

**KİMYASAL MODİFİKASYONUN
AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOBİLYA ve DEKORASYON EĞİTİMİ**

VEYSEL TOKDEMİR

**KİMYASAL MODİFİKASYONUN AĞAÇ MALZEMENİN BAZI
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Veysel TOKDEMİR

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Karabük
Eylül 2012**

Veysel TOKDEMİR tarafından hazırlanan “KİMYASAL MODİFİKASYONUN AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN



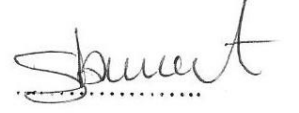
Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/09/2012

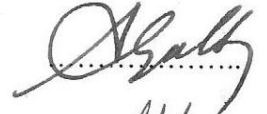
Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Şeref KURT (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. M.Hakan AKYILDIZ (KÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN (KBÜ)



..../..../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Veysel TOKDEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KİMYASAL MODİFİKASYONUN AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Veysel TOKDEMİR

Karabük Üniversitesi

Teknik Eğitim Fakültesi

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN

Eylül 2012, 119 Sayfa

Bu çalışmada, kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin bazı özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Ağaç malzeme olarak sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve akkavak (*Populus alba*), kimyasal malzeme olarak melamin formaldehit (MF) ve melamin üre formaldehit (MUF) kullanılmıştır. MF reçinesi deney sırasında ağırlıkça %50 oranında su ile seyreltilmiştir. Sarıçam ve akkavak odun örneklerinden numuneler, 4 bar basınç altında 30 dakika ve 60 dakika sürelerinde MF ve MUF reçineleri ile daldırma yöntemi uygulanarak muamele edilmiştir. Bu reçineler ile muamele edilen numunelerin yoğunluk artışı, % ağırlık artışı, şişirici etki, hacimsel genişleme, su alma oranı, brinell sertlik, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve basınç dirençleri ölçülmüştür. Deneyle sonrasında elde edilen sonuçlar kontrol grubu örneklerine göre kıyaslanmıştır. İki ağaç türündede kontrol grubuna göre kıyaslanan fiziksel özelliklerden yoğunluk değeri ve yüzde ağırlık artışı artarken, kimyasal maddelerin deney örnekleri üzerine şişirici etkisinde ise, MF kimyasalı MUF

kimyasalına kıyasla daha fazla hacimsel genişlemeye neden olmuştur. DRM değerleri değişkenlik göstermekle birlikte akkavak numuneleri sarıçam numunelerine kıyasla DRM değerleri fazla çıkmıştır. Her iki grupta da su alma oranı ve hacimsel genişleme değerleri kontrol gruplarına göre düşmüştür. Mekanik özelliklerden eğilme direnci her iki grupta da düşmüş, Brinell sertlik değerleri her iki grupta artmış, basınç direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise kontrol gruplarına göre bazı gruplarda düşüş, bazı gruplarda ise artış göstermiştir.

Anahtar Sözcükler : Odunun kimyasal modifikasyonu, melamin formaldehit, melamin üre formaldehit, sarıçam, akkavak.

Bilim Kodu : 711.3.023

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

IMPACT OF CHEMICAL MODIFICATION ON SOME CHARACTERISTICS OF WOODEN MATERIAL

Veysel TOKDEMİR

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Furniture and Decoration Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Suat ALTUN

September 2012, 119 Pages

This work deals with impact of chemical modification on some characteristics of wooden material. Scotch pine (*Pinus sylvestris*) and white poplar (*Populus Alba*) as wooden material; melamine formaldehyde (MF) and melamine urea formaldehyde (MUF) as chemical material have been used. MF resin has been diluted with water by 50% of its weight. Samples of scotch pine and white poplar have been immersed in MF and MUF resins under four bars for 30 and 60 minutes. Density increase, increase in weight, inflator impact, volume expansion, water intake ration, brinell hardness, bending resistance, bending elastic modulus and compressive strength of the samples that were immersed with the resins have been measured. Results found with the experiments have been compared with the control group. Compared to control group, density value and weight percentage of tree samples in experiment group have increased. In terms of inflator impact, MF has led to more increase in volume expansion compared to the MUF. Although the DRM values have varied, the

DRM values of the white poplar samples have been higher than the scoth pine samples. In both of the samples, water intake ratio and volume expansion values have decreased compared to control groups. Besides, bending resistance value has also decreased. Brinell hardness values have increased in both samples. Finally, compared to control groups, compressive strength and bending elastic modulus have increased in some groups but decreased in other groups.

Keywords : Chemical modification, melamine formaldehyde, melamine urea formaldehyde, scoth pine, white poplar.

Scientific Code : 711.3.023

TEŞEKKÜR

“Kimyasal Modifikasyonun Ağa Malzemenin Bazı Özelliklerine Etkisi” isimli bu alıŐma, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında her türlü düşünce ve önerilerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN hocama Őukranlarımı arz ederim.

Yüksek lisans çalıŐmamın yürütülmesi sırasında yapmış olduğu yönlendirmelerinden dolayı bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ hocama, tavsiyelerini ve yardımlarını esirgemeyen ve her daim borçlu olduğum hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI, Sayın Yrd. Doç. Dr. Şeref KURT, Sayın Yrd. Doç. Dr. Günay ÖZBAY, Sayın Doç. Dr. Hamiyet ŐAHİN KOL hocalarıma minnetlerimi sunarım.

Ayrıca çalıŐmalarım sırasında yardımını esirgemeyen Sayın Semih KELEŐ ve Sefa ŐENGÜL arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her zaman maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme sonsuz minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	ivi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GENEL BİLGİLER	3
2.1. AĞACIN GENEL YAPISI	3
2.2. AĞAÇ MALZEMENİN KİMYASAL YAPISI.....	4
2.2.1. Selüloz	5
2.2.2. Hemiselüloz	7
2.2.3. Lignin.....	8
2.2.4. Ekstraktif Maddeler	9
2.2.5. İnorganik Maddeler	11
2.3. ODUNUN KİMYASAL MODİFİKASYONU	12
2.4. ODUNDA KİMYASAL REAKSİYON MEYDANA GETİRMEYEN YÖNTEMLER	14
2.4.1. Kimyasal Madde Kullanılmayan Yöntemler	14
2.4.2. Kimyasal Madde Kullanılan Yöntemler	16
2.5. ODUNDA KİMYASAL REAKSİYON MEYDANA GETİREN YÖNTEMLER	23

	<u>Sayfa</u>
2.5.1. Odun Bileşenleriyle Bağ Yapmayan Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı Yöntemler	23
2.5.2. Odun Bileşenleriyle Bağ Yapan Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı Yöntemler	27
2.5.3. Odunun Plastikleştirilmesi.....	33
2.6. LİTERATÜR ÖZETİ	35
2.6.1. Ağaç Malzemenin Kimyasal Modifikasyonu ile İlgili Çalışmalar	35
BÖLÜM 3	41
3.1. MATERYAL.....	41
3.1.1. Ağaç Malzeme	41
3.1.2. Kimyasal Maddeler.....	43
3.2. DENEY METODU	414
3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması	44
3.2.2. Kimyasal Modifikasyon Yöntemi.....	45
3.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	47
3.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	50
3.3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	53
BÖLÜM 4	54
BULGULAR.....	54
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER	54
4.1.1. Yoğunluk	54
4.1.2. Yüzde Ağırlık Artışı	59
4.1.3. Şişirici Etki	62
4.1.4. Denge Rutubeti	64
4.1.5. Su Alma Oranı	68
4.1.6. Hacimsel Genişleme ve Genişlemeyi Önleyici Etkinlik(GÖE).....	71
4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	75
4.2.1. Eğilme Direnci.....	75
4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü	78
4.2.3. Liflere Paralel Basınç Direnci	81

	<u>Sayfa</u>
4.2.4. Brinell Sertlik.....	84
BÖLÜM 5	88
5.1. SONUÇLAR	88
5.1.1. Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi	88
5.1.2. Mekanik Özelliklerin İncelenmesi.....	90
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Selülozun açık formülü	5
Şekil 2.2. Hemiselülozların önemli yapı taşları	7
Şekil 2.3. Lignini oluşturan birimler	9
Şekil 2.4. Su itici maddelerle muamelede genişleme/zaman eğrisi	16
Şekil 2.5. Kılcal borularda suyun yüzeyi ıslattığı	18
Şekil 2.6. Hücre çeperi bileşenlerinin odun özelliklerine etkisi.....	27
Şekil 2.7. Ağaç malzemenin asetik anhidrit ile asetillendirilmesi	31
Şekil 2.8. Ağaç malzemenin bir izosiyanatla reaksiyonu	31
Şekil 2.9. Ağaç malzemenin formaldehit ile reaksiyonu	32
Şekil 2.10. Ağaç malzemenin bir epoksitle reaksiyonu	33
Şekil 2.11. Selüloz-amonyak sisteminde kristal yapının değişimi.....	34
Şekil 2.12. Anhidrit molekülleri ile ağaç malzeme arasındaki reaksiyon.....	37
Şekil 3.1. Kimyasal Modifikasyon İşlem Basamakları	46
Şekil 4.1. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının tam kuru yoğunluk değişimine etkisine ilişkin değerler.....	55
Şekil 4.2. Deney örneklerine ait resimler	56
Şekil 4.3. Kimyasal modifikasyonunun sarıçam ve akkavak odunları, yüzde ağırlık artışı üzerine etkisi	59
Şekil 4.4. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının şişirici etkisine ilişkin değerler	62
Şekil 4.5. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin denge rutubet miktarına ilişkin değişim değerleri	66
Şekil 4.6. Kimyasal modifikasyonun su itici etkinlik değerleri	71
Şekil 4.7. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin GÖE değerlerine ilişkin grafik	72
Şekil 4.8. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin eğilme direnci değişimi grafığı	76
Şekil 4.9. Sarıçam ve akkavak odunlarının eğilemede elastikiyet modülüne ilişkin, değişim değerleri grafığı	79

Sayfa

Şekil 4.10. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının Brinell sertlik değerleri değişim grafiği.....	82
Şekil 4.11. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin değişim değerleri	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	Melamin reçinesine ait bazı özellikler	43
Çizelge 3.2.	Melamin üre formaldehit reçinesi bazı özellikleri	44
Çizelge 3.3.	Kimyasal modifikasyon işlem grupları	45
Çizelge 4.1.	Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin değerler	55
Çizelge 4.2.	Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	57
Çizelge 4.3.	Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları.....	57
Çizelge 4.4.	Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	58
Çizelge 4.5.	Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun yoğunluk değişimine ilişkin Duncan Testi sonuçları	59
Çizelge 4.6.	Sarıçam ve akkavak odunlarının işlem öncesi ve işlem sonrası tam kuru ağırlık değerleri	59
Çizelge 4.7.	Sarıçam odununda kimyasal modifikasyonun yüzde ağırlık artışına ilişkin varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4.8.	Sarıçam odunu yüzde ağırlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları..	60
Çizelge 4.9.	Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu yüzde ağırlık artışı üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	61
Çizelge 4.10.	Akkavak odunu yüzde ağırlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları..	61
Çizelge 4.11.	Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının hacimsel değerleri	62
Çizelge 4.12.	Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununu şişirici etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	63
Çizelge 4.13.	Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununu şişirici etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	63
Çizelge 4.14.	Kimyasal modifikasyonun akkavak odununu şişirici etkisine ilişkin basit varyans analizi	64
Çizelge 4.15.	Kimyasal modifikasyonun akkavak odununu şişirici etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	64
Çizelge 4.16.	Kimyasal modifikasyonunun ağaç malzemenin denge rutubet miktarına ilişkin değerleri.....	65

Çizelge 4.17. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.18. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	67
Çizelge 4.19. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	67
Çizelge 4.20. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	67
Çizelge 4.21. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin değerleri	67
Çizelge 4.22. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	69
Çizelge 4.23. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	69
Çizelge 4.24. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.25. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin duncan testi sonuçları	70
Çizelge 4.26. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin hacimsel genişleme miktarına ilişkin değerleri.....	72
Çizelge 4.27. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun hacimsel genişleme miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları	73
Çizelge 4.28. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin denge rutubet miktarına ilişkin Duncan testi sonuçları	73
Çizelge 4.29. Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu hacimsel genişleme miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 4.30. Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu hacimsel genişleme miktarına ilişkin Duncan testi sonuçları	74
Çizelge 4.31. Kimyasal modifikasyon sonrası ağaç malzemenin eğilme direncine ilişkin değerleri	75
Çizelge 4.32. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun eğilme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları	76
Çizelge 4.33. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun eğilme direncine üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	77
Çizelge 4.34. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi	77
Çizelge 4.35. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun eğilme direnci üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	78

Çizelge 4.36. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam ve akkavak odununun eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin değerler tablosu	79
Çizelge 4.37. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	80
Çizelge 4.38. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	80
Çizelge 4.39. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Elastikiyet Modülü üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları	81
Çizelge 4.40. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	81
Çizelge 4.41. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin değerler tablosu	82
Çizelge 4.42. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin Duncan testi tablosu	83
Çizelge 4.43. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi tablosu	83
Çizelge 4.44. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun basınç direnci üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	84
Çizelge 4.45. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının Brinell sertlik değerleri üzerine etkisine ilişkin değerler tablosu	85
Çizelge 4.46. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun Brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi tablosu	86
Çizelge 4.47. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun Brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi tablosu	86
Çizelge 4.48. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi tablosu	87
Çizelge 4.49. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Brinell sertlik değerleri üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları	87

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Ca	: Kalsiyum
Mn	: Magnezyum
Na	: Sodyum
P	: Fosfor
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Ba	: Baryum
Al	: Alüminyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Ti	: Titanyum
Si	: Silisyum
SS	: Standarts Sapma
\bar{x}	: Ortalama
δ_0	: Tam kuru yoğunluk

KISALTMALAR

- MF : Melamin formaldehit reçinesi
MUF : Melamin üre formaldehit reçinesi
UV : Ultraviole
SİE : Su itici etkinlik
LDN : Lif doygunluğu noktası
GÖE : Genişlemeyi önleyici etkinlik
ST : Stiren
ACN : Akrloritrl
MMA : Metil metakrilat
SE : Şişirici Etki
DRM : Denge rutubet miktarı
SAO : Su alma oranı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ağaç malzeme mükemmel bir doğal kompozit malzeme olmasına rağmen, kullanım alanında boyutsal stabilizasyon, biyolojik bozulma, çürüme, yanabilme ve dış ortamın fiziksel ve mekanik etkilerine dayanıklılık bakımından bazı olumsuz özelliklere sahiptir. Bu olumsuz özelliklerinin iyileştirilmesi için birçok çalışma yapılmıştır (Yalınkılıç, 1992; Hafizoğlu et al 1994; Miyafuji and Saka, 2001).

Odunun korunması, ağacın kesimden son kullanım yerini de içine alan bir süreçte muhtemel zararlı etmenlere karşı önlem alınmasıyla gerçekleşir. Bu önlemler kurutma, uygun depolama ve istifleme gibi teknik önlemlerin yanında kullanım yerinin gereksinimlerine göre uygun kimyasal maddeler ile emprenye edilerek korunmasıdır (Winandy and Morell, 1990).

Ağaç malzeme kullanıldığı çoğu alanlarda, herhangi bir muamele veya modifikasyon yapılmadan kullanılmaktadır. Ağaç malzeme çevreye karşı kullanıldığında, çürümesinin önlenmesi, suya dayanımının artırılması, ultraviyole (UV) ışınlarının bozucu etkilerini azaltmak veya yanmaya karşı dayanımını arttırmak için bazı kimyasallarla muamele edilebilir. Bu muamelelerin çoğu çevreye zararlı toksik ve korozyif kimyasal maddelerin kullanımını içerir. Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, kimyasalları hücre duvarı polimerine bağlayarak malzemeyi suya, çürümeye, UV ışınlarına ve yanmaya karşı korumada bir alternatif olabilir. Ağaç malzemenin boyutsal kararlılığı ve çürümeye dayanımı, asetik anhidritle basit reaksiyonlarla geliştirilebilecek iki önemli özelliğidir (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, bir kimyasal grubun hücre duvarının reaktif kısımlarına kimyasal olarak bağlanması şeklinde tanımlanır (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu konusundaki araştırmaların büyük kısmı boyutsal kararlılığın geliştirilmesine yoğunlaşmıştır. Biyolojik bozunmaya karşı direnç, hücre çeperi denge rutubetinin ağaca zarar veren organizmaların ihtiyaç duyduğu rutubet seviyesinin altında tutulmasının bir yan ürünüdür. Diğer bir kısım araştırma da yangın geciktiricilerin ve UV radyasyonuna bağlı bozunmayı azaltan kimyasalların, ağaç malzemeye bağlanması üzerinedir (Rowell, 2006).

Bu çalışmanın amacı; ekonomik değerü düşük, Türkiye’de yetişen ve kolay temin edilebilen akkavak ve sarıçam türü ağaç malzemeleri, MF ve MUF reçineleriyle emprenye edip mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirerek, ekonomik anlamda değerlerini arttırmaktır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

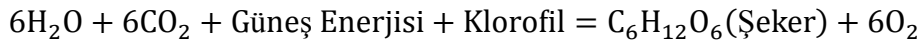
2.1. AĞACIN GENEL YAPISI

Ağaç uzun ömürlü, her yıl boy ve çap artımı yapan, odunsu dokulara sahip bir bitki olup, boyu 5 m den fazladır. Bir ya da birden çok gövdeli ve 5 m den kısa olan odunsu bitkiler çalı sınıfına girmektedir.

Yaşayan bir ağaç kök, gövde ve taç kısımlarından oluşur.

Gövde, köklerin topraktan su ve erimiş halde aldıkları kalsiyum, potasyum, fosfor, kükürt, demir, magnezyum ve azot gibi mineral tuzlarından oluşan ham besi suyunu yapraklara iletir. Kök, gövde ve dallardaki sıvı iletim mekanizması kapillar borulardaki sıvı hareketi esasına dayanır.

Yapraklar havadan absorbe ettiği CO_2 ile güneş enerjisi ve klorofilden yararlanarak ham besi suyunu, özümlelenebilir besi suyuna (asimilasyon maddesi) dönüştür. Fotosentez denilen bu değişim olayı ile ağacın büyümesi ve yaşamını sürdürmesi için gerekli besin maddeleri sağlanır. Değişim kimyasal bir olay olup basit olarak;



şeklinde yazılabilir.

Gövdenin odun tabakası, açık hava iklim şartları ve yaralanmalara karşı koruyan kabuk ile örtülüdür. Kabuk, iç kabuk ve dış kabuk olmak üzere iki kısımdan oluşur. Asıl koruma görevini, ölü hücrelerden ibaret ve kaba görünümlü olan dış kabuk yaparken, iç kabuk yapraklarda oluşan besin maddelerini, yukarıdan aşağıya doğru,

ağacın kullanacağı ya da depo edeceği yerlere iletir. Ogun besisi suyunun yatay (yarıçap) yöndeki iletimi öz ışınları ile sağlanır (Örs ve Keskin, 2008).

2.2. AĞAÇ MALZEMENİN KİMYASAL YAPISI

Oldukça karmaşık bir kimyasal yapıya sahip olan odun düzenli bir yapı göstermeyip, basit fiziksel karışımlar biçiminde bulunmayan çok sayıda kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. Odunun büyük bir kısmı yüksek molekül ağırlığındaki maddelerden oluşur. Odunda bileşenler aşağıdaki şekilde kimyasal bir sınıflandırma ile belirli gruplara ayrılabilir (Hafizoğlu, 1982).

Karbonhidratlar: Odundaki karbonhidratlar polisakkaritlerce temsil edilir. Odunun $\frac{3}{4}$ ' ünü oluştururlar. Bu grupta selüloz, hemiselüloz, nişasta, pektik maddeler ve suda çözünen polisakkaritler bulunur. Odunun ağırlıkça yarısını selüloz oluşturur.

Fenolik Maddeler: Odunun yaklaşık % 20-30' unu oluşturan fenolik maddelerin en önemli kısmı lignindir. Ayrıca fenolik maddelerin bir kısmı su veya organik çözücülerde çözünebilen tanenler, flobafenler, renkli maddeler ve lignanları içerir.

Terpenler: Terpenler ve terpenoit bileşikler hem uçucu hem de uçucu olmayan bileşiklerden oluşur. Terpenler daha çok iğne yapraklı ağaçlarda bulunur. Yapraklı ağaçlarda hemen hemen yok denecek kadar az bulunur. Bunlar içinde en önemlileri monoterpenler, steroller, terpen alkoller ve kolofanı oluşturan reçine asitleridir.

