretilmiş bir kontrplak geliştirmiş ve bu konuda patent almıştır. Üç yıllık ticari kullanım ve yapılan testler neticesinde ligninle modifiye edilen fenolik tutkalın normal fenolik tutkallar kadar hatta daha üstün özellikler gösterdiği görülmüştür. Ligninin kullanılmasıyla fenolden %15 - 30 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (18).

Batı Almanya'da gerçekleştirilen araştırmalara göre yonga levha üretiminde sülfit atık suyunun kullanılmasıyla fenolik rećinelerden %15 tasarruf sağlandığı belirtilmektedir. Özellikle bu tip uygulamalarda sülfit atık suyu yerine atık sudan izole edilerek saflaştırılan lignosülfonatların kullanılması daha iyi sonućlar vermektedir. Lignoslfonatlar üç boyutlu fenolik polimer ağını meydana getirmekte ve bu yapısal özellikten dolayı fenol formaldehit rećineleriyle tutkal hazırlanmasında yararlanılmaktadır. OY Keskuslaboratori'da hazırlanan KARATEX tutkalı hava koşullarına dayanıklı kontrplak ve yonga levha üretim amacına yöneliktir. Karatexin hazırlanmasında normal bir karışımda gerekli olan fenolik rećineden % 40 tasarruf sağlanmaktadır (19,20).

A.B.D. de fenol formaldehit tutkalına % 25 oranında Kraft lignininin katılmasıyla Douglas göknarı kontrplaklarının yapıştırılmasında başarılı sonućlar elde edilmiştir. Yine aynı ülkede mason yöntemiyle elde edilen ligninden yapılan yapıştırıcıların kullanıldığı kontrplaklarda ćekme-makaslama direnćlerinin fenol formaldehit ile yapıştırılmış olanlardan elde edilen değerlere yakın bulunmasına rağmen lif oranı deneyi sonućları daha düşük bulunmaktadır (21).

Yine, doęal bir polifenol olan tanenin; bazı ülkelerde, sentetik rećinelerin maliyetlerini düřürmek amacıyla odun levhalarının üretiminde yapıřtırıcı olarak deęerlendirildięi bilinmektedir. Tanen formaldehit rećinesi, tutkal olarak veya dięer tutkallara ilave edilerek de kullanılabilir. Avustralya'da tanen formaldehit ile üretilmiř ticari kontrplakların üretimi 1960 yılında bařlamıřtır. Güney Afrikada kontrplak üretiminin % 50 si tanen rećineleriyle gerćekleřtirilmektedir (22,23). Ayrıca Finlandiya kontrplak endüstrisinde, fenol rećinelerinin sertleřmesini hızlandırmak ićin yaklařık olarak 2500 (t) quebracho taneni kullanılmaktadır (22).

1.5. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak endüstrisinde yapıřtırıcı olarak, genel amaćlı kontrplaklar ićin F, yapı kontrplakları ićin ise FF-rećineleri kullanılmakta ve her iki tutkal türü ićin, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metodu ve pres Őartlarına göre ćeřitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir.

ASTM-D-1907-77 (24)' de katkı maddelerini; nisbeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcı miktarını azaltmak ićin tutkala ilave

edilen maddeler, dolgu maddelerini ise genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala, onun çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır.

Bir çok literatürde kontrplak üretimi için, dolgu ve katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle sağlanabilecek avantajlar belirtilmiş (6,11,12,25,26,27) ve genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmaktadır (25,27). Katkı maddesinin (buğday, çavdar, patates, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilavesiyle tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, makine ile sürülmesi kolaylaşmakta, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artmakta, tutkalın kaplama içersine penetrasyonu engellenmekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliği ve tutkal hattında oluşabilecek gerilimler önemli oranda azaltmakta ve sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalması engellenmektedir (2).

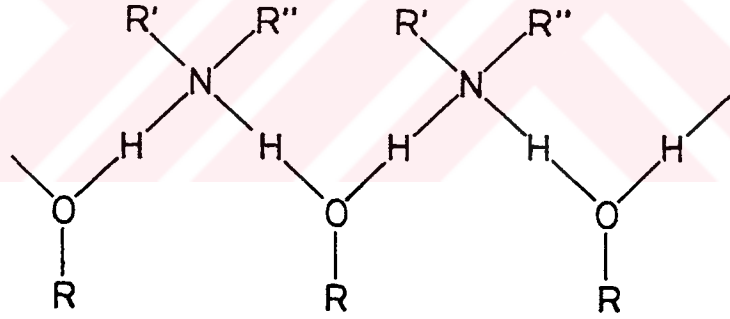
1.6. Yapışmanın Fiziksel ve Kimyasal İlkeleri

Kolloidal çözeltiler halindeki odun tutkalları yapışma sırasında önce geçici olarak jelleşir ve zaman geçtikçe katılaşarak iki ağaç malzeme yüzeyi arasında katı bir tabaka oluşur. Bu tabaka çeşitli zorlamalara karşı koyabilecek dirence sahiptir. Diğer taraftan tutkal çözeltilisi katılaşırken iki ağaç malzemeyi birleştirir. Ayrıca kuvvetlere karşı, tutkal ve odun yüzeyi arasında oluşan bağlar ve tutkal tabakası yeterli direnç göstermelidir (22). Tutkalın mukavemeti ve elastikiyeti; moleküllerin yapısına, ağırlığına, dağılıma fonksiyonuna ve ağ yapısının oluşma derecesine bağlıdır. İki katı maddenin yapışmasının veya karşılıklı gelen yüzeylerin birleşmesini sağlayan kuvvetlerin toplamına adhezyon denir. Bu olayın gerçekleşmesi için aynı cinsten olmayan maddelerin molekülleri arasındaki mesafe yeterli olmalıdır. Bu nedenle bu mesafenin 3×10^{-8} (cm)'den az olması istenir (28).

Ağaç malzemelerin yapıştırılmasında kolloidal çözelti halinde bulunan tutkal viskozitesine bağlı olarak odun gözeneklerine yüzeyden itibaren, belirli derinliklerde difüze olur ve girdiği yüzeyleri de ıslatır. Zamanla sıvı tutkalın katılaşmasıyla odun ile tutkal arasında bir bağlanma gerçekleşir. Mekanik adhezyon olarak isimlendirilen bu kenetlenmenin, yapışmayı sağlayan kuvvetlere katılma oranı, pratik olarak yoktur. Hatta tutkal; ağaç malzemenin gözeneklerini tamamen doldurur ve iki parça arasında bir tutkal tabakası oluşmaz ve bu tabakanın oluşumu yer yer aksarsa zararlıdır. Yapışmayı

gerçekleştiren ve yeterli direnci sağlayan spesifik adhezyondur. Sabit cisim üzerindeki moleküllerle tutkal tabakası molekülleri arasında karşılıklı etkiyle meydana gelen spesifik adhezyon, maddelerin karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişme gösterir. Bu değişim; maddelerin karakteristik özellikleriyle, bu özelliğe uygun tutkal seçimini zorunlu kılar. Bilindiği gibi maddeler polar ve polar olmayan maddeler olarak iki guruba ayrılır. Ancak aynı gruptan olan maddeler birbirine tutkal yardımıyla yapıştırılabilirler. Bunun sonucu olarak odun işleyen endüstrilerde kullanılan tutkallar kuvvetli polar maddeler sınıfına dahildir. İki polar cisim birbirine yapıştırıldığında karşılıklı etkileşim sonucu dipoller oluşur ve dipoller arasındaki etki bir taraftan hidrojen, diğer taraftan oksijen ve azotun katılmasıyla birlikte belirgin ölçüde artar ve bunun sonucunda hidrojen köprüleri oluşur (2).

Ağaç malzemenin yapısında bulunan selüloz ile tutkallar arasında oluşan hidrojen köprülerinin adhezyonun diğer bir ifadeyle yapışma direncinin sağlanmasındaki etkilerinin çok büyük olduğu söylenmektedir (29).



Şekil 1. Yapıştırıcı İle Odun Arasındaki Hidrojen Köprüleri

Aynı cins moleküller arasındaki bağa yani moleküllerarası kuvvetlerin tamamına kohezyon denir. Cismin dış etkilere karşı direnç göstermesi kohezyon kuvvetlerinin varlığı ile mümkündür ve bu kuvvetlerin büyüklüğüne bağlıdır. Bu ise cismin molekül yapısı tarafından belirlenir. Yapıştırıcılarda tutkal tabakası direncinin (yani kohezyonun); tutkal ile

ağaç malzeme arasındaki bağlantının direncine (yani adhezyona) eşit olması ve her ikisinin de ağaç malzeme direncinden yüksek olması idealdir (11,29).

1.7. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler

Kontrplaklarda tutkal bağı kalitesini etkileyen faktörleri üç ana katogoriye ayırmak mümkündür (15).

A- Kaplama (odun) ile ilgili faktörler

- 1- Özgül ağırlık
- 2- Kaplama rutubeti
- 3- Anatomik yapı
- 4- Kaplama sıcaklığı
- 5- Yüzey pürüzlüğü
- 6- Kaplamanın ıslanabilme yeteneği
- 7- Ekstraktif maddeler
- 8- Levha kalınlığı

B- Üretim şartları ile ilgili faktörler

- 1- Üretim anındaki sıcaklık ve bağıl nem
- 2- Açık ve kapalı bekleme süresi
- 3- Ön pres süresi, sıcaklığı ve basıncı
- 4- Pres süresi, sıcaklığı ve basıncı

C- Yapıştırıcı ile ilgili faktörler

- 1- Yapıştırıcı türü ve karakteristiklikleri
- 2- Tutkal karışım formülü ve viskozitesi
- 3- Yüzeye sürülen tutkal miktarı

Yapışma direnci ile odunun özgül ağırlığı arasındaki ilişki pek çok araştırmaya konu olmuş ve araştırmalar sonucunda genel olarak özgül ağırlık arttıkça yapışma direncinin de arttığı görülmüştür. Çeşitli ağaç türleri ile ÜF, Fenol resorsin formaldehit ve kazein tutkallarıyla yapılan çalışmalarda yapışma direncinin 0.8 gr/cm^3 özgül ağırlığa kadar arttığı ve 0.8 gr/cm^3 ten sonra ise azaldığı bulunmuştur (15).

Kontrplak üretiminde kaplama rutubetinin kazein, kola, soya ve hayvansal tutkallar için % 3 - 5, ÜF'in soğuk kullanılanları için % 7 - 9, sıcak kullanılanları için ise % 5 -

7, FF için % 5 - 6 olması tavsiye edilmektedir. Film halindeki tutkallarda ise kaplama rutubeti % 10 kadar olabilir. Yapıştırıcının oduna nüfuz edebildiği derinlik ve tutkallama sonunda meydana gelen tutkal tabakası kalınlığı, tutkallama anında odunda mevcut su miktarına bağlıdır (30).

Yapılan bir araştırmada ilkbahar odunu - ilkbahar odunu yapıştırılmalarında en kuvvetli, yaz odunu - yaz odunu yapıştırılmalarında en zayıf, ilkbahar odunu - yaz odunu yapıştırılmalarında ise orta kuvvette yapıştırılmaların meydana geldiği belirlenmiştir. Bunun nedeni araştırıldığında, tutkalın ilkbahar odunu hücrelerinin içine kadar nüfuz ettiği ve burada katılarak odunla tutkal tabakası arasında sıkı bir kenetlenme meydana getirdiği, diğer taraftan kalın zarlı yaz odunu hücrelerinde bu durumun meydana gelmediği görülmüştür. Ayrıca eşit yapışma direncine sahip olmaları için halkalı traheli ağaç odunlarının dağınık trahelilere oranla daha uzun bir sıkıştırma süresini gerektirdiği belirtilmektedir.

Yapışma esnasında odun sıcaklığının yapışma direnci üzerine önemli bir etkisi olmamakla birlikte, özellikle uzun bekletme sürelerinde tesirli olmakta ve yapışma direncini düşürmektedir (15).

Yüzeyleri düzgün malzemelerin yapıştırılmasında, yüzeyleri pürüzlü malzemelere oranla daha yüksek bir yapışma sağlanır.

Yapışmayı etkileyen faktörlerden biri de odunun bir yapıştırıcı tarafından ıslanabilme yeteneğidir. Yüzeylerin ıslanabilme derecesi odunun yeni ya da eski kesilmiş olmasına, kurutma sıcaklığına ve odunun ekstraktif madde miktarına bağlıdır. Su ile doymun halde bulunan Sarı Kavak (*Liriodendron tulipifera* L.) ile yapılan bir çalışmada 170°C, 195°C ve 220°C sıcaklık ve farklı sürelerde uygulanan kurutma işlemi sonucunda ıslanabilirliğin zaman ve özellikle artan sıcaklık ile azaldığı görülmüştür (31). Polar ve hidrofilik ekstraktifler odunun ıslanma özelliğini artırırken, polar olmayan ekstraktifler ise ıslanabilirliği azaltmaktadır. Eski odun yüzeyleri kirlenmeye karşı çok iyi korunmuş olsalar bile ıslanma yeteneklerini büyük ölçüde kaybederler. Yapıştırıcının yüzey gerilimi ve sürme şekli de yapışma direncini etkilemektedir (15).

Bir çok ağaçta öz odun ile diri odun arasında yapıştırılma özellikleri bakımından önemli farklılıklar vardır. Bu farklılığın öz odunda bulunan ekstraktif maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Odun ekstraktifleri odunun kullanım ve teknik özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir. pH değerinin tutkalın yapışmasını etkilediği iyi bilinen bir

gerçektir. Üre formaldehit tutkalının asidik odunlarla, alkali sınırlar içersinde pH'a sahip odunlara göre daha kısa süre içersinde yapışacağı açıktır. pH değeri 8 olan öz odunun tutkalın asiditesini düşürdüğü, böylelikle sertleşmeyi geçiktirdiği ve hatta önlediği Sanderman tarafından belirtilmektedir. Diğer taraftan odunun pH değerinin önemli ölçüde düşük olması halinde tutkal asit ilavesi olmaksızın katılaşacaktır. Eğer pH değeri kaplamanın tüm yüzünde üniform değilse yapışma da üniform olmayacaktır. Enine kesitlerde aynı örnekte dahi ekstraktiflerin dağılımı farklı ekstraktifler için farklıdır (32).

Pres basıncı, sıcaklığı ve süresi; ağaç türü, malzeme kalınlığı ile tutkal türü ve çözeltisine göre değişme göstermektedir. Genellikle pres basıncının artmasıyla yapışma direnci artmaktadır. Ancak kalınlık kayıplarına dikkat edilmelidir.

1.8. Formaldehit Emisyonu

Kimyada en basit ve endüstride en önemli alifatik aldehit olan formaldehit, buhar şeklindeki metanolün havanın oksijeni ile okside edilmesinden elde edilir. Metanol ise kömür, oksijen ve hidrojenle üretilmektedir. Yüksek kimyasal reaksiyonu ve ucuzluğu organik kimyasal sentezlerde formaldehitin önemli bir rol oynamasına imkan vermekte ve çok sayıdaki endüstri kolunda kimyasal madde olarak kullanılmaktadır. Diş macunu, sabun, aşı ve antiseptik üretimi yanında üre, fenol ve melamin formaldehit tutkallarının yapı elemanını oluşturmaktadır.

Özellikle ucuz oluşu, kullanım teknolojisinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeni ile kontrplak, yonga levha ve liflevha üretiminde önemli ölçüde kullanılan ÜF tutkalı ile üretilen levhalardan gerek üretim gerekse kullanımları sırasında, odun türü, reçine tipi ve miktarı, presleme şartları, sertleştirici ve ilave maddelerin miktarı ve türleri ile odun rutubeti gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda formaldehit açığa çıkmaktadır.

Formaldehit emisyonu problemi sadece ÜF-tutkalı ile üretilmiş odun levhalardan değil formaldehit kullanılarak üretilmiş tekstil, halı ve duvar kağıdı gibi malzemelerden, sigara dumanından ve otomobil eksoz gazlarından da kaynaklanmaktadır.

Kentleri çevreleyen havada da formaldehit bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar bu formaldehitin genellikle araçlardan çıkan gazlardan oluştuğunu ortaya koymuştur. Konsantrasyonu genelde 0.1 ppm'in altındadır. Bu oran günün belli saatleri ve mevsime göre değişir (3).

1.8.1. Formaldehitin Canlılar Üzerine Etkileri

Formaldehitin insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle, bazı ülkelerde 1980 yılından itibaren ayrışan formaldehit miktarlarını sınırlayıcı idari tedbirler alınmıştır .

Formaldehitin bazı konsantrasyonlarda merkezi sinir sistemi üzerine uyuşturucu ve solunum sistemini tahriş edici etkisi bulunmaktadır. Uzun zincirli aldehidlerde uyuşturucu etkisinin ağırlıkta olmasına rağmen, kısa zincirlerde tahriş edici etki ağır basmaktadır. Formaldehitin tahriş edici etkisi daha çok üst solunum yollarında görülmektedir (33).

Formaldehit ile ilgili literatür verileri, koku-tahriş ve dayanabilme sınırları arasında farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Buna göre formaldehitin hangi konsantrasyonlarda koku vermeye başladığı, artış ve tahriş sınırının başlaması hakkında birçok farklı görüşler bulunmaktadır. Roffael (1982)'e göre gözler için tahriş sınırı 0.01...5.0 ppm konsantrasyon bölgesinde bulunmasına rağmen, koku başlangıcı 0.05...1.6 ppm olarak verilmektedir (33).

Yapılan araştırmalara göre, insanların çoğu genellikle 0.4 ppm formaldehit konsantrasyonu altındaki değerlerden rahatsız olmaktadır. Alerjik insanlar için bu sınır 0.25 ppm olarak belirtilmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda insanlarda önce gözlerde hafif bir tahrişe neden olur. Artan konsantrasyonlarda göz yaşarması ile boğazlarda yanma ve tahriş oluşumu ortaya çıkmakta, 3.5 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda ise öksürük, nefes darlığı, göz yaşarması gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Aynı ve benzer sendromlara organik tozlar, bazı gazlar mikroplar ve bakteriler de neden olabilir (3).

1.8.1.1. Üretim Sırasında Formaldehit Emisyonu

Levha taslakları oluşturulduktan sonra, özellikle sıcak presleme safhasında pres sıcaklığı ve içerisine ilave edilen sertleştiricinin etkisi ile tutkal sertleşirken formaldehit emisyonu meydana gelir. Bu nedenle pres çevresinde yoğun bir şekilde formaldehit bulunur. Çalışanların sağlığı açısından özellikle pres çevresinin iyi bir havalandırma sistemiyle teçhiz edilmiş olması gerekmektedir. Bazı ülkelerde fabrika bacalarından atmosfere bırakılan gaz miktarının sınırlandırılmış olması nedeniyle artık gazların yakılması veya suyla yıkanarak formaldehitin tutulması yoluna gidilebilir. Ancak her iki yöntem de yatırım ve işletme açısından pahalıya mal olmaktadır (3).

Kullanılan tutkalın F/Ü mol oranının ayarlanması suretiyle formaldehit emisyonu azaltılabilir. Bunun için F/Ü mol oranının pratikte uygulanan 1.8 oranından 1.2 - 1.3 civarına düşürülmesi gerekmektedir. Mol oranı ile etkileşebilen diğer değişkenler de emisyonu etkileyebilir. Örneğin; artan pres sıcaklık ve suresi emisyonun azalmasına neden olabilmektedir (34).

Diğer taraftan; formaldehit emisyonu %20'ye kadar ÜF-tutkalına ilave edilen üre veya melamin miktarındaki artış ile de azaltılabilir. %20 üre veya melamin içeren ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme ve makaslama dirençleri de oldukça iyi sonuçlar vermektedir (35). Ayrıca formaldehit emisyonu miktarını azaltmak için üre formaldehit ile fenol formaldehit ve izosiyonat bileşikleri karışım halinde kullanılabilir (33). Levhaların üretimi sırasında veya üretiminden sonra kaplanmalarında formaldehit tutucu denilen bağlayıcı maddelerin kullanımı da emisyonu azaltan bir başka yöntemdir (36).

Formaldehit emisyonunu azaltma yöntemlerinden bazıları (37):

- NH₃ ile Formaldehitin Reaksiyonu: Levhanın direkt amonyak gazına maruz bırakılması veya amonyak tuzları ile muamele edilmesi şeklinde uygulanır. Amonyum tuzlarının çeşitleri ile muamele edilen kontrplaklarda, kullanılan tuz çözeltisinin artan pH'ı ile formaldehit emisyonunun azaldığı gözlenmektedir.

- Oksijenli Sülfür Bileşikleri ile Formaldehitin Reaksiyonu: Pek çok oksijenli sülfür asitlerinin alkali tuzları kullanılmaktadır. Ayrıca SO₂ de kullanılmaktadır.

- Organik -NH gurupları ile Formaldehitin Reaksiyonu: Bu amaçla amin ve amidler kullanılmasına rağmen esas madde üredir.

- pH Ayarlama: Formaldehit ayrışması için üre formaldehit reçinesinin hidrolitik degradesyonu , pH'ın nötrale yakın olarak ayarlanması ile minimuma indirilir.

- Fiziksel Koruyucular: Permeabil olmayan kaplamaların veya laminatların kullanılmasıyla formaldehit emisyonu önlenir (37,38,30,40)

1.8.1.2. Kullanım Sırasında Formaldehit Emisyonu.

Formaldehit ihtiva eden tutkallarla üretilen levha ürünlerinden formaldehit emisyonu zamanla azalmakla birlikte yıllarca devam etmektedir ve bazı nedenlerle levha kenarlarındaki formaldehit emisyonu yüzeylerden daha fazla olmaktadır (41). Bu ürünlerin yüzeylerinin çeşitli şekillerde kaplanmasıyla formaldehit emisyonu, kullanılan kaplamanın türü, kalınlığı,

tutkal türü ve miktarına ve pres koşullarına bağlı olarak azaltılabilmektedir. Kullanılan kaplamaların formaldehit tutucularla muamelesi (36) ve yapıştırılmalarında ÜF tutkalı yerine PVC tutkallarının kullanılması (38) halinde formaldehit emisyonu önemli ölçüde azalmaktadır.

Yapılan bir çalışmada 2mm lik dekoratif vinil kaplamaları ile kaplanmış levha yüzeylerinden ayrılan formaldehit miktarının % 90 oranında azaldığı görülmüştür (42).