Alifatik Asitler: Tüm ağaçlarda yüksek yağ asitleri esterler şeklinde bulunur. Az miktarda da serbest olarak bulunurlar. Asetik asit polisakkaritlerle esterleşmiş olarak % 1-5 oranında bulunur.

Alkoller: Homolog dizi oluşturan bu gruba alifatik alkoller (yağ alkollerini), steroller ve terpen alkoller girer. Hem serbest halde hem de esterleşmiş olarak bulunurlar.

Aldehitler: Terpen yapısındaki aldehitler odunda az miktarda bulunur.

Hidrokarbonlar: Odunda az miktarda bulunan hidrokarbonların en önemli grubu alifatik hidrokarbonlardır.

Alkaloitler: Bazı ağaç türlerinde bulunan alkaloitler genellikle düşük miktarlarda bulunur.

Proteinler: Gelişen dokularda önemli miktarda olsa da odunlaşmış dokularda % 1 kadardır.

Polihidrik Alkoller: Polihidrik alkoller odunun miktarda önemsiz bileşiklerindedir.

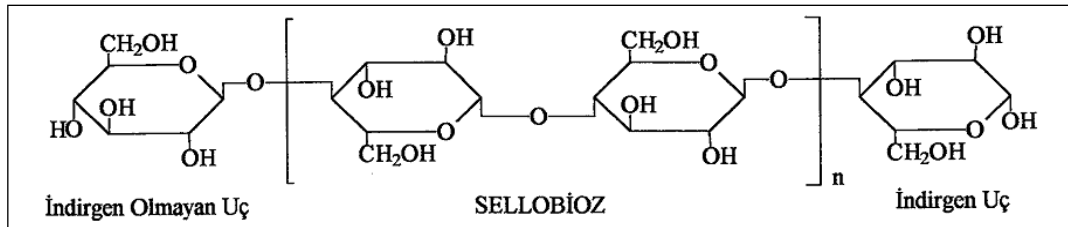
İki Değerli Asitler: Kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve kalsiyum oksalat ($\text{Ca}(\text{COO})_2$) gibi kalsiyum tuzları şeklinde bulunurlar.

İnorganik Bileşikler: Bu bileşenlerin miktarı ılıman iklim bölgelerinde yetişen ağaç türlerinde % 0,5' den daha azdır.

2.2.1. Selüloz

Odun ve odun gibi lifsel nitelik taşıyan diğer lignoselülozik bitkilerin hücre çeperlerinin iskeletini uzun molekül zincirlerinden meydana gelen ve doğal bir polimer olan selüloz oluşturmaktadır. Selüloz pamuğun % 98'ini, yapraklı ve iğne yapraklı bitkilerin yaklaşık % 50'sini (Eroğlu, 1988).

Selüloz molekülünün yapı taşları 1,4 – β – glikozidik bağlarla birleşmiş glukoz anhidrit birimleridir. Selüloz molekülü kısaca 2 mol glukoz initesinden 1 mol suyun çıkması ve ardı ardına dizilen birimlerin her birinin 180° dönmesiyle oluşur. Doğal selüloz molekülünde yapı taşlarının sayısı (polimerleşme derecesi = DP) 20.000'e kadar ulaşır. Böylece molekül ağırlığı 1.500.000'i aşar (Şekil 2.1) (Hafızoğlu, 1982).



Şekil 2.1. Selülozun açık formülü (Kuduban, 1996).

Selüloz molekülü doğrusal ve doğal bir polimer olup üzerinde oksitlenmeye karşı hassas olan hidroksil grupları bulunur. Bu grupların sayısı ortadaki anhidroglukoz birimlerinde üç tane, uçlardaki birimlerde ise 4 tanedir. Bu hidroksil grupları başka selüloz birimlerindeki hidroksil gruplarıyla bağlanma özelliğine sahiptir. Literatürde bu bağlara hidrojen bağları denilmekte olup, glikoz halkasının 3 nolu yerinde bulunan hidroksil grubunun, komşu glikoz halkasının halka oksijenine bağlanmasıyla oluşan hidrojen bağına moleküller içi, 6 nolu karbon atomuna bağlı olan hidroksil grubunun komşu selüloz molekülünün köprü oksijenine bağlanmasıyla oluşan hidrojen bağına da moleküller arası hidrojen bağları adı verilir (Hafizoğlu, 1982).

Selülozun molekül yapısı selülozun sadece kimyasal özelliklerini değil ayrıca mekanik ve fiziksel özellikleriyle lifsel yapısını da belirler. Selülozda da diğer tüm hidrofilik polimerlerde olduğu gibi elementer fibriller oluşturma eğilimi vardır. Elementer fibrillerde aynı yönde uzanmış olan molekül zincirleri birbirlerine güçlü hidrojen bağlarıyla bağlanmıştır. Elementer fibrillerde selüloz molekülleri tamamen düzenli, kısmen düzenli ve düzensiz kısımlar oluşturur. Düzenli kısımlar kristalit, düzensiz kısımlar ise amorf adını alır. Kristalit ve amorf kısımlar arasında kesin sınırlar bulunmamaktadır. Selüloz zinciri bu amorf ve kristal kısımlar arasından geçerek bu kısımların birbirine kovalent bağlarla bağlanmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu, 1982). 1950-1960 yılları arasında yapılan çalışmalar odun selülozunun % 65-70 civarında kristal yapı gösterdiğini kanıtlamıştır (Kuduban, 1996).

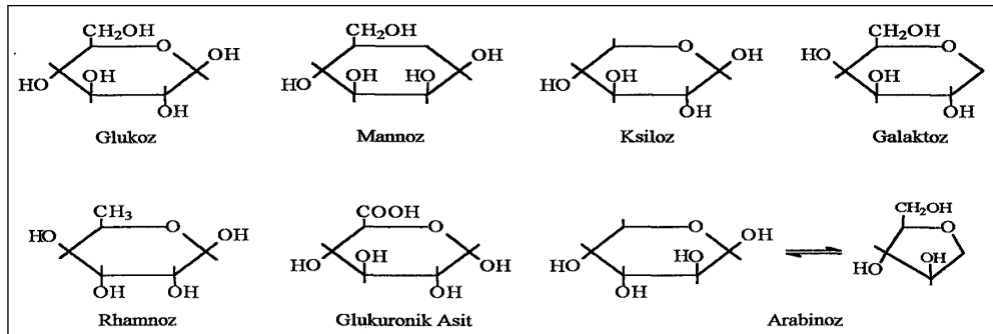
Hidroksil grupları selüloz molekülüne hidrofilik özellik (suyu seven) kazandırır. Selüloz oda sıcaklığında havadan % 10-12, nemli havadan ise % 10-15 oranında su alır (Eroğlu, 1988).

Hücre çeperindeki selüloz dağılımı her tabakada farklılık gösterir. En fazla sekonder çeperin S₂ tabakasında bulunur. Orta lamel ve siğilli tabakada selüloz bulunmaz. Buna rağmen primer çeperde % 12' nin altında, sekonder çeperde % 48-66 civarında selüloz bulunur (Hafizoğlu, 1982).

2.2.2. Hemiselüloz

Hücre çeperinde polisakkaritlerin % 35-50'sini, toplam kuru ağırlığın % 20-35'ini hemiselülozlar oluşturmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1992). Hemiselülozları selülozdan ayıran özellikleri; çok daha kısa moleküler zincirlere sahip olmaları, molekül zincirlerinin dallanmış halde olmaları ve çeşitli şeker birimlerinin bileşimi şeklinde olmalarıdır. Hemiselülozlar pentozlar, hegzozlar, hegzüronik asitler ve deoksi hegzozlar şeklinde alt gruplara ayrılan şeker birimlerinden oluşmaktadır (Fengel and Wegener, 1984).

Genel olarak, odunda heksozanlar, pentozanlar, metil pentozanlar, 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 atomunda oluşan pentozanların en önemlileri ksilan ve arabinanlardır. Metil pentozanlar, rhamnozlardan türeyen rhamnanlardan oluşurlar. Uronik asitler ise lignin ile sıkı sıkıya bağlanan amorf bileşikler olup miktarları azdır (Kuduban, 1996). Şekil 2.2' de hemiselülozların önemli yapı taşları görülmektedir. Hemiselülozlar selülozda olduğu gibi kristal yapılı değil amorf yapılıdır. Çoğunluğu üç boyutlu düzlemde dallanmış polimerler olup hücre çeperinde fibriller ve mikrofibriller arasındaki boşluklarda bulunur. Odun içinde hemiselülozların bir kısmı selüloza bir kısmı da lignine sıkıca bağlanmıştır. Dolayısıyla hemiselülozlar hidrofobik lignin ile hidrofıl özellikteki selülozun birlikteliğini sağlamaktadır. Bu yüzden odundan lignin ve selülozu saf olarak ayırmak mümkün değildir (Akgün, 2005).



Şekil 2.2. Hemiselülozların önemli yapı taşları (Kuduban, 1996).

2.2.3. Lignin

Odunun en önemli bileşenlerinden biri olan lignin iğne yapraklı ağaç odunlarının %30'unu, yapraklı ağaç odunlarının da % 20'sini oluşturur. Fenilpropan birimlerinden oluşan lignin molekülleri üç boyutlu düzlemde dallanmış ve karmaşık yapıya sahip bir polimerdir (Kırcı, 2000).

Lignin amorf ve aromatik yapıya sahip olup selüloz gibi kristal yapıya sahip değildir. Selüloz yakıldığında geniz yakıcı bir koku verirken, lignin yakıldığında hoş, aromatik bir koku verir. Lignin selüloza göre çok az polimerleşmiş olup 900-100,000 arasında molekül ağırlığına sahiptir. Bu değer ekstraksiyon ürünlerinde 800-4000 arasındadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

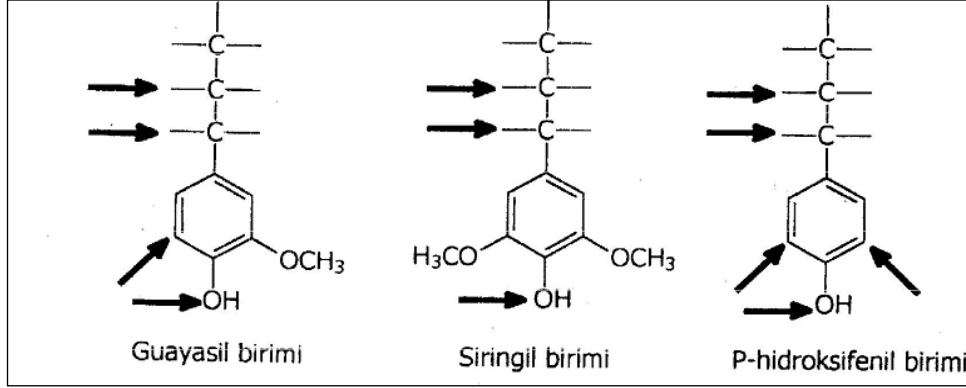
Molekül düzeyindeki kimyasal yapısı tam olarak belirlenememiş olan ligninin polimerizasyon derecesi de tam belirli değildir. Ancak iğne yapraklı ağaç odunu lignininin yaklaşık 100 DP'ye sahip olduğu tahmin edilmektedir. Lignin selüloz ve hemiselüloz gibi hidrofil özellikte olmayıp hidrofobik özellik (suyu sevmeyen) gösterir. Bu da onun su almasını engellemektedir. Ligninin bu özelliği ile odun sert ve katı bir görünüme sahiptir. Yoğunluğu $1,37 \text{ g/cm}^3$ olan ligninin yumuşamaya başladığı sıcaklık değeri 135 C° 'nin üzerinde olup bu sıcaklığın üzerinde lignin termoplastik fenol reçinesi gibi davranmaktadır (Kırcı, 2000).

İskeleti selülozdan oluşan hücre çeperine yerleşen lignin onun odunlaşmasını sağlar. Selüloz odunda eğilmeye ve çekmeye, lignin de basınca karşı dayanım özelliği kazandırmaktadır. Yüksek boylu ağaçların kendi ağırlıklarını rahatça taşıyabilmesi ligninin bu özelliğinden kaynaklanmaktadır (Akgün, 2005).

Lignin bileşiminde yaklaşık % 60 karbon, % 6 hidrojen, % 34 oksijen bulunmaktadır. Selüloz gibi lifsel yapıda olmayan lignin alkali ve asitlerle hidroliz olabilir. Ayrıca kolaylıkla okside olmaktadır. Esas olarak O – CH₃ grubu ile karakterize edilen lignin fenilpropan ünitelerinin farklı şekillerde bağlanmasıyla oluşur (Kuduban,1996).

Lignin iki ana gruba ayrılmıştır. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan Guayasil propan p-hidroksifenil propan ve siringil propan ünitelerinden oluşan "guayasil lignini" ve

yapraklı ağaçlarda bulunan az miktarda p- hidroksi fenil propan ünitesi, çoğunlukla siringil propan ile guayasil propan ünitelerinden oluşan “guayasil-siringil lignin” dir. Yıllık bitkilerde bulunan lignin yapraklı ağaçlardaki lignine benzemektedir. Lignini oluşturan birimler Şekil 2.3’de verilmiştir (Kırcı, 2000).



Şekil 2.3. Lignini oluşturan birimler (Kırcı, 2000).

İğne yapraklı ağaçlarda lignin en fazla orta lamelde bulunur. Özellikle orta lamelin köşe noktalarında hemen hemen saf lignine rastlanmaktadır. Sekonder çeperin lignin oranı yaklaşık % 22’ dir. Orta lameldeki lignin miktarı % 70 civarı olmasına rağmen bu miktar tüm hücre çeperindeki ligninin ancak % 19-22’sini oluşturmaktadır. Bunun nedeni orta lamelin sekonder çeperden çok daha ince olmasıdır. Yapraklı ağaç ligninin araştırılması oldukça zordur. Çünkü yapraklı ağaç lignini asitlerde çözünür ve guayasil ile siringil gruplarının UV- absorpsiyonu farklıdır. Ancak yapraklı ağaçlarda ligninin büyük oranda sekonder çeperde yer aldığı bilinmektedir (Hafizoğlu, 1982).

2.2.4. Ekstraktif Maddeler

Odun ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin dışında az miktarda düşük ve yüksek moleküler yapıda, bazı çözücülerde kolaylıkla çözünebilen bileşikler de içerir. Bunlar ekstraktifler ve mineral bileşenlerdir. Bu bileşenlerin miktarı ve çeşidi odun türüne göre değişmektedir. Bu bileşikler odunda çok az miktarda olmasına rağmen odunun kullanılabilirliğini ve özelliklerini büyük oranda etkilemektedir (Fengel and Wegener, 1984). Odun ekstraktifleri olarak adlandırılan bileşikler petrol

eteri, dietileter, diklormetan, aseton, metanol ve su gibi nötral çözücülerde çözünebilirler. Odunun tüm özelliklerinde önemli etkileri olan ekstraktif maddelerin ayrıntılı biçimde araştırılması, önemli ağaç türlerinin ekstraktif bileşimlerinin ortaya konması gerekir (Hafizoğlu, 1982).

Ekstraktif maddeler genellikle odun ağırlığının % 3-8' ini oluşturur ve sıvı yağ, reçine, vaks, yağ, tanen, şeker, nişasta, boya maddeleri, pektin, protein, zambak ve organik asitler bulunur. Ekstraktif maddeler hücre çeperinde değil, daha çok hücre boşluklarında bulunurlar (Akgün, 2005).

İğne yapraklı ağaç odunlarında genellikle önemli miktarda reçineli madde (yağ+reçine) bulunur; bu da yüksek bir eter ekstraktı olarak gözükür. Ladin de bu reçineli maddenin miktarı genellikle % 1'den düşük iken çamlarda bu maddenin oranı % 2-6 civarındadır. Reçineler başlıca oleoreçineler ve terpenlerdir. Reçine asitlerinin bileşimleri farklı olmakla birlikte abietik ve pimarik olmak üzere iki tür asit vardır. Abietik asitler çift bağlarından dolayı yükseltgenebilir ancak pimarik asitler yükseltgenemezler. Yağ asitleri (başlıca oleik ve linoleik asit) gliserin ve esterler ile birleşmiş şekilde bulunurlar (Akgün, 2005).

Bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde bulunan, fenolik yapılu tropolonlar oduna orijinal rengini veren maddelerdir. Bunların fungusit (mantar öldürücü) özellikleri vardır. Çamın öz odununda bulunan pinosilvin ve pinosilvinin monometil eteri çok reaktif özellikte fenolik maddedir. Bu maddeler kuvvetli kondensasyon etkileri ile pişirme sırasında parçalanmış ligninin tekrar birleşmesine neden olur. Bu yüzden sülfite yöntemi ile çam odunundan kağıt hamuru üretilmesi tercih edilmemektedir (Kırcı, 2000).

Fenolik bileşiklerden diğer bir grup tanenlerdir. Tanen birçok ağaç kabuğunda, bazı iğne yapraklı ağaç cinslerinde kestane ve meşede bulunur. Kestane odununda büyük bir kısmı öz odununda bulunmak üzere % 9-16 oranında tanen mevcuttur. Tanenler de odunu mantar enfeksiyonuna koruyucu özelliktedir. Ancak kondensasyon yapıcı olmaları ve özellikle Fe^{+2} iyonları ile renkli kompleksler oluşturmaları kağıt hamurunun renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Kırcı, 2000).

Tanenler suda çözünebilirler ve selüloz pişirme çözeltilisindeki odunda ekstraksiyonla ayrılabilirler. Bazen özellikle kestane ve meşe odunları, selüloz üretilmeden önce satılacak tanenin ayrılması için 100 °C'den biraz daha düşük sıcaklıkta suyla ekstraksiyona tabi tutulabilir. Geriye kalan odun bundan sonra selüloz üretiminde kullanılabilir (genellikle yarı kimyasal ve soda yöntemiyle). Ancak bu ekstraksiyon işlemi yalnızca % 5 ve daha fazla tanen içeren odunlara uygulanmalıdır. Aksi takdirde bu değerler altında tanen içeriğine sahip odunların ekstraksiyonu ekonomik olmamaktadır. Ekstraksiyon ile elde edilen çözelti yaklaşık % 50 katı madde içeriğine kadar buharlaştırılarak deri yapımı için kullanılır. Derişik çözeltilerde % 65-80 arasında saf tanen ile şekerler, anorganik tuzlar, organik asitler ve tanenin bozunma ürünleri bulunur. Tanenler amorf maddelerdir ve renkleri açık saman ile koyu kırmızı kahverengi arasında değişir. Gerçek tanenin glikoz ve (gallotanen veya digallik asit olarak da isimlendirilen) tannik asidin bir esteri olduğu düşünülmektedir. Bu ester, asitli ortamda hidrolize uğrayan indirgen bir maddedir (Akgün, 2005).

2.2.5. İnorganik Maddeler

Odunda bulunan inorganik maddeler, organik maddelerin yakılmasından sonra geride kalan külün bileşimidir. Ilıman bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında yaklaşık % 0,1-1,0 arasında kül bulunurken, tropikal bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında % 5 oranında mineral maddeler bulunmaktadır. Odunun içerdiği kül miktarı ağacın yetişme yerine ve iklimine bağlı olarak değişir. Ağacın mineral madde bakımından en zengin kısımları sırasıyla yapraklar, kabuk, kökler, dallar ve gövdedir. Ilıman bölgelerdeki ağaç odunlarının külün ara bileşenleri Ca, K ve Mg gibi toprak alkali metallere aittir. Bunların dışında Mn, Na ve P bileşikleri de bulunur. Külün yaklaşık % 50'sini Ca bileşikleri oluşturur. Ayrıca odunda çok az miktarda Ba, Al, Fe, Zn, Cu, Ti gibi elementler de bulunmaktadır. Tropik bölgelerde yetişen ağaçların odunlarında külün büyük bir kısmını Si bileşikleri oluşturur (Akgün, 2005).

2.3. ODUNUN KİMYASAL MODİFİKASYONU

Ağaç malzemenin korunmasının gerekliliği yüzyıllar önce kabul edilerek çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yapılan arkeolojik kazılar sonucunda elde edilen bulgularda ağaç malzemenin yüzeyi kömürleştirilerek dış etkenlere karşı korunmaya çalışıldığı belirlenmiştir (Bozkurt vd 1993).

M.Ö. 2000 yıllarında ağaç malzemeyi dış etkenlere karşı korumada yüzeyi kömürleştirme yöntemi kullanılmıştır. Böylece ağaç malzemeyi korumada ilk önlem alınmıştır (Bozkurt vd. 1993).