1.8.2. Formaldehit Emisyonuna Etki Eden Faktörler

1.8.2.1. Ağaç Türü

Yapılan bir çalışmada aynı koşullar altında üretilen kayın kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı huş kontrplaklardan ayrılandan daha çok, ladin ve okume kontrplaklardan ayrılan formaldehit ise yaklaşık aynı ve huş kontrplaklardan daha az bulunmuştur (39). Diğer taraftan meşe yonga levhalardan ayrılan formaldehit miktarı çam yonga levhalarından ayrılandan daha az (43), ladinden üretilen yongalevhalarındaki formaldehit ayrışması da kayından üretilmiş olanlarınkinden daha yüksek bulunmuştur.

1.8.2.2. (F/Ü) Mol Oranı

ÜF-tutkalı ile üretilen levhalardan ayrılan formaldehit miktarını etkileyen en önemli faktör F/Ü mol oranıdır. Yapılan araştırmalara göre mol oranı ile formaldehit emisyonu arasında lineer bir ilişkinin olduğu gözlenmiştir (34,39,44). Alman Standardı E1 sınıfı için meskenlerde kullanılan yonga levhaların perferatör değerinin $\leq 10\text{mg}/100\text{g}$ olması istenmektedir. Bu nedenle F/Ü mol oranının en azından 1.2 ve hatta 1.1 olması gerekmektedir. Ancak bu oranın belli değerlerin altında olması halinde yonga levhaların çekme direnci azalmakta ve kalınlığına şişme artmaktadır. Yapılan araştırmalar; eğilme direnci için, 1.2 oranının altındaki değerlerinin uygun olmadığını (45), kalınlığına şişmenin ise 1.3 ün altındaki değerlerde hızla artmaya başladığını göstermiştir (34).

F/Ü oranının düşürülmesiyle azalan tutkalın donma hızını amonyum tuzlarının katalitik etkisiyle dengelemek mümkündür (3).

1.8.2.3. Sertleştiricilerin Etkisi

Tutkala ilave edilen sertleştirici tipi ve hazırlanmasının da formaldehit ayrışması üzerine etkisi olup diğer sertleştiricilere göre amonyum klorür daha olumlu etki göstermektedir. Miktar olarak en uygunu ise, %1.5 oranında amonyum klorürün kullanılmasıdır (46).

1.8.2.4 Presleme Koşullarının Etkisi

Genel olarak artan pres sıcaklığı ve süresiyle birlikte levhalardan ayrılan formaldehit miktarı azalma göstermektedir (34). Özellikle yongaların preslenmesi sırasında ek bir yüksek frekansla ısıtma uygulanması, üretilmiş levhalardan formaldehit ayrışması potansiyelini azaltıcı etki yapmakta ancak azalma miktarı presleme işleminde yongalevhalarının ortasında ulaşılan sıcaklığa bağlı olmaktadır (3).

Yongalevhaların yüzeylerinin kaplanması sırasında, artan sıcaklıkla birlikte ayrılan formaldehit miktarı arasında doğrusal bir ilişki gözlenmiştir (39).

1.8.2.5 Tutkal Miktarının Etkisi

Yongalevha üretiminde artan tutkal miktarının genelde formaldehit ayrışmasını artırdığı (39), ancak yüzde olarak kıyaslandığında bu miktarın önemli olmadığı belirlenmiştir. Levha üretiminde formaldehit oranı yüksek tutkalların kullanılması halinde tutkal miktarının etkisinin oldukça önemli olacağı açıktır.

1.8.2.6. Formaldehit Tutucuların Etkisi

Formaldehit tutucular; melamin ve resorsin gibi formaldehitle bağlanabilen maddeler olup bunlar, presleme esnasında ve sonrasında oluşan serbest formaldehitle reaksiyona girer ve böylece formaldehit emisyonunu önemli oranda azaltırlar. Tutkallanmadan önce veya sonra kaplama yüzeylerine formaldehitle bağlanabilen basit kimyasal maddelerin püskürtülmesi şeklinde uygulanabilirler (36). Sepi maddeleri ve türevleri, sodyum tiosülfat, sodyum sülfür, polivinil alkol ve elementer kükürt formaldehit tutucular olarak gösterilebilir.

Literatürlerde formaldehit tutucularla ilgili pek çok patentten bahsedilmektedir (36).

1.8.2.7. Levhaların Depolanmasının Etkisi

Depolama süresine bağlı olarak yonga levhalardan ayrılan formaldehit miktarı, formaldehit mol oranı yüksek olan ÜF-tutkalı ile üretilmiş olanlarda formaldehit mol oranı düşük olanlara göre daha çok olmaktadır (34). Levhalardan zamana bağlı olarak ayrılan, formaldehit miktarının azalma hızı ile levhanın depolandığı ortamdaki havanın formaldehit konsantrasyonu arasında ters bir ilişki vardır. Buna göre havadaki formaldehit konsantrasyonu 0.25 ± 0.8 ppm olan ortamda 4 hafta depolamadan sonra formaldehit ayrışma miktarı, formaldehit konsantrasyonu 1.4 ± 0.1 ppm olan ortamdakinden yaklaşık %50 daha az bulunmuştur (3).

Ayrıca levhalardan ayrılan formaldehitin miktarı sabit olmayıp zamanla azalma göstermektedir. Genellikle formaldehit emisyon miktarı zamanın doğal logaritması ile doğrusal olarak azalma göstermektedir (47).

1.8.3. Levhalardan Ayrılan Formaldehit Miktarını Belirleme Metodları

1970 li yılların ilk yarısında ÜF tutkalı ile üretilen odun kökenli levhalardan ayrılan formaldehitin özellikleri üzerine dikkate değer bir ilgi gösterilmiştir. Formaldehit emisyonuna maruz kalma sonucu insan sağlığının etkilenmesi ile ilgili kaygılar bu ürünlerin üretiminde yeni bağlayıcıların kullanımı ve formaldehit emisyonu potansiyelini azaltma sistemine yönelik araştırmaları arttırmıştır. Yapılan üretim kontrolleri 1980 - 1982 yılları arasında formaldehit emisyon düzeyini önemli ölçüde azalmasına neden olmuş ve standart test metodlarının geliştirilmesine yol açmıştır (47). Böylelikle günümüzde bir çok ülke standardında yer alan odun kökenli levhalardan ayrılan formaldehit miktarını belirlemeye yönelik metodlar geliştirilmiştir. TS 48 94 (48) te yer alan “ Odun lifi ve yongalevhaları-ekstrakte edilebilen formaldehit tayini” başlığı altında aynı zamanda kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarının belirlenmesinde de kullanılan perferatör metodu açıklanmaktadır. Amerikan (FTM 1) ve Japon standartlarında (JAS, JIS 5908 A 1986) yer alan desikatör metodları yongalevha ve kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarlarının belirlenmesinde

kullanılan anahtar metodlardır. Almanya’da geliştirilen WKI - Şişe metodu ise 1990 yılından beri yarı resmi bir standart olarak çeşitli ülkelerde uygulanmaktadır (3).

1.8.3.1. Perferatör Yönetimi

Bu yöntemde levha örneklerinin toluol içerisinde kaynatılmasıyla formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmaktadır. Sulu çözeltideki formaldehit miktarının iyodometrik veya fotometrik metodlarla belirlenerek kuru levha ağırlığına oranlandığı bu yöntemin bazı sakıncaları şöyledir (2):

- Farklı rutubetlerdeki yonga levhalardan farklı sonuçlar verebilmesi
- İyodometrik ve fotometrik ölçülen değerler arasındaki farklılığın yüksek olabilmesi
- Kullanılan teçhizat ve malzeme fiyatlarının yüksek olması
- Her perferatör cihazında bir iş gününde sadece iki analizin yapılabilmesi
- Özellikle 10 mg/100gr. dan daha düşük formaldehit emisyon değerlerinde hatalı

sonuç

- Toluol buharlarının neden olabileceği sağlık problemleri

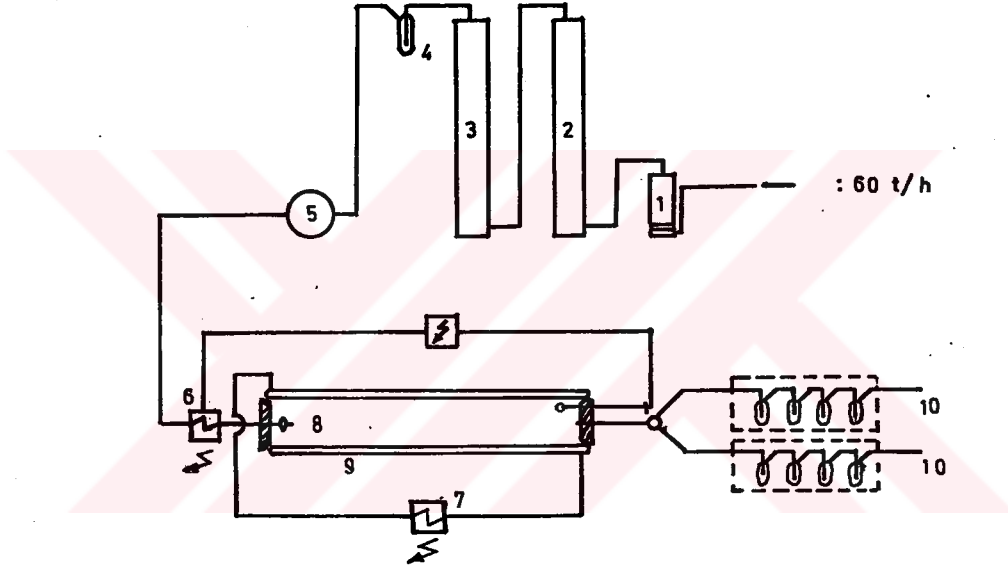
Perferatör metodu, levhaların formaldehit içeriği % 0.01 veya daha çoksa kullanılır (2).

1.8.3.2. Gaz Analizi Yöntemi

Bu yöntemde içerisinde deney örneği bulunan bir reaksiyon borusuna sabit hız ve sıcaklıkta hava gönderilmekte ve buradan çıkan formaldehitli hava boru çıkışına yerleştirilen yıkama şişelerindeki destile suda absorbe edilir (Şekil 2). Destile su içerisinde absorbe edilen formaldehitin fotometrik olarak belirlendiği bu yöntemde deney süresi 4 saat olup 1 saat içerisindeki hava değişimi 60 litredir. Formaldehit emisyonu belirlenmek istenen levhadan üç örnek alınması gerekmekte ve ayrıca 25×25×kalınlık mm boyutlarındaki örneklerin rutubet belirlenmektedir. Gaz analizi için 400×50×kalınlık mm boyutlarında örneklerin kenarları kaplanmış veya açık olarak deneye alınabilmektedir. Bütün örnekler kesimden hemen sonra hava geçirmez şekilde paketlenir ve analiz yapılncaya kadar oda sıcaklığında saklanır.

Deney örnekleri 60°C sıcaklıktaki reaksiyon borusuna yerleştirilir ve üzerlerine kurutulmuş hava gönderilir. Buradan çıkan formaldehitçe zenginleşmiş hava boşaltma vanası üzerinden içersinde 30 ml destile su bulunan 2 adet 100ml 'lik yıkama şişesi grubuna gider. Formaldehitli hava otomatik olarak saatte bir olmak üzere bir yıkama şişesi grubuna gönderilmekte ve 4 saat sonunda deney sona erdirilmektedir. Yıkama şişelerinde toplanan formaldehit miktarı fotometrik olarak belirlenmektedir.

Kenarları kaplanmış ve üst yüzey işlemleri uygulanmış yongalevhalar ve kontrplakların formaldehit emisyonunun belirlenebilmesi yöntemin avantajı, deneyin uzun süreli olması ise sakıncalı yanıdır.



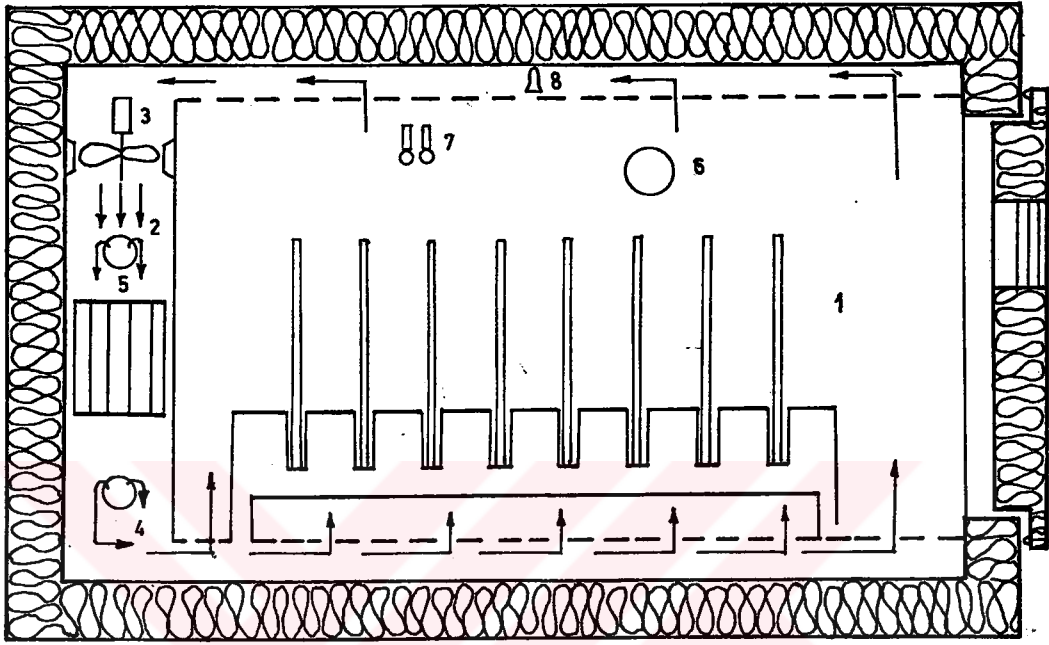
Şekil 2. Gaz Analizi Yöntemi

1.Hava temizleme, 2,3. Hava kurutucu, 4.Gaz temizleme, 5.Aneometre,
6.İsıtma, 7.Ön ısıtma, 8.Gaz filtresi, 9.Örnek silindiri, 10. Absorpsiyon şişeleri

1.8.3.3. Deney Odası Yöntemi

Büyük boyutlardaki yongalevha ve mobilyaların formaldehit miktarlarının geniş hacimli deney odalarında ölçüldüğü bu yöntemde; mobilyaların ve büyük boyutlu levhaların kullanılabilmesi nedeniyle, elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerle kıyaslandığında , pratik değerlere daha yakındır.

İç hacmi 40 m^3 olan deney odasının sıcaklığı $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, bağıl nemi $\% 45 \pm 3$, hava değişimi 1 değişim / saat, oda doluluk değeri $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ve levha alanı $2 \times 1 \text{ m}$ olarak ayarlanır, (Şekil 3). Deney odalarından alınan gaz örneğindeki formaldehit uygun yöntemlerle belirlenir (2).



Şekil 3 . Deney Odasında Büyük Boyutlu Levhalardaki Formaldehit Emisyon Miktarının Belirlenmesi

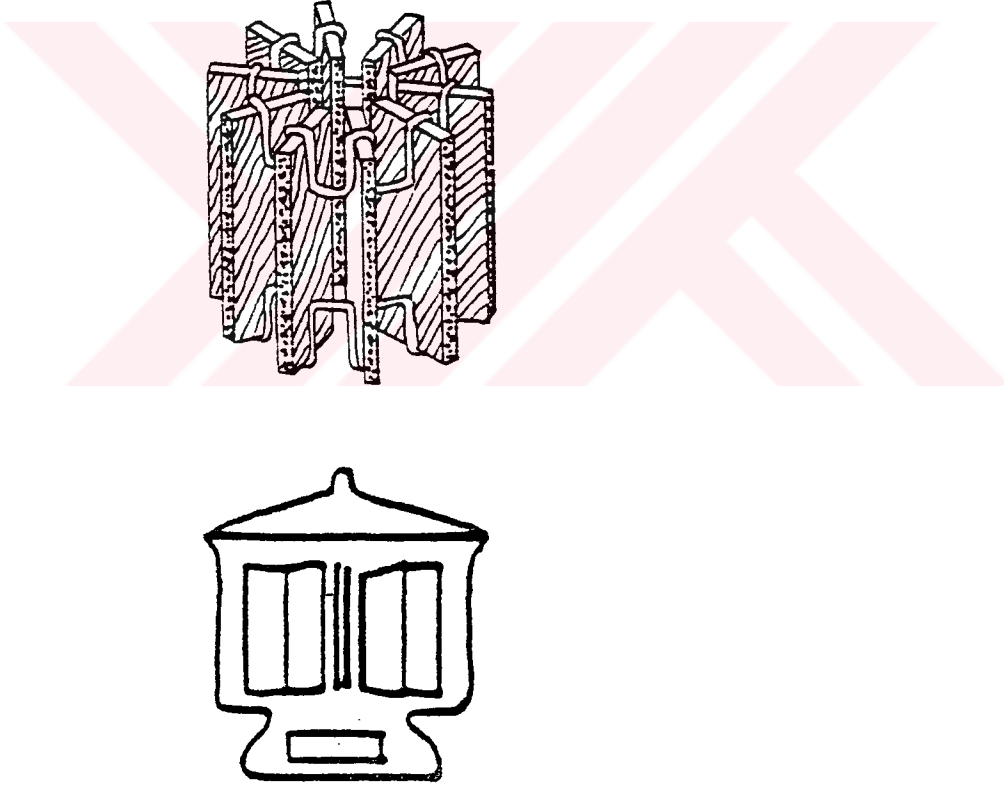
1. Levha , 2. Taze Hava Girişi , 3. Vantilatör , 4. Buhar , 5. Isıtıcı ,
6. Artık Hava Çıkışı , 7. Termometre , 8. Örnek Hava Çıkışı

1.8.3.4. Desikatör Metodları

Japon (JIS A5908) Standardına göre, her bir deney levhasından $50 \times 150 \times$ kalınlık (mm) boyutlarında ve levha kalınlığına göre değişen sayıda deney örneği içerisinde 300 ml destile su bulunan 120 mm çap ve 60 mm yüksekliğindeki bir kristalizuar kabı ile birlikte Şekil 4'deki gibi yerleştirilir. Bu şekilde $22.5 \pm 2.5 \text{ }^\circ\text{C}$ de 24 saat bekletildikten sonra içerisindeki su alınarak formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak (mg/lt) cinsinden hesaplanır (49).

Amerikan desikatör metodunda ise, 70×120 mm boyutlarındaki deney örnekleri 10.5 litrelik desikatör içerisine konulmakta ve $24 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 2 veya 24 saat süre ile bekletilmektedir. Desikatör içerisine konulan destile su miktarı deney süresine göre, 2 saat için 100 ml'lik petri kabı içinde 25 ml, 24 saat için 400 ml'lik beher içerisinde 300 ml olarak ayarlanmaktadır. Deney süresi sonunda çözeltideki formaldehit miktarı asetil aseton yöntemiyle (mg/ml) olarak belirlenmektedir.

Asetil aseton metodunda, 25 ml örnek çözeltisi 100 ml'lik erlenmayere konulduktan sonra üzerine 25 ml asetil aseton-amonyum asetat çözeltisi ilave edilerek çalkalanır ve $60 - 65^\circ\text{C}$ su banyosunda 10 dk. ısıtılır. Oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra örnek çözeltinin formaldehit miktarı 415 nm de fotometrik olarak absorpsiyonu ölçülerek bulunur. Aynı koşullar altında destile su ile bir kör deneme yapılır ve referans değer elde edilir.



Şekil 4. Desikatör Metodu Deney Düzenegi

1.8.4.5. WKI - Şiše Metodu

Uygulanması oldukça basit olan bu metot, diğer metotlara nazaran maliyetinin düşük olması yanında çalışma ortamında önemli sağlık problemleri yaratmaması gibi avantajlara sahiptir. Levha üretiminde tutkal reçetelerindeki küçük değişikliklerle, perferatör yöntemine göre, ölçümlerde daha hassas sonuçlar elde edilmektedir. Bunun yanında deney süresinin 24 saat olması sakıncalı yanı olarak gösterilmektedir.

1975 yılında Almanya'da geliştirilen bu metodla odun levhaları yanında duvar kağıdı ve sentetik halılarda da formaldehit ayrışması ölçülebilir (3).

1.8.3.6. Kağıt Sorpsiyon Metodu

Bu statik test metoduna göre kenarları kapatılmış 50 × 100 mm boyutlarındaki levha örnekleri aralarına 115 mm çapında filtre kağıdı konulmak suretiyle tek bir yığın halinde istiflenir. İstif üzerine 1 kg ağırlık konularak 1 gece süre ile bekletilir. Daha sonra yaklaşık 40 mm çapındaki kağıt merkezleri Purpald çözeltisi ile ıslatılır. Kağıtlar kurutulduktan sonra içerdikleri formaldehit miktarına göre oluşan mor rengin nisbi yoğunluğu parlaklık ölçer ile 540 nm de ölçülerek belirlenir (49).

1.9. Odunun Kimyasal Yapısındaki Termal Nedenli Değişmeler

Kontrplak üretimi aşamaları içersinde yer alan tomruk buharlama, kaplama kurutma ve sıcak presleme gibi bazı kademelerde odun yüksek sıcaklığa maruz kalmakta ve sonuçta fiziksel, strüktürel ve kimyasal özelliklerinde değişmeler meydana gelmektedir. Bu nedenle ön hazırlık işlemlerinin, odunun kimyasal yapısı ve dolayısıyla formaldehit emisyonu üzerine etkilerini açıklayabilmek için öncelikle odunun kimyasal yapısının bilinmesi gerekmektedir.

1.9.1. Odunun Kimyasal Yapısı

Kompleks bir yapı arzeden odunun kimyasal bileşimini, çoğunluğu yüksek molekül ağırlığına sahip maddeler oluşturur. Bütün kimyasal analizler, odunu oluşturan bileşenlerin, bir çok elementin farklı hacimlerde birleşmesiyle meydana geldiğini göstermektedir. Bu

elementler % 50 karbon, % 6 hidrojen, % 44 oksijen ve % 0.3 civarında azottan oluşmaktadır (50).

Odunun kimyasal yapısını oluşturan maddeleri primer ve sekonder olmak üzere iki kısımda toplamak mümkündür. Primer maddeler; holoselülozlar ve lignindir. Holoselülozlar uzun zincirli polimerler olup bunlar odunun selüloz (%40 - 50) ve selülozik olmayan polisakkaritler, yani hemiselülozlardan (%20 - 35) oluşan fraksiyonudur (51,52). Sekonder maddeler; tanenler, uçucu yağlar ve reçineler, sakız, alkaloidler ile boyar ve renkli maddeleri ihtiva eden diğer kompleks bileşiklerdir. Ayrıca %1 den az miktarda kül bulunmaktadır. Mineral maddeler silis ve kalsiyum tuzları (kalsiyum karbonat, fosfat ve oksalatlar), organik maddeler içerisinde ise; oleoresinler, flavonoller, antosiyaninler, glikozitler, polifenoller, şekerler, nişasta vb. maddeler bulunmaktadır (52).

1.9.1.1.Selüloz

Odun ve odun gibi lifsel nitelik taşıyan diğer lignoselülozik bitkilerin hücre çeper iskeletini oluşturan selüloz, lineer yapıda ve doğal bir polimer olup anhidroglikoz birimlerinden oluşmakta ve üzerinde oksitlenmeye hassas olan hidroksil gurupları bulunmaktadır (51,53,54). Bu hidroksil gurupları başka selüloz birimlerindeki hidroksil guruplarıyla bağlanma özelliğine de sahiptir ve selüloz molekülüne hidrofilik özellik kazandırmaktadır (51,52). Su, hidroksil guruplarına hidrojen köprüleri ile bağlanmakta, bitişik zincirler arasına girerek onları birbirinden ayırmaktadır (52).

Selüloz molekülündeki D-glukoz birimlerinin sayısı polimerizasyon derecesi olarak bilinir. Odun için genellikle 2500 ün üzerinde olan bu değer, odunun uğradığı kimyasal işlemler sırasında birbirine eklenmiş olan glukoz birimlerinin kopmasıyla düşer.

Selüloz fiziksel olarak hem amorf hemde kristal yapı taşır. Uzunluğu 50 - 60 nanometre olan kristal kısımlar, o kadar sık bir yapı teşkil ederler ki içeride açıkta (OH) grubu bulunmadığı için bunların içine su girmemektedir. Selüloz odunda çekme direncini sağlayan ve su absorbe etme özelliğinde olan (higroskopik) bir maddedir (52).

1.9.1.2. Hemiselüloz

Odunda bulunan diğer polisakkarit tipi olan hemiselülozlar, selüloz yapısına benzer yapı taşımalarına rağmen selülozdan; su, alkali ve asit hidrolizi yoluyla farklı ürün vermeleriyle ayrılırlar. Selüloz asit hidrolizi ile glikoz verdiği halde hemiselülozlar farklı şeker birimleri ve grupları verirler. D-Galaktoz, mannoz, L-Arabinoz, D-Ksiloz, D-Glikoz gibi bol bulunan şeker birimlerinden başka 4-O-Metil D-Glukronik asit, D-Glukronik asit, L-Rhamnoz ve farklı şekilde metillenmiş nötral şekerler de hemiselülozların yapısında bulunur (50,51,53).

Genel olarak odunda heksozanlar, pentozanlar , metil pentozlar, uronik asitler ve çok az miktarda asetik asit içeren hemiselülozlardan 6 karbon atomundan oluşan heksozanlar , iğne yapraklı ağaçların %10 - 15'ini oluştururlar. En önemlileri galaktan ve glukozanlardır. Beş karbon atomu içeren pentozanların en önemlileri ise ksilan ve arabinanlardır. Metil pentozanlar, rhamnozdan türeyen rhamnanlardan oluşurlar. Uronik asitler ise lignin ile sıkı sıkıya bağlanan amorf bileşikler olup miktarları azdır (51,55,56).

İğne yapraklı ağaçların hemiselülozları daha komplekstir. Yapraklı ağaç hemiselülozları ise iki özel durumda bulunur. Bunlar O-asetil-4-Ometil glukoksilan ve glukomannan tipindedir. Ayrıca ekstraktif maddelerin %20 - 35'ini ksilan oluşturmakla birlikte %3 - 5' ini de glukomannan oluşturmaktadır (56).

1.9.1.3. Lignin

Üç boyutlu fenilpropan ünitelerinden oluşan lignin, iskeleti selülozdan oluşan hücre çeperine yerleşerek onun katı hale gelmesine (odunlaşmasına) neden olur. İğne yapraklı ağaçlarda % 30, yapraklı ağaçlarda ise % 25 civarında bulunan lignin amorf yapıda aromatik bir madde olup alkali ve asitlerle hidroliz olabilir. Selüloz gibi lifsel bir madde olmayıp kolaylıkla okside olmaktadır.

Ligninler coumaryl, coniferyl ve sinapyl alkollerinin polimerizasyon ürünleridir. İğne yapraklı ağaçların hepsi guaiacyl lignini yapraklı ağaçlar ise hem guaiacyl hem de syringyl lignin ünitelerini ihtiva ederler. Hidroksil gruplarının tümü su ile bağ teşkil etmediğinden ligninde higroskopisite azdır ve selüloz, özellikle de hemiselülozlar ligninden çok daha higroskopiktirler (52).

Selüloz oduna çekme ve eğilmeye, lignin ise basınca karşı mukavemet özelliği kazandırır.

1.9.1.4. Ekstraktifler

Bu maddeler hücre çeperinde ve hücre lümeninde bulunan, fakat hücre yapısının esas kısmını teşkil etmeyen maddelerdir. Ekstraktif maddeler; ya hücre çeperine tamamen nüfuz etmiş ya da yüzeysel olarak yerleşmiş veya hücre lümenini doldurmuşlardır (52). Bu maddeler kalsiyum tuzları ve kum gibi inorganik maddelerden karbonhidratlar, terpenler, fenoller, alkoloidler, yağ asitleri ve vaks gibi pekçok kimyasal madde sınıfına dahil organik maddeleri kapsamakta ve odunun renk, koku, pH değeri gibi pek çok özellikleri bunlardan kaynaklanmaktadır (32). En önemlileri ve ekonomik bakımdan değerli olanları polifenoller ve reçinelerdir. Reçineler iğne yapraklı ağaçlarda bulunurlar ve odunun su buharı ile destilasyonu sonucu terebantın yağı, tall oil ve kolofan elde edilmesinde kullanılırlar. Polifenoller ise hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlarda bulunurlar. Tanenler, antrocyeninler, flavonlar, catechinler, kinonlar ve lignanlardır.

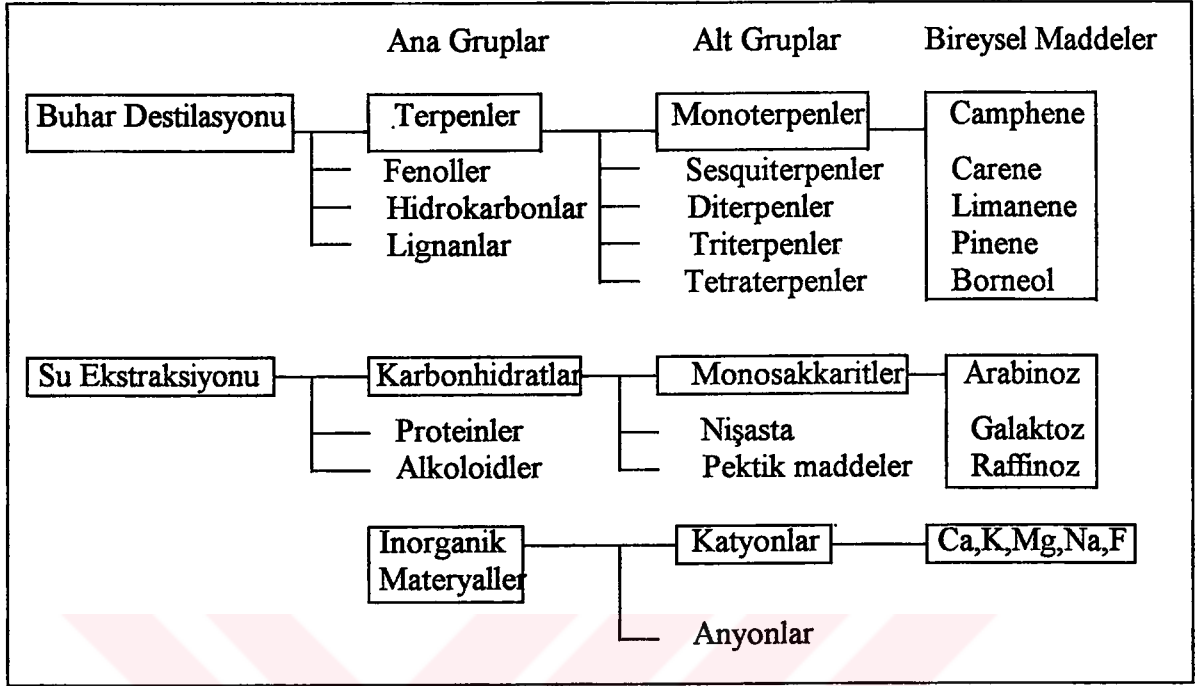
Ekstraktifler odunda genellikle az miktarda bulunurlar, ancak bazı türlerde miktarları % 40' a kadar çıkabilmektedir. Permeabiliteyi etkiledikleri gibi özgül ağırlık, sertlik ve basınç direnci üzerine de etkili olmaktadır (52).

1.9.2. Kimyasal Bileşenlerin Değişimi

Odunun yüksek sıcaklıklarda buharlanması liflevha, kağıt hamuru, kontrplak vb. üretiminde yaygın bir işlemdir. Buharla muamele ligninin plastikleşmesini ve hemiselülozların suda çözünebilir ürünler haline dönüşmesini sağlar (57). Ayrıca buharlama ile odunda pH değeri düşerken (58) sıcaklık ve artan buharlama süresine bağlı olarak holoselüloz, alfaselüloz ve hemiselülozlarda tedrici bir azalma (59), suda çözünebilir madde miktarında ise artma gözlenmektedir (58).

Odunun buharlanma işlemi bir nevi buhar destilasyonu olup odundan buhar destilasyonu ile izole edilen bileşenler, terpenleri içeren uçucu fraksiyon ile fenoller, hidrokarbonlar ve lignanlardır. Suda çözünebilir esas bileşenler ise karbonhidratlar, proteinler ve inorganik tuzlardan oluşmaktadır.

Tablo 1. Odunun Buhar Destilasyonu ve Su Ekstraksiyonu ile Çözünebilen Kimyasal Bileşenleri (1)



Selüloz ve lignin hemiselülozlara oranla çok daha stabildir. Arabinogalaktan gibi bazı hemiselülozlar suda dahi çözünebilmekte hatta bunlara ilave olarak alkalide çözünebilir hemiselülozların bir kısmı da sıcak su muamelesinden sonra çözünebilir hale gelmektedir (1,50). Termal işlemler sırasında hemiselüloz miktarındaki azalma 180 °C' ye kadar az, 180 °C den sonra ise oldukça fazla olmaktadır. O-asetil grupları hemiselülozların termal stabiliteyi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Termal muamele pH değerine ilave olarak asetil grubu miktarında azalmasına neden olmaktadır. Bu durum formaldehit ve sertleştiricinin varlığı ile daha da şiddetlenir (60). Asetil grupları; odundaki temel asil grubu olup, sert odunlarda %3 - 5, yumuşak odunlarda %1 - 2 arasında bulunur. Sert odunlarda ksiloz ünitelerine, yumuşak odunlarda ise glukomannanların glukoz ve mannoz ünitelerine bağlıdır (61).

Genel olarak odunun en stabil bileşeni lignin olarak görülmekte ise de yapılan çalışmalarda 200 °C nin altında değişimlerin olduğu gözlenmiştir. Örneğin 100 °C de 28 günlük bir ısıtma ile kayın odununun lignin miktarında azalma olduğu görülmüştür (1). Ayrıca buharlama işlemi ile pektin maddesi ve az miktarda lignin maddesinin çözüldüğü bilinmektedir.

Presleme sırasında ise prehidroliz yer alır ve hemiselüloz miktarı düşerken çözünebilir karbonhidrat miktarı artar (6).

Tomrukların buharlanması ve kaplamaların kurutulmaları sırasında 200 °C nin üzerindeki sıcaklıkların kullanılmamış olması nedeniyle bu sıcaklık değerinin üzerindeki termal nedenli değişimler bu çalışma kapsamına alınmamıştır.



2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Deneme Materyali

2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada; kontrplak üretiminde tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemlerinin odunun kimyasal yapısı ve dolayısıyla kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı ile bazı mekanik özellikler üzerine etkisi incelenmiştir.

Çalışmanın amacına uygun olarak üretilmiş 2.1 mm kalınlığındaki kayın ve okume soyma kaplamalar laboratuvar koşullarında kontrplak üretmek için piyasadan temin edilmiştir. Kızılçam kaplamaları ise; Maraş Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Suçatı-Mordut mevkiinden kesilen (*Pinus brutia* ten.) tomruklardan K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarlarında soyma suretiyle elde edilmişlerdir. Aynı laboratuvarlarda yapılan bir başka çalışmada (62) bu odun için tam kuru özgül ağırlık 0.460 g/cm³ ve yıllık halka genişliği 2.65 mm olarak bulunmuştur.

2.1.2. Tutkal

Deneme kontrplaklarının üretiminde Ü/F mol oranı 1/1.74 olan ÜF tutkalı kullanılmıştır. Üretici firmadan sağlanan tutkalın özellikleri aşağıda verilmiştir.

Katı madde oranı	(%)	: 55±1
Yoğunluk	(25°C)	: 1.22-1.24 (gr/cm ³)
Viskozite	(25°C)	: 100-200 (Cps)
Akma Zamanı	(25°C)	: 20-40 (sn)
pH	(25°C)	: 7.5-8.5
Serbest formaldehit	(%)	: 0.70 (max)
Jelleşme Zamanı	(100°C)	: 25-35 (sn)
Depolama Zamanı	(25°C)	: 90 (Gün)

2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

2.2.1. Kaplamaların Soyulması

Deneme kontrplaklarının üretiminde kullanılan okume soyma kaplamalar tek tomruktan iki aşamada elde edilmiştir. Kaplamaların bir kısmı tomruk buharlanmaksızın soyulurken diğer kısmı için 130 °C de 12 saatlik bir buharlama işlemi uygulandıktan sonra soyma işlemi yapılmıştır. Kayın kaplamalar 48 saatlik buharlama sonrasında tomruk sıcaklığı 65 °C olan tomruklardan endüstriyel şartlarda üretilmiştir. Kızılçam kaplamalar ise, Maraş Bölgesinden sağlanan 3 adet tomruğun 80 cm'lik boylara bölünmesiyle elde edilen 9 adet tomruktan, bir kısmı buharlanmadan, diğer bir kısmı ise buharlandıktan sonra 80 cm uzunluk ve 40 cm çapında tomruk soyabilen kaplama makinesinde 1.2 (mm) kalınlıkta soyulmuştur.

Soyma işlemi sırasında yatay açıklık kaplama kalınlığının % 85'i, düşey açıklık 0.5 mm, kenar bıçaklar arasındaki mesafe ise 60 cm tutulmuştur.

2.2.2. Kaplama Levhalarının Kurutulması

Farklı koşullar altında üretilen üç ağaç türüne ait soyma kaplamalar kendi içersinde iki gruba ayrıldıktan sonra birinci grup belli koşullar altında teknik kurutulurken, ikinci grup kaplamalar ise; ortalama sıcaklığın 20 °C olduğu ortamda doğal kurutmaya bırakılmışlardır. Ağaç türlerine göre uygulanan teknik kurutma sıcaklık ve süreleri; okume soyma levhalar için 110 °C de 11 dk., kayın soyma levhalar için 180 °C de 9 dk. ve kızılçam için 140 °C ve 5 dk. olup levhaların %5 - 8 rutubete kadar kurutulmaları sağlanmıştır.

Kurutma işleminden sonra levhaların rutubeti eşit olmadığından iklimlendirme dolabında rutubetleri % 6 olacak şekilde bekletilmişlerdir. Tutkallama işlemine kadar levhalarda oluşabilecek rutubet değişikliklerini önlemek için her defasında iklimlendirme dolabından 6 adet kaplama alınarak kullanılmıştır.

2.2.3. Levhaların Tutkallanması

Kontrplakların üretiminde % 55'lik ÜF-tutkal kullanılmıştır. Ağırlık olarak 100 birim tutkala katkı maddesi olarak 30 birim buğday unu (1.kalite) ve sertleştirici olarak 10 birim % 15'lik NH_4Cl ilave edilmiştir. Tutkal çözeltisi her defasında 4 kontrplak için gerekli miktarda hazırlanmış ve böylece çözeltinin viskozitesinin değişmesi önlenmiştir.

Kaplama levhalarının tutkallanmasında dört silindiri tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 g/m^2 olacak şekilde sürülen tutkalın miktarı, levhanın tutkallanma öncesi ve sonrasında tartılması suretiyle kontrol edilmiştir.

2.2.4. Presleme

Üç tabakalı kontrplak taslaklarının preslenmesi laboratuvar tipi presleme alanı $70 \times 89 \text{ cm}$, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik preste yapılmıştır. Tüm levhaların preslenmesinde pres basıncı 12 kg/cm^2 ve pres sıcaklığı $110 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak uygulanmıştır. Presleme süresi ise levha kalınlığı esas alınarak her bir mm kalınlık için 1dk olmak üzere kayın ve okume kontrplaklarda 7dk, kızılçam kontrplaklarda ise 5dk olarak belirlenmiştir.

2.2.5. Presleme Sonrası İşlemler

Üretilen kontrplaklar iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farklığını gidermek amacıyla üst üste ve istif latası kullanmaksızın 10 gün süre ile istiflenmişlerdir. Böylelikle kontrplakların tedrici olarak soğumaları sağlanarak biçim değişiklikleri önlenmiştir.

2.3. Araştırma Yöntemi

Farklı ön işlem görmüş üç türe ait soyma kaplama levhalarının kimyasal analizlerinde ve bu levhalardan üretilen kontrplakların bazı mekanik özellikleri ile ayrışan formaldehit miktarlarının belirlenmesinde aşağıda açıklanan yöntemler uygulanmıştır.

2.3.1. Mekanik Özellikler

2.3.1.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin hazırlanması ve deneylerin yapılması TS 3969 (63)' de belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyler için aynı örneklerden faydalanılmıştır. Örnekler, uzunluk eksenini dış tabakaların lif doğrultusuna paralel olacak şekilde hazırlanmıştır. 30 ± 0.5 mm + 50 mm uzunluğunda ve 50 mm genişliğinde hazırlanan örnekler 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl neme sahip iklim odasında klimatize edilmişlerdir. Genişlik ve kalınlığı 0.01 mm duyarlılıkla ölçülen örnekler çapları 25 mm olan dayanaklar üzerine, kuvvet uygulama silindiri ($r = 12.5$ mm) örneğin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dayanak silindirleri arasındaki mesafe $30 \times a \pm 0.5$ mm, yükleme hızı ise kırılma yüküne (F_{max}) 1-2 dakikada ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deneyler, her tip kontrplaktan alınan 20 örneğin yarısına alttan diğer yarısına ise üstten uygulanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinden en büyük yükün $1/3$ 'üne kadar olan yükleme arasında 6 yükleme basamağı seçilmiş ve bu basamaklarda yük (N), sehim ise deneme makinesinin tensometresi yardımıyla 0.01 mm duyarlılıkta okunmuştur. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü hesaplamalarında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$\sigma_e = (3 \times F \times L_s) / (2 \times b \times a^2) \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$E_b = (L_s^2 \times \Delta F) / (4 \times b \times a^3 \times \Delta a) \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\sigma_e = \text{Eğilme Direnci} \quad (\text{N/mm}^2)$$

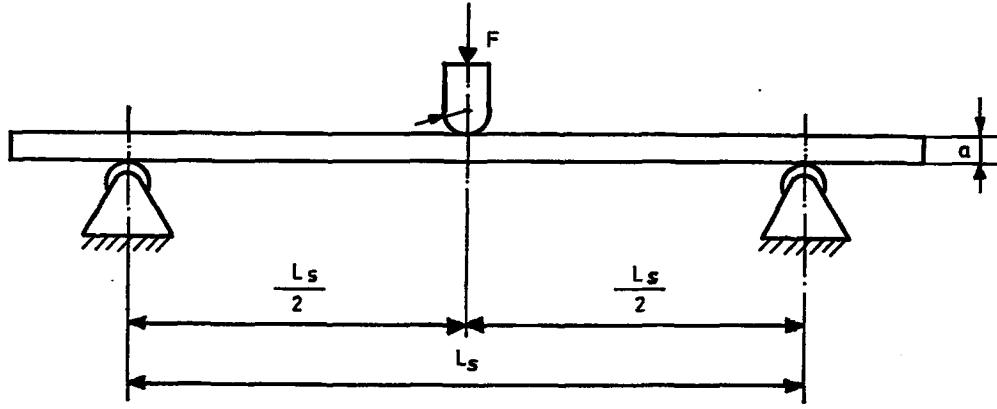
$$E_b = \text{Elastikiyet Modülü} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$L_s = \text{Dayanak Açıklığı} \quad (\text{mm})$$

$$b = \text{Deney Parçası Genişliği} \quad (\text{mm})$$

$$F = \text{Kırılma Anındaki Max. Kuvvet} \quad (\text{N})$$

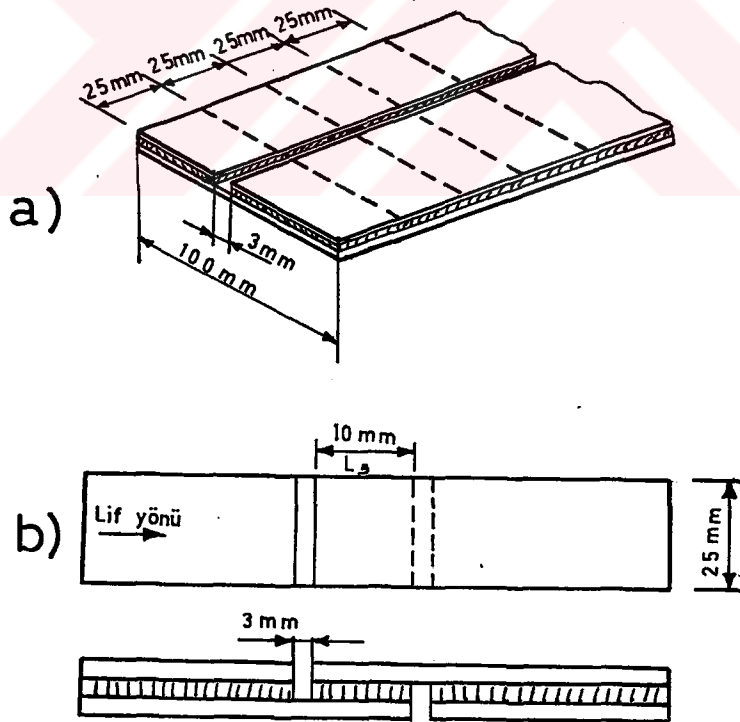
$$\Delta a = F \text{ Kuvvetinin Meydana Getirdiği Sehim} \quad (\text{mm})$$



Şekil 5. Eğilme Direnci Deney Düzenegi

2.3.1.2. Çekme - Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanması ve yapılması TS 47 (64)'ye göre gerçekleştirilmiştir. Klimatize edilmiş kontrplaklardan Şekil 6'da gösterilen biçim ve boyutlarda kesilen örneklerden kusursuz olanları seçilerek iklimlendirme dolabında % 65±2 bağıl nem ve 20 ± 1 °C sıcaklık şartlarında bekletilmişlerdir. İklimlendirme işlemlerinden sonra örnek boyutları 0.01 mm duyarlıkta ölçülmüştür.