İlerleyen zaman içerisinde bazı medeniyetler ağaç malzemenin korunabilmesi için bitkisel, hayvansal ve mineral yağlardan yararlanmışlardır. Roma medeniyetinde özellikle zeytinyağı ve sedir yağı kullanılmıştır. Mısırlılar ise ağaç malzemeyi kuru tutarak önlem almaya çalışmışlardır (Bozkurt vd. 1993). Zaman ilerledikçe her alanda olduğu gibi ağaç malzemeyi korumada da gelişmeler ve yeni yöntemler ortaya çıkmıştır. Kimyasal modifikasyon da bu yöntemlerden biridir (Yıldız, 1994).

Gerek ulusal gerekse uluslar arası literatürde “odun modifikasyonu” kavramı çoğu kez odun bileşenlerinin çeşitli kimyasal maddelerle reaksiyona girmesi ve bu yolla odunun kimyasal konfigürasyonunun değiştirilmesi, yani “odunun kimyasal modifikasyonu” anlamında kullanılmaktadır. Odunun kimyasal modifikasyonu 1930’lardan itibaren araştırılmaya başlanmış olup, günümüzde de yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Lu, J. Z.et al., 2000; Kumar, 1994; Rowell, 1985).

Ağaç malzeme kullanıldığı çoğu alanlarda herhangi bir işlem veya modifikasyon yapılmadan kullanılmaktadır. Ağaç malzeme, dış etkenlere açık yerlerde kullanıldığında, çürümesinin önlenmesi, suya dayanımının artırılması, ultraviyole (UV) ışınlarının bozucu etkilerini azaltmak veya yanmaya karşı dayanımını arttırmak için bazı kimyasallarla işleme tabi tutulabilir. Bu işlemlerin çoğu çevreye zararlı toksik ve korozif kimyasal maddelerin kullanımını içerir. Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, kimyasalları hücre duvarı polimerine bağlayarak malzemeyi suya, çürümeye, UV ışınlarına ve yanmaya karşı korumada bir alternatif olabilir. Ağaç

malzemenin boyutsal kararlılığı ve çürümeye dayanımı, asetik anhidritle basit reaksiyonlarla geliştirilebilecek iki önemli özelliğidir (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, bir kimyasal grubun hücre duvarının reaktif kısımlarına kimyasal olarak bağlanması şeklinde tanımlanır (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu konusundaki araştırmaların büyük kısmı boyutsal kararlılığın geliştirilmesine yoğunlaşmıştır. Biyolojik bozunmaya karşı direnç, hücre çeperi denge rutubetinin ağaca zarar veren organizmaların ihtiyaç duyduğu rutubet seviyesinin altında tutulmasının bir yan ürünüdür. Diğer bir kısım araştırma da yangın geciktiricilerin ve UV radyasyonuna bağlı bozunmayı azaltan kimyasalların, ağaç malzemeye bağlanması ile ilgilidir (Rowell, 2006).

Odunun doğal yapısını bir biçimde dönüştüren, değiştiren veya başkalaştıran bütün teknik ve yöntemler “odun modifikasyonu” içerisinde yer alır. Bu bağlamda, odunun klasik emprenye maddeleriyle muamele edilmesi veya basit bir yüzey işleminden geçirilmesi bile odun modifikasyonu içinde değerlendirilebilir. Ancak, odunun modifiye edilmesiyle ilgili sınıflandırmalar genellikle daha dar kapsamlı tutulmaktadır. Rowell’e göre; odunun teknolojik özelliklerini iyileştiren yöntemler beş karakteristik grup altında toplanmıştır (Rowell ve Konkol,1987).

1. Odunun suda çözünen polimerler ve sentetik reçinelerle muamelesi
2. Odunun hücre çeperi bileşenleriyle kimyasal bağ yapan organik maddelerle ve çapraz bağlayıcı kimyasal maddelerle muamelesi
 - 2.1. Odunu genişleten kimyasal reaksiyonlar (asetillendirme)
 - 2.2. Çapraz bağlayıcı kimyasal maddeler (formaldehit muamelesi)
3. Odunun hücre boşluklarında polimerleşen sıvı monomerlerle yapılan muameleler (odun-polimer kompozitleri; stiren, metil metakrilat, vb.)
4. Odunun basınç, ısı ve/veya tutkal kullanılarak muamelesi (staypak, kompreg, impreg)
5. Odunun ısıl işleme tabi tutulması (staybwood, ThermoWood)

Daha yeni bir sınıflandırmaya göre; odun modifikasyonunda kullanılan kimyasal maddeler baz alınmaktadır (Lu, J. Z. et al.2000).

1. Organik kimyasal maddelerle yapılan modifikasyonlar
2. İnorganik kimyasal maddelerle yapılan modifikasyonlar
3. Organik ve inorganik kimyasal madde karışımlarıyla yapılan modifikasyonlar

Odun modifikasyonu yöntemlerini, oduna etki ediş biçimlerini göz önüne alarak aşağıdaki gibi sınıflandırmak da mümkündür (Yıldız, 1994).

1. Kimyasal reaksiyon meydana getirmeyen yöntemler
2. Kimyasal reaksiyon meydana getiren yöntemler

2.4. ODUNDA KİMYASAL REAKSİYON MEYDANA GETİRMEYEN YÖNTEMLER

Bu grupta yer alan yöntemlerde, odunun hücre çeperi bileşenleriyle ve/ veya odun bünyesine verilen kimyasal maddelerin kendi arasında herhangi bir kimyasal reaksiyon meydana gelmemektedir. Kullanılan kimyasal maddelerin odunda bulunan hücrel ve kapısal boşluklara yerleşmesi söz konusudur. Bu yöntemlerin ağırlıklı amacı mekanik direnç özelliklerini iyileştirmekten çok odun-su etkileşimini azaltmaya yöneliktir (Yıldız, 1994).

2.4.1. Kimyasal Madde Kullanılmayan Yöntemler

2.4.1.1. Su Buharıyla Muamele ve Kurutma İşlemi

Yeni kesilmiş ve taze haldeki ağaçların akan tatlı su içinde uzunca süre bekletilmesi ve suyla nakledilmesinin odunun çalışmasını bir miktar azalttığını ileri sürmektedir. Sular tarafından kolay yıkanan ve higroskopik özellik taşıyan maddeler protein, mannan, ksilan, nişasta ve şekerlerdir (Berkel, 1972).

Ağaç malzemenin buharlaşma kabinlerinde su buharıyla muamelesi, bu işlemle bağlantılı olarak yüksek sıcaklık ve derecelerinin etkisi nedeniyle odunun higroskopik bölge içerisinde su alarak genişlemesini azaltmaktadır. Schwalbe ve Ender, bu etkinin diri odunda belirgin ve öz odunda etkisiz olduğunu saptamışlardır (Berkel, 1972). Kollman, buharlanmış kayında doğal haldeki kayına oranla bünyesine su alarak genişlemenin azaldığını tespit etmiştir. Bu azalmanın, 60 dakika süreyle 0-1 atmosfer basınç ve 100-120 °C sıcaklıktaki buharlanmayla %28 olduğu bildirilmektedir (Berkel, 1972). Buharlanmış odun genişlemesi sırasında oluşan basınç daha düşük olmakta ve böylece aynı sıcaklık ve bağıl nem şartlarında ulaştığı denge rutubet miktarı (DRM) normal oduna oranla % 1-2 daha düşük bulunmaktadır (Örs, 1986).

Uygun biçimde yapılan teknik kurutma işlemi ağaç malzemenin higroskopik özelliklerini iyileştirici ve çalışmayı azaltıcı bir etki yapmaktadır. Bu etki, kurutmada uygulanan sıcaklığın yükselmesiyle azalmaktadır (Berkel, 1972).

2.4.1.2. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları (Isıl İşlem)

Odunun yüksek sıcaklık ve bağıl nemde muamelesi en eski ve en ucuz boyut stabilizasyonu sağlama yöntemi olmakla birlikte onun kırılma hale gelmesine neden olmaktadır. 210 °C' de, 5 saat ısıl işleme tabi tutulan akçaağaç ve ladin örneklerinde, teğetsel yöndeki genişleme miktarında meydana gelen azalma oranı sırasıyla %83 ve %52'dir (Seborg, et al. 1953). Ancak, eğilme, şok ve aşınma dirençlerinde önemli azalmalar meydana gelmektedir (Seborg, et al. 1953).

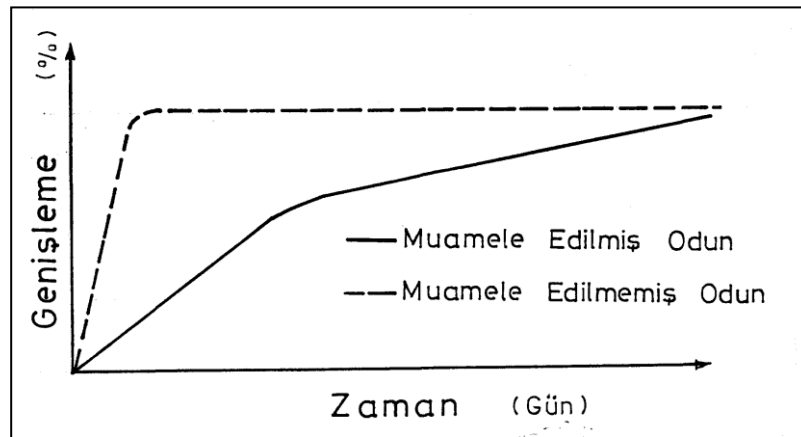
Yüksek sıcaklık muamelesi, odun hemiselülozlarını degrade ederek polar grupların (özellikle hidroksil gruplarının) miktarını azaltmaktadır. Ladin ve kayın örneklerinin azot basıncı altında 175-195° C arasında ısıl işleme maruz bırakılması sonucu higroskopisite önemli ölçüde azaltılmıştır (Feist et al. 1987). Bir başka çalışmada, ısıl işlemle higroskopisite sınırı arasındaki ilişki araştırılmış, 80 °C'lik ısıtma ile higroskopisite üst sınırının kayın'da %21,3, meşe'de %20,5, kavak'ta %22,5 ve ladin'de % 20,5 olduğu tespit edilmiştir (Kolin, B. 1992).

2.4.2. Kimyasal Madde Kullanılan Yöntemler

Bu yöntemlerin temel amacı odun bünyesindeki tüm boşlukları hidrofob maddelerle doldurmak ve böylece su alım oranını azaltmaktır (Yıldız, 1994).

2.4.2.1. Rutubete Karşı Koruyucu Dış ve İç Yüzey Tabakaları Oluşturma (su itici maddeler; parafin, beziryağı, vb.)

Odunun dış veya iç yüzeyinin suda çözünmeyen ve su geçirmeyen maddelerden oluşan bir tabakayla örtülmesi yöntemi, genel olarak boyut stabilizasyonu bakımından fazla etkili değildir. Dış yüzey tabakalarının iç yüzeydekilerinden daha etkin olduğu bilinmektedir (Berkel 1972). Bununla birlikte, dış veya iç yüzeyi örten tabakalardan hiçbiri hücre çeperinin yapısı nedeniyle odunun rutubet almasını uzun bir süre için önleyememektedir. Bu yöntemlerde, belli bir zaman periyodunda odunda artan sıvı su oranı kontrol edilebilmekte, fakat zamanla odunun boyutlarında meydana gelen genişleme derecesi doğal haldeki odunla yaklaşık aynı olmaktadır (Rowell, 1985). Literatürde su itici maddelerle (water repellents) muamele olarak bilinen böyle bir muameleye tabi tutulmuş ağaç malzemenin normal haldeki oduna oranla gösterdiği genişleme/zaman eğrisi Şekil 2.4'de görülmektedir (Yıldız, 1994).



Şekil 2.4. Su itici maddelerle muamelede genişleme/zaman eğrisi (Rowell,1985).

Odun hücre boşlukları ve onları birbirine bağlayan hücre çeperi açıklıkları nedeniyle kapilar boşluklara sahiptir. Bu boşluklarda meydana gelen sıvı hareketi, sıvı ve katı

yüzeyler arasındaki ilişkilere dayandırılırsa, sıvı ve katı arasındaki temas açısının 90° 'ye eşit olduğu tek hal dışındaki bu durumda $\cos 90=0$ olur, uniform çaptaki bir silindirik kılcal boruda ihtiva edilen bir sıvı kavisli bir yüzeye sahiptir (Rowell ve Banks, 1985). Bu kavisli yüzeyden geçen ve çoğu kez kapılar basınç olarak adlandırılan basınç farkı (P_c), Leşvin eşitliğinden türetilen aşağıdaki bağlantıyla verilir (Rowell and Banks, 1985).

$$P_c = \frac{2Y_L \cdot \cos Q}{r} \quad (2.1)$$

Burada;

Y_L = Sıvının yüzey gerilim katsayısı,

Q = Sıvı / katı temas açısı,

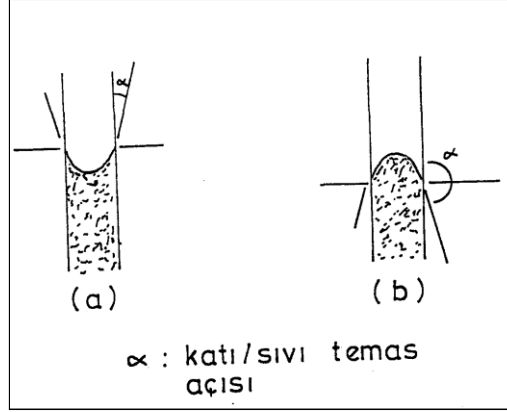
R = Kılcal boru yarıçapıdır.

Basınç farkının ortaya çıkardığı basınç değişimi, temas açısının 90° 'den küçük değerleri için sıvının kılcal boru içinde kendiliğinden zorlanması şeklinde rol oynar. Aksi durumda, temas açısı 90° 'den büyük olduğu zaman sıvıyı kılcal boru içinde zorlamak (itmek) için dış basınç P_c den büyük olmalıdır (Şekil 2.5), (Rowell and Banks 1985; Richardson 1978).

Her ne kadar odunun yapısı basit bir kılcal boru modelinden önemli ölçüde sapmaktaysa da, yapısı içinde kapılar penetrasyonun genel prensiplerinin olduğu kabul edilmekte ve P_c ' nin büyüklüğü temas açısının kosinüsüne bağlı kalmaktadır (Rowell and Banks, 1985).

Sıvı fazda su içeren sistemlerde, temas açısının 90° 'den küçük olduğu yüzeyler hidrofilik (suyu seven), aynı açının 90° 'den büyük olduğu yüzeylerde hidrofobik (suyu sevmeyen) veya su itici olarak adlandırılır. Bu özelliklerin yüzeyin kimyasal yapısından kaynaklandığı bilinmektedir. Eğer bir yüzey su ile hidrojen bağları oluşturabilme yeteneğindeki polar fonksiyonel gruplara sahipse hidrofilik, aksi halde, polar olmayan gruplara özellikle metil gruplarına sahipse hidrofobik yapıda olmaktadır. Odunun hücre çeperi bileşenlerinin primer ve sekonder alkolik hidroksil grupları bakımından zengin oldukları düşünülürse, odun yüzeyinin sıvılarla yaptığı

temas açısının 90° 'den küçük ve dolayısıyla hidrofilik yapıda olduğu anlaşılacaktır (Rowell and Banks 1985; Richardson, 1978).



Şekil 2.5. Kılcal borularda suyun yüzeyi ıslattığı a) ve ıslatmadığı b) durumları (Richardson, 1978).

Su itici maddelerin etkenliği genel olarak, odunun dış tarafına yakın hücrelerin hidrofob maddelerle kaplanması yoluyla buralarda yukarıda açıklanan temas açısının ters çevrilmesi esasına dayanmaktadır.

Ağaç malzemenin dış yüzeyini örten yağlı vernikler, saf beziryağı verniği ve lakları, reçine ve ispiroto laklarının yanı sıra gomlak ve parafin, gibi maddeler bu amaca uygun bulunmaktadır. Tipik bir su itici karışımda % 1-3 parafin, %5-15 reçine ve % 82-95 çözücü bulunmaktadır. Burada asıl su itici madde parafindir. Reçine bir bağlama elemanı olup hidrofob maddenin hücre çeperine daha iyi yapışmasını sağlamaktadır. Ayrıca, reçine su itici etkide de bulunmaktadır. Çözücü ise genellikle hafif bir petrol çözücüsü olup hidrofob madde (parafin) ve reçine hücre boşluklarına daha yeknesak dağılmasını temnin etmektedir (Nicholas 1973; Rowell and Banks, 1985).

Bu tip maddelerle yapılan muamele sonucunda ağaç malzemeye kazandırılan su itici etkinlik (water-repellent effectiveness) değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Rowell and Banks, 1985).

$$S_{iE} = \frac{D_k - D_d}{D_k} \quad (2.2)$$

Burada, S_{iE} = Su itici etkinlik (%),

D_k = Muamele edilmemiş kontrol örneğinin belli bir ‘t’ zamanında aldığı su miktarı,

D_d = Muamele edilmiş deney örneğinin belli bir ‘t’ zamanında aldığı su miktarı

Vernik katmanları arasında alüminyum folyo şeritlerinin bulunduğu ağaç malzemelerde %89 olan S_{iE} değeri, yağ kökenli pigmentli boyalara iki kat halinde muamele edilen ağaç malzemedeki % 60-90 arasında olmaktadır. Emaye lakların veya verniklerin iki kat sürülmesi halinde S_{iE} değeri % 50-85 arasındadır (Rowell and Youngs, 1980).

Nowak, önce vakum uyguladığı ağaç malzemeyi, sonra 30 dakika süreyle, 6-8 atm basınçta ve 70-100° C’deki emprenye karışımıyla muamele etmiştir. Emprenye karışımında, triklor etilen içerisinde çözülmüş montan mumu (parafin benzeri bir madde) ve sentetik reçine yer almıştır. S_{iE} değerinin 120 saat suda bekletme sonunda % 70-75 olduğu belirtilmektedir (Berkel, 1972).

Feist ve Mraz %1,5 parafin, %10 reçinesi ve %88,5 çözücüden oluşan karışımla, liflere dik yönde kesilmiş kereste parçalarını ve doğramaları 3 dakikalık daldırma yöntemiyle muamele etmişler ve 20 yıl süreyle dış hava koşullarına maruz bırakılan deney örneklerinde yüksek bir su itici etkinlik ve çürüklüğe karşı dayanım tespit etmişlerdir (Feist and Mraz, 1977).

Schneider, ladin diri odununda, karbontetraklorürde çözülmüş beziryağının su itici etkinliğini araştırmış, beziryağı ile emprenye edilen odunda serbest yağ asitlerinin miktarının arttığını ve her bir serbest yağ asidi molekülünün 90 su molekülünün yerini alarak ve hidrojen bağı oluşturarak su itici etkinlik sağladığını belirlemiştir (Schneider, 1980).

Voulgaridis ve Banks, % 0,5 parafin % 10 hidrojene edilmiş reçine esteri veya düz zincirli hidrokarbon reçinesi ve geri kalan kısmı çözücüden oluşan karışımla 3

dakikalım batırma yöntemiyle muamele ettikleri sarıçam ve kayın örneklerinde % 60-70 oranında S_iE elde etmişlerdir (Voulgaridis and Banks, 1980).

Rowell ve Banks, alkid reçinesi/parafin karışımıyla %78 hidrokarbon reçinesi/parafin karışımıyla %64; reçine esteri/parafin karışımıyla %88 S_iE elde edildiğini belirtmektedirler. (Rowell and Banks, 1985).

Voulgaridis % 10 düz zincirli hidrokarbon reçinesine ilave olarak %1 parafin (erime noktası 56°C) ve %89 white spiritten oluşan çözeltiyle % 70-75 S_iE elde edildiğini belirtmektedir (Voulgaridis, 1986).

Pentaklorfenol gibi bir fungusid içeren su itici karışımla yapılan muamelenin, ağaç malzemenin daha sonraki aşamada bakır/krom/arsenik türü empenye maddesinin penetrasyonunu olumsuz yönde etkilemediği ortaya koyulmuştur (Ruddick, 1980). Diğer yandan, su itici nitelikli empenye maddeleriyle / water repellent preservatives) yapılan ön muamelenin, daha sonra çeşitli boya sistemleriyle boyanan zayıf boya tutma yeteneğindeki ağaç malzemelerin boya tutma performansını arttırdığı ayrıca çürümeyi önleyici ek bir etkide bulunduğu saptanmıştır (Feist, 1990).

Suda çözünen bir alkid reçinesiyle yapılan muamelede ıhlamur kaba yongalarında % 37, kaba çam yongalarında % 27 S_iE elde edilmiştir (Smulski ve Cote, 1984). Yıldız ve Hafizoğlu, % 3 parafin, %10 alkid reçinesi ve % 87 white spiri (çözücü) kullanarak yaptıkları batırma yöntemiyle empenyede çeşitli ağaç türlerinde oldukça yüksek oranlarda (% 50- 85) S_iE elde etmişlerdir (Yıldız ve Hafizoğlu, 1990).

2.4.2.2. Suda Çözünen Tuz ve Şekerlerle Muamele

Suda çözünen anorganik tuzlarla şekerin ağaç malzemenin boyut stabilizasyonu için kullanılmasına ilişkin ilk yaklaşımlar 1934-37 yılları arasında Stamm tarafından geliştirilmiştir (Berkel, 1972). Ağaç malzemenin yüksek konsantrasyondaki tuz çözeltileriyle empenye edilmesi sonucu, odunun genişlemiş halinde miseller arası boşluklara su yerine tuz veya şeker yerleştirilmektedir. Böylece, genişlemiş halin korunmasıyla, daralmayı önleyerek boyut stabilizasyonu sağlanmaktadır. Ancak gerek tuzlar ve gerekse şeker çevresindeki havanın rutubetini çekmekte, bağıl nemin

yüksek olduğu ortamlarda ağaç malzeme yüzeyinde su damlacıkları birikmektedir (Berkel, 1972). Bu durum ağaç malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Elde edilen boyut stabilizasyonu sürekli olmayıp tuz veya şekerin yıkanmasıyla zamanla kaybolmaktadır.

2.4.2.3. Suda Çözünen Polimerlerle Muamele (polietilen glikol, vb.)

Bu yöntem grubunda en çok araştırılan ve kullanılan kimyasal madde polietilenglikol (PEG) olmaktadır. Karbovaks olarak da bilinen polietilenglikol, beyaz renkli, mum benzeri bir kimyasal maddedir. 40° C' de eriyen, ılık suda kolaylıkla çözünen, yüksek bir tutuşma sıcaklığına sahip (305°C) olan PEG, 200'den 2000'e değişen molekül ağırlıklarıyla bilinmektedir. En çok kullanılan PEG-1000'dir (Rowell and Konkol, 1987).

PEG'le muamele edilen ağaç malzemeye tüm tutkallar uygulanabilmekte, özellikle polivinil, resorsinol, epoksi ve üre-reçine türü tutkallar iyi sonuç vermektedir (Rowell and Konkol, 1987).

PEG'le muamele edilen ağaç malzeme bağlı nemin %80'i aşması durumunda, glikolün nem çekmesi nedeniyle ıslak ve yapışkan bir hal almaktadır. Diğer yandan, PEG'le muamele edilmiş ağaç malzemeye temas eden bazı metallerde korozyon meydana gelebilmektedir (Rowell and Konkol 1987). Bu nedenlerle PEG'le muamele edilen ağaç malzemenin son yzey işlemi sırasında, iki kat halinde poliüretan vernik sürülmesi gerektiğini belirtmektedir (Rowell and Konkol, 1987; Wood Handbook 1985).

PEG'ün ilk uygulamaları süs eşyası, tüfek yivi yuvası ve oyma işlerinde kullanılan malzeme enine kesitlerinin çatlamlara karşı korunmasına yönelik olmuştur. Bu maddenin bir başka uygulama alanı, yaş haldeki ağaç malzemenin enine kesitlerinde kuruma sırasında meydana gelen çatlakların önlenmesidir. Bu amaçla yapılan muamelede derin bir penetrasyon gerekli değildir (McKeever 1990; Berkel, 1972). Ayrıca, PEG muamelesi arkeolojik, uzun süre suda kalmış (water-logged) ağaç

malzemelerin restorasyon için kurutulmalarında, çatlama ve çarpılmaları önlemek üzere yaygın olarak kullanılmaktadır (Wood Handbook, 1985).

1956'da, Stamm, %9, %12 ve %9'luk PEG-1000 çözeltileriyle ladin odununda, sırasıyla %19, %27 ve %35'lik ağırlık artışı (weight percent gain) (odun bünyesinde tutulan PEG miktarı) sağlamış, elde edilen daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) % 70-93 arasında değişmiştir (Stamm, 1956). 1963'de, ABD forest products Laboratory'de yapılan bir çalışmada, PEG muamelesinin taze haldeki kırmızı meşe odunlarının kurutulması sırasında yüzey çatlaklarını önemli ölçüde azalttığını bildirmektedir (Stamm, 1959).

Kenaga 1963'de, emprenye koşullarının odunun boyutsal davranışına etkisini incelediği çalışmasında, %50'lik PEG-600 ve PEG-1000 çözeltilerinin 60°C'deki muamelesinin ağaç malzemenin tüm rutubet miktarlarında en iyi sonucu verdiğini saptamıştır (Kenaga, 1963). Stamm, PEG-1000 ile muamelede, ladin odununda başlangıç rutubeti arttıkça daralmada meydana gelen azalmanın da arttığını (%30 rutubette %60 DÖE, %120 rutubette %90 DÖE) ortaya koymuştur (Stamm, 1964). T.Sadoh, PEG-200, PEG-600 ve PEG-1000'le muamele edilen kaplama halindeki ağaç malzemedede, burkulma (torsiyon) modülünün azaldığını belirlemiştir. Ayrıca, odun-PEG kompozitinin suyla doymuş haldeki odundan daha fazla heterojen bir yapıya sahip olduğunu da ortaya koymuştur (Sadoh, 1981).

Lif doymunluğu noktasının (LDN) üstündeki ağaç malzemeye PEG'ün absorpsiyonunu etkileyen etmenlerin araştırıldığı çalışmalarda, PEG'ün absorpsiyon miktarının çözücünün polaritesiyle ters orantılı olduğu, yüksek polarlıktaki çözücülerde absorpsiyonun düşük, düşük polarlıktaki çözücülerde ise yüksek bulunduğunu ortaya koymuştur (İsmiharu, 1980; İsmiharu, 1981).

PEG'n ağaç malzemenin boyut stabilizasyonuna etkisinde önemli olan faktörlerin incelendiği bazı çalışmalarda, PEG'ün esas olarak genişlemiş hücre çeperindeki ince kılcal boşlukların yüzeylerine yerleştiği, absorbe edilen PEG miktarı arttıkça DÖE değerinin doğrusal olarak arttığı belirlenmiştir. PEG-2002, PEG-6000 ve PEG 20000'in kullanıldığı bu araştırmalarda, düşük molekül ağırlıklı PEG'ün odunu daha

fazla genişlettiği, ancak daralmayı önleme etkinliği bakımından düşük ve yüksek moleküllü PEG'ler arasında fark bulunmadığı saptanmıştır (İsmiharu et al., 1986).

Hoffmann, hafif hasarlı arkeolojik meşe ağaç malzemenin (14. Ve 17. Yüzyıldan kalma) boyut stabilizasyonunda, PEG-200'ün diğer oligomerik etilen glikollere oranla daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Hoffmann, 1988).

Lata kalınlığında (0,5 cm) ağaç malzeme kullanılması halinde, PEG-1000'in %20'lik çözeltisinin yeterli olabileceği ve bu konsantrasyonda elde edilen DÖE değerlerinin oldukça etkili bir boyut stabilizasyonu sağladığı (ladinde %74 DÖE, kavakta %79 DÖE) belirtilmektedir (Yıldız, 1992).

2.5. ODUNDA KİMYASAL REAKSİYON MEYDANA GETİREN YÖNTEMLER

Bu grupta yer alan yöntemlerde, odun bünyesine verilen kimyasal maddelerle hücre çeperi bileşenleri (selüloz, hemiselüloz ve lignin) arasında ve/veya kullanılan kimyasal maddelerin kendi arasında kimyasal bir reaksiyon meydana gelmesi söz konusudur. Kullanılan kimyasal maddeler gerek hücresel ve kapılar boşlukları doldurarak gerekse odunun kimyasal yapısını değiştirerek (modifiye ederek) etkili olmaktadır. Bu yöntemlerde amaç, odunun çalmasını azaltmanın yanı sıra, mekanik direnç özelliklerini ve biyolojik dayanımını arttırmak biçiminde ifade edilebilir (Yıldız, 1994).

2.5.1. Odun Bileşenleriyle Bağ Yapmayan Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı Yöntemler

Odun bünyesine verilen sıvı monomerlerin odunun hücre boşluklarında polimerleştirilmesi esasına dayanan odun-polimer kompozitleri ile fenol-formaldehit ve epoksi reçineleri gibi odun bileşenleriyle bağ yapmayan sentetik reçinelerin kullanıldığı impreg ve kompreg benzeri ürünlerin eldesini kapsayan bu yöntemleri fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesinin yanı sıra biyolojik zararlılara karşı da iyi bir koruma sağlamaktadır (Yıldız, 1994).

2.5.1.1. Odun - Polimer Kompozitleri (stiren, metil metakrilat, vb.)

Odunun önce bir sıvı monomerle empenye edilmesi ve sonra hücre boşluklarına yerleşen monomerin çeşitli yöntemlerle polimerleştirilmesi sonucunda odun-polimer kompozitleri (OPK) elde edilmektedir. OPK haline dönüşen ağaç malzemenin başta mekanik özellikleri olmak üzere birçok teknolojik özellikleri iyileşmektedir. 1930-1960 yılları arasında, odunun teknolojik özelliklerini iyileştirmeye yönelik bir çok yeni yöntem geliştirilmiştir. Asetilleme, formaldehitle selüloz zincirlerinin çapraz bağlanması etilen oksit muamelesi, fenol formaldehit muamelesiyle impreg ve kompreg gibi özel ürünler elde edilmesi ve polietilen glikol muamelesi bu dönemde geliştirilen ve endüstriyel uygulamaya konu olan yöntemlerdir. 1960'lı yılların başından itibaren, bir ya da daha fazla sayıda çift bağ içeren kimyasal maddelerle yeni yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Sıvı monomerlerle odunun muamele edilmesi bu kapsamda en çok araştırılan ve uygulamaya geçirilen yöntem olmuştur. Söz konusu yöntemin serbest radikal üreten katalizörleri asidik ya da bazik olmadıklarından, selüloz zincirlerinin degrade olması ve bunun sonucunda odunun kırılabilir bir hal alması sakıncası bulunmaktadır (Meyer, 1977; Meyer, 1982).

OPK malzemeleri, günümüzde, ABD, Almanya, İngiltere, Polonya, İtalya, Japonya, Tayvan, Yeni Zelanda, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Hollanda, Norveç, İsveç, ve Finlandiya'da endüstriyel olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Rowell ve Konkol, 1987, Meyer 1982, Kinell ve Aagaard, 1969). OPK' nın başlıca kullanım alanları parke döşemeleri, panel duvarlar, özel amaçlı yüzey kaplamaları, merdiven trabzanı, pencere denizliği, büro ekipmanları bilardo ve golf sopaları, otomobil aksamı, bıçak sapı, ok yayı, transformatör, taşıyıcısı ve süs eşyaları oluşturmaktadır (Meyer 1982 ; Autio and Miettinen, 1970).

OPK üretimi için en uygun monomer grubunun vinil monomerler olduğu belirtilmektedir. Stiren (ST), vinil klorür, akrilonitril (ACN), metil metakrilat (MMA), t-bütül stiren gibi vinil monomerler odun yapısı içindeki hidroksil gruplarıyla etkileşime girmeyerek odunu degrade etmemektedir (Meyer, 1981).

Hücre yapısına verilen monomerin polimerleştirilmesinde radyasyon tekniği ve katalizör-ısı tekniği olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Ayrıca, monomerin hücre çeperi bileşenleriyle kimyasal bağ yapmasını içeren graft polimerizasyonu ve odun korumayla ilgili toksik maddelerinin polimer zincirine eklenmesini içeren bioaktif polimerlerle muamele yöntemleri geliştirilmiştir (Kenaga et al., 1962).

2.5.1.2. Bazı Sentetik Reçinelerle Muamele (kompreg, impreg, vb.)

İmpreg

Genellikle, reçine alımını artırmak için kaplama biçimindeki ağaç malzemenin, suda çözünen, termoset tipi fenol formaldehit reçinesiyle empenye edilmesi ve liflere nüfuz eden reçinenin basınç kullanılmadan sertleştirilmesi esasına dayanan impreg çok kullanışlı bir malzemedir. 21-38 °C arasındaki empenye sonunda, %25-30 ağırlık artışı elde edilir.

Emprenyeden sonra, reçinenin hücre çeperi yapısı içinde yeknesak bir biçimde nüfuz etmesi için bir süre beklenir. Bu süre sonunda, önce 80-93° C 'de 30 dakika süreyle kurutma ve sonra 155° C' de 30 dakika süreyle sertleştirme yapılır. Son aşamada, kaplama levhaları sentetik tutkallarla çapraz (lamine) yapıştirılarak impreg elde edilir (McKeever, 1990; Berkel, 1972).

İmpreg' in boyut stabilizasyonu %60-70'dir. Su iticiliği, kimyasal maddelere direnci, biyolojik zararlılara dayanımını ve ısı direnci normal ağaç malzemenin yüksektir. Basınç direnci ve sertliği artarken, aşınma direnci azalmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı model ve kalıplarda, elektrik direncinin yüksek olması nedeniyle de elektrik kontrol donanımlarında geniş olarak kullanılmaktadır (Rowell and Konkol 1987).

Kompreg

Fenol-formaldehit reçinesiyle İmpreg' de anlatıldığı gibi empenye edilen kaplama levhaları reçine sertleşmeyecek biçimde 30 °C'de kurutulmakta ve sonra çapraz dizili levhalar ortalama 70-84 kg/cm² basınç ve 150 °C sıcaklık kullanılarak, reçine

sertleşirken basınç etkisi altında yapıştırılmaktadır. Böylece kompreg' in özgül ağırlığını belirlemek mümkün olmaktadır (1,0 – 1,4 gr/cm³ arasında). Kompreg' in boyut stabilizasyonu %80-85 civarındadır ve su iticiliği oldukça yüksektir (Rowell and Konkol, 1987).

Biyolojik zararlılara, kimyasal maddelere ve yangına direnci normal oduna göre bir hayli fazla olan kompreg' in, basınç direnci, aşınma direnci ve sertliği önemli oranda arttırılmaktadır. Bu özellikleriyle, model ve kalıp, cıvata ve somun, uçak parçası, dişli, su yağlamalı yatak, vane kanadı, mekik, bobin dokuma tezgâhı temizleme sopası, elektrik izolatörü, müzik aletleri, bıçak sapları, yapımında ve kontrplakların dış yüzeyinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Rowell and Konkol, 1987).

Epoksi Reçinesiyle Muamele

Epoksi reçinesi (epiklorhidrin ve difenilpropan monomerlerin –CH₂O- bağlarıyla birleşmesi sonucu elde edilen bir kondensasyon polimeri) moleküllerinin çok büyük ve viskoz olması nedeniyle genellikle kaplama levhaları muamele edilir. Sertleştiriciyle karıştırılan reçine, batırma veya vakum yöntemiyle kaplamalara verilmekte ve hücre boşluklarına yerleşen reçinenin sertleşmesi için oda sıcaklığında 5-6 saat bekletme yeterli olmaktadır. Kaplama levhaları emprenye sonrasında ve sertleştirme öncesinde birbirleriyle yapıştırılabilir (Rowell and Konkol, 1987; Baysal, 1981).

Epoksi reçinesiyle muamele edilen ağaç malzemenin su iticiliği çok yüksektir. Fakat, çok az miktarda reçine hücre çeperine girebildiğinden boyut stabilizasyonu fazla değildir. Başta sertlik ve aşınma direnci olmak üzere diğer mekanik özellikler normal oduna oranla oldukça iyileştirilmiştir. Ahşap teknelerin yapımında ve kaplamaların dış yüzeyinde kullanılmaktadır. Epoksi reçine, yumuşamış ve çürümüş ağaç malzemelerin direncinin artırılmasında da onarım amaçlı olarak değerlendirilmektedir (Rowell and Konkol, 1987).

2.5.2. Odun Bileşenleriyle Bağ Yapan Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı Yöntemler

Odunun hücre çeperi bileşenleri olan selüloz, lignin ve hemiselülozlar, biyolojik, termal ultraviyole degradasyonlarıyla birlikte, odundaki rutubet sorpsiyonunu ve direnç özelliklerini etkileyen ve belirleyen temel faktörler direnç özelliklerini etkileyen ve belirleyen temel faktörlerdir. Bu faktörler Şekil 2.6'da verilmiştir. Örneğin, rutubet sorpsiyonunu etkileyen

<p>Biyolojik Degradasyon Hemiselüloz >>> Reaksiyona yatkın (accessible) selüloz > Kristal olmayan selüloz >>>> Kristal selüloz >>>>> Lignin</p> <p>Rutubet Sorpsiyonu Hemiselüloz >> Reaksiyona yatkın selüloz >>> Kristal olmayan selüloz > Kristal selüloz >Lignin >>> Kristal selüloz</p> <p>Ultraviyole Degradasyonu Lignin >>>>> Hemiselüloz > Reaksiyona yatkın selüloz > Kristal olmayan selüloz >>> Kristal selüloz</p> <p>Termal Degradasyon Hemiselüloz > Selüloz >>>>> Lignin</p> <p>Direnç Özellikleri Kristal selüloz >> Kristal olmaya selüloz + Hemiselüloz + Lignin > lignin</p>
--

Şekil 2.6. Hücre çeperi bileşenlerinin odun özelliklerine etkisi (Rowell and Young, 1989).

Temel bileşen hemiselülozlar olup diğer bileşenler de belli oranlarda sorpsiyonu etkilemektedir. Şekilde, bileşenler arasındaki (>) işaretlerinin sayısı iki bileşenin bir özelliği etkileme derecelerinin farkını da ortaya koymaktadır (Rowell and Young,

1989). Söz konusu degradasyonların meydana geliş biçimi kimyasal olduğundan, hücre çeperi bileşenlerinin kimyasal yapısını değiştirerek bu sakıncaları gidermek mümkündür (Yıldız, 1994).

Odunun kimyasal yapısının değiştirilmesiyle ilgili yöntemler, esterler asetaller ve eterlerle muamele yöntemleri olarak sınıflandırılabilir (Rowell, 1989). Ayrıca, bu yöntemlerle ilgili olarak masif odunda ve levha ürünlerinde (reconstituted composites) araştırmalar yapılmaktadır (Rowell, 1989).

OKYD yöntemlerinin başarısı kullanılan kimyasal maddenin hücre çeperindeki dengeli dağılımına bağlıdır. Esas olarak, kullanılan kimyasal maddeler, penetrasyonu kolaylaştırmak, nötral veya kısmen alkali ortamda 120°C civarında veya daha aşağı sıcaklıklarda hücre çeperi bileşenlerinin serbest hidroksil (OH) gruplarıyla reaksiyona girerek odunu genişletmek (bulking) özelliği taşımaktadır. Reaksiyonlar hızlı ve meydana gelen kimyasal bağlar stabil yapıda olmalıdır. Reaksiyon sonucu yan ürün meydana gelmemeli ve odunun doğal haldeki olumlu özellikleri korunmalıdır (Rowell, 1986).

Kullanılan kimyasal maddelerle odunun serbest hidroksil grupları arasındaki bağın çevresel baskılara karşı koyabilen yüksek bir kararlılığı içermesi gerekmektedir. Buna göre, eter bağı arzulanan karbon-oksijen bağıdır. Asetaller ve esterler eter bağlarından daha az kararlıdır (Rowell, 1983).

Bazı kimyasal maddeler tek bir hidroksil grubuyla reaksiyon vermekte ve reaksiyon tamamlanmaktadır. Böyle kimyasal maddelerin kullanıldığı yöntemlerde ‘‘tek kenar süstitüsüyonu’’ (single-side substitution) denilmektedir. Diğer bazı kimyasal maddelerde ise daha ileri reaksiyonlar verebilecek yeni hidroksil grupları oluşturulur. Bu maddelerle yapılan muamelelere ‘‘tek aşılama noktasından polimer oluşumu’’ (polymer formation from a single graft point) adı verilmektedir. Birinci yöntem grubuna asetik anhidritle yapılan asetillendirme, ikinci gruba epoksitlerle yapılan muameleler örnek teşkil etmektedir (Rowell, 1983; Rowell, 1986).