Şekil 6.a) Kontrplaklardan Çekme-Makaslama Deney Örneklerinin Hazırlanması

b) Çekme-Makaslama Deney Örneği

Deneyler üniversal deneme makinesinde yapılmıştır. Örnekler her iki uçlarından 30 mm'lik kısımları kavrama çeneleri arasında kalacak şekilde düşey olarak makineye yerleştirildikten sonra çekme kuvveti uygulanmaya başlanmış ve deney hızı her cm^2 tutkallanmış makaslama alanı için dakikada 100 kg olarak ayarlanmıştır. Deney örneğinin kopma anında uygulanan en büyük kuvvet (F_{\max}) makinenin kadranından 1 kg duyarlılıkla okunmuştur. Ayrıca her kontrplak tipinden hazırlanan örneklerin yarısı soyma çatlakları açılacak şekilde diğer yarısı ise soyma çatlakları kapanacak şekilde denenmişlerdir. Bütün örneklerin çekme-makaslama dirençlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma = (F_{\max}) / A = (F_{\max}/l.b)$$

$$\sigma = \text{Çekme-makaslama direnci (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = \text{Makaslama yüzey alanı (l.b)}$$

$$l = \text{Makaslama yüzey uzunluğu}$$

$$b = \text{Makaslama yüzey genişliği}$$

$$F_{\max} = \text{Kopma anında uygulanan en büyük kuvvet}$$

2.3.2. Formaldehit Emisyonu

Deneme kontrplaklarından ayrılan formaldehit miktarı WKI - Şişe metodu ile iyodometrik ve perferator metodu ile fotometrik olarak belirlenmiştir. Bunun için kontrplakların üretimlerinden 10 gün sonra $25 \times 25 \times$ kalınlık mm boyutlarında örnekler alınmıştır. Örnek yüzeylerinde çatlak ve budak bulunmamasına özen gösterilerek her grup için 3'er örnek alınmış ve deneyler aşağıda belirtilen iş akışına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3.2.1. WKI - Şişe Metodu

Her kontrplak grubuna ait örneklerden rastgele seçilen 15 - 17 g örnek, içersinde 50 ml destile su bulunan 500 ml' lik politelene şişeye bir lastik bant yardımıyla, destile suya değmeyecek şekilde asılmıştır (Şekil 7). Kapağı hava sızdırmayacak şekilde kapatılan şişeler 40°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra 1 saat süreyle bir soğutucuda bekletilerek

soğumaları sağlanmıştır. Daha sonra içersindeki kontrplak örnekleri uzaklaştırılan şişelerden bir pipet yardımıyla 10 ml absorbisyon çözeltisi alınarak 150 ml'lik behere aktarılmıştır. Üzerine 25 ml 0.01 N iyot ve 10 ml 1N NaOH çözeltileri ilave edildikten sonra üzerleri bir saat camı ile kapatılarak 15 dakika süreyle karanlıkta bekletilen örneklere 10 ml 1M H₂SO₄ katılmıştır. Hazırlanan bu çözelti 0.01 N Na₂SO₃ ile, indikatör olarak % 1'lik nişasta kullanılarak, titre edilmiştir. Ayrıca destile su ile referans olarak bir kör deney yapılmıştır.

İyot ve tiosülfat çözeltilerinin hazırlanması ve standardizasyonu TAPPI 610 om 92 (59) ye göre yapılmıştır. Sulu çözeltide iyodometrik olarak tesbit edilen formaldehit miktarı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak bulunmuştur.

$$\begin{aligned} \text{WKI Değeri} &= (0.15 \times 5 \times 100) \times (b-a) \times (100+u) / (Eu \times 100) \\ &= (\text{mgHCOH}/100\text{gram tam kurulevha}) \end{aligned}$$

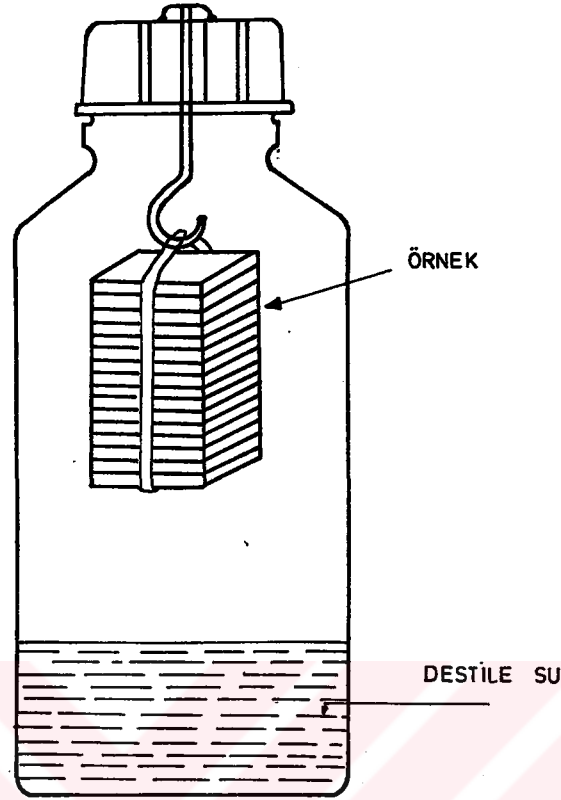
Burada ;

b = Kör deney için kullanılan 0.01 N tiosülfat çözeltisi (ml)

a = Denemede kullanılan 0.01 N tiosülfat çözeltisi

u = Deney örneklerinin rutubeti

Eu = Örneklerin deney öncesi rutubetli ağırlıkları (g)



Şekil 7. WKI - Şişe Metodu Deney Düzenegi

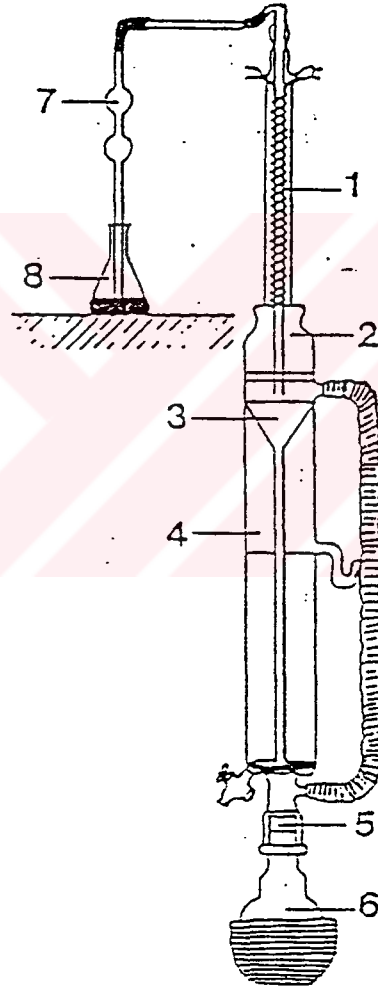
2.3.2.2. Perferatör Metodu

Perferatör metodunun esası, toluol içerisinde kaynatılan levha örneklerinden ayrılan formaldehidin destile suya geçmesini sağlamaktır.

Yaklaşık olarak 110 g ve ± 0.01 g ağırlıkta tartılan deney örnekleri Şekil 8'de verilen cihazın balon kısmına konulduktan sonra üzerine yaklaşık 600 ml toluol ilave edilmiştir. Daha sonra yuvarlak imbik perferatöre bağlanmıştır. Perferatöre yaklaşık 1000 ml destile su ilave edildikten sonra soğutucu ve gaz absorpsiyonu cihazı birbirine bağlanmıştır. 150 ml su erlenmayer içersine konulduktan sonra yaklaşık 2 saatlik kaynatma işlemi yapılmıştır. Perferatör içersindeki su 20 °C'ye kadar soğutulduktan sonra çıkış musluğundan 2000 ml' lik balon jöjeye aktarılmıştır. Daha sonra balon jöje içersindeki çözelti destile su ile

2000 ml' ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın sadece toluol ile bir kör deneme yapılmıştır.

2000 ml' lik balon jodede bulunan çözüldiden önce 10 ml alınarak destile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözüldünün 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10 ml 0.01 N asetil aseton ve 10 ml 0.01 N amonyum asetat ilave edilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40 °C sıcaklıktaki bir su banyosunda 10 dakika süreyle kaynatıldıktan sonra bir saat süreyle oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Bu çözüldideki formaldehit miktarı U.V. Spektrometre cihazında 412 nm de fotometrik olarak ölçülmüştür.



- 1.Spiral soğutucu
- 2.Konik bağlantı
- 3.Cam filtre
- 4.Perferatör
- 5.Bağlantı elemanı
- 6.Cam balon
- 7.Balonlu cam boru
- 8.Erlen

Şekil 8. Perferatör Metodu Deney Düzenegi

2.3.3. Kimyasal Analizler

Ağaç türü ve uygulanan işlemlere göre 9 gruba ayrılan soyma kaplama levhaları uygun boyutlarda yongalandıktan sonra TAPPI T 11 m-45 (65) standardına göre Willey tipi değirmen kullanılarak ayrı ayrı öğütülmüşlerdir. Elde edilen granüle kısım 40 ve 60 mesh'lik kademeli eleklerde elenmiş, 60 mesh üzerinde kalan materyal kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ağız kapalı cam kavanozlara alınmıştır. Bu şekilde hazırlanan örneklerin kuru madde miktarlarını belirlemek için yaklaşık 2 g'ı örnek hassas terazide tartılmış ve aynı standarda uygun olarak 105 ± 2 °C de kurutularak belirlenmiştir. Böylece rutubetleri belirlenmiş örnekler üzerinde aşağıda sıralanan kimyasal analizler yapılmıştır.

2.3.3.1. Soğuk Suda Çözünürlük

Tappi T 207 om-88 standardına uygun olarak, önceden rutubet miktarı belirlenmiş yaklaşık 2 g hava kurusu odun örneği 400 ml' lik bir behere yerleştirilmiş ve üzerine 300 ml destile su ilave edilmiştir. Bu karışım 23 ± 2 °C de 48 saat süre ile zaman zaman karıştırılarak bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda odun örneği darası alınmış krozeden süzölmüş ve 103 ± 2 °C de kurutulmuştur. Soğuk suda çözünen miktar tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.3.3.2. Sıcak Suda Çözünürlük

Sıcak suda çözünürlük de TAPPI T 207 om-88 standardına göre belirlenmiştir. 100 ml destile su ile rutubeti önceden belirlenmiş 2 g hava kurusu odun örneği geri dönüşümlü soğutucu ile önceden sağlanmış 200 ml'lik bir erlenmayere yerleştirilmiştir. Erlenmayer kaynayan su banyosuna koyulmuş ve yavaş olarak 3 saat kaynatılmıştır. Sonra bir krozeden süzölmüş ve sıcak su ile yıkanmıştır. 103 ± 2 °C de kurutulmuş ve tartılmıştır. Sıcak suda çözünen maddeler tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.3.3.3. % 1'lik NaOH'te Çözünürlük

TAPPI T 212 om-88 standardına göre belirlenen % 1'lik NaOH 'te çözünürlük, sıcak (100 °C de) seyreltik alkaliye odun örneğinin dayanıklılığını belirler.

Bu standarda göre, doğru olarak her biri ± 0.1 g. hassasiyetle tartılan 2 g örnekler 200 ml' lik beherlere konulmuş ve üzerlerine bir pipetle 100 ml % 1'lik NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Karıştırıldıktan sonra beherler su banyosuna yerleştirilmiştir. Burada kaynamanın sabit sıcaklıkta yapılmasına ve beherin ağzının bir camla veya daha küçük bir erlenle kapatılmasına dikkat edilmiştir. Su banyosunda kaynatma işlemi 1 saat sürdürülmüş ve kaynamanın 10., 15. ve 25. dakikalarında olmak üzere 3 defa karıştırılmıştır. Bir saatin sonunda her bir beherin içindeki kalıntı darası alınmış bir kroze üzerinde emme yapılarak süzölmüş ve daha sonra % 10' luk 50 ml asetik asit ile ve en sonunda sıcak su ile yıkanmıştır. Kroze ve içindekiler 103 ± 2 °C' de kurutulmuş ve bir desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Çözünen madde miktarı başlangıçtaki kuru ağırlığa oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.3.3.4. Alkol-Benzen'de Çözünürlük

Odunun yapısında bulunan yağ, mumsu maddeler, reçine ve tanen gibi maddelerin miktarlarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir.

Odun örnekleri TAPPI T 204 om-88 standardına göre sokselet cihazında bir kısım alkol ve iki kısım benzen karışımı ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Darası alınmış her bir süzme krozesi içersine rutubeti önceden belirlenmiş yaklaşık 2 g odun örneği konularak darası alınmış sokselet ekstraksiyon balonu olan, sokselet cihazına yerleştirilmiştir. Örnek kaybını önlemek amacıyla krozenin tepesine 5 mesh'lik tel elek konisi yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra balondan alkol benzen çözeltisi buharlaştırılmış ve balon ve içindekiler bir saat süre ile 105 ± 2 °C' de kurutulmuştur. Daha sonra bir desikatörde soğutularak tartılmış ve örnekten ekstrakte edilen kısım tam kuru örneğe oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.3.3.5. Pentozan Tayini

Pentozanlar odunda mevcut ve selüloz olmayan, karbonhidratların bir parçasıdır. Başlıca arabinoz ve ksilozdan oluşmuştur. Arabinoz ve ksiloz yapıları kuvvetli HCl ile furfurala dönüşür.

TAPPI T 223 cm-84 standardına göre odundaki pentozanların belirlenmesi destilasyon esasına dayanır. Rutubet içeriği bilinen 1.5 g hava kurusu odun örneği, taşmaları önlemek için bir kaç cam boncuk ve köpüklenmeyi önlemek için de küçük bir parça parafin ile 300 ml'lik bir destilasyon balonuna konulmuştur. Üzerine % 12'lik 100 ml HCl ilave edilen destilasyon balonu bir kondansatörle irtibatlandırılmış ve önce yavaş daha sonra her 10 dakikada 30 ml destilasyon elde edecek şekilde ısı ayarlanmıştır. Destile edilen sıvıyı süzmek için destilasyon kabına bir filtre kağıdı yerleştirilmiştir. 30 ml destilasyon ürünü birikir birikmez destilasyon balonuna 30 ml % 12'lik HCl ilave edilmiştir. 360 ml destilasyon ürünü elde edilene kadar işleme devam edildikten sonra üzerine bir hafta önceden hazırlanarak filtre edilmiş floroglusun çözeltisinden 40 ml ilave edilmiştir. Karanlık bir yerde 16 saat bekletilen destilasyon ürünü ağırlığı önceden belirlenmiş bir krozeden sürüldükten sonra 2.5 saat ile 100 ± 5 °C de kurutulmuştur. Örnek ağırlığındaki azalma furfural floroglusini olarak değerlendirilir. Furfural floroglusunun ağırlığına tekabül eden pentozonların ağırlığı ise aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Pentozanlar} = (a + 0052) \times f$$

a = Gram olarak furfural floroglusunun ağırlığı

f = Eğer a < 0.03 ise 0.895

0.03 < a < 0.3 ise 0.887

a > 0.3 ise 0.882 olarak alınır.

Furfural floroglusunundan hesaplanan pentozanlar bir ondalık hanesine kadar tam kuru örneğin %'si olarak belirtilmiştir.

2.3.3.6. Asetil Grupları Tayini

Freudenberg'e göre (66) asetil gruplarının belirlenmesi :

Rutubeti önceden belirlenen 0.5 g odun örneği Şekil 9' da görülen cihazın 100 ml' lik A balonuna konularak üzerine 5 g P-Toluolsulfat asidi, 30 ml etanol ve 2 parça kaynama taşı ilave edilmiştir. 150 ml' lik B balonuna ise 10 ml 0.1 M NaOH ile kaynama taşı konulmuştur. B balonu ısıtılırken A balonu bir soğutucuya bağlı olarak 10 dakika süre ile kaynatılmıştır. Bunu müteakip C soğutucusu içerisindeki soğuk su akışı kesilmiş ve 15 dakika müddetle A balonundan destilasyon sağlanmıştır. Aynı zamanda cihazın ayırma hunisinden A balonuna 20 ml etanol ilave edilmiştir. Daha sonra tekrar soğutucu açılarak 10 dakika müddetle kaynatma ve su kapatılarak 10 dakika müddetle destilasyon yapılmıştır. Bunu takiben 15 dakika zarfında devamlı şekilde 20 ml etanol ilavesi ve 10 dakika boyunca destilasyon yapılmıştır.

Bu işlemler bittikten sonra B balonu geri dönüşlü olarak 10 dakika süre ile ısıtılmış ve soğutulduktan sonra 20 ml destile su ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Bu karışım 0.1 N H₂SO₄ ile, indikatör olarak fenolfitaleyn kullanılarak, titre edilmiştir. Asetil grupları miktarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\%CH_2CO = (a-b) \times (N \times 0.043 \times 100) / M$$

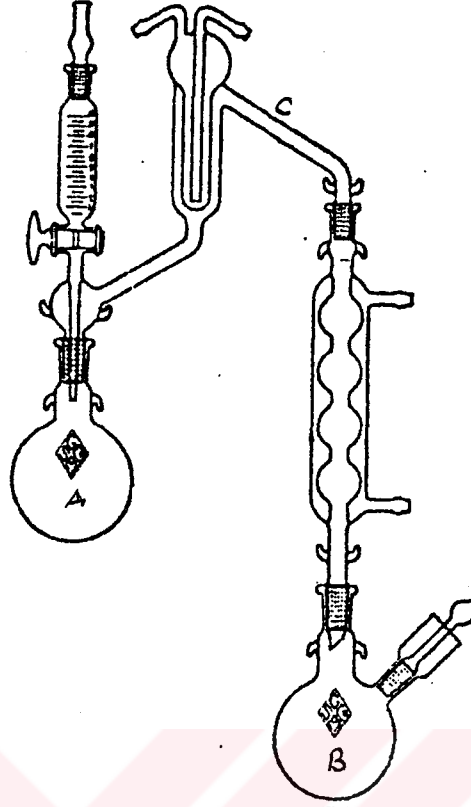
a = Kör deney için harcanan 0.1 N H₂SO₄ çözeltisi (ml)

b = Örnek için harcanan 0.1N H₂SO₄ çözeltisi (ml)

N = H₂SO₄ çözeltisinin normalitesi

M = Tam kuru örnek ağırlığı

Ayrıca; uygulanan farklı işlemler sonucunda soyma kaplama levhaların asetil grubu miktarlarındaki değişmeyi belirleyebilmek amacıyla, pudra haline getirilen odun örneklerinden hazırlanan preparatların Mattson 1000 FTIR Spektrometre cihazında spektrumları alınmıştır.



Şekil 9. Freudenberg'e göre asetil gurupları tayininde kullanılan cihaz

2.3.3.7. pH Tayini

Bunun için, 100 ml destile su ile rutubeti önceden belirlenmiş 3 g odun örneği geri dönüşlü bir kondensatör ile önceden sağlanmış 300 ml'lik bir erlenmayere yerleştirilmiştir. 30 dakika süre ile kaynatma işleminden sonra soğutularak bir krozeden süzölmüştür. Süzölen kısım destile su ile 250 ml'ye tamamlanıp çalkalanmak suretiyle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra bir pH metre ile çözeltinin pH, ölçölmüştür (67).

2.4. İstatistik Yöntemler

Bu çalışmada, iki farklı ön işlem sonucu, üç ağaç türüne ait soyma kaplama levhalarının soğuk su, sıcak su, % 1' lik NaOH ve Alkol - Benzen de çözünürlükleri, pH değerleri, pentozan ve asetil grupları miktarlarındaki değişmeler gibi bazı kimyasal özellikleri ile bu levhalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü,

çekme-makaslama direnci ve formaldehit emisyonları üzerine kimyasal bileşenlerin değişimlerinin etkileri incelenmiştir.

Bunun için bir faktör iki örneklemede t-testi uygulanmıştır. İki faktör ve ikiden fazla örneklemede ise çoğul varyans analizi uygulanmak suretiyle değişkenlerin etkili olup olmadıkları belirlenmiştir. Etkilemenin anlamlı olması halinde ortalama değerler Duncan testi yapılarak karşılaştırılmıştır.



Tablo 2. Soyma Kaplama Levhaların Üretim Koşulları

Levha Türü	Ön İşlem Türü	Buharlama		Kurutma	
		Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
Okume 1	Buharlanmış Teknik Kurutulmuş	130	12	110	11
Okume 2	Buharlanmış Doğal Kurutulmuş	130	12	20	D.
Okume 3	Buharlanmamış Teknik Kurutulmuş	-	-	110	11
Okume 4	Buharlanmamış Doğal Kurutulmuş	-	-	20	D.
Kayın 1	Buharlanmış Teknik Kurutulmuş	B.	48	180	9
Kayın 2	Buharlanmış Doğal Kurutulmuş	B.	48	20	D.
Kızılçam 1	Buharlanmış Teknik Kurutulmuş	120	18	140	5
Kızılçam 2	Buharlanmış Doğal Kurutulmuş	120	18	20	D.
Kızılçam 3	Buharlanmamış Doğal Kurutulmuş	-	-	20	D.

B : Belirlenmedi

D : Ortamda Denge Rutubetine Ulaşıncaya Kadar

3. BULGULAR

Farklı şekilde hazırlanmış kaplama levhalarının çözünürlük değerleri, pH, pentozan ve asetil grubu miktarı ile bu levhalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülü, çekme makaslama dirençleri ve ayrıca ayrışan formaldehit miktarları tablolar halinde verilmiştir.

3.1. Soyma Kaplama Levhaların Kimyasal Analizi

3.1.1. Çözünürlük Değerleri

Elde edildikleri ağaç türü, gördükleri ön işlem ve kurutma şartlarına göre gruplandırılan soyma kaplama levhalarına ait çözünürlük değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Soyma Kaplama Levhalarına Ait Çözünürlük Değerleri

Ağaç Türü	Soğuk Su Çöz.	Sıcak Su Çöz.	%1'lik NaOH Çöz.	Alkol-Benzen Çöz.
Okume 1	0.85	1.85	16.47	1.65
Okume 2	0.63	2.36	12.91	1.07
Okume 3	1.12	2.13	16.55	1.87
Okume 4	2.38	3.61	13.45	2.13
Kayın 1	2.33	3.07	16.95	2.56
Kayın 2	1.85	2.36	16.38	1.90
Kızılcım 1	1.18	1.55	12.70	1.72
Kızılcım 2	1.80	1.91	12.84	3.66
Kızılcım 3	2.21	3.03	13.52	4.28

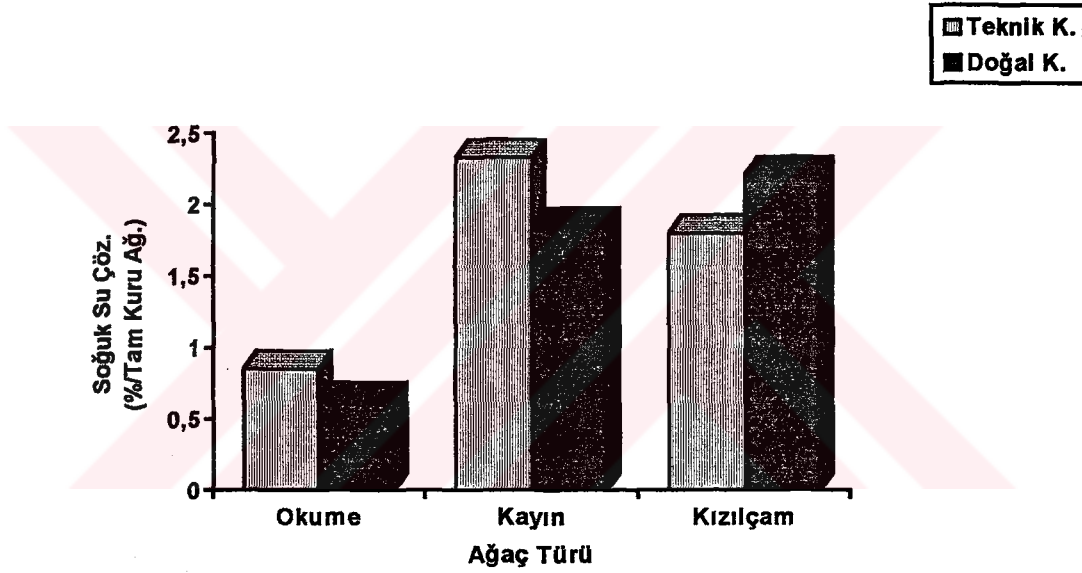
3.1.1.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi

Buharlanarak üretilen soyma kaplama levhalarının çözünürlüklerine ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin kaşılıklı etkilerini belirleyebilmek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

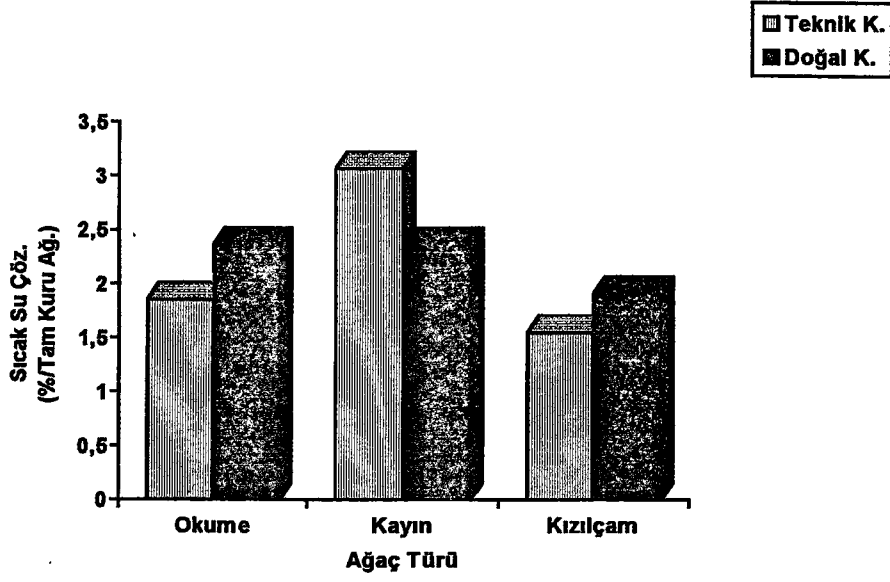
Tablo 4. Ağaç Türü ve Kurutma İşleminin Soyma Kaplama Levhaların Çözünürlük Değerlerine Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Çözünürlük Türü	Varyans Kaynak	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Toplamı	F.Oranı	Önem
Soğuk Su Çöz.	Ağaç Türü	5.543	2	2.771	91.080	***
	Kurutma İşlemi	0.002	1	0.002	0.089	B.D.
	A * K	0.996	2	0.498	16.370	***
	Hata	0.365	12	0.030		
	Toplam	6.907	17			
Sıcak Su Çöz.	Ağaç Türü	2.976	2	1.488	28.009	***
	Kurutma İşlemi	0.013	1	0.013	0.247	B.D.
	A * K	1.327	2	0.663	12.491	**
	Hata	0.637	12	0.053		
	Toplam	4.954	17			
%1’lik NaOH Çöz.	Ağaç Türü	45.646	2	22.823	2603.920	***
	Kurutma İşlemi	7.607	1	7.607	867.970	***
	A * K	11.038	2	5.519	629.721	***
	Hata	0.105	12	0.008		
	Toplam	64.398	17			
Alkol Benzen Çöz.	Ağaç Türü	5.481	2	2.740	132.069	***
	Kurutma	0.238	1	0.238	11.486	**
	A * K	6.575	2	3.287	158.435	***
	Hata	0.249	12	0.020		
	Toplam	12.544	17			

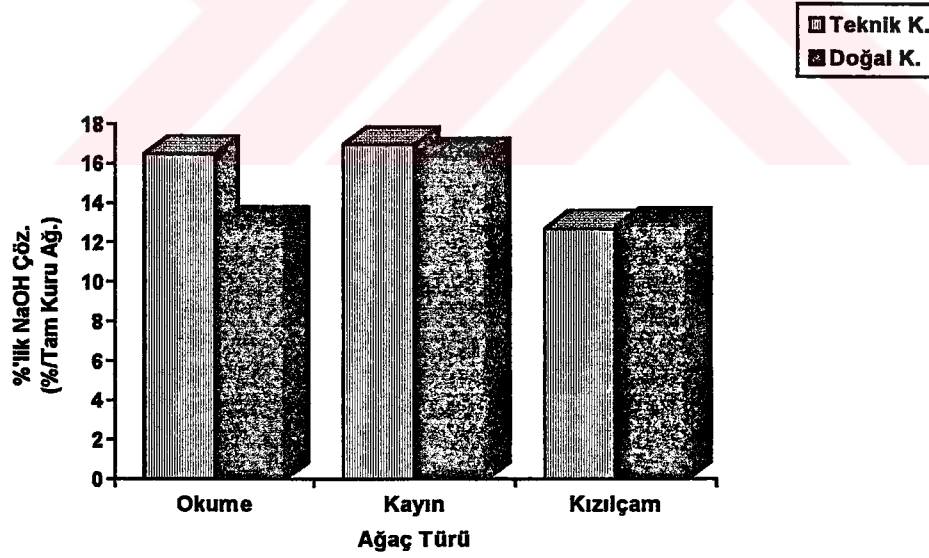
Yapılan çoğul varyans analizi sonuçlarına göre; buharlanarak soyma suretiyle elde edilen kaplamaların tüm çözünürlük değerlerine ağaç türünün etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile anlamlı, soğuk su ve sıcak su çözünürlüklerine kurutma işleminin etkisi 0.05 yanılma olasılığı ile anlamsız, alkol - benzen çözünürlüğüne 0.01 ve % 1'lik NaOH çözünürlüğüne 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur. Her iki faktörün karşılıklı etkileride; soğuk su, sıcak su ve alkol - benzen çözünürlükleri için 0.001ve % 1'lik NaOH'te çözünürlük için 0.01 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara ilişkin yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 14'de verilmiştir.



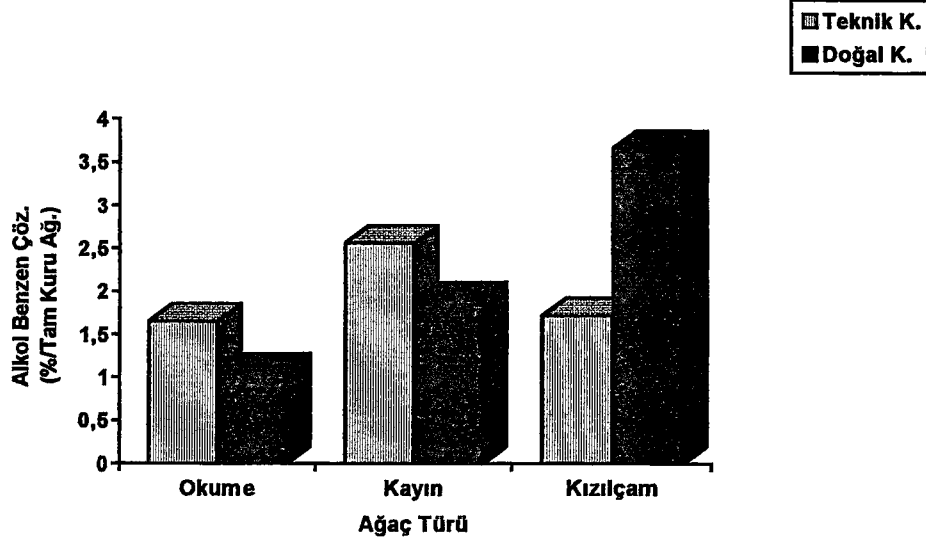
Şekil 10. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhalarının Soğuk Su Çözünürlüklerine Etkisi



Şekil 11. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhalarının Sıcak Su Çözünürlüklerine Etkisi



Şekil 12. Soyma Kaplama Levhaların %1'lik NaOH'te Çözünürlüklerine Kurutma Yönteminin Etkisi



Şekil 13. Soyma Kaplama Levhaların Alkol-Benzen Çözünürlüklerine Kurutma Yönteminin Etkisi

3.1.1.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Gerek teknik kurutulmuş, gerekse doğal kurutulmuş okume soyma kaplamaların çözünürlük özelliklerine buharlama işleminin etkisini belirleyebilmek amacıyla t-testi yapılmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 5. Okume Soyma Kaplama Levhaların Soğuk Su Çözünürlüğüne Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	0.851	0.097	11.39	3	1.974	B.D.
	Okume 3	1.122	0.216	19.25	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	0.632	0.123	19.46	3	7.374	**
	Okume 4	2.380	0.391	16.42	3		

X= Aritmetik Ortalama

S= Standart Sapma

V= Varyasyon Katsayısı

n= Örnek Sayısı

Bu sonuçlara göre tomruk buharlamanın teknik kurutulmuş okume soyma kaplamaların soğuk su çözünürlüğüne etkisi 0.05 yanılma olasılığı ile önemsiz, doğal kurutulmuş kaplama levhalar da ise 0.01 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Aynı şekilde, tomruk buharlama işleminin kaplama levhaların sıcak su çözünürlüğüne etkisine ilişkin t-testi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Okume Soyma Kaplama Levhalarının Sıcak Su Çözünürlüğüne Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	1.852	0.041	2.213	3	3.722	*
	Okume 3	2.136	0.125	5.852	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	2.364	0.371	15.69	3	5.421	**
	Okume 4	3.611	0.144	3.987	3		

Buna göre teknik kurutulmuş kaplamaların sıcak su çözünürlüğüne etkisi 0.05; doğal kurutulmuşlarda ise 0.01 yanılma olasılıkları ile önemli bulunmuştur.

Diğer taraftan okume kaplamaların %1'lik NaOH'te çözünürlüklerine buharlama işleminin etkisi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Okume Kaplama Levhaların %1'lik NaOH'te Çözünürlükleri Üzerine Tomruk Buharlamanın Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	16.389	0.076	0.463	3	2.288	B.D.
	Okume 3	16.515	0.056	0.339	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	12.913	0.040	0.309	3	11.044	***
	Okume 4	13.453	0.074	0.550	3		

Yapılan t-testi sonucuna göre teknik kurutulmuş okume kaplamaların %1'lik NaOH'te çözünürlükleri üzerine, buharlama işleminin etkisi 0.05 yanılma olasılığı ile önemsiz bulunurken doğal kurutulmuş örneklerde 0.001 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Ayrıca sonuçları Tablo 8'de verilen okume kaplamaların alkol - benzen çözünürlüklerine, buharlama işleminin etkisine ilişkin t-testinde de teknik kurutulmuş kaplamaların alkol - benzen çözünürlükleri üzerine buharla işleminin etkisi 0.05 yanılma olasılığı ile anlamsız, doğal kurutulmuş kaplama levhalarda ise 0.01 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 8. Okume Kaplama Levhaların Alkol-benzen Çözünürlüklerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	1.656	0.225	13.58	3	1.450	B.D.
	Okume 3	1.872	0.124	6.623	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	1.071	0.119	11.11	3	5.880	**
	Okume 4	2.134	0.289	13.54	3		

3.1.2. Soyma Kaplamaların pH, Pentozan ve Asetil Grupları

Ağaç türü ve tabii tutuldukları ön işlemlere göre gruplandırılan soyma kaplamaların pH değerleri, pentozan ve asetil grubu miktarları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Soyma Kaplamaların pH, Pentozan ve Asetil Grubu Miktarları

Ağaç Türü	pH Değeri	Pentozan Miktarı (%)	Asetil Grupları Miktarı (%)
Okume 1	4.67	16.39	1.37
Okume 2	5.28	15.66	1.80
Okume 3	4.70	17.33	2.09
Okume 4	5.57	16.23	2.78
Kayın 1	6.18	24.23	3.57
Kayın 2	6.23	25.18	4.16
Kızılcım 1	5.16	13.51	2.54
Kızılcım 2	5.68	15.07	2.84
Kızılcım 3	5.04	16.64	3.03

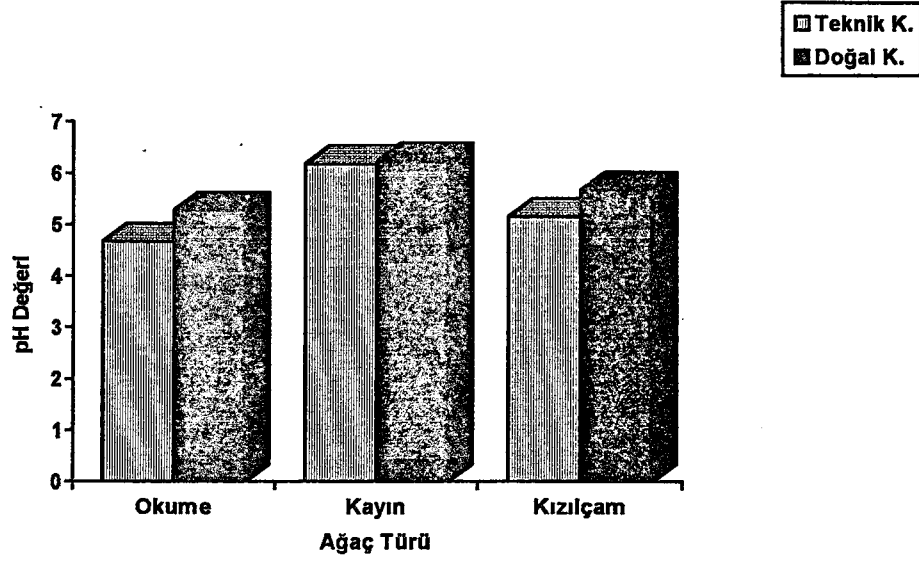
3.1.2.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi

Buharlanarak soyma suretiyle elde edilen kaplama levhaların; pH değerleri, pentozan ve asetil grubu miktarlarına; ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

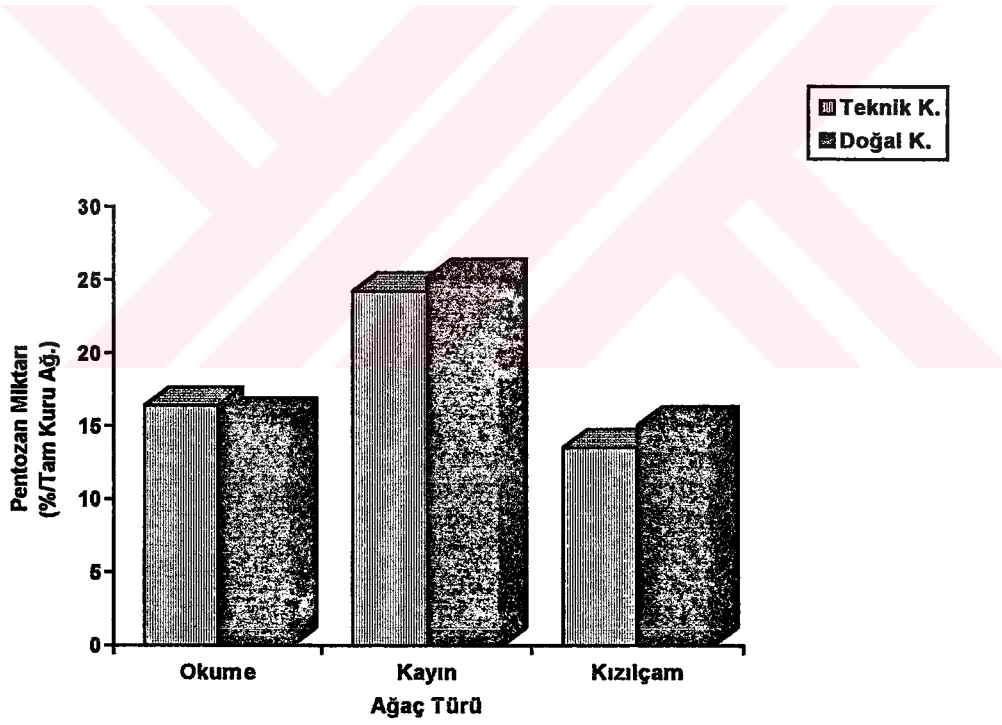
Tablo 10. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Kaplama Levhaların pH, Pentozan ve Asetil Grubu Miktarlarına Etkisine Ait Varyans Analizi

Analiz Türü	Varyans Kaynak	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem
pH	Ağaç Türü	4.532	2	2.266	4856.583	***
	Kurutma İşlemi	0.649	1	0.649	1392.429	***
	A * K	0.263	2	0.131	282.250	***
	Hata	0.005	12	0.0004		
	Toplam	5.451	17			
Pentozan	Ağaç Türü	373.917	2	186.958	18893.933	***
	Kurutma İşlemi	1.555	1	1.555	157.180	***
	A * K	4.194	2	2.097	211.935	***
	Hata	0.118	12	0.009		
	Toplam	379.785	17			
Asetil Grupları	Ağaç Türü	13.798	2	6.899	1306.647	***
	Kurutma İşlemi	1.298	1	1.298	245.891	***
	A * K	0.140	2	0.070	13.309	***
	Hata	0.063	12	0.005		
	Toplam	15.301	17			

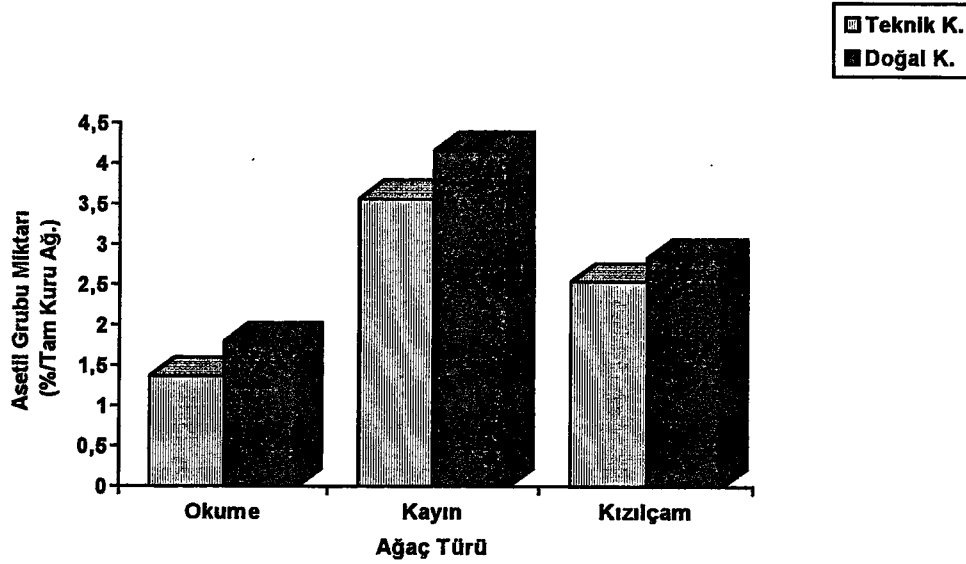
Yapılan çoğul varyans analizi sonuçlarına göre kaplama levhaların pH değerleri, pentozan ve asetil grubu miktarlarına; ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkileri 0.001 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara ait Duncan testi sonuçları Tablo 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların pH Değerlerine Etkisi



Şekil 15. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhaların Pentozan Miktarlarına Etkisi



Şekil 16. Kurutma Yönteminin Soyma Kaplama Levhalarının Asetil Grubu Miktarlarına Etkisi

3.1.2.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Teknik ve doğal kurutulmuş okume kaplamaların pH, pentozan ve asetil grubu miktarlarına tomruk buharlama işleminin etkisini belirleyebilmek için yapılan t-testleri tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 11. Okume Kaplama Levhaların pH Değerlerine Tomruk Buharlamanın Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	4.706	0.015	0.318	3	3.478	*
	Okume 3	4.670	0.010	0.214	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	5.290	0.010	0.189	3	41.50	***
	Okume 4	5.560	0.005	0.089	3		

Yapılan t-testine göre, teknik kurutulmuş kaplama levhaların pH değerlerine buharlama işleminin etkisi 0.05, doğal kurutulmuşlarda ise 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur.