OKYD yöntemlerinde reaksiyon koşulları yeterince ılımlı olmalıdır. Sıcaklığın, odunu az degrade edecek veya hiç etmeyecek, fakat reaksiyon oranını mümkün olduğunca hızlı kılacak bir seviyede olması gerekmektedir. En güvenli üst sıcaklık sınırı 120° C' dir. Odunun degrasyonu bu sıcaklıktan sonra artmaktadır. Su molekülündeki hidroksil grupları odundaki hidroksil gruplarından daha reaktif olduğundan, OKYD yöntemlerinde odun rutubetinin yeterince düşük olması (%2-4 rutubet oranında) gerekmektedir. En uygun katalizörler zayıf alkali olanlardır. Bunlar asit katalizörler gibi odunu degrade etmemekte, odun yapısını genişleterek daha iyi bir penetrasyon sağlamaktadır. Ayrıca, reaksiyon sisteminin basit tutulması kimyasal geri kazanma bakımından önemlidir. Yukarıda sayılan husulara dikkat edilerek uygulanan bir reaksiyon sistemi, odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerini iyileştirmekte renk değişimine neden olmakta, tutkallama ve boyanabilme niteliklerine olumsuz etkide bulunmaktadır (Rowell, 1988; Rowell, 1986).

2.5.2.1. Ester Formu Oluşturan Yöntemler (asetillendirme, vb.)

Odunda ester yapısı oluşturan maddeler asetik anhidrit, fitalik anhidrit gibi anhidritler ile karboksilik asitler ve izosiyanatlardır. Bunlar içerisinde en çok araştırılan konu asetillendirme olmuştur.

Asetillendirme

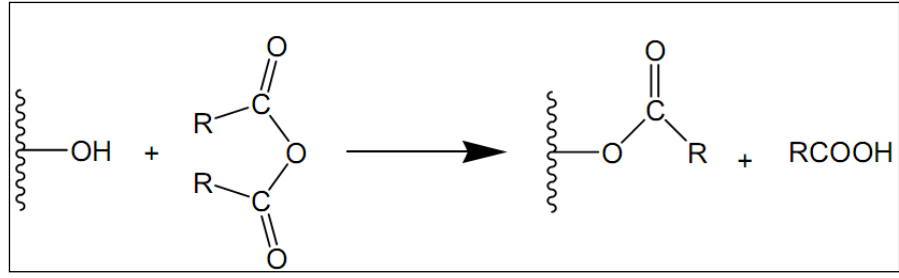
Asetik anhidrit kullanılarak yapılan asetillendirme, yıllardır çalışılan kimyasal modifikasyon çalışmalarının en çok üzerinde durulan ve en tutarlı sonuçları veren bir işlemdir. Ağaç malzemenin asetillendirilmesi, halen Japonya'da ticari olarak uygulanmaktadır (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin asetillendirilmesi, ilk kez Almanya'da Fuchs (1928) tarafından asetik anhidrit ile ve sülfürik asitin katalizör olarak kullanılmasıyla yapılmıştır. Fuchs, bu reaksiyonu çam ağacından lignini izole etmek için kullanmıştır. Horn (1928) ile Suida ve Titsch (1928) hemiselülozu ayırmak için, aynı lignin izalasyon reaksiyonunu kullanarak kayın odununu asetillendirmişlerdir. Suida ve Titsch (1929) diğer çalışmalarında, 100 °C 'ta 15 günden 35 güne kadar bekletme ile ağırlıkça %

30-35 asetil kazanımı seviyesine ulaşabilmek için katalizör olarak piridin ya da dimetilanilin kullanarak kayın ve çam tozlarını asetillendirmişlerdir. İlk kez Tarkow (1945), asetillendirilmiş balsa odununun çürümeye dayanıklı olduğunu göstermiştir. 1946'da Tarkow, Stamm ve Erickson (Tarkov, 1946a, Tarkov, 1946b) ilk kez ağaç malzemenin su içinde genişlemeye karşı dayanımın arttırılmasında ağaç malzemenin asetillendirilmesinin kullanılmasını tarif etmişlerdir. 1940'lardan beri değişik ağaç ve zirai kaynak üzerinde asetillendirme üzerinde çalışmalar yapıla gelmiştir (Rowell, 2006).

Yıllar boyunca asetillendirme için hem sıvı hem buhar fazında birçok katalizör denenmesine rağmen, günümüzde en çok kullanılan yöntem, az miktarda asetik asit içeren asetik anhidritle katalizör olmadan yapılan işlemdir. Masif ağaç malzeme için asetik anhidritle temas etmeden önce bir vakum süreci ve reaksiyon sonrasında da bir kurutma süreci uygulanır. Yonga veya lifler için herhangi bir vakum veya basınç uygulamaz ve reaksiyon tüm materyalin kimyasala maruz kalacağı döner reaktörlerde gerçekleştirilir. Isı ise mikrodalga veya geleneksel ısıtma yöntemleri ile uygulanabilir (Rowell, 2006).

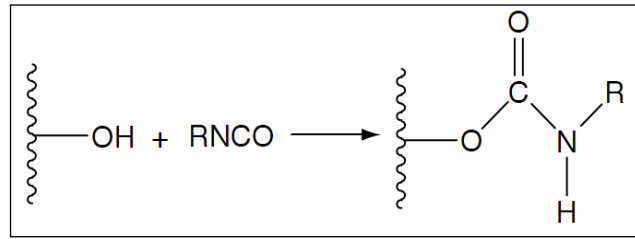
Selülozun asetillendirilmesi ile, ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyonu arttırılabilir. Selüloz sülfirik asit katalizörlüğünde asetik anhidrit ile tepkimeye girdiğinde, sülfirik asit asetik anhidrit ile asetilsülfirik asiti oluşturur. Asetiksülfirik asit selülozla reaksiyona girerek selülozun sülfirik asit esterini oluşturur. Sülfat grubu asetil grubu ile yer değiştirerek sülfirik asit serbest kalır ve selüloz asetat oluşur. Reaksiyon bu şekilde devam eder. Oluşan selüloz asetat hidrofobik yapıdadır (Hafizoğlu, 1982). Ağaç malzemenin asetik anhidrit ile asetillendirilmesi Şekil 2.7' de görülmektedir.



Şekil 2.7. Ağaç malzemenin asetik anhidrit ile asetillendirilmesi (Hill, 2006).

İzosiyanatlarla Muamele

Odunun hidroksil gruplarıyla izosiyanatların reaksiyonu sonucu azot içeren ester formu oluşmaktadır (Şekil 2.8.). İzosiyanatlar suya çok duyarlı olduklarından reaksiyon kuru odunda yapılmalıdır. Reaksiyon sonucu oluşan üretan yapısı asit ve bazlara karşı son derece kararlıdır. Reaksiyon sonucu yan ürün oluşmaz ve süresi çok kısadır (Yıldız, 1994).

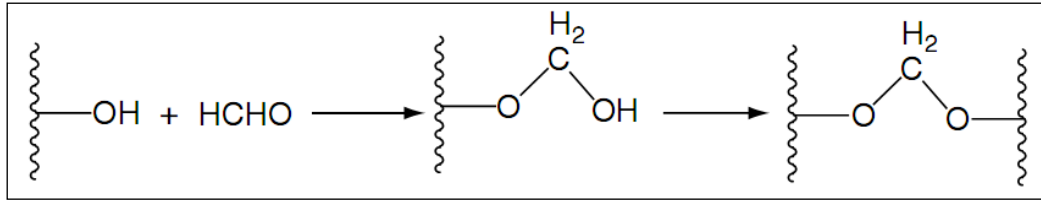


Şekil 2.8. Ağaç malzemenin bir izosiyanatla reaksiyonu (Hill, 2006).

İzosiyanat muamelesi sonucu odunun denge rutubeti miktarı düşmekte; liflere paralel basınç ve statik eğilme dirençleri artmakta; aşınma direnci ve sertliği azalmakta ve esmer çürüklük mantarlarına karşı dayanımı artmaktadır. Metil izosiyanat ile tam kuru odun ağırlığına oranla % 16-28 ağırlık artışı meydana geldiğinde, % 60-70 arasında boyut stabilizasyonu elde edilmektedir. İzosiyanatlarla muamelede ağırlık artışının % 32'yi geçmesi halinde odunun mikroskobik yapısında çatlaklar oluşmaktadır (Yıldız, 1994).

2.5.2.2. Asetal Formu Oluşturan Yöntemler (formaldehit muamelesi, vb.)

Bu grubun en çok uygulana yöntemi hücre çeperi bileşenlerini çapraz bağlarla birleştiren formaldehit muamelesidir. Formüldeki hidroksil grupları aynı veya farklı selüloz, lignin veya hemiselüloz zincirlerine ait olabilir (Yıldız, 1994). Ağaç malzemenin formaldehit ile reaksiyonu Şekil 2,9'da görülmektedir.

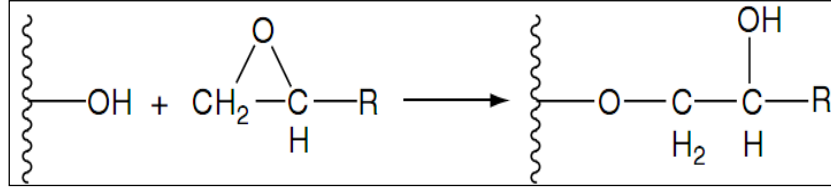


Şekil 2.9. Ağaç malzemenin formaldehit ile reaksiyonu (Hill, 2006).

Ağırlık artışı tam kuru odun ağırlığına oranla % 2 civarında olduğunda, formaldehit muamele edilmiş odun mantar saldırılarına uğramamaktadır. Buna göre; az bir ağırlık artışıyla mantar tasallutunun önlenmesi, enzimler için önemli olan hidroksil gruplarının bloke edilmesine dayanmaktadır. Ayrıca; % 3.1'lik ağırlık artışında % 47'lik, % 7 ağırlık artışında ise % 90'a varan bir boyut stabilizasyonu sağlanmaktadır (Yıldız, 1994).

2.5.2.3. Eter Formu Oluşturan Yöntemler (epoksit muamelesi, vb.)

Eter yapısı oluşturan kimyasal modifikasyon maddeleri arasında dimetil sülfat, metil iodid, alkil kloridler, β -propiyolakton, akrilonitril yer almaktadır. Odunun dimetil sülfatla reaksiyonu sonucu, en basit bir eter yapısı olarak metil eter oluşmaktadır. Metillendirme olarak adlandırabilen böyle bir işlem sonucunda, şiddetli reaksiyon koşulları nedeniyle odunun mekanik özellikleri aşırı derecede düşebilmektedir. Bu grupta en çok araştırılan konu odunun epoksitlerle muamelesidir. Şekil 2.10'da odunun epoksitlerle muamelesi eter yapısı oluşturmaktadır. En basit epoksit olan etilen oksitle yapılan buhar fazındaki muamele sonucu % 20'lik ağırlık artışına karşılık % 60 daralmayı azaltıcı etkinlik değeri elde edilmiştir (Yıldız, 1994).



Şekil 2.10. Ağaç malzemenin bir epoksitle reaksiyonu (Hill, 2006).

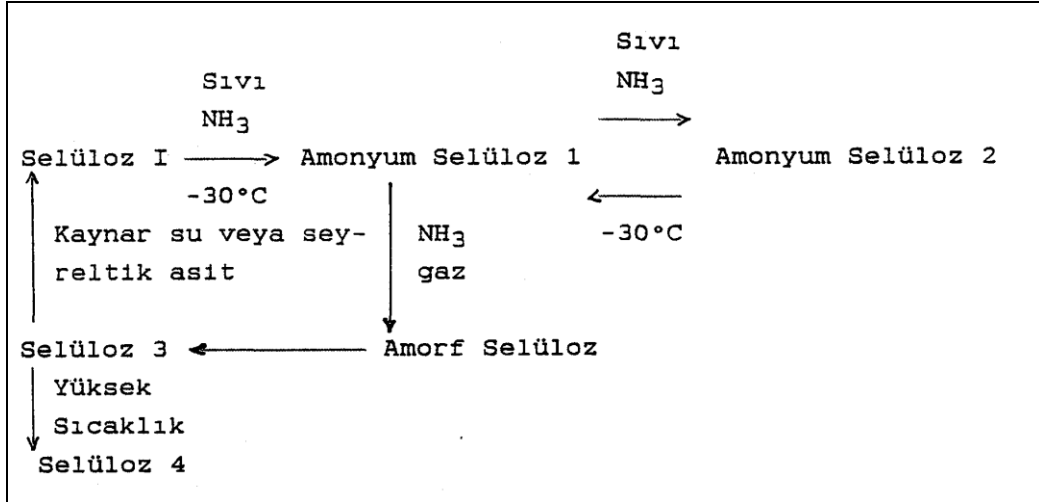
Yukarıda görüldüğü gibi, epoksitlerle muamelede, hücre çeperi hidroksil gruplarıyla bir başlangıç reaksiyonundan sonra oluşturulan yapıdan yeni bir hidroksil grubu ortaya çıkmaktadır. Bu yeni hidroksil grubundan itibaren bir polimer yapısı meydana gelmeye başlamaktadır. Epoksitlerle muamele sonucu odunun boyut stabilizasyonu % 60-90 arasında artmakta; mantar, termit ve deniz zararlılarına karşı dayanımı bir hayli yükselmektedir. Ancak, modifikasyon sonucu odunun mekanik özelliklerinde ortalama % 10'luk bir azalma meydana gelmekte, sertlikte ise bir değişiklik olmamaktadır (Yıldız, 1994).

2.5.3. Odunun Plastikleştirilmesi

Yüksek erime sıcaklığına sahip polimerler, molekül zincirleri boyunca, yeniden reaksiyon verebilen polar fonksiyonel gruplara sahiptir. Bu fonksiyonel gruplar birbirine komşu molekül zincirleri arasında etkin bir çapraz bağlayıcı görevindedir. Böyle bir polimere verilecek uygun bir çözücü, molekül zincirleri arasına girerek, komşu polar grupları koparır, çapraz bağları zayıflatır ve moleküler bir yumuşatıcı (lubricant) olarak etki eder. Böylece polimer şekillendirilebilir ve kırılma olmaksızın şok enerjisini absorbe edebilir. Hücre çeperi bileşenlerini polimerik yapısı göz önüne alındığında, genel prensipleri yukarıda anlatılan plastikleştirme işlemi oduna da uygulanabilmektedir (Schuerc et al., 1964).

Odunların buharlanma işlemiyle yumuşatıldıkları bilinmektedir. Ancak her ağaç türünde bu işlev öngörülmemektedir. Bu nedenle, su buharı yerine sıvı amonyak kullanılarak odunun plastikleştirilmesine çalışılmıştır (Davidson and Baumgardt, 1970). Sıvı amonyak lignin ve hemiselülozların her ikisi için de iyi bir çözücü karakteri taşıdığından plastikleştirme etkisi büyüktür. Şekil 2.11'de şematik olarak gösterilen plastikleştirme muamelesi, genellikle odunun sıvı amonyağa batırılması ve

atmosfer basıncında bekletilmesiyle gerçekleştirilmektedir (Schuerch et al., 1964). Böyle bir işlem, iğne yapraklı ve yapraklı tüm ağaç türlerine ve yonga levhalara uygulanabilmektedir.



Şekil 2.11. Selüloz-amonyak sisteminde kristal yapının değişimi (Schuerch et al., 1964).

Plastikleştirme sonunda ağaç malzemedeki sertlik azalması geçicidir, amonyak ve su uzaklaştırıldığında ağaç malzemenin orijinal sertliği geri kazanılmaktadır.

Plastikleştirme odunun eğilme kapasitesini arttırmakta ve fazla kuvvet uygulamadan ağaç malzemenin farklı formlarda biçimlendirilmesi mümkün olmaktadır. Plastikleştirilen odun abajur, biblo, saksı, süs eşyası gibi ürünlerde kullanılabilirliği gibi mimari aksesuar (oda paravanı veya kesikli bölmesi), mobilyada sandalye arkılığı ve kolçağı ve dekoratif eşya olarak da değerlendirilebilmektedir (Schuerch et al., 1964; Davidson and Baumgardt, 1970).

Diğer yandan, odun atıklarının etkin kullanımı açısından, odunun bezileme yöntemiyle termoplastik bir malzeme haline dönüştürülmesi olumlu sonuçlar ortaya koymuştur (Hon and Hua, 1989).

2.6. LİTERATÜR ÖZETİ

2.6.1. Ağaç Malzemenin Kimyasal Modifikasyonu ile İlgili Çalışmalar

Norveç Ladin odununun MF reçinesi kullanılarak, Vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilmesi, odunun boyutsal stabilizasyonunu ve yüzey sertliğini arttırılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada farklı ağırlık yüzdeleriyle MF reçinesi emdirilmiş ahşap ile kontrol numuneleri arasındaki yüzey sertlikleri ve boyutsal stabilizasyon değerleri incelenmiştir. Deney örneklerinde kontrol grubuna göre, %22,9 yüzde ağırlık artışı, %17,5 genişlemeyi önleyici etki ve %124 sertlik değerleri belirlenmiştir. Deney sonuçları MF reçinesi yüzdesi arttıkça boyutsal stabilizasyon ve yüzey sertliğinin arttığını göstermektedir (Manabendra, et al., 2007).

Sekiz farklı yöntemle modifiye edilen ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu yöntemler, 1-Asetilasyon, 2-Maleilasyon, 3-Sussinilasyon, 4-Furfurilasyon, 5-n-metilol akrilamid muamelesi, 6-Reaktif keten tohumu yağı türevi ile muamele, 7-Metillendirilmiş melamin reçinesi muamelesi, 8-Termal modifikasyon'dur. Ağaç türü olarak, sarıçam, kayın ve huş ağacı türleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin denge rutubeti, eğilme elastikiyet modülü, sertlik değerleri, darbe direnci ve eğilme direnci değerleri ölçülmüştür.

Denge rutubeti, tüm modifikasyon gruplarında düşüş göstermiştir. Reaktif keten tohumu yağı (UZA) muamelesi ve metillendirilmiş melamin reçinesi muamelesi çok küçük bir azalmaya neden olmuştur. Bununla birlikte furfurilasyon orta seviyede bir azalmaya ve asetilasyon ise 2/3 gibi güçlü bir azalmaya neden olmuştur. Ayrıca denge rutubet miktarı değerleri kayın ve huş ağacı türlerinde birbirine yakın çıkmıştır.

Hacimsel genişlemeyi önleyici etki (ASE) değerleri asetilasyonla modifiyede en yüksektir. Furfurilasyon ve maleilasyon modifikasyonlarında, asetilasyondan sonra yüksek değer göstermektedir. Boyuna yönde hacimsel genişleme en az n-metilol akrilamid, sussinilasyon ve metillendirilmiş melamin formaldehid reçinesi ile muamele edilen örneklerde görülmüş ve bu gruplardaki değerlerin birbirine çok

yakın olduğu gör÷lmektedir. Maleilasyon, furfurilasyon, ve asetilasyon modifikasyonlarının boyuna hacimsel değişiminin, radyal ve teğet yöndeki değişimlere kıyasla daha düşük olduğu gör÷lmektedir.

Sussinilasyon ve n-metilol akrilamid modifikasyonlarının sertlik değerleri hemen hemen sıfırdır. Bunun anlamı süksinik asit modifikasyonulasyon ve n-melilol akrilamid modifikasyonu ahşabın sertliğini, kontrol grubuna kıyasla hiç değiştirmemiştir. Reaktif keten tohumu yağı türevi, metillendirilmil melamin formaldehid reçinesi ve sıcak yağ muamelesi, sertlik değerlerini pozitif yönde (%8-20) arttırmıştır. Maleilasyon, metillendirilmiş melamin formaldehit reçinesi ardından yapılmış asetillendirme muamelesi sertlik değerlerini (%30-60) biraz daha arttırmıştır.

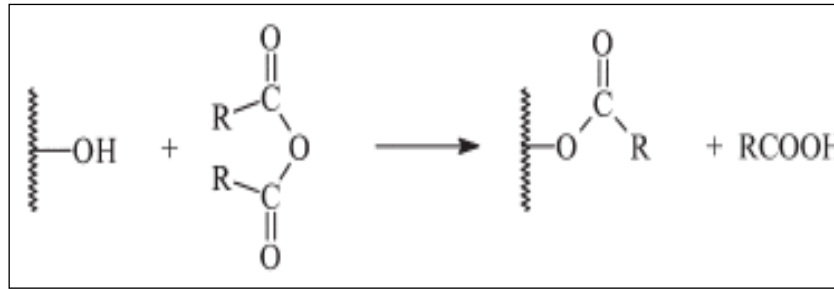
Eğilme direnci değerleri, pek çok modifikasyon türünde anlamsız çıkmıştır. Asetilasyon, metillendirilmiş melamin formaldehit reçinesi ve furfurilasyon ortalama eğilme direnci değerlerini biraz arttırmış (%8-10), reaktif keten tohumu türevi muamelesi ve süksinik asit modifikasyonu muamelesi değerleri yaklaşık olarak kontrol grubu ile aynıdır. Ancak n-metilol akrilamid, metilasyon ve 160 °C’de sıcak yağ muamelesi ile öodifiye edilen numuneler eğilme direnci değerlerinde azalmaya (%10-20), süksinik asit modifikasyonu ve 190 °C’de sıcak yağ ile modifiye edilen numunelerin eğilme direnci %20-25 oranında düşüşe neden olmuştur.