Kaplama levhaların pentozon miktarlarına buharlama işleminin etkisi Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Okume Kaplama Levhalarının Pentozon Miktarlarına Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	16.395	0.001	0.006	3	186.819	***
	Okume 3	17.334	0.008	0.046	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	15.664	0.033	0.210	3	14.657	***
	Okume 4	16.233	0.058	0.357	3		

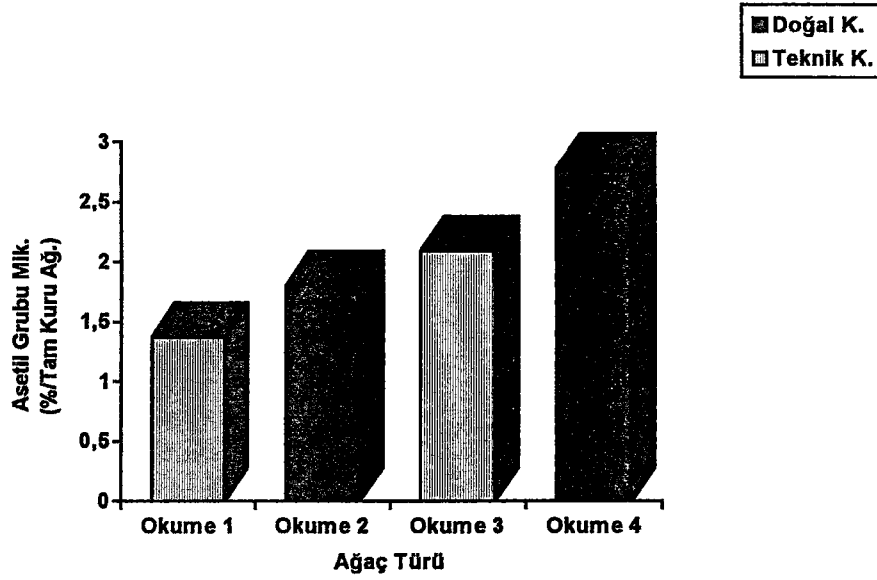
Buna göre gerek teknik gerekse doğal kurutulmuş okume soyma kaplamaların pentozon miktarları üzerine tomruk buharlama işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 13. Okume Kaplama Levhalarının Asetil Grubu Miktarlarına Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	1.370	0.088	6.423	3	9.917	***
	Okume 3	2.090	0.089	4.258	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	1.803	0.175	9.706	3	8.555	***
	Okume 4	2.783	0.093	3.341	3		

Yapılan t-testine göre teknik kurutulmuş ve doğal kurutulmuş levhaların asetil grubu miktarlarına buharlama işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile farklı bulunmuştur.

Diğer yandan buharlama ve kurutma işlemleri sonucunda levha örneklerinin asetil grubu miktarlarındaki değişmeyi belirleyebilmek amacıyla Mattson 1000 FTIR Spektrometre cihazında alınan spektrumlar EK 1,2 ve 3’te verilmiştir.



Şekil 17. Tomruk Buharlama İşleminin Okume Kaplama Levhalarının Asetil Grubu Miktarlarına Etkisi

Tablo 14. Kimyasal Özellikler Üzerine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Varyans Testi Sonuçları

Kimyasal Özellik	Varyans Kaynakları	n	Çözünürlük Miktarı (% / Tam Kuru Ağ.) X
Soğuk Su Çözünürlüğü	Ağaç Türü		
	Okume	6	0.741 a
	Kayın	6	2.097 b
	Kızılcım	6	1.499 c
	Kurutma		
	Teknik Kurutma	9	1.458 a
	Doğal Kurutma	9	1.434 a
Sıcak Su Çözünürlüğü	Ağaç Türü		
	Okume	6	2.108 a
	Kayın	6	2.719 b
	Kızılcım	6	1.733 c
	Kurutma		
	Teknik Kurutma	9	2.160 a
	Doğal Kurutma	9	2.214 a

% 1 lik NaOH Çözünürlüğü	Ağaç Türü			
	Okume	6	14.651	a
	Kayın	6	16.673	b
	Kızılçam	6	12.773	c
	Kurutma			
	Teknik Kurutma	9	15.349	a
Doğal Kurutma	9	14.049	b	
Alkol-Benzen Çözünürlüğü	Ağaç Türü			
	Okume	6	1.363	a
	Kayın	6	2.236	b
	Kızılçam	6	2.694	c
	Kurutma			
	Teknik Kurutma	9	1.983	a
Doğal Kurutma	9	2.213	b	
Pentozan Miktarı	Ağaç Türü			
	Okume	6	16.029	a
	Kayın	6	24.712	b
	Kızılçam	6	14.293	c
	Kurutma			
	Teknik Kurutma	9	18.051	a
Doğal Kurutma	9	18.639	b	
Asetil Grupları Miktarı	Ağaç Türü			
	Okume	6	1.730	a
	Kayın	6	3.871	b
	Kızılçam	6	2.691	c
	Kurutma			
	Teknik Kurutma	9	2.496	a
Doğal Kurutma	9	3.033	b	
pH	Ağaç Türü			
	Okume	6	4.998	a
	Kayın	6	6.210	b
	Kızılçam	6	5.425	c
	Kurutma			
	Teknik Kurutma	9	5.354	a
Doğal Kurutma	9	5.734	b	

3.2.Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme kontrplakları için hesaplanan eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü ortalamaları Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Deneme Kontrplaklarına Ait Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Ortalamaları

Ağaç Türü	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Okume 1	66.547	6011.324
Okume 2	66.361	6005.102
Okume 3	76.358	6723.438
Okume 4	69.567	6298.782
Kayın 1	126.451	11144.149
Kayın 2	110.627	9893.318

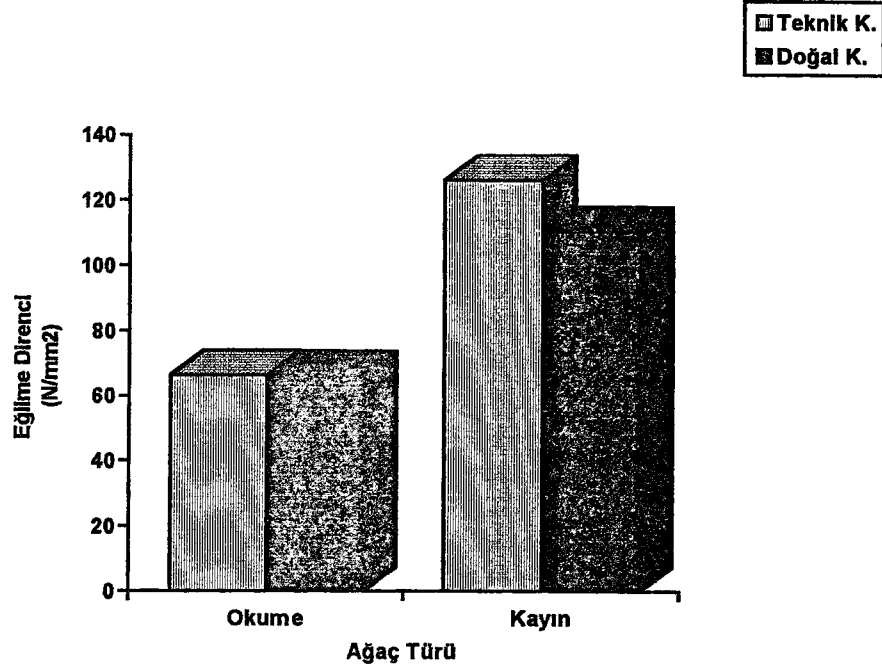
3.2.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi

Buharlanmış soyma kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülleri üzerine ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkilerini belirleyebilmek için yapılan çoğul varyans analizi Tablo 16’da verilmiştir.

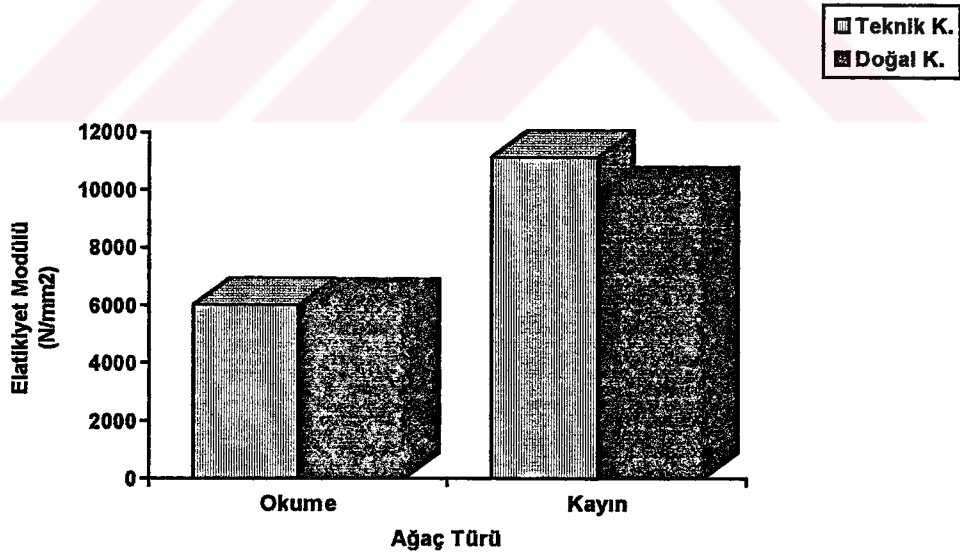
Tablo 16. Ağaç Türü ve Kurutma İşleminin Kontrplakların Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ekisine İlişkin Varyans Analizi

Mekanik Özellikleri	Varyans Kaynak	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem
Eğilme Direnci	Ağaç Türü	59682.639	1	59682.639	1366.849	***
	Kurutma İşlemi	1409.761	1	1409.761	32.286	***
	A * K	1345.196	1	1345.196	30.808	***
	Hata	3667.809	84	43.664		
	Toplam	66105.405	87			
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Ağaç Türü	4.475×10^8	1	4.475×10^8	1253.562	***
	Kurutma İşlemi	8.691×10^6	1	8.691×10^6	24.341	***
	A * K	8519787.8	1	8519787.8	23.862	***
	Hata	29992287	84	357051.03		
	Toplam	4.9479×10^8	87			

Bu sonuçlara göre buharlanmış kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülleri üzerine ağaç türü , kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkileri 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuş ve bu sonuçlara ilişkin Dunca testi Tablo 19’da özetlenmiştir.



Şekil 18. Kurutma Yönteminin Eğilme Direncine Etkisi



Şekil 19. Kurutma Yönteminin Elastikiyet Modülüne Etkisi

3.2.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Teknik ve doğal kurutulmuş soyma kaplamalardan üretilen okume kontrplakların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne buharlama işleminin etkisini belirleyebilmek amacıyla t-testi yapılmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 17. Eğilme Direncine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	66.547	4.419	6.640	22	7.230	***
	Okume 3	76.358	4.568	5.982	22		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	66.361	5.161	7.777	22	2.066	*
	Okume 4	69.522	4.980	7.163	22		

Yapılan t-testi sonuçlarında teknik kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine buharlama işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemli, doğal kurutulmuşlardan üretilen kontrplaklarda ise 0.05 yanılma olasılığı ile farklı olduğu bulunmuştur.

Tablo 18. Eğilmede Elastikiyet Modülü Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	6011.32	436.839	7.266	22	5.230	***
	Okume 3	6723.44	465.831	6.928	22		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	6005.24	461.592	7.686	22	2.063	*
	Okume 4	6298.78	482.410	7.658	22		

Bu sonuçlara göre; teknik kurutulmuş soyma levhalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülüne buharlama işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemli, doğal kurutulmuş levhalardan üretilen kontrplaklarda ise 0.05 yanılma olasılığı farklı bulunmuştur.

Tablo 19. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülüne Etkileri
Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu
Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)*

Varyans Kaynakları	n	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Mod. (N/mm ²)
Ağaç Türü			
Okume	44	66.4545 a	6008.213 a
Kayın	44	118.5395 b	10518.734 b
Kurutma			
Teknik Kur.	44	96.4995 a	8577.7369 a
Doğal Kur.	44	88.4945 b	7949.2101 b

* Aynı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.3. Çekme - Makaslama Direnci

Deneme kontrplakları için hesaplanan çekme-makaslama dirençlerine ait ortalamalar Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Deneme Kontrplaklarına Ait Çekme-Makaslama Dirençleri

Ağaç Türü	Okume 1	Okume 2	Okume 3	Okume 4	Kayın 1	Kayın 2
Çekme-Makaslama Direnci (Kg/cm ²)	23.33	18.44	29.57	20.41	35.66	26.12

3.3.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi

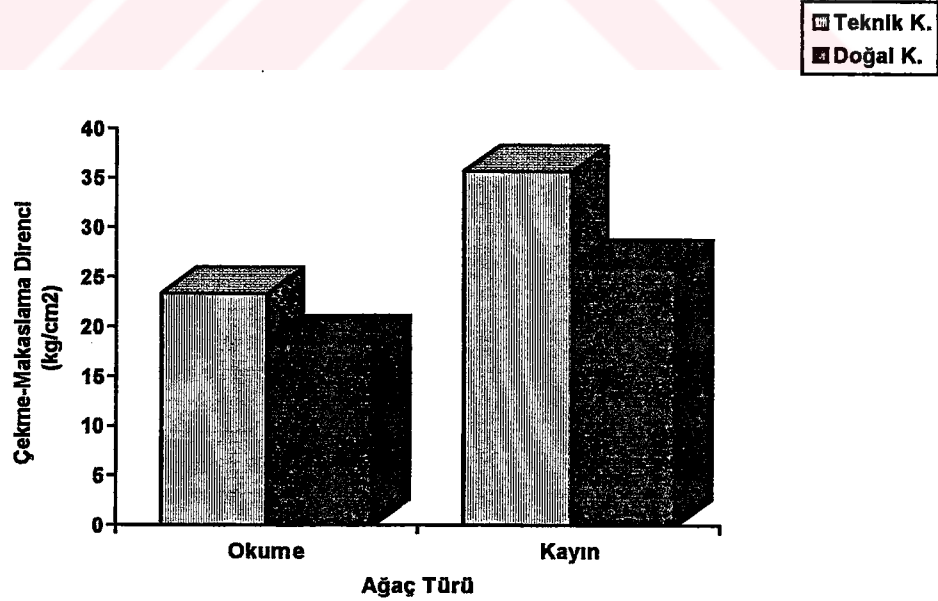
Buharlamak suretiyle elde edilen kaplamalardan üretilmiş kontrplakların çekme makaslama dirençlerine; ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkilerini

belirleyebilmek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi Tablo 21’de verilmiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının çoklu Duncan testi karşılaştırmaları Tablo 23’de özetlenmiştir.

Tablo 21. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Kontrplakların Çekme-Makaslama Dirençlerine Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F. Oranı	Önem
Ağaç Türü	3506.002	1	3506.002	301.035	***
Kurutma	1821.607	1	1821.607	156.408	***
A * K	189.778	1	189.778	16.295	***
Hata	1583.924	136	11.646		
Toplam	7101.312	139			

Yapılan çoğul varyans analizi sonucuna göre ağaç türü, kurutma işlemi ve her ikisinin karşılıklı etkileri 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur.



Şekil 20. Kurutma Yönteminin Çekme - Makaslama Direncine Etkisi

3.3.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Gerek teknik gerekse doğal kurutulmuş okume kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direncine buharlama işleminin etkisini belirlemek amacıyla yapılan t-testi Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Çekme - Makaslama Direncine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik	Okume 1	23.331	3.608	15.464	35	6.277	***
Kurutulmuş	Okume 3	29.577	4.650	15.721	35		
Doğal	Okume 2	18.445	4.328	23.464	35	2.131	*
Kurutulmuş	Okume 4	20.411	3.320	16.265	35		

Buna göre buharlama işleminin teknik kurutulmuş levhalardan üretilen kontrplakların çekme makaslama direncine etkisi 0.001, doğal kurutulmuş levhalardan üretilenlerde ise 0.05 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 23. Çekme - Makaslama Direncine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)*

Varyans Kaynakları	n	Çekme-Mak.Direnci (kg / cm ²)	
Ağaç Türü			
Okume	70	20.8885	a
Kayın	70	30.8971	b
Kurutma			
Teknik Kurutma	70	22.2857	a
Doğal Kurutma	70	29.5000	b

* Aynı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.4. Formaldehit Emisyonu

Deneme kontrplakları üretimlerinden sonra 20 °C ve % 65 bağıl nem şartlarındaki ortamda 10 gün bekletildikten sonra levhalardan ayrılan formaldehit miktarları perferatör metodu ile fotometrik ve WKI - Şişe metodu ile hem fotometrik hem de iyodometrik (mgHCHO / 100 g tam kuru levha) olarak hesaplanmış ve bulunan ortalama değerler Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. Deneme Kontrplaklarından Ayrılan Formaldehit Miktarları

Kontrplak Tipi	Perferatör Metodu (mgHCHO/100g Levha)	WKI-Şişe M.(mg HCHO/100gLev.)	
		İyodometrik Yön.	Fotometrik Yön.
Okume 1	29.629	33.454	32.451
Okume 2	26.281	26.283	25.116
Okume 3	45.128	59.141	56.818
Okume 4	34.794	40.071	34.660
Kayın 1	36.797	37.244	34.751
Kayın 2	28.681	31.490	27.997
Kızılçam 1	53.878	59.846	57.263
Kızılçam 2	46.524	54.656	42.690
Kızılçam 3	26.986	41.700	35.481

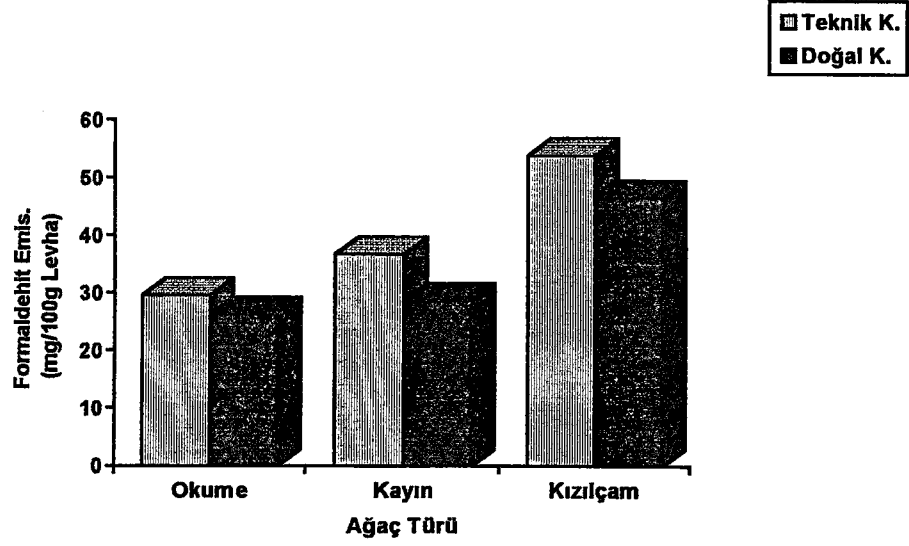
3.4.1. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Etkisi

Deneme kontrplaklarının formaldehit emisyonu miktarına; ağaç türü, kurutma yöntemi ve her ikisinin karşılıklı etkilerini belirleyebilmek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 25'de, Duncan testi sonuçları ise Tablo 29'da verilmiştir.

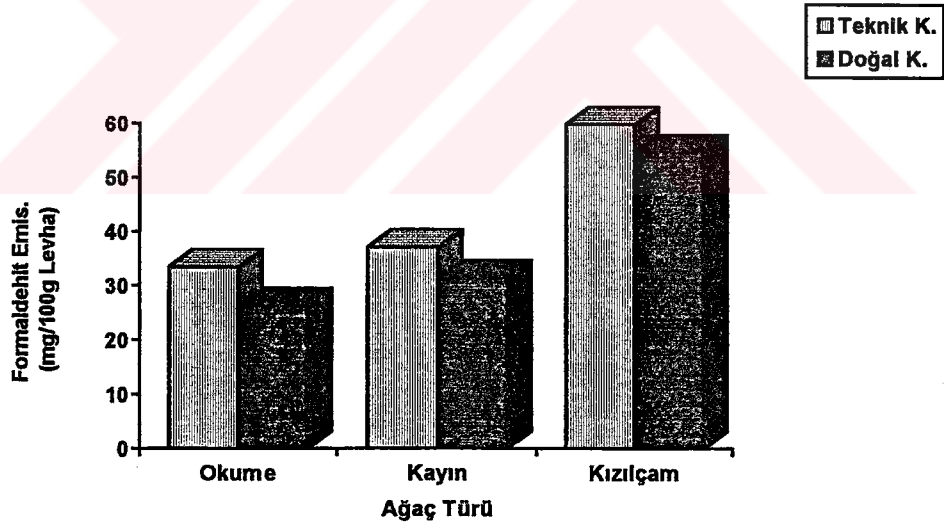
Tablo 25. Ağaç Türü ve Kurutma Yönteminin Deneme Kontrplaklarından Ayrışan Formaldehit Miktarına Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Belirleme Metodu	Varyans Kaynak	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem
Perferatör Metodu	Ağaç Türü	1094.538	2	547.269	279.637	***
	Kurutma İşlemi	116.259	1	116.259	59.405	***
	A * K	12.604	2	6.302	3.220	B.D.
	Hata	11.742	6	1.957		
	Toplam	1235.144	11			
WKI-Şişe Metodu (İyodometrik Yöntem)	Ağaç Türü	2613.190	2	1306.595	2604.801	***
	Kurutma İşlemi	152.043	1	152.043	303.110	***
	A * K	4.162	2	2.081	4.149	*
	Hata	6.019	12	0.501		
	Toplam	2775.415	17			
WKI-Şişe Metodu (Fotometrik Yöntem)	Ağaç Türü	1611.997	2	805.998	3491.267	***
	Kurutma İşlemi	409.953	1	409.953	1775.754	***
	A * K	57.162	2	28.581	123.803	***
	Hata	2.770	12	0.230		
	Toplam	2081.883	17			

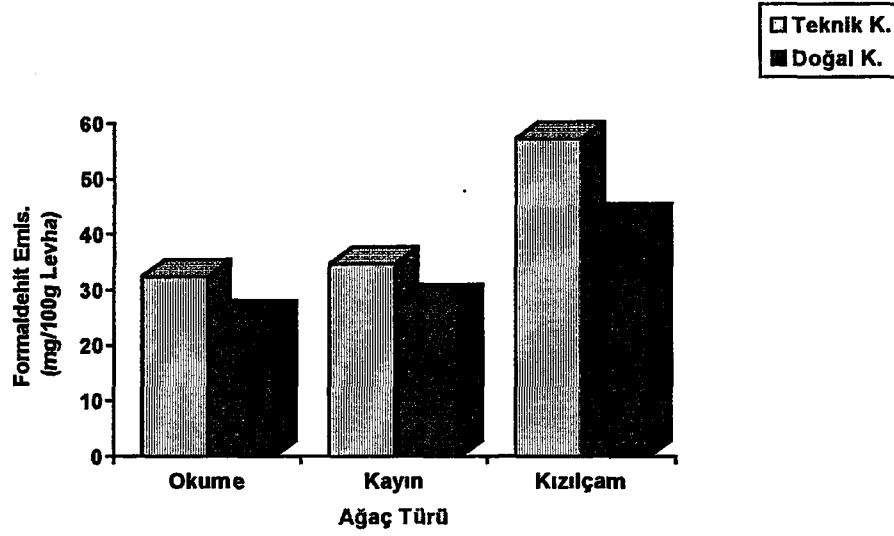
Bu sonuçlara göre; perferatör metodunda deneme kontrplaklarından ayrışan formaldehit miktarına ağaç türü ve kurutma işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemsiz bulunmuştur. WKI - Şişe metodunda ise hem iyodometrik hem de fotometrik belirlemelerde ağaç türü ve kurutma işleminin etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemli karşılıklı etkileri de iyodometrik belirlemede 0.05, fotometrik belirlemede ise 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur.