Tüm modifikasyon metodları Brinell sertlik değerlerini düşürmüştür. Yalnızca furfurilasyon ile muamele edilen deney örnekleri sertlik değerleri etkili çıkmıştır. Furfurilasyon %100’den fazla sertlik değeri artışına neden olmuştur (Epmeier et.al.,2006).

MF reçinesiyle emprenye edilen yumuşak ahşabın yüzey sertliği ve hava şartlarına mukavemetinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada yumuşak ahşap olarak melezçamı (*Larix decidua*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) kullanılmıştır ve MF reçinesinin ahşabın ikincil hücre duvarlarına girmesini etkileyen faktörler incelenmiştir. Su ile seyreltilmiş MF reçinesinin hücre duvarlarına ve orta lamele iyi nüfuz edip etmediği UV-mikroskobu ile incelenmiştir. %24 yoğunluk ve 20 saat

süren emprenye işleminden sonra şu bulgular elde edilmiştir. Emprenyede kullanılan yüksek hücre duvarı nemi, yüksek su ve düşük ekstraktif madde içerikleri MF reçinesinin hücre duvarına geçişinde önemli etkenlerdir (Gindl, et al. 2003).

Korsika çamı (*Pinus nigra*) odunu kullanılarak, doğrusal zincir yapısındaki anhidrit bileşikleri ile muamele edilmiş ağaç malzemenin hacimsel değişim özellikleri incelenmiştir. Ağaç malzemedeki hacimsel genişlemenin, malzemeye bağlanan kimyasal madde hacmi ve bu bağlanma sırasında hücre duvarının polimerik örgüsünde meydana gelen boşlukların hacminden oluştuğu belirtilmektedir. Bu etkinin muamele kimyasalının zincir uzunluğuyla da ilişkili olduğu belirtilmektedir. Düşük seviyedeki fonksiyonel grup değişimlerinde bu boşluğun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.12' de anhidrit molekülleri ile ağaç malzeme arasındaki reaksiyon görülmektedir (Hill and Jones, 1999).



Şekil 2.12. Anhidrit molekülleri ile ağaç malzeme arasındaki reaksiyon (R= alkil grupları) (Hill and Jones, 1999).

Çam ağacı odunu (*Pinus pinaster*) ağaç malzeme tozları asetillendirildikten sonra, tetrametoksisilan (TMOS) kullanılarak dibütilin oksit katalizörlüğünde transesterleşmesi imkânı araştırılmıştır. Sıcaklık ve reaksiyon süresinin de bu işleme etkileri incelenmiştir. Asetillendirilmiş malzemenin asetat gruplarıyla TMOS'un metoksisilan gruplarının yer değiştirme reaksiyonu ile trans esterleşmenin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ağaç malzeme tozu asetillendirme yapılmadan TMOS ile muamele edildiğinde, transesterleşmenin gerçekleşmediği belirlenmiştir (Çetin ve vd. 2005).

Borlu bileşiklerin ağaç malzemedeki tutunmasını arttırmak amacıyla, borik asit ile emprenye edilmiş Japon sediri (*Cryptomeria japonica* D. Don) numuneler kurutulduktan sonra vinil monomer ile emprenye edilmiştir. Daha sonra radyal yönde %50 – 70, 60 ve 90 °C sıcaklıkta preslenerek sıkıştırılmış ağaç polimer kompoziti elde edilmiştir. Bu kompozitin sıkıştırılmamış ağaç polimer kompozitine oranla daha iyi boyutsal stabilizasyon gösterdiği ve daha az bor yıkanması olduğu belirtilmiştir (Yalınkılıç vd., 1999).

Çam ağacı odunu (*Pinus pinaster*), maleik anhidrit ve allil glicidil eter ile muamele edilmesiyle yarı esterleşmiş, uç birimde alken grup içeren ağaç malzeme oluşturulmuştur. Bu malzeme daha sonra sıcaklık ve Karsted's katalisti katalizöründe esterleşme işlemi tamamlanmış ve yüksek hidrofobik özellikli bir malzeme elde edilmiştir. Yapılan elektron spektroskopisi analizi sonucu silikon atomlarının ağaç malzemeye kovalent bağlarla bağlanmış gibi görüldüğü belirtilmiştir (Sebe and Brook, 2001).

Japon sediri (*Cryptomeria japonica* D. Don) tozları kullanılarak oktanil klorid ile solventsiz sistemle esterleştirme işlemi yapılmıştır. Çalışma ile termoplastik özelliklerde malzeme elde edildiği belirtilmektedir. İşlem süresinin arttırılması ile esterleşmenin geliştirildiği, ağaç tozunun kristalleşmesinin azaldığı ancak su iticilik, termoplastiklik ve termal stabilite özelliklerinin geliştirildiği belirtilmiştir (Wu et al., 2004).

Japon sediri (*Cryptomeria japonica* D. Don) numuneleri vakum altında, normal sıcaklıkta 24 saat süreyle asetik anhidritte bekletildikten sonra, 120 °C sıcaklıktaki etüvde 0,5, 1, 2 ve 8 saat ısıtılarak asetillendirme işlemi uygulanmıştır. Asetillendirilen numuneler suda bekletme, sıcak suda bekletme, aseton içerisinde bekletme gibi farklı ıslatma-kurutma işlemleri sonrasında hacimsel genişlemeleri tespit edilmiştir. Ayrıca asetillendirilmiş numunelerin farklı sıcaklıklarda (120-180 °C) ısıtılma işlemi tabii tutulduktan sonra, tekrar anılan işlemlerin yapılmasıyla hacimsel genişlemesi incelenmiştir. Zayıf bağlı suyun kaynatma veya kurutma ile kolaylıkla geri alınabilmesine karşın, hidrofobik bölgede kalan su moleküllerinin asetillendirilmiş malzemenin yaş hacmini genişlettiği bildirilmiştir (Obataya, 2005).

Korsika çamı (*Pinus nigra*) numuneleri asetik ve hegzanoik anhidrit ile pridin katalizörlüğünde kimyasal işleme tabi tutulmuş ve numunelerin genişleme davranışları incelenmiştir. 100 °C sıcaklıkta, 15 dakika ile 7 saat arasında değişen sürelerde gerçekleştirilen işlem ile farklı ağırlık kazanımı değerleri elde edilmiş ve bu numunelerin genişleme özellikleri incelenerek, hegzanoik anhidrit ile işlem gören numunelerdeki boşluk hacminin asetik anhidritle işlem görmüş olanlara oranla daha fazla olduğu belirtilmiştir. Eşit ağırlık kazanımı olan numunelerde asetik anhidritle muamele edilen numunelerde daha az su alımı tespit edildiği bildirilmiştir (Papadopoulos, et al., 2004).

Kayın (*Fagus crenata*) numuneleri katalizör olmadan 120 °C sıcaklıktaki asetik anhidrit ile 6 saat muamele edilmiş ve daha sonra ışık ve ısıya maruz bırakılarak renk değişimleri incelenmiştir. 50 saat yapay güneş ışığına maruz bırakılan ve 90 °C sıcaklığa maruz bırakılan örneklerden yapılan renk ölçümlerine göre, asetillendirmenin malzemenin ışığa dayanımına etki etmediği, ancak ısıl işlem gören numunelerin renk değişiminin daha fazla olduğu belirtilmiştir (Mitsui and Tolvaj, 2005).

Asetillendirme işleminin ağaç malzemenin yapısına zarar verip vermediğini belirlemek amacı ile yapılan çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris*), Norveç ladini (*Picea abies*) ve kayın (*Fagus sylvatica*) numuneleri 120 °C sıcaklıkta asetik anhidritle 3 saat ve asetik anhidritle emprenye sonrası 16 saat süreyle 120 °C sıcaklıkta etüvde kurutma ile asetillendirilmişler ve elektron mikroskopuyla incelenmişlerdir. Asetillendirmenin ağaç malzemenin yapısına zarar vermediği, geçitlerin ve ince paranzim hücresi duvarlarının aynen korunduğu tespit edilmiştir (Sander, et al., 2003).

Asetillendirilmiş ve polietilen glikol ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin ışığa maruz kaldıktan sonra yüzeyinde oluşan değişimlerin incelendiği çalışmada Japon sediri (sugi) (*Cryptomerica japonica* D. Don), beyaz sedir (hinoki) (*Chamaecyparis obtusa* Endl.), Japon melezi (karamatsu) (*Larix leptolepis* Gordon) ve Japon sarıçamı (akamatsu) (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) numuneleri 120 °C sıcaklıktaki asetik anhidritte 24 saat süreyle asetillendirilmiş ve %15 ile % 24,6 ağırlık artışı elde

edilmiştir. Asetillendirme nin ağaç malzemenin ışık karşısında renk değişimini azalttığı tespit edilmiştir (Ohkoshi, 2002).

BÖLÜM 3

3.1. MATERYAL

3.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada ağaç malzeme olarak iğne yapraklı ve geniş yapraklı olmak üzere iki tür ağaç malzeme kullanılmıştır. İğne yapraklı ağaç türü olarak sarıçam (*Pinus silvestris L.*) ve geniş yapraklı ağaç türü olarak da akkavak (*Populus Alba L.*) ağacı kullanılmıştır. Sarıçam ve akkavak ağacı Kırklareli bölgesinden kesilmiş tomruk halinde, orman işletme müdürlüklerinden temin edilmiştir. Sarıçam tomruğun çapı 33 cm ve boyu 178 cm; akkavak tomruğun çapı 36 cm ve boyu 192 cm olarak ölçülmüştür. Atölyede merkezi biçme yöntemi ile elde edilen yaklaşık 10 cm kalınlığındaki keresteler istiflenerek, 4 ay boyunca doğal kurutmaya bırakılmışlardır. Daha sonra geleneksel ağaç işleme makineleri ile kerestelerin diri odun kısımlarından deney örnekleri hazırlanmıştır.

3.1.1.1. Sarıçam (*Pinus silvestris L.*)

Aslan (1994) tarafından belirtildiği gibi; sarıçam odunu homojen bir yapıda olup yaz odunu ile ilkbahar odunu arasındaki sınır oldukça belirgindir. Öz odunu daha koyu renkte olup kırmızımsı kahverengindedir. Reçine kanalı bulunmayan öz ışınları genellikle tek sıralıdır. Odun boyuna kesitte ve teğet kesitte parlaktır. Odunun enine kesitinde çapları 80 – 120 mikron civarında olan reçine kanalları vardır. Reçine kanalları daha çok yaz odunu içinde bulunmaktadır. Sarıçam odununun tam kuru özgül ağırlığı $0,496 \text{ gr/cm}^3$, hava kurusu özgül ağırlığı (%15 rutubette) $0,526 \text{ gr/cm}^3$ ve hacim ağırlık değeri de $0,428 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Daralma yüzdesi boyuna yönde % 0,3 iken radyal yönde % 4,3 ve teğet yönde % 8,3 değerindedir. Hacimsel daralma ise % 12,7'dir. Traheidlerin ortalama boyu 2,61 mm, genişliği ise 34,02 mikrondur. Yıllık

halka genişliği ortalama 2,07 mm (0,54 – 8,79 mm), reçine kanalının ortalama çapı ise 98,30 mikron olarak tespit edilmiştir.

Sarıçam odununda selüloz miktarı % 40, lignin miktarı % 29, pentozan miktarı % 11, alkol ve benzende çözünen ekstraktif madde miktarı % 3,4'dür (Bozkurt ve Erdin, 1989).

Sarıçam odunu reçine bakımından zengindir, hafif ve yumuşaktır. Bu nedenle, kolaylıkla ve düz satırlar halinde yarılabilmektedir. Sarıçam odunu direk, kazık, sırk, travers, bina, köprü, gemi inşaatında, taşıt vasıtalarında, ambalaj sandıklarında, mobilya ve tarım aletleri yapımında, oyuncak selüloz, kâğıt ve lif levha imalatında kullanılmaktadır (Aslan, 1994).

3.1.1.2. Akkavak (*Populus Alba L*)

Yaprakların sapı, alt yüzü, genç sürgünleri ve tomurcukları ipek gibi yumuşak tüylerle örtülüdür. 20-30 metreye kadar boylanabilen, kalın dallı, geniş tepeli bir ağaçtır. Açık kül rengi kabukları önceleri düzgün, sonraları derin çatlaklıdır. Genç sürgünler yuvarlaktır. Tüylü tomurcuklar nadir olarak çıplak ve pul kenarları kirpiklidir. Ancak yapışkan değildir. Yaprak formu yumurta biçiminde 5 parçalı, ışınal lopluya kadar değişir. Üst yüzü parlak koyu yeşildir. Erkek kedicikler kalın, 3-7 cm boyundadır. Dişi çiçekler bunlardan daha kısadır. Çiçek tozu torbaları önceleri açık kırmızı, sonraları sarı renklidir. Ovaryum konik, uzunca kısa saplıdır. Gül rengindeki stilus ikiye ayrılmıştır. Armut şeklindeki küçük tohumların dip taraflarında tüy demetleri vardır (Aslan, 1994).

Kurak ve fakir yetişme muhitlerinde de yetişebilir. Yurdumuzda Edirne, İpsala, Ankara-Karagöl, Balıkesir, Muğla, Muş, Hakkâri gibi farklı yörelerde yetişebilmektedir (Aslan, 1994).

Diri odunu beyaz, öz odunu başlangıçta sarı, sonraları sarımsı kahverengindedir. Yıllık halka sınırları barizdir. Fazla olan öz ışınları çıplak gözle görülmezler. Odunu parlak ve halka çatlakları bulunmaktadır. Trahelede performasyon basittir. 1 mm²'de 175-195 adet trahe vardır. Heteroselüler olan öz ışınları 1 mm²'de 55-60 adet

bulunmaktadır. Yükseklikleri 4-20, genişlikleri 1-2 hücredir. Boyuna paranzim apotraheal ve terminal konumdadır (Aslan, 1994).

3.1.2. Kimyasal Maddeler

Bu deneyde kimyasal madde olarak melamin formaldehit ve melamin üre formaldehit reçineleri kullanılmıştır.

3.1.2.1. Melamin Formaldehit Reçinesi

Deneyleerde Gentaş Kimya AŞ' den temin edilen ve ticari olarak piyasada satılan ALMİN-65 MF reçinesi ağırlıkça %50 su ile seyreltilerek kullanılmıştır. Bu reçine dekor kâğıdı empenyesinde ve suntalam üretiminde kullanılan, %36 melamin, katı oranı %51-53 olan melamin- formaldehit reçinesidir. Üretim koşullarına uygun olarak sıcak pres ve yüksek basınç ile uygulanır. Kullanılan reçinenin üretici firmanın resmi internet sitesinden temin edilen bazı teknik özellikleri Çizelge.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Melamin reçinesine ait bazı özellikler.

Görünüş	Berrak, renksiz sıvı
Katı madde %(ağırlıkça)	51±1
Akma zamanı (sn F.C.4 20 °C)	15 - 20
pH(20 °C)	9.6 - 10.5
Dansite(g/cm ³ 20 °C)	1.220 - 1.240
Su toleransı(20 °C)	1/1,0 - 1/2,0
Jel zamanı(Dak.130 °C)	35.00 - 40.00

3.1.2.2. Melamin Üre formaldehit Reçinesi

Deneyleerde Gentaş Kimya AŞ' den temin edilen ve ticari olarak piyasada satılan GENMUF-20 melamin-üre formaldehit reçinesi kullanılmıştır. Bu reçine yonga levha üretiminde kullanılan, %18-19 oranında melamin-formaldehit içeren, %64 oranında katı miktara sahip, üre formaldehit tutkallarına kıyasla suya ve rutubete

karşı daha yüksek mukavemet gösteren reçinedir. Üretim koşullarına uygun olarak sıcak pres ve yüksek basınç ile uygulanır. Kullanılan reçinenin üretici firmaverilerine göre bazı teknik özellikleri Çizelge.3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Melamin üre formaldehit reçinesi bazı özellikleri.

Görünüş	Opak, beyaz sıvı
Katı madde %(ağırlıkça)	65±1
Viskozite(cps,20 °C)	450 - 800
pH(20 °C)	9.0 - 9.30
Dansite(g/cm ³ 20 °C)	1.278 - 1.282
Serbest formaldehit, %	Max. 1
Jel Zamanı (sn,100 °C)	36 - 38

3.2. DENEY METODU

3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney ve kontrol örnekleri fiziksel ve mekaniksel özelliklerle ilgili deneyler için ilgili standartların öngördüğü boyutlarda hazırlanmıştır. Odunun kendi bünyesinden kaynaklanan farklılıkları en aza indirmek için, deney ve kontrol örneklerinin gövde eksenini boyunca birbirini izleyen ve aynı yıllık halkaları içeren kısımlardan elde edilmesine özen gösterilmiştir.

Deney ve kontrol örnekleri öncelikle $103 \pm 2^\circ \text{C}$ ' deki bir etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş, bu haldeki ağırlıkları 0,01 gr duyarlılıkta ölçülmüş ve tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Her deney varyasyonu için kullanılacak deney ve kontrol örneklerinin ağaç numunelerinin tümünü temsil etmesini sağlamak amacıyla farklı kereste parçalarından elde edilmesine özen gösterilmiştir.

Ağaç türleri, kullanılan MF reçinesinin uygulanış türü, kimyasal işlem zaman ve basıncına göre işlem grupları Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kimyasal modifikasyon işlem grupları.

Ağaç Malzeme	Kimyasal malzeme	Saf Su	Zaman (dakika)	Uygulama Basıncı	Numune sayısı
Sarıçam	Kontrol	-	-	-	12
	MF	%50	30	4 bar	13
		%50	60	4 bar	13
	MUF	-	30	4 bar	13
		-	60	4 bar	13
	Akkavak	Kontrol	-	-	-
MF		%50	30	4 bar	20
		%50	60	4 bar	20
MUF		-	30	4 bar	20
		-	60	4 bar	20

MF = Ağırlıkça ½ su ile seyreltilmiş MF reçinesi

MF-30 = Ağırlıkça ½ su ile seyreltilmiş MF reçinesi ile 4 bar basınç altında 30 dakika muamele

MF-60= Ağırlıkça ½ su ile seyreltilmiş MF reçinesi ile 4 bar basınç altında 60 dakika muamele

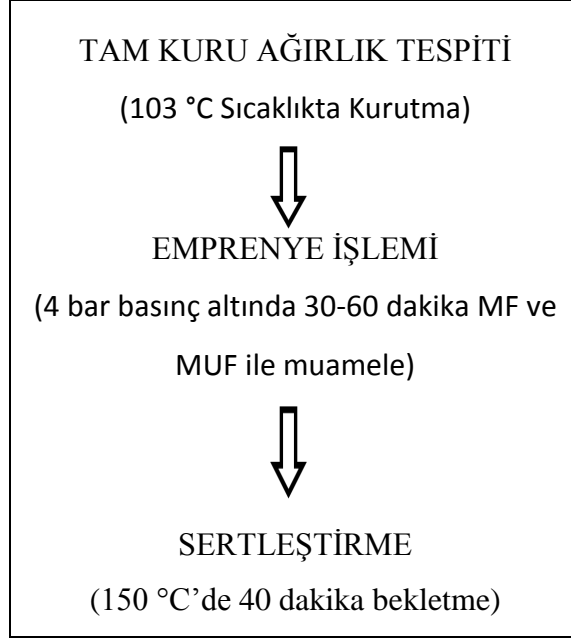
MUF= Saf ½ su ile seyreltilmiş melamin-üre formaldehit reçinesi

MUF-30=Saf melamin-üre formaldehit reçinesi ile 4 bar basınç altında 30 dakika muamele

MUF-60=Saf melamin-üre formaldehit reçinesi ile 4 bar basınç altında 60 dakika muamele

3.2.2. Kimyasal Modifikasyon Yöntemi

Ağaç malzemelere uygulanan kimyasal modifikasyon yöntemi Şekil.3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kimyasal modifikasyon işlem basamakları.

Deney örneklerinin rutubetten arınması ve MF ve MUF reçinelerinin odun boşluklarına daha iyi nüfuz edebilmesi için öncelikle $103 \pm 2^{\circ} \text{C}$ ' deki bir etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve emprenye öncesi ağırlık olarak kaydedilmiştir. Ayrıca deney örneklerin boyutları $\pm 0,01\text{mm}$ hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Her varyasyon için ayrı ayrı yapılan emprenye işlemlerinde her grup deney örnekleri emprenye silindirine yerleştirilmeden önce bir kap içerisinde birbirleri ile temas etmeyecek şekilde istiflenmiştir. Emprenye silindirinin kapağı kapatıldıktan sonra, melamin reçinesi içerisindeki örnekler üzerine kompresör yardımıyla 4 bar basınç, 30 ve 60 dakika süre ile uygulanarak emprenye işlemi yapılmıştır. Her grubun emprenye işleminin sonunda kaptan alınan deney örneklerinin üzerindeki fazla çözelti uzaklaştırılmış ve yaş durumdaki tartımları yapılmıştır. Sonrasında ise yaş deney parçalarının üzerindeki MF ve MUF reçinelerinin sertleşmesi için 150°C 'de 40 dakika etüvde bekletilmiştir. Reçine kürleştikten sonra deney parçaları 0,01 g duyarlılıkta dijital terazide tartılıp emprenye ağırlıkları tespit edilmiştir.

Her varyasyon için toplam 8 adet emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Her emprenye işleminden sonra, daha önce kullanılmamış reçineler eklenerek varyasyonlar tamamlanmıştır.

3.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Kimyasal modifikasyon sonrası ağaç malzemelerin bazı yoğunluk, yüzde ağırlık artışı, şişirici etki, denge rutubeti, su alma oranı, hacimsel genişleme ve genişlemeyi önleyici etkinlik, gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir.

3.2.3.1. Yoğunluk

Kontrol örneklerinin tam kuru yoğunluk ve kimyasal modifikasyon sonrası deney örneklerinin tam kuru yoğunluğu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\delta_0 = \frac{m_s (g)}{V_s (cm^3)} \quad (3.1)$$

δ_0 : Yoğunluk

m_s : Kimyasal modifikasyon sonrası tam kuru ağırlık (gr)

V_s : Kimyasal modifikasyon sonrası tam kuru hacim (cm^3)

3.2.3.2. Kimyasal Modifikasyon Sonrası Yüzde Ağırlık Artışı

Odukların modifikasyon işleminden önce tam kuru ağırlıkları ve modifikasyondan sonra etüvde 40 dakika 150 °C' de kurlaştıktan sonraki ağırlıkları $\pm 0,01$ gr hassasiyetli terazide tartılıp aşağıdaki formüle göre ağırlık artışı hesaplanmıştır.

$$YAA = \frac{m_{is} - m_{iö}}{m_{iö}} \times 100 \quad (3.2)$$

YAA: Yüzde ağırlık artışı

m_{is} : Kimyasal modifikasyon işlemi sonrası ağırlık

$m_{iö}$: Kimyasal modifikasyon işlemi öncesi ağırlık

3.2.3.3. Şişirici Etki

Odonların modifikasyon işleminden önce tam kuru hacimleri ve modifikasyondan sonra etüvde 40 dakika 150°C’ de kürleştikten sonraki hacimleri 0,1mm hassasiyetli kumpas ile ölçülüp aşağıdaki formüle göre modifikasyonun şişirici etkisi hesaplanmıştır.

$$SE = \frac{V_{is} - V_{iö}}{V_{iö}} \times 100 \quad (3.3)$$

SE: Şişirici etki

V_{is} : Kimyasal modifikasyon işlemi sonrası hacim (cm^3)

$V_{iö}$: Kimyasal modifikasyon işlemi öncesi hacim (cm^3)

3.2.3.4. Denge Rutubeti

MF ve MUF reçinesi ile modifikasyonu yapılan deney örnekleri kürleşme aşamasından sonra kapalı cam fanus içerisinde doymuş sodyum nitrit çözeltisi üzerinde 1 ay süre ile bekletilmiştir. Burada, deney ve kontrol örneklerinin ağırlıkları denge rutubeti miktarına ulaşıncaya kadar devamlı ölçülerek, denge rutubet miktarı değerleri tespit edilmiştir. Denge rutubet miktarı değerleri TS 2471’e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (3.4)$$

W: Denge rutubet miktarı

m_1 : Kurutmadan önce deney parçası ağırlığı (g)

m_2 : Kurutmadan sonra deney parçası ağırlığı (g)

3.2.3.5. Su Alma Oranı

Su alma oranı değerlerinin belirlenmesinde kullanılan örnekler 2x2x3 cm (radyal, teğet, lif yönü) olarak hazırlanmıştır. Modifikasyon işlemi gerçekleştirilen deney örnekleri ve onlarla aynı yıllık halkaları ihtiva eden kontrol örneklerinin $103 \pm 2^\circ \text{C}$ de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmalarıyla tam kuru haldeki boyut ve ağırlıkları 0,01 mm ve 0,01 g duyarlılıkta tespit edilmiştir. Sonra, deney ve kontrol örnekleri gruplamalarına göre saf su içerisinde 1 ay süre ile bekletilmiştir ve süre sonunda deney ve kontrol örneklerinin su alma miktarları ölçülmüştür. Bunun için, sudan alınan örneklerin üzerindeki su silinerek aynı duyarlılıkta tartımları yapılarak su alma miktarı olarak kaydedilmiştir. Başlangıçtaki tam kuru ağırlık ve suda bekleme sonrası ağırlık değerleri kullanılarak her deney ve kontrol örneği için ayrı ayrı olmak üzere su alma oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$SAO = \frac{m_{sds} - m_{sdö}}{m_{sdö}} \times 100 \quad (3.5)$$

SAO: Yüzde su alma oranı

m_{sds} : Suya daldırma sonrası ağırlık (g)

$m_{sdö}$: Suya daldırma öncesi ağırlık (g)

3.2.3.6. Hacimsel Genişleme Miktarı ve Genişlemeyi Önleyici Etkinlik (GÖE)

Hacimsel genişleme miktarı deneyi TS-4086 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Hacimsel genişleme deneyinde, deney örneklerinin tam kuru haldeki radyal ve teğet yönündeki boyutları 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Sonrasında, 1 ay suda bekletilen deney örnekleri aynı noktalardan yapılan ölçümlerle genişlemiş haldeki boyutlar saptanmıştır. Yapılan ölçümlerden sonra, örneklerin hacimsel genişleme yüzdesi değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\alpha_{vmax} = \frac{(l_{tmax} \times l_{rmax}) - (l_{tmin} \times l_{rmin})}{(l_{tmin} \times l_{rmin})} \times 100 \quad (3.6)$$

α_{vmax} : Hacimsel genişleme

l_{tmax} : Deneş parçasının lif doygunluğu (LDN) rutubet miktarının üzerindeki rutubet derecesinde, teğet yönde, mm olarak boyutudur.

l_{rmax} : Deneş parçasının lif doygunluğu (LDN) rutubet miktarının üzerindeki rutubet derecesinde, radyal yönde, mm olarak boyutudur.

l_{tmin} : Deneş parçasının tam kuru halde, teğet yönde, mm olarak boyutudur.

l_{rmin} : Deneş parçasının tam kuru halde, teğet yönde, mm olarak boyutudur.

Deneş örneklerinin genişleme miktarında kontrol örneklerine kıyasla meydana gelen azalmayı, dolayısıyla kimyasal modifikasyon sonrası elde edilen boyut stabilizasyonunu ifade eden genişlemeyi önleyici etkinlikte (GÖE) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$GÖE = \frac{\alpha_{VK} - \alpha_{VD}}{\alpha_{VK}} \times 100 \quad (3.7)$$

GÖE: Yüzde genişlemeyi önleyici etkinlik

α_{VK} : kontrol grubu hacimsel genişleme miktarı

α_{VD} : deneş grubu hacimsel genişleme miktarı

3.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Kimyasal modifikasyon uygulanmış örneklerin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, brinell sertlik, liflere paralel basınç direnci ile ilgili değerler ilgili standartlara uygun biçimde hesaplanmıştır.

3.2.4.1. Eğilme Direnci

Statik eğilme direnci deneyleri ilgili TS standartlarının genel esaslarına uygun olarak yürütölmüőtür. 2x2x30 cm (radyal, teğet, lifler yönü) boyutlarında hazırlanan kontrol ve deneş örnekleri 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazına yerleőtirilmiőtir. Yıllık halkalara dik yöndeki direnci belirlemek üzere teğet yüzeye

tam ortadan 60-90 saniye süre içerisinde örneğin kırılmasını sağlayacak şekilde 10 mm/dak hızla yük uygulanmış ve eğilme direnci (σ_e) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\sigma_e = \frac{3F_{max}l}{2bh^2} \quad (3.8)$$

σ_e : Eğilme direnci (N/mm^2)

F max: kırılma sırasında ölçülen maksimum kuvvet

l: dayanaklar arası açıklık (mm)

b: örnek genişliği (20 mm)

h: örnek yüksekliği (10 mm)

3.2.4.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülünün hesaplanmasında TS-2478 standartlarındaki genel esaslara uyulmuştur. Eğilme deneyi sırasında, örnekte meydana gelen eğilme miktarı (deformasyon) saptanmıştır.

Elastikiyet modülü (E) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$E = \frac{1}{4} \chi \frac{(F_2 - F_1)L_s^2}{f_x b x h^3} \quad (3.9)$$

Burada;

E: eğilmede elastikiyet modülü (Kg/cm^2)

F1: birinci yük

F2: ikinci yük

Df: sehim farkı (cm)

b: örnek genişliği (cm)

h: örnek kalınlığı (cm)

Ls: mesnet açıklığı (cm)

3.2.4.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci deneyleri TS 2595'e göre yürütülmüştür. Deney ve kontrol örneklerinin aynı yıllık halkaları içeren kısımlardan elde edilmesine dikkat gösterilmiştir. 2x2x3 cm (teğet x radyal x lif yönü) boyutlarında hazırlanan deney ve kontrol grubu örnekleri hava kurusu rutubet miktarında deney ve kontrol örnekleri 10 ton kapasiteli üniversal test makinesinde test edilmiştir. Kırılma anındaki maksimum basınç kuvveti (Fmax) skaladan okunarak, aşağıdaki formüle göre, liflere paralel basınç direnci değeri hesaplanmıştır.

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{a \times b} \text{ kg/cm}^2 \quad (3.10)$$

Burada;

Fmax: Kırılma anındaki maksimum yük

a ve b :Deney örneğinin enine kesit boyutları

3.2.4.4. Brinell Sertlik

Modifiye edilmiş örneklerin Brinell sertlik değerleri TS-2479 standartlarındaki genel esaslara uyularak tespit edilmiştir. Deney örnekleri, üniversal sertlik cihazının sertlik deneyi aparatı olan 10 mm çaplı çelik bir kürenin etkisine maruz bırakılmıştır. Çam ve akkavak odunu için liflere teğet yönde uygulanan yük miktarı 100 kg (980 N)'dır. Yükler uygulanırken sabit yüke ulaşmak için 15 saniye geçmesi sağlanmış, 30 saniye bu yük muhafaza edilmiş ve 15 saniyede de yükün sıfırlanması gerçekleştirilmiştir. Liflere teğet yönde yapılan deneylerden sonra, yük etkisiyle örnekler yüzeyinde açılan çukurun çapı dijital mikroskop yardımıyla 0.01 mm duyarlıkta ölçülmüştür. Buna göre liflere teğet yönde Brinell sertlik değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$H_B = \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \quad (3.11)$$

F: çelik küreye uygulanan kuvvet (980 N)

D: çelik kürenin çapı = 10 mm

d: çelik kürenin ağaç malzemeye açtığı çukurun çapı.

3.2.4.5. Tespit Edilen Özelliklerdeki Değişim

Kimyasal modifikasyon uygulanmış deney örneklerinin, fiziksel ve mekanik özellikleri ilgili TS standartlarına uygun biçimde tespit edilmiş, deney örnekleri ve kontrol örnekleri arasındaki yüzde değişim aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%F = \frac{D_D - D_K}{D_K} \quad (3.12)$$

Burada;

%F: Yüzde değişim

D_D : Deney grubu değeri

D_K : Kontrol grubu değeri

3.3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yoğunluk, ağırlık artışı, su alma oranı, hacimsel genişleme, brinell sertlik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine MF reçinesi ile melamin-üre formaldehit reçinesinin ve zaman varyasyonunun etkisini tespit etmek için varyans analizi uygulanmış, gruplar arasında farklılık çıkması durumunda ise bu farklılığın görüldüğü grupları tespit etmek amacıyla ikili karşılaştırmalar için Duncan analizi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinden yoğunluk, ağırlık artışı, şişirici etki, hacimsel genişleme, su alma oranı, denge rutubeti, brinell sertlik, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direnci değerlerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla ilgili deneyler yapılmıştır.

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Kimyasal modifikasyona tabi tutulan deney örnekleri fiziksel özellikler olarak; yoğunluk değişimi, ağırlık artışı, şişirici etki, hacimsel genişleme, su alma oranı ve denge rutubeti özelliklerine ilişkin değerler hesaplanmıştır.

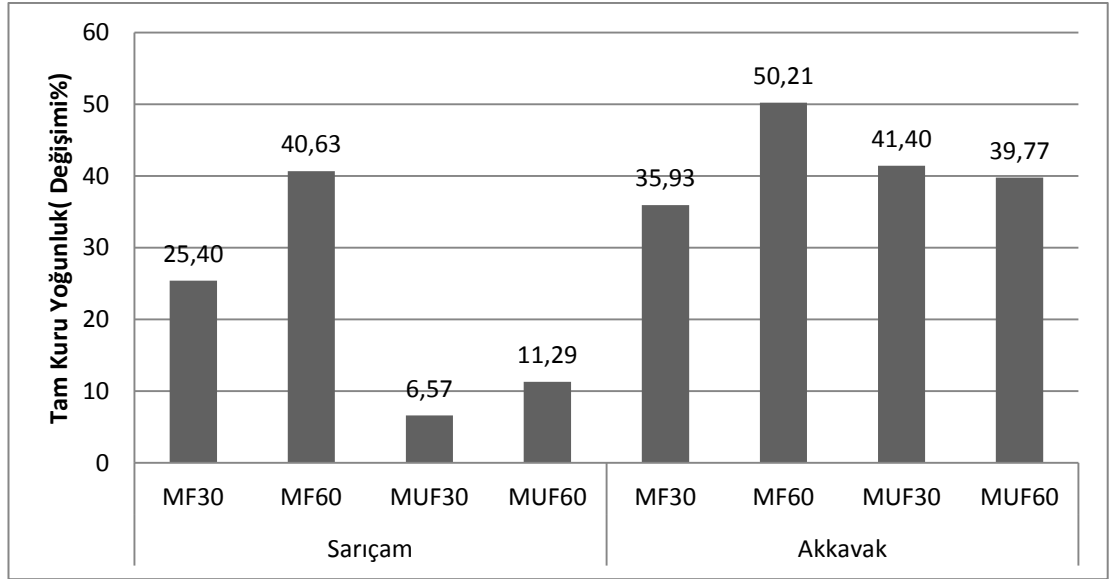
4.1.1. Yoğunluk

Sarıçam ağaç türünden her kimyasal madde uygulamasında ve her zaman türünde 13'er adet, yalnızca kontrol numunesinde 12 adet olmak üzere 64 adet, akkavak ağaç türünden her reçine uygulaması ve zaman türünde 20'şer adet olmak üzere, 100 adet toplamda 164 adet örnek kullanılmıştır. Kimyasal modifikasyon sonrasında tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 4.1.'de, kimyasal modifikasyon sonrası yoğunluk değişimi grafiği ise Şekil 4.1.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyonu yapılan deney örneklerinin resimleri Şekil 4.2'de verilmiştir.

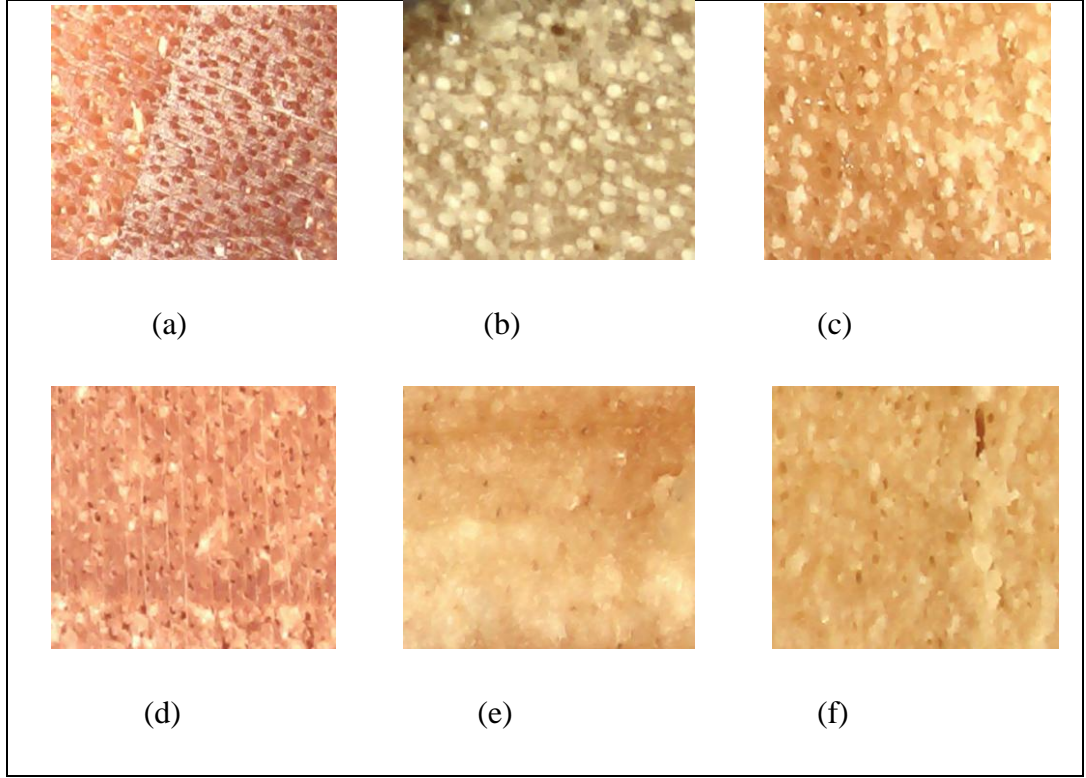
Çizelge 4.1. Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin değerler.

Ağaç türü	Deney Grupları	Tam Kuru Yoğunluk (δ_0)(g/cm ³)		
		İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	
			$\delta_0(\bar{x})$	SS
Sarıçam	Kontrol	0,42	0,42	0,03502
	MF30	0,41	0,52	0,09951
	MF60	0,42	0,59	0,11486
	MUF30	0,40	0,44	0,05347
	MUF60	0,41	0,46	0,05810
Akkavak	Kontrol	0,34	0,34	0,04364
	MF30	0,31	0,46	0,05684
	MF60	0,32	0,51	0,08953
	MUF30	0,37	0,48	0,08654
	MUF60	0,33	0,47	0,08538

\bar{x} : Ortalama değer, SS: Standart sapma



Şekil 4.1. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının tam kuru yoğunluk değişimine etkisine ilişkin değerler.



Şekil 4.2. Deneş örneklerine ait resimler, a) Akkavak odunu kontrol numunesi, b) Akkavak odunu MF reçinesi ile muamele edilen deneş numunesi, c) Akkavak odunu MUF reçinesi ile muamele edilen deneş numunesi, d) Sariçam odunu kontrol numunesi, e) Sariçam odunu MF reçinesi ile muamele edilen deneş numunesi, f) Sariçam odunu MUF reçinesi ile muamele edilen deneş numunesi.

Yoğunluk değerleri incelendiğinde kimyasal modifikasyon yapılmış örneklerde en yüksek değişim, %50,21 ile akkavak odununun MF-60 grubunda görölmüştür. En düşük değişim ise sarıçam odununun, %6,57 ile MUF-30 grubunda görölmüştür. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun yoğunluk değişimi üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Kimyasal modifikasyon sonrası deneş örneklerine ilişkin resimler incelendiğinde, hücre arası boşlukların kimyasal maddelerle dolduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca ağırlık artışı ve şişirici etki değerleri incelendiğinde, elde edilen veriler, lümenlerin yanı sıra hücre çeperine de kimyasal maddelerin işlediğini göstermektedir.