Şekil 21. Deneme Kontrplaklarının Formaldehit Emisyonları Üzerine Kurutma Yönteminin Etkisi (Perferatör Y.)



Şekil 22. WKI - Şişe Metodu İyodometrik Yönteme Göre Belirlenen Formaldehit Emisyonlarına Kurutma Yönteminin Etkisi



Şekil 23. WKI - Şişe Metodu Fotometrik Yönteme Göre Belirlenen Formaldehit Emisyonu Üzerine Kurutma Yönteminin Etkisi

3.4.2. Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Teknik ve doğal kurutulmuş okume kaplamalardan üretilen deneme kontrplaklarının formaldehit emisyonları üzerine buharlama işleminin etkisini belirlemek amacıyla yapılan t-testleri, formaldehit emisyonu belirleme metodlarına göre tablolar halinde verilmiştir.

Buna göre kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarının perferatör metoduna göre belirlendiği ve sonuçları Tablo 26'da verilen t-testinde teknik ve doğal kurutulmuş kaplama levhalarının her ikisinden de üretilen kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarlarına tomruk buharlama işleminin etkisi 0.01 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 26. Perferatör Metoduna Göre Belirlenen Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	29.629	0.500	1.687	2	26.068	**
	Okume 3	45.128	0.675	1.495	2		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	26.281	0.707	2.690	2	12.039	**
	Okume 4	34.794	0.707	2.031	2		

Tablo 27. Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi
(WKI - Şişe Metodu İyodometrik Yöntem)

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	33.454	0.622	1.859	3	27.778	***
	Okume 3	59.141	1.475	2.494	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	26.283	0.939	3.572	3	22.796	***
	Okume 4	40.071	0.463	1.155	3		

Tablo 28. Formaldehit Emisyonu Üzerine Tomruk Buharlama İşleminin Etkisi
(WKI - Şişe Metodu Fotometrik Yöntem)

Levha Türü		X	S	V	n	t-Hesap	Önem Derecesi
Teknik Kurutulmuş	Okume 1	32.451	0.217	0.668	3	118.338	***
	Okume 3	56.818	0.282	0.496	3		
Doğal Kurutulmuş	Okume 2	25.116	0.868	3.455	3	18.606	***
	Okume 4	34.660	0.186	0.536	3		

Yapılan t-testi sonuçlarına göre, WKI - Şişe metodu ile iyodometrik ve fotometrik yöntemlerin her ikisi ile de belirlenen formaldehit emisyonlarına buharlama işleminin etkisi her iki yöntem ve kontrplakların her iki grubunda da 0.001 yanılma olasılıkları ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 29. Formaldehit Emisyonuna Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları
Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları ($P < 0.05$)*

Belirleme Metodu	Varyans Kaynakları	n	Formaldehit Miktarı (mgHCHO/100g Levha)
Perferatör Metodu	Ağaç Türü		
	Okume	4	27.955 a
	Kayın	4	32.810 b
	Kızılçam	4	50.201 c
	Kurutma		
	Teknik Kurutma	6	40.101 a
	Doğal Kurutma	6	33.876 b
WKI - Şişe Metodu (İyodometrik Yön.)	Ağaç Türü		
	Okume	6	29.868 a
	Kayın	6	34.033 b
	Kızılçam	6	57.255 c
	Kurutma		
	Teknik Kurutma	9	43.292 a
	Doğal Kurutma	9	37.479 b
WKI - Şişe Metodu (Fotometrik Yön.)	Ağaç Türü		
	Okume	6	28.784 a
	Kayın	6	31.248 b
	Kızılçam	6	49.977 c
	Kurutma		
	Teknik Kurutma	9	41.442 a
	Doğal Kurutma	9	31.897 b

* Aynı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

4. İRDELEME

Kontrplak üretiminde uygulanmakta olan tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemleri sırasında yüksek sıcaklığın etkisinde kalan odunun kimyasal yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Tomruğun daha kolay soyulabilmesi için tomruğu yumuşatmak amacıyla yapılan buharlama işlemi, odunda su buharı ile uçucu hale gelen ve genellikle uçucu yağlar olarak adlandırılan bileşenlerin ayrılmasına neden olabilmektedir. Uçucu yağlar genellikle hidrokarbonlar, alkoller eterler, aldehitler, ketonlar ve ı içerir. Bu bileşenlerin bir kısmı kurutma sırasında da ayrışabilir. Diğer yandan pek çok ekstraktif madde soğuk suda dahi çözünebilmektedir. Odundaki soğuk suda çözünen materyaller; tuzlar, şekerler, polisakkaritler, ksiloz ve cyklitoller, bazı organik asitler, glikozitler, ve pek çok fenolik madde gurubunu içermektedir. Ancak bilinmelidir ki sıcak su ekstraksiyonu hidrolize yol açarak hücre çeperi bileşenlerinin çözünmesine neden olabilmektedir.

Farklı ekstraksiyon işlemleriyle sağlanan ekstraktifler arasında kesin bir ayrım yapılamaz. Örneğin; tanenler esas itibariyle sıcak suda çözünebilmelerine rağmen, alkol ekstraktları arasında da yer almaktadır. Benzer şekilde alkol-benzen ekstraktları arasında bulunan reçine, yağ, mum, tanen, flavanoidler gibi bazı ekstraktifler de %1'lik NaOH'te çözünmektedir. Yine bazı hemiselüloz grupları da suda dahi çözünebilmektedir. Bu nedenle suda çözünebilir hemiselülozlar ile şekerler, tanen ve pektik maddeler gibi suda çözünebilir ekstraktifleri odunun su ile ön muamele görmesi durumunda bir birinden ayırmak zordur. Diğer taraftan alkalide çözünebilir hemiselülozların bir kısmı da sıcak su ekstraksiyonu sırasında çözünebilir hale gelmektedir.

Bu bilgilerin ışığı altında tomrukların buharlanma öncesi suda depolanmalarının da çözünürlük değerlerini etkileyebileceğini söyleyebiliriz. Ancak hangi ön işlem kademesinde tam olarak hangi kimyasal bileşen guruplarının nasıl etkilendiğini belirlemek güçtür.

Yapılan labaratuvar çalışmalarından elde edilen değerlere göre; genel olarak teknik kurutulmuş kaplamaların çözünürlük değerleri doğal kurutulmuşlara, buharlanmış tomruklardan üretilen kaplamaların çözünürlük değerleri de buharlanmamışlara nazaran daha düşük bulunmuştur. Ancak her ne kadar buharlanarak üretilen teknik kurutulmuş kaplamalar ile doğal kurutulmuş kaplamaların soğuk su ve sıcak su çözünürlükleri arasında fark bulunmuş ise de istatistiksel değerlendirmeler sonucunda bu farklılığın önemli olmadığı tesbit edilmiştir. Okume kaplamaların soğuk su ve sıcak su çözünürlüklerine tomruk buharlama işleminin etkisini belirlemek amacıyla, gerek buharlanmış ve gerekse

buharlanmaksızın üretilen levhalar için yapılan t-testleri sonucunda teknik kurutulmuş levhaların soğuk su çözünürlükleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önem taşımadığı ancak sıcak su çözünürlükleri arasındaki farkın belirgin olduğu tesbit edilmiştir. Doğal kurutulmuş kaplamaların her iki çözünürlükleri arasındaki farklar da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Benzer şekilde buharlanarak üretilen doğal kurutulmuş kaplamalar ile teknik kurutulmuş kaplamaların %1'lik NaOH ve alkol-benzen çözünürlükleri arasında istatistiksel olarak fark belirgin bulunmuştur. Yine buharlamanın bu çözünürlük özelliklerine etkisi incelendiğinde %1'lik NaOH'te çözünürlük için teknik kurutulmuş okume kaplamalar için farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı ancak doğal kurutulmuş kaplamalar ve alkol-benzen çözünürlüğü için her iki grupta da önemli farkların olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu farklılıkların hangi ön işlem kademesindeki kimyasal değişimlerden kaynaklandığını söylemek güçtür. Ancak çözünürlük değerlerindeki azalma miktarlarına bakıldığında ve odunların doğal yapısındaki ekstraktif madde miktarları göz önüne alındığında bu azalmanın sadece buhar destilasyonu ve suda çözünebilen bir kısım ekstraktif maddelerden kaynaklanmadığı, bunlara ilave olarak ön işlemlerin odunun hücre çeperi bileşenlerinin özellikle hemiselüloz kısımlarını da etkilediği söylenebilir.

Buharlanmış kaplamaların pH ve asetil grupları miktarı buharlanmamışlardan, teknik kurutulmuş kaplamalarınki de doğal kurutulmuşlardan daha düşük bulunmuştur. Kısaca hidrojen iyonları konsantrasyonu şeklinde ifade edilen pH, odunun ısıtılması sırasında (su mevcudiyetinde) asetil gruplarının hidrolizi sonucu ortaya çıkan uçucu asetik asit nedeniyle düşer. Aynı zamanda odunun asiditesi sıcaklıktaki artış ile nemli ortamda depolanması sırasında da artar. Ön işlemlerle birlikte pH değerlerindeki bu düşüş ve asetil grubu miktarlarındaki azalma asetil gruplarının hidroliziyle açıklanabilir.

Araştırma sonuçlarına göre, buharlanmış kaplamaların pentozan miktarları buharlanmamışlardan, teknik kurutulmuş kaplamalarınki de doğal kurutulmuşlardan daha düşük bulunmuştur. Bu durumda da yine uygulanan ön işlemlerin kullanılan odun örneklerinin hemiselüloz kısımları üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada buharlanmış tomruklardan soyma suretiyle elde edilen ve teknik olarak kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ve elastikiyet modülleri, doğal kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Buharlama işleminin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapılan t-testi sonucunda ise buharlanmadan elde edilen okume

kaplamalardan üretilen kontrplakların, buharlanmış kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak buharlama işleminin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü azalttığı, ancak azalma miktarının standartlarda belirtilen değerlerin altına düşmediği söylenebilir. Buharlama ile eğilme direnci ve elastikiyet modülünde meydana gelen bu azalma buharlama sonucu tomruklardan uzaklaşan ekstraktiflerden meydana gelebileceği gibi uygun olmayan buharlama işlemi sonucu gevşek yüzde oluşan soyma çatlaklarından da kaynaklanabilir. Bilindiği gibi ekstraktif maddeler odunun renk, koku, mantar ve böceklere karşı koruyucu etkileri yanında, odunun permeabilitesi, özgül ağırlık, sertlik ve basınç direnci gibi pekçok direnç özelliklerini de etkilemektedir (52). Tomruk özelliklerine göre buharlama şartlarının belirlenmesi ise, daha ayrıntılı bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada, buharlama şartlarının uygunluğu üzerine bir araştırma yapılmamış ve dolayısıyla soyma esnasında gevşek yüzde oluşan soyma çatlaklarının miktar ve derinlikleri tesbit edilmemiştir. Bu nedenle eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki değişimleri nasıl etkilediği hakkında yorum yapılamaz.

Diğer yandan ağaç türleri dikkate alındığında okume kontrplakların eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü, kayın kontrplaklardan daha düşük bulunmuştur. Buna göre kontrplağın üretildiği ağaç cinsinin eğilme direnci ile kontrplakların eğilme direnci arasında önemli bir ilişki olduğu söylenebilir. Her iki ağaç türü için buharlama ile eğilme direncindeki azalma miktarı (%13) ve elastikiyet modülündeki azalma miktarları yaklaşık olarak (%11) bulunmuştur.

Üretilen deneme kontrplakları için hesaplanan çekme-makaslama dirençleri buharlanmış, teknik kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda doğal kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Bu durum buharlama ve teknik kurutma işlemleri sonucu kaplama örneklerinin bir takım ekstraktiflerin uzaklaşması ile asiditelerinin ve ıslanabilirliğin artması ile açıklanabilir. Bilindiği gibi ekstraktif madde miktarının fazla olduğu ağaç türlerinde yapışma zayıf olarak gerçekleşir. Ayrıca ağaç türlerinin pH değerleri ve ıslanabilme kabiliyetleri yapışma direncini önemli ölçüde etkiler (68).

Buharlanmamış kaplamalardan üretilen okume kontrplakların çekme-makaslama dirençleri, buharlanmış kaplamalardan üretilenlere göre daha yüksektir. Bu durum buharlama ile birlikte odunun doğal yapısının bozulması ve direncinin azalması şeklinde açıklanabilir.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre kayın kontrplakların çekme-makaslama direnci okume kontrplaklardan daha yüksektir. Bu sonuç, çalışmada kullanılan ağaç cinslerinden kayının, okumeden daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmasından ileri gelmektedir.

Bu çalışmada, deneme kontrplaklarından ayrışan formaldehit miktarları, uygulanan ön işlemlere göre ağaç türlerinde farklılıklar göstermiştir. Örneğin buharlanmış ve teknik kurutulmuş kaplamalardan üretilen kayın ve kızılçam kontrplaklarından ayrışan formaldehit miktarı en yüksek bulunurken; okume için en yüksek formaldehit miktarı, buharlanmamış, teknik kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda tespit edilmiştir. Bu sonuç uygulanan ön işleme göre; her ağaç türü için farklı kimyasal değişmelerin meydana gelmesiyle açıklanabilir. Ön işlem kademelerinde uygulanan sıcaklıkların tesiri ile odundan asetil grupları ayrılırken asetik asit ortaya çıkmaktadır (2). Bu ise formaldehiti bağlayıcı bir etki yapmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ağaç türlerine uygulanan ön işlem sıcaklık ve süreleri farklı olduğu ve her ağaç türünün de kendine özgü bir kimyasal yapısı olması nedeniyle ön işlem kademelerinde meydana gelen kimyasal değişmeler de farklıdır. Buna bağlı olarak formaldehit emisyonlarının da farklı olması doğaldır.

Gerek buharlanmış gerekse buharlanmaksızın elde edilen teknik kurutulmuş kaplamalardan ayrışan formaldehit miktarları her iki ağaç türünde de doğal kurutulmuşlara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle buharlama işleminin yanı sıra kurutma işleminin de formaldehit emisyonunda etkili olduğunu söyleyebiliriz. Buharlanmamış ve teknik kurutulmuş okume kaplamalardan üretilen kontrplakların formaldehit emisyonunun diğer okume kontrplaklara nazaran daha yüksek çıkması kurutma işleminin formaldehit emisyonunda buharlama işlemine nazaran daha etkili olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

1. Genel olarak uygulanan tomruk buharlama ve kaplama kurutma işlemleri ile birlikte tüm çözünürlük değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Teknik kurutulmuş kaplamaların çözünürlük değerleri doğal kurutulmuşlara, buharlanarak üretilen kaplamaların çözünürlük değerleri de buharlanmamışlara nazaran daha düşük bulunmuştur.

2. Kurutma işleminin soğuk su ve sıcak su çözünürlükleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunurken, %1'lik NaOH ve alkol-benzen çözünürlükleri üzerine belirgin bir etkisinin olduğu görülmüştür. Buharlama işleminin ise tüm çözünürlük değerlerini açık bir şekilde azalttığı tesbit edilmiştir.

3. Uygulanan işlemlerle birlikte deney örneklerinden ayrılan asetil grubu miktarının arttığı ve buna bağlı olarak pH değerlerinin düştüğü belirlenmiştir.

4. Hem buharlama hemde kurutma işlemi sonunda kaplamalardaki pentozan miktarlarının da azaldığı tesbit edilmiştir.

5. Buharlanmış tomruklardan elde edilen ve teknik kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme dirençleri ve elastikiyet modülleri doğal kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Gerek teknik kurutulmuş gerekse doğal kurutulmuş okume kaplamalardan üretilen kontrplaklar mukayese edildiğinde, buharlanmamış örneklerin eğilme dirençleri ve elastikiyet modüllerinin buharlanmış örneklerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

6. Üretilen deneme kontrplaklarının çekme-makaslama dirençleri buharlanmış, teknik kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda doğal kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklara göre daha yüksek bulunmuştur. Buharlamanın etkisi incelendiğinde buharlanmamış okume kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama dirençleri, buharlanmış kaplamalardan üretilen kontrplaklardan daha yüksek olduğu görülmüştür.

7. Okume kontrplakların eğilme dirençleri, elastikiyet modülleri ve çekme-makaslama dirençleri tüm gruplar için (buharlanmış-buharlanmamış, teknik kurutulmuş-doğal kurutulmuş) kayın kontrplaklardan daha düşük çıkmıştır.

8. Buharlanmış tomruklardan elde edilen ve teknik kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı doğal kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklara göre daha fazla olmaktadır. Teknik ve doğal kurutulmuş okume kaplamalardan üretilen kontrplaklar mukayese edildiğinde, buharlanmamış örneklerin

formaldehit emisyonlarının buharlanmış örneklere nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

9. Kullanılan ağaç türleri dikkate alındığında deneme levhalarından ayrılan formaldehit miktarı en yüksek kızılçam kontrplaklarında, en düşük miktar ise okume kontrplaklarda tesbit edilmiştir.



6. ÖNERİLER

Kontrplaklar, masif oduna göre daha homojen bir yapıya ve daha iyi bir boyut stabilitesine sahip olmaları yanında elastikiyeti yüksek, kırılmaya karşı dirençli, bükülmeye ve aşınmaya mukavim malzemelerdir. Bu üstün özellikleri nedeniyle sağlamlık ve direncin sözkonusu olduğu yerlerde, mobilya endüstrisinde, uçak, otobüs, gemi ve tren kompartımanlarından inşaatlardaki beton kalıplarına kadar oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bu denli yoğun bir kullanıma sahip olması kontrplak endüstrisi ile ilgili problemlerin önemini bir kat daha artırmaktadır.

Kontrplak üretiminde ekonomik olması bakımından bazı türlerin buharlanmaksızın taze halde soyulması yoluna gidilmekte ise de tomruk buharlama işleminin formaldehit emisyonunu azaltıcı etkisi göz ardı edilmemelidir. Yani levha üretiminde ekonomiklik yanında üretilen levhaların çevre dostu olmalarına da dikkat edilmelidir. Bununla birlikte tomrukların gereğinden fazla buharlanması ağacın strüktürünü bozmakta ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle her ağaç türü için uygun buharlama koşullarının belirlenebilmesi amacıyla ayrıca bir çalışmanın yapılması önerilebilir.

Bilindiği gibi ekstraktif madde miktarının fazla olduğu ağaç türlerinde yapışma zayıf olarak gerçekleşir. Ayrıca, ağaç türlerinin pH değerleri ve ıslanabilme kabiliyetleri yapışma direncini önemli ölçüde etkiler. Tomrukların buharlanması ve kaplamaların teknik kurutulması işlemleri ekstraktif madde miktarını azalttığı ve pH değerini düşürdüğü için iyi bir yapışmanın temini maksadıyla bu işlemlerin uygulanması yerinde olur. Ancak teknik kurutma sırasında uygulanacak yüksek sıcaklığın kaplamaların ıslanabilirliğini azaltabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada; her ne kadar kaplamaların doğal kurutulmalarının da formaldehit emisyonu ve bazı mekanik özellikler üzerine etkileri araştırılmış ise de günümüzde doğal kurutma işlemi uygulanmamaktadır. Ancak kurutma koşullarının bu özellikleri nasıl etkilediğinin ortaya konulabilmesi açısından bu işlemin de incelenmesi uygun görülmüştür.

Diğer yandan, presleme işlemi sırasında uygulanan sıcaklık sonucu oluşan termik nedenli değişmelerin formaldehit emisyonuna etkileri, bu çalışmada yer almamışsa da teknik kurutma işleminin etkileri ile benzer sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmektedir. Nitekim literatürde bununla ilgili benzer etkilerden söz edilmektedir. Fakat 3 katlı kontrplaklar ile çok katlı kontrplaklarda presleme esnasında meydana gelebilecek termik nedenli değişmeler,

çok tabakalılar için uygulanan ısının orta tabakaya daha zor ulaşması nedeniyle doğal olarak aynı olmayabilir. Bu nedenle çok katlı kontrplaklar için meydana gelebilecek termik nedenli değişmelerin literatüre kazandırılması amacıyla da ek bir çalışma yapılması önerilebilir.



7. KAYNAKLAR

1. Fengel, D. ve Wegener, G., Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter De Gruyter Berlin, New York, 1989.
2. Çolakoğlu, G., Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1993.
3. Kalaycıoğlu, H. ve Çolakoğlu, G., Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilmiş Kontrplak ve Yongalevhlerden, Üretim Şartlarına Bağlı Olarak Formaldehit Çıkışının Sınırlandırılması İmkanları, Tübitak TOAG - 935 Nolu Proje, Trabzon, 1994.
4. TS 2128, Kontrplak, Terimler ve Tarifler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1975.
5. ASTM 907, Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia, 1982.
6. Sellers, T., Plywood and Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.
7. DIN 68708, Sperrholz - Begriffe, DIN, Berlin, 1976.
8. Lutz, J.F., Wood Vanner, Log Selection, Cutting and Drying, U.S. Dep. Agric., Tech. Bull. No 1577, Madison, 1977.
9. Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., Tabaklı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No 3401/378, İstanbul, 1986.
10. Göker, Y., Türkiyede Kontrplak, Kontrtabla ve Yonga Levha Sanayii Gelişme Olanakları, Bu Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No 3243/367, İstanbul, 1984.
11. Özen, R., Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No: 9, Trabzon, 1981.
12. Plath, L., Streckmittel bei der Harnstoffharzverleimung, Adhäsion, 11/12, 1970.
13. Roffael, E., Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen, DRW Verlag, Stuttgart, 1982.
14. Wallace, P.D., Urea - Formaldehyde Resins, Nonnomen Binders; Chemistry and Use Seminar, Tappi Press, Atlanta, Georgia, 1983.

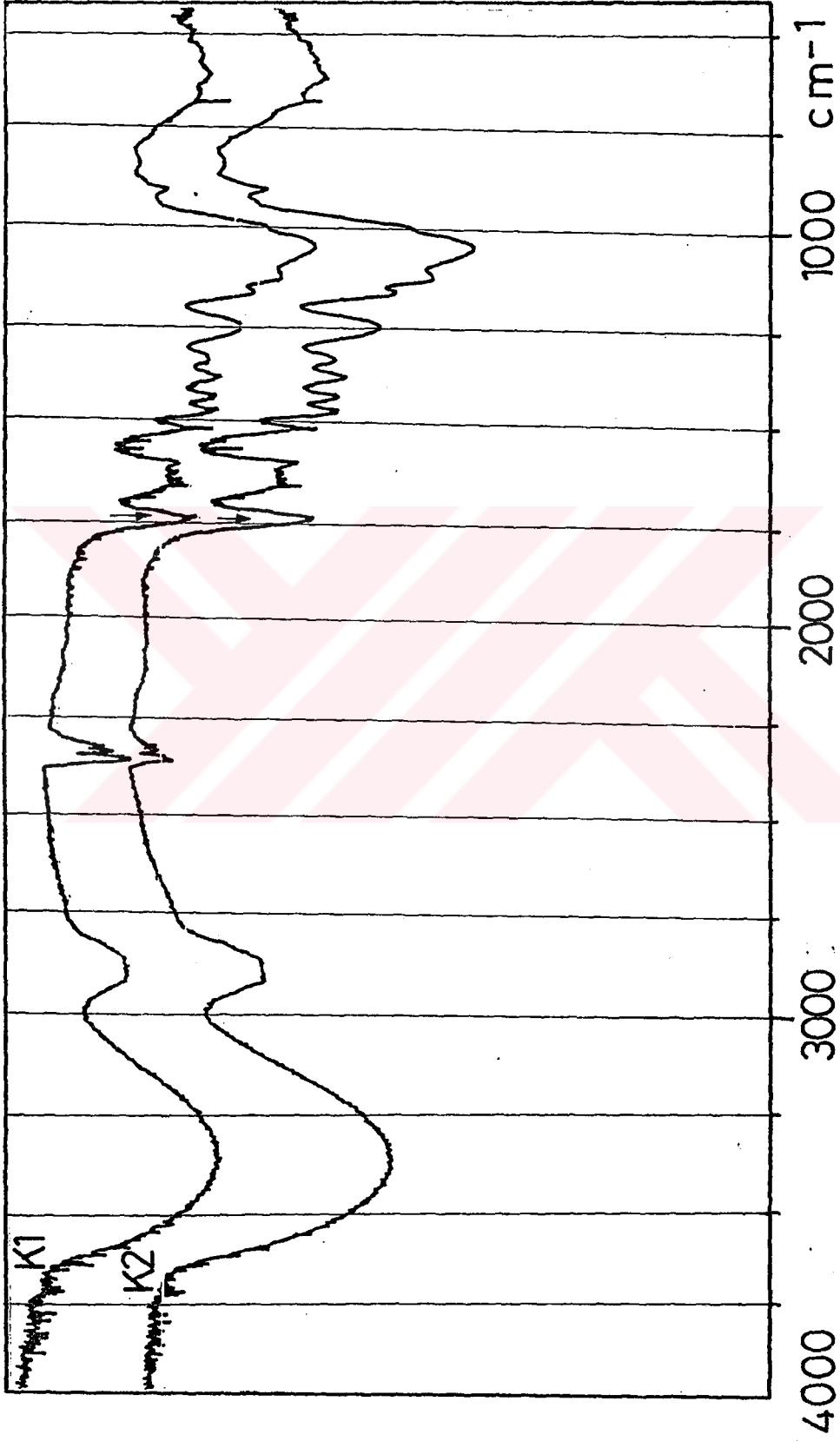
15. Çolakoğlu, G., Ağaç Malzeme Yapıştırıcıları ve Uygulama Teknikleri, Y. Lisans Ders Notları (Yayınlanmamış), K.T.Ü. Orman Fak., Trabzon, 1995.
16. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 3311/372, İstanbul, 1985.
17. Hazer, B., Polimer Teknolojisi Ders Kitabı, K.T.Ü. Fen - Edebiyat Fak. Yayın No: 161/46, Trabzon, 1993.
18. White, J.T., Wood Adhesives and Binders (What's the out look ?) F.P.J., 45, 3. (1995) 21 - 28.
19. Hafizoğlu, H., Kağıt Fabrikası Atık Sularından Yararlanma Olanakları, K.T.Ü. Orman Fak. Dergisi, 9, 2 (1986) 72 - 90.
20. Forss, K.G. ve Fuhrmann, A., Finnish Plywood, Particleboard and Fiberboard Made With a Lignin - Base Adhesive, F.P.J., 29, 7 (1979), 39 - 43.
21. Gardner, D. J. ve Sellers, T.J., Formulation of a Lignin Based Plywood Adhesive From Steam - Explosed Mixed Hardwood Lignin, F.P.J., 36, 5 (1986), 61 - 67.
22. Dix, B. ve Marutzky, R., Tanninformaldehydharze als Bindemittel für Holzwerkstoffe, WKI - Bericht No: 18, Braunschweig, 1987.
23. Pizzi, A., Scharfetter, H. ve Kes, E.W., Adhesives and Techniques Open New Possibilities for the wood Processing Industry, Part 1 : Experience With Tannin Based Adhesives, Holz als Roh- und Werkstoff, 39 (1981), 85 - 89.
24. ASTM, Standart Definitions of Terms Relating to Adhesives Standart D - 907, 1982.
25. Robertson, J.E., Plant - Site Observation of Asian Plywood Glue Extender, F.P.J., 24, 11 (1974), 35 - 41.
26. Robertson, J.E. ve Robertson, R.R.P., Review of Filler and Extender Quality Evaluation, F.P.J., 27, 4. (1977), 30 - 38.
27. Strickler, M.D. ve Sawyer, Jr.E.W., Attapulgit Clay - a Filler for Exterior Plywood Adhesives, F.P.J., 24, 11 (1974) 17 - 22.
28. Kollmann, F., Kuenzi, E. ve Stamm, A.J., Principles of Wood Science and Technology II. Wood Based Materials, Springer Verlag, New York, Berlin, 1975.
29. Kollmann, F., Furniere, Lagenhölzer und Tischlerplatten, Springer - Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1962.

30. Öktem, E., Kontrplaklarda Yapışma Direncinin Saptanması, Ormancılık Araştırma Ens. Yayınları, Yayın No: 33, Ankara, 1975.
31. Christiansen, A.W., Effect of Overdrying of Yellow - Poplar Veneer on Physical Properties and Bonding, Holz als Roh - und Werkstoff, 52 (1994), 139 - 149.
32. Jain, N.J., Gupta, R.C. ve Chauhan, B.R.S., Effect of Extractives on Gluing of Shorea robusta (Sal), Holzforschung und Holzverwertung, 26, 6 (1974), 129 - 130.
33. Kurtoglu, A. ve Uçar, H., Orman Ürünleri Sanayiinde Formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 35, 3 (1985), 27 - 36.
34. Myers, G.E., How Mol Ratio of UF Resin Affects Formaldehyde Emission and Other Properties : A literature Critique, F.P.J., 34, 5 (1984), 35 - 41.
35. Tsai, C.M., Effect of Adding Urea or Melamine to Urea - Formaldehyde Resins on The Elimination of Formaldehyde Release from Plywood, Technical Bulletin, Experimental Forest, National Taiwan University No : 155, 1984.
36. Myers, G.E., Effect of Separate Additions to Furnish or Veneer on Formaldehyde Emission and Other Properties : A literature Review (1960 - 1984), F.P.J., 35, 6 (1985), 57 - 62.
37. Myers, G.E., Effect of Post - Manufacture Board Treatments on Formaldehyde Emission : Literature Review (1960 - 1984), F.P.J., 36, 6 (1986), 41 - 51.
38. Çolakoğlu, G., Mobilya ve Formaldehit Emisyonu, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Seminer Serisi No : 1, Güz Yarıyıl Seminerleri, Trabzon, 1996.
39. Witman, O., Formaldehydarme Flächenverleimung mit Aminoplastharzen, Holz als Roh- und Werkstoff, 43. (1985), 187 - 191.
40. Nemli, G., Melamin Emdirilmiş Kağıtlarla Kaplamanın Yonga Levha Teknik Özelliklerine Etkileri, Y.Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Ens., Trabzon, 1995.
41. Grigoriou, A., Formaldehydabgabe aus den Schmal - und Breitflächen Verschiedener, Holz als Roh- und Werkstoff, 45, 2 (1987), 63 - 69.
42. Groah, W.J., Gramp, G.D. ve Trant, M., Effect of Decorative Vinyl Overlayon Formaldehyde Emissions, F.P.J., 34, 4 (1984), 23 - 29.

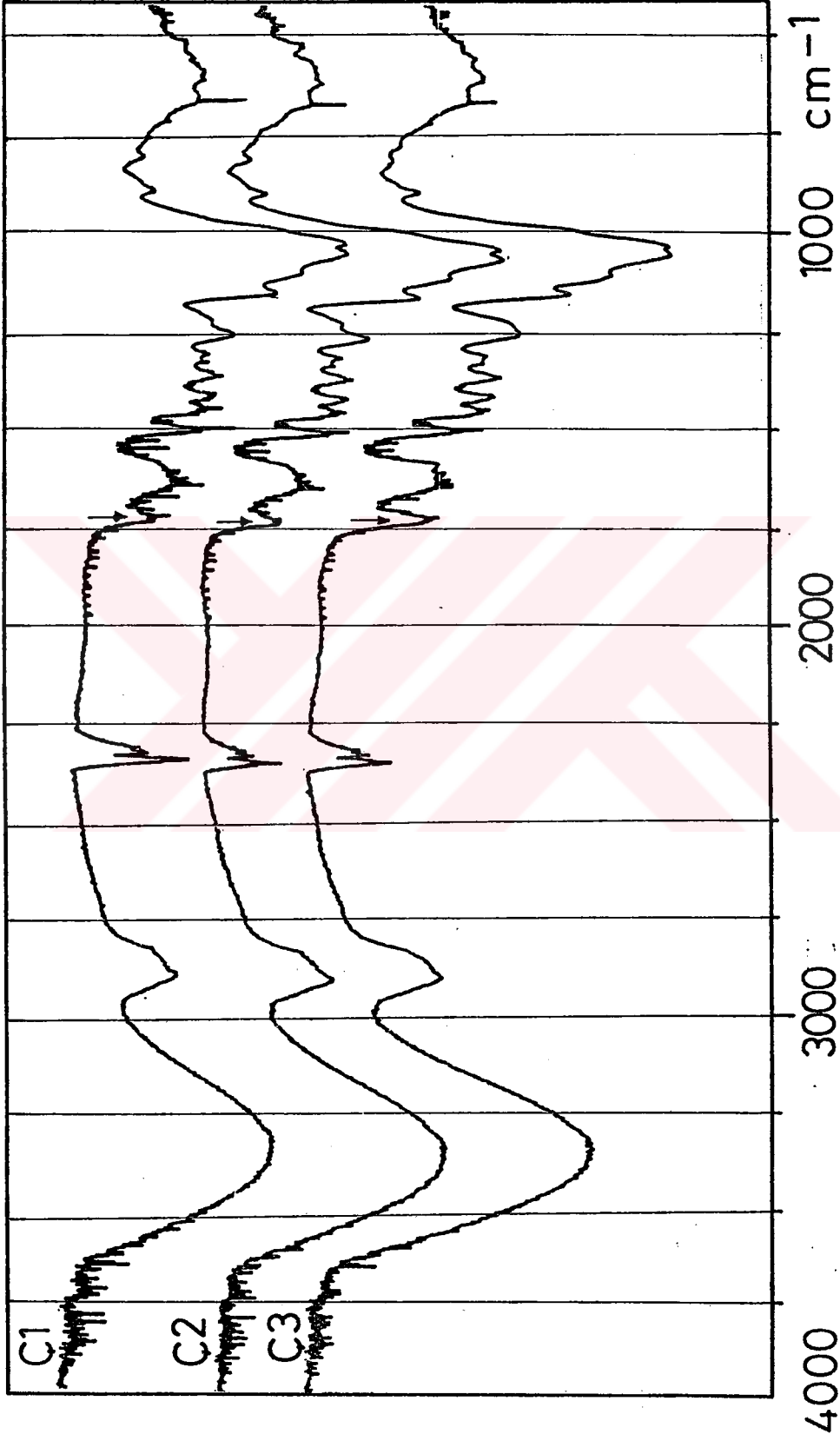
43. Roffael, E., Rauch, W. ve Bismarck, C.V., Formaldehydabgabe und Festigkeitsausbildung bei Verleimung von Eichenholz - spänen mik Harnstoff - Formaldehydharzen, Holz als Roh - und Werkstoff, 33. (1975), 271 - 275.
44. Marutzky, R., Roffael, E. ve Ranta, L., Untersuchungen Über den Zusammenhang zwischen dem Molverhältnis und der Formablehydabgabe bei Harnstoff - Formaldehyd - Leimharzen, Holz als Roh - und Werkstoff, 37 (1979), 303 - 307.
45. Marutzky, R. ve Ranta, L., The Properties of UF Resins With These Resins. Part II : Infulence of the Molar Ratio on Board Properties of Uncondensed Resins, Holz als Roh- und Werkstoffe, 38. (1980), 217 - 223.
46. Mari, E.L., Sakuno, T. ve Iwashita, M., Effect of Some Manufacturing Variables on the Formaldehyd Emission and the Mechanical and Physical Properties of Particleboard, J. Fac. Agric., 23. 6 (1987) 1 - 8.
47. Zinn, T.W., Cline, D. ve Lehmann, W.F., Long - term Study of Formaldehyde Emission Decay From Particleboard, F.P.J., 40, 6 (1990) 15 - 18.
48. TS 4894, Odun Lifi ve Yonga Levhalar - Ekstrakte Edilebilen Formaldehit Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1986.
49. Myers, G.E. ve Nagaoka, M., Formaldehyd Emission: Methods of Measurement and Effects of Sevaral Particleboard Variables, Wood Science, 13, 3 (1981) 140 - 150.
50. Brauns, E.F., Chemical Technology of Wood, The Instute of Paper Chemistry, Appleton, Wisconsin, Academic Press, New York and London, 1970.
51. Eroğlu, H., Lif Levha Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 304, Trabzon, 1988.
52. Bozkurt, Y., Odun Anatomisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3652/415, İstanbul, 1992.
53. Hafizoğlu, H., Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, Trabzon, 1982.
54. Nikitin, N.I., The Chemistry of Cellülose and Wood, Israel Programme for Scientific Translations, Jerrusalem, 1966.
55. Hafizoğlu, H., Odun Ekstraktifleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 6, 2 (1983) 340 - 365.

56. Kollman, F.F.P. ve Wilfred, A.C.Jr., Principles of Wood Science and Technology, I. Solid Wood, Springer Werlong Berlin, Heidelberg, New York, 1968.
57. Dietrichs, H.H., Sinner, M. ve Puls, J., Potential of Steaming Hardwoods and Straw for Feed and Food Production, Holzforschung, 32, 6 (1978) 193 - 199.
58. Lu, W.D., Influence of Steaming on the Chemical Properties of Larix Wood, Journal of Northeast Forestry University, 17, 1 (1989) 50 - 57.
59. Thompson, W.S., Effect of Steaming and Kiln Drying on the Properties of Southern Pine poles. Part II : Chemical Properties, F.P.J. , 19, 2 (1969) 37 - 43.
60. Roffael, E. ve Poblete, H., Über Chemische Veränderungen in Holzspanen bei der Herstellung von Harnstoff - Formaldehydharz gebundenen Spanplatten, Holz als Roh - und Werkstoff, 43 (1985), 57 - 62.
61. Browning, B.L., Methods of Wood Chemistry, Volume I, Institute of Paper Chemistry Appleton, Wisconsin, New York , 1967.
62. Güler, C., Bazı Üretim Faktörlerinin Kızılçam (Pinus Brutia Ten.) Kontrplaklarının Teknolojik Özelliklerine Etkileri, Y. Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996.
63. TS 3969, Kontrplak Eğilme Dayanımının ve Elastikiyet Modülünün Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1983.
64. TS 47, Kontrplak Yapışma Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
65. Anonymous, Tappi Test Methods, 1992 - 1993, Tappi Press Atlanta, Georgia, U.S. 1992.
66. Poplete, H.W., Veränderungen in Holzspänen Während der Trocknung und des Pressens zu Holzspanplatten, Dissertation zur Erlangung der Doktorgrades der Forstlichen Fakultät der Georg - August - Universtät zu Göttingen, 1983.
67. Prasetya, B., Untersuchungen über die Acidität von Rinden einiger Nadelbaumarten, Magisterarbeit für das Aufbaustadium der Forstwissenschaften in den Tropen und Subtropen an der forstlichen Fakultät der Georg - August - Universität Göttingen, 1989.
68. Göker, Y. ve Akbulut, T., Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler, 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi 22 - 25 Eylül 1992, Trabzon, Bildiri Metinleri, I. Cilt 269 - 287.

8. EKLER

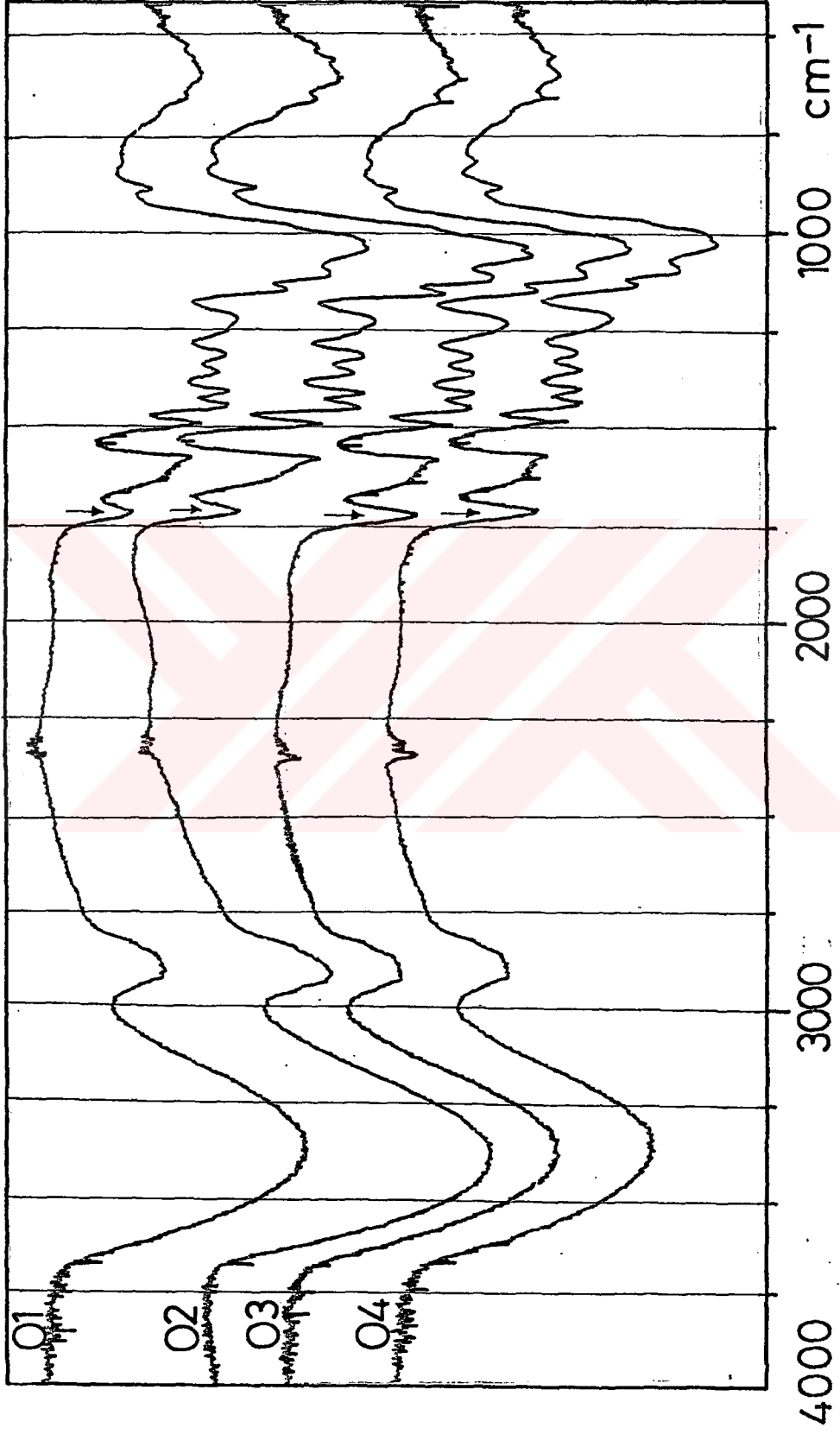


Ek Şekil 1. Farklı İşlem Görmüş Kayın Kaplamalara Ait
FTIR - Spektrumları
K1 : Buharlanmış, Teknik Kurutulmuş
K2 : Buharlanmış, Doğal Kurutulmuş



Ç1 : Buharlanmış, Teknik Kurutulmuş
Ç2 : Buharlanmış, Doğal Kurutulmuş
Ç3 : Buharlanmamış, Doğal Kurutulmuş

Ek Şekil 2. Farklı İşlem Görmüş Kızılcam Kaplamalara Ait
FTIR - Spektrumları



O1 : Buharlanmış, Teknik Kurutulmuş
O2 : Buharlanmış, Doğal Kurutulmuş
O3 : Buharlanmamış, Teknik Kurutulmuş
O4 : Buharlanmamış, Doğal Kurutulmuş

Ek Şekil 3. Farklı İşlem Görmüş Okume Kaplamalara Ait
FTIR - Spektrumları

9.ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. 1986 yılında Akçaabat Ticaret Lisesi'ni bitirdi. 1989 - 1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Bu bölümden 1993 yılında mezun oldu ve aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans çalışmalarına başladı. 1994 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen aynı görevine devam etmekte olan Semra ÇOLAK İngilizce bilmektedir.