Çizelge 4.2. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	0,234	4	0,058	9,444	0,000
Gruplarıçi	0,365	59	0,006		
Toplam	0,599	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sarıçam odununun yoğunluk değeri üzerinde değişimi $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		1	2	3
Kontrol	12	0,415		
MUF-30	13	0,443		
MUF-60	13	0,463	0,463	
MF-30	13		0,522	
MF-60	13			0,585
Sig.		0,151	0,065	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna göre kontrol grubu ile MUF-30 ve MUF-60 grupları arasında, MUF-60 ile MF-30 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiş, ancak, kontrol grubu ile MF-30 ve MF-60 grupları arasında ise istatistiksel anlamda önemli fark görülmüştür. En fazla yoğunluk artışı MF-60 grubunda yer almaktadır. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun ağırlık artışına ilişkin varyans analizi Çizelge 4.4.’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun yoğunluğu üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	0,351	4	0,088	15,716	0,000
Gruplarıçi	0,531	95	0,006		
Toplam	0,882	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun yoğunluk artışı varyans analizine göre $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun yoğunluk değişimine etkisine ilişkin Duncan Testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
Kontrol	20	0,339	
MF-30	20		0,463
MUF-60	20		0,475
MUF-30	20		0,480
MF-60	20		0,511
Sig.		1	0,066

Yapılan duncan testi sonucuna göre MF30, MF60, MUF30, MUF60 grupları ile kontrol grubu farklı sütunlarda yer almaktadır ve dolayısıyla bu gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel anlamda önemli fark bulunmuştur. En fazla yoğunluk artışı MF-60 grubunda görülmektedir.

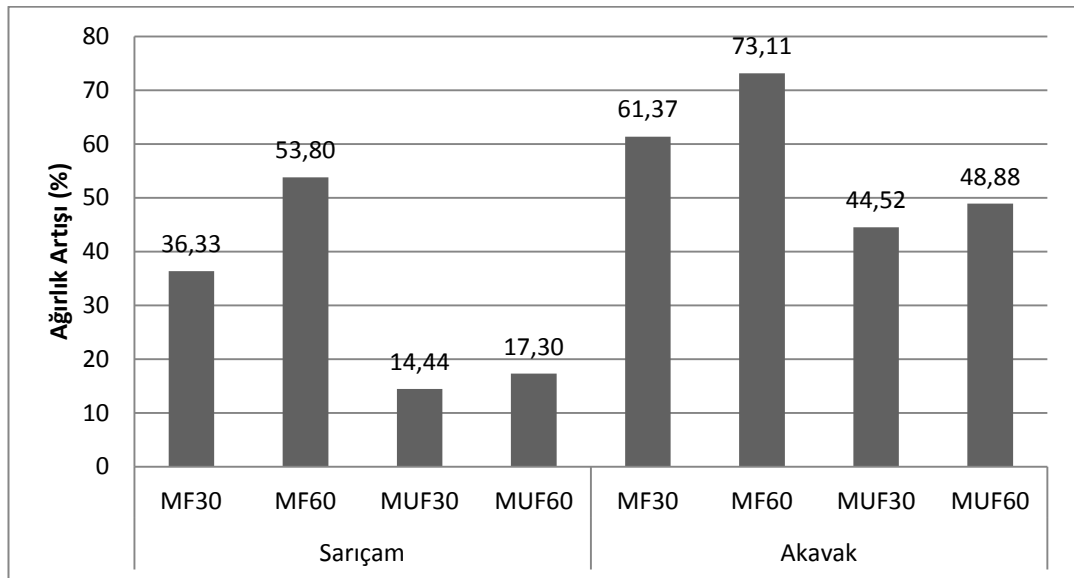
4.1.2. Yüzde Ağırlık Artışı

Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının tam kuru ağırlık değerleri Çizelge 4.6.'da, kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının yüzde ağırlık artışına ilişkin değerler ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Sarıçam ve akkavak odunlarının işlem öncesi ve işlem sonrası tam kuru ağırlık değerleri.

Ağaç türü	Deneç Grubu	Tam Kuru Ağırlık (g)			YAA (\bar{x})
		İşlem Öncesi (\bar{x})	İşlem Sonrası (\bar{x})	SS	
Sarıçam	Kontrol	48,82	48,82	0,000	0,00
	MF30	47,70	65,03	25,073	36,33
	MF60	48,98	75,33	27,670	53,80
	MUF30	47,17	53,98	5,265	14,44
	MUF60	52,26	61,3	8,480	17,30
Akavak	Kontrol	38,41	38,41	0,000	0,00
	MF30	36,16	58,35	19,557	61,37
	MF60	35,48	61,42	24,296	73,11
	MUF30	39,02	56,39	19,034	44,52
	MUF60	38,09	56,71	13,996	48,88

\bar{x} : Ortalama değer, SS: Standart sapma



Şekil 4.3. Kimyasal modifikasyonunun sarıçam ve akkavak odunları, yüzde ağırlık artışı üzerine etkisi.

Yüzde ağırlık artışı değerleri incelendiğinde kimyasal modifikasyon yapılmış örneklerde iki ağaç türünde de MUF ile muamele edilen gruplarda artışın, MF ile muamele edilen gruplara oranla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca süreye bağlı olarak muamele süresi arttıkça ağırlık artışı gözlemlenmiştir. En yüksek artış %73,11 ile akkavak odununun MF-60 grubunda görülmektedir. En düşük artış ise %14,44 ile sarıçam odununun MUF-30 grubunda belirlenmiştir.

Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun ağırlık artışına ilişkin varyans analizi Çizelge 4.7’te verilmiştir.

Çizelge 4.7. Sarıçam odununda kimyasal modifikasyonun yüzde ağırlık artışına ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	12243,68	3,00	4081,23	10,93	0,00
Gruplarıçi	17926,91	48,00	373,48		
Toplam	30170,59	51,00			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sarıçam odununun yüzde ağırlık artışı üzerinde, $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odunu yüzde ağırlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		1	2	3
MUF-30	13	14,2177		
MUF-60	13	17,2723		
MF-30	13		35,6669	
MF-60	13			52,3315

Yapılan duncan testi sonucuna göre MUF-30 ile MUF-60 grupları arasında, istatistiksel anlamda önemli bir fark görülemedi, ancak MUF-30, MUF-60

grupları ile MF-30 ve MF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda fark görülmüştür. En fazla ağırlık artışı MF-60 grubunda görülmektedir. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununa ait varyans analizi sonuçları Çizelge.4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu yüzde ağırlık artışı üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	10.103,229	3	3.367,743	8,799	0,000
Gruplarıçi	29.087,320	76	382,728		
Toplam	39.190,548	79			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun yüzde ağırlık artışına göre, $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Akkavak odunu yüzde ağırlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	20	44,4100	
MUF-60	20	49,2120	
MF-30	20		62,0240
MF-60	20		73,1530
Sig.		0,440	0,076

Yapılan duncan testi sonucuna göre MUF-30 ile MUF-60 grupları arasında ve MF-30 ile MF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülemedi, ancak MUF-30, MUF-60 grupları ile MF-30, MF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda fark görülmüştür.

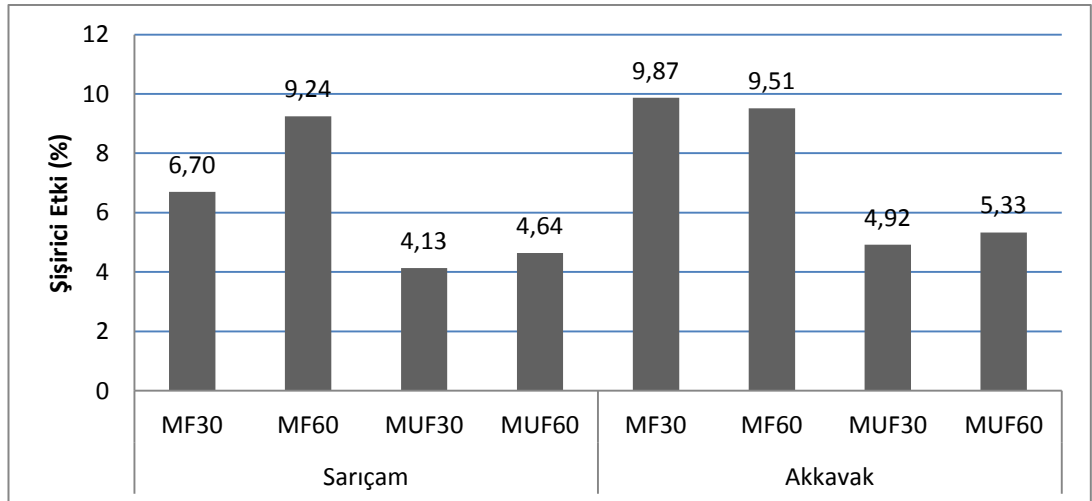
4.1.3. Şişirici Etki

Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının hacimsel değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının şişirici etkisi üzerine ilişkin değerler Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kimyasal modifikasyon öncesi ve sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının hacimsel değerleri.

Ağaç türü	Deney Grubu	Hacim (cm ³)		
		İşlem Öncesi (\bar{x})	İşlem Sonrası	
			\bar{x}	SS
Sarıçam	MF30	115,71	123,49	6,702
	MF60	116,66	127,49	9,245
	MUF30	116,66	121,49	4,132
	MUF60	116,68	122,10	4,638
Akkavak	MF30	114,72	126,03	9,871
	MF60	109,83	120,27	9,510
	MUF30	112,27	117,77	4,918
	MUF60	114,10	120,25	5,334

\bar{x} : Ortalama değer , SS: Standart sapma



Şekil 4.4. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının şişirici etkisine ilişkin değerler.

Kimyasal modifikasyonu yapılan deney örneklerinin değerleri incelendiğinde her iki ağaç türünde de MF reçinesine göre MUF reçinesinin şişirici etkisinin daha az olduğu görülmektedir. En fazla şişirici etki, %14,21 ile sarıçam odununun MF-30 ile muamelesinde, sonrasında ise, %11,26 ile akkavak odununun MF-30 ile muamelesinde görülmektedir. En düşük etki ise, %4,14 ile sarıçam odununun MUF30 ile muamelesinde görülmektedir. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun şişirici etki değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununu şişirici etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	211,074	3	70,358	6,618	0,001
Gruplarıçi	510,309	48	10,631		
Toplam	721,382	51			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununu şişirici etkisi $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.13.'da verilmiştir.

Çizelge. 4.13. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununu şişirici etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	13	4,1323	
MUF-60	13	4,6377	
MF-30	13	6,7023	6,7023
MF-60	13		9,2446
Sig.		0,062	0,053

Yapılan duncan testi sonucuna göre, MUF-30, MUF-60, MF-30 grupları arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmamış ancak MF-60 ile MUF-30 ve MUF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmüştür. Kimyasal

modifikasyon sonrası akkavak odununun şişirici etki değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14.'da verilmiştir.

Çizelge.4.14. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun şişirici etkisine ilişkin varyans analizi.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	419,777	3	139,926	22,408	0,000
Gruplarıçi	474,581	76	6,244		
Toplam	894,358	79			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sonrası akkavak odununun şişirici etkisi $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun şişirici etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	20	4,917	
MUF-60	20	5,334	
MF-60	20		9,510
MF-30	20		9,871
Sig.		0,600	0,649

Yapılan duncan testi sonucuna göre, akkavak odununun MUF-30, MUF-60 grupları ile MF-30, MF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiş, ancak MF grupları ile MUF grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüştür.

4.1.4. Denge Rutubeti

Kimyasal modifikasyon sonrası deney örneklerinin denge rutubet miktarlarına ait değerler Çizelge.4.16.'da verilmiştir.

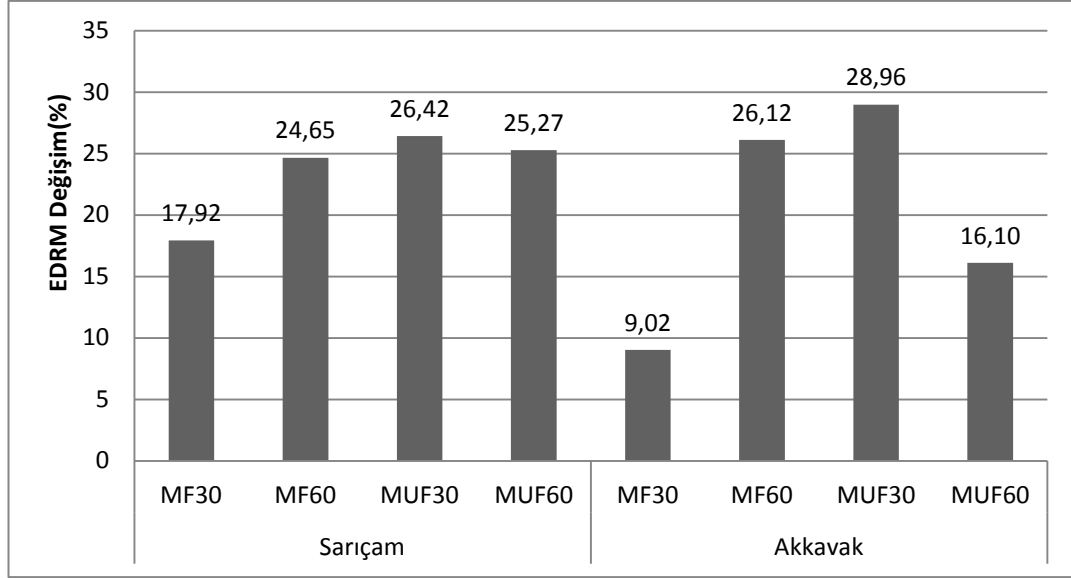
Çizelge 4.16. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin denge rutubet miktarı değerleri.

Ağaç türü	Deney Grubu	Denge Rutubeti Miktarı (%)	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	10,18	2,19648
	MF30	8,36	0,69180
	MF60	7,67	0,52289
	MUF30	7,49	1,95809
	MUF60	7,61	0,49219
Akkavak	Kontrol	9,52	2,66290
	MF30	8,66	3,23172
	MF60	7,03	1,16792
	MUF30	6,76	1,50479
	MUF60	7,99	5,18814

S: Standart sapma, \bar{x} : Ortalama değer

Kimyasal modifikasyonu yapılan deney örneklerinin değerleri incelendiğinde en fazla DRM, %8,66 ile akkavak odunu MF30 grubunda, en düşük değer ise, %6,76 ile yine akkavak odunu MUF30 grubunda görülmüştür.

Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin denge rutubet miktarı üzerine etkisine ilişkin değişim değerleri Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin denge rutubet miktarına ilişkin değişim değerleri.

Kimyasal modifikasyonu yapılan deney örneklerinin değerleri incelendiğinde kontrol grubuna göre en fazla denge rutubet miktarı değişimi, %28,96 ile akkavak odunu MUF-30 grubunda görülmüştür, en düşük değişim değeri ise %9,02 ile yine akkavak odunu MF-30 grubunda görülmektedir.. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun denge rutubet miktarı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge.4.17.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	62,083	4	15,521	8,249	0,000
Gruplarıçi	111,010	59	1,882		
Toplam	173,093	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sarıçam odununun DRM değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	13	7,492	
MUF-60	13	7,608	
MF-60	13	7,672	
MF-30	13	8,357	
Kontrol	12		10,182
Sig.		0,152	1

Duncan testi sonuçlarına göre, sarıçam odunu kontrol grubu örnekleri ile diğer deney gruplarının eşdeğer DRM arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüştür. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odunu varyans analizi tablosu Çizelge 4.19.'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	104,255	4	26,064	2,710	0,035
Gruplarıçi	913,526	95	9,616		
Toplam	1.017,781	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon akkavak odununun DRM değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun denge rutubeti üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	20	6,7635	
MF-60	20	7,0345	
MUF-60	20	7,9885	7,9885
MF-30	20	8,6620	8,6620
Kontrol	20		9,5210

Duncan testi sonuçlarına göre, akkavak odunu kontrol grubu örnekleri ile MUF30 ve MF60 deney gruplarının eşdeğer DRM arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüştür. Ancak kimyasal modifikasyonda kullanılan kimyasal ve işlem süresi DRM üzerinde etkili olmamıştır.

4.1.5. Su Alma Oranı

MF ve MUF kimyasal maddeleri ile modifikasyonu yapılan deney örnekleri 1 ay süreyle su içinde bekletilmiş ve ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Deney örneklerinin su alma oranıyla ilgili değerleri Çizelge 4.21.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası suda bekletilen örneklerin su alma oranları hesaplanırken tüm işlem grupları değerleri kontrol grupları değerleri ile karşılaştırılarak yüzde artış – azalış oranları ortaya konulmuştur. Çizelge 4.22'de kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.21. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin değerleri.

Ağaç türü	Kimyasal malzeme	Su Alma Oranı %	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	115,51	19,03
	MF30	62,97	14,92
	MF60	62,04	11,68
	MUF30	65,45	11,09
	MUF60	64,03	11,84
Akkavak	Kontrol	205,17	37,84
	MF30	135,70	20,82
	MF60	128,44	19,43
	MUF30	118,94	22,86
	MUF60	124,36	27,76

\bar{x} : Ortalama değer, SS: Standart sapma

Çizelge.4.22. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	26335,152	4,000	6583,788	33,929	0,000
Gruplarıçi	11448,750	59,000	194,047		
Toplam	37783,902	63,000			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı(SAO) değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23.'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MF-60	13	62,0354	
MF-30	13	62,9677	
MUF-60	13	64,0262	
MUF-30	13	65,4531	
Kontrol	12		115,5092
Sig.		0,579	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna göre, sarıçam odunu kontrol grubu ile diğer deney grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüş, ancak işlem görmüş gruplar arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge.4.24.'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

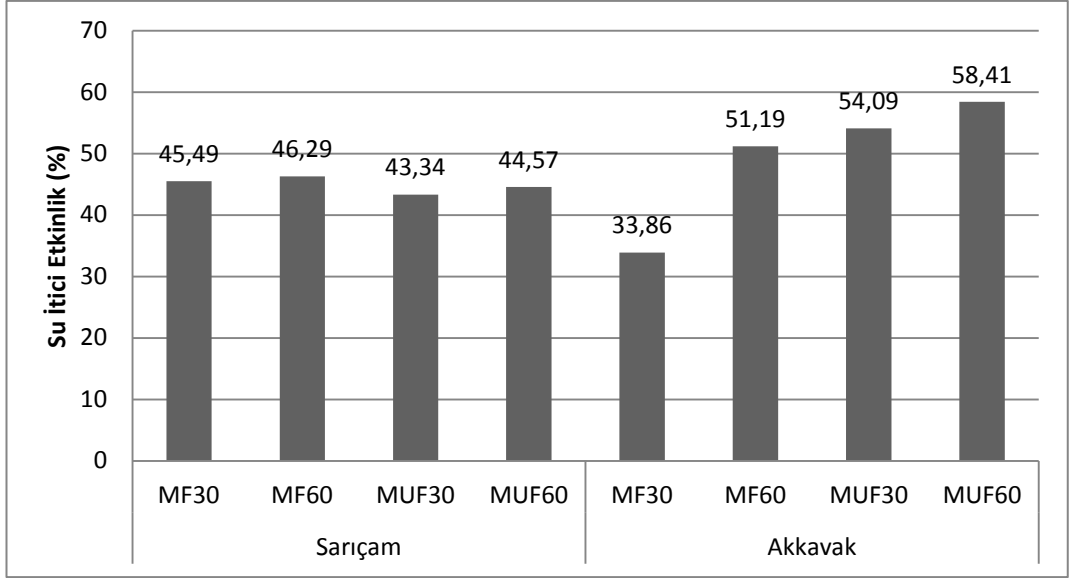
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	101.122,543	4	25.280,636	35,742	0,000
Gruplarıçi	67.193,610	95	707,301		
Toplam	168.316,153	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon akkavak odununun SAO değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25.'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MUF-30	20	118,940	
MUF-60	20	124,358	
MF-60	20	128,436	
MF-30	20	135,703	
Kontrol	20		205,173
Sig.		0,071	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna göre, akkavak odunu kontrol grubu ile diğer deney grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüş, ancak işlem görmüş gruplar arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun su alma oranı üzerindeki etkisine ilişkin değerleri Şekil.4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.6. Kimyasal modifikasyonun su itici etkinlik değerleri.

Kimyasal modifikasyonu yapılan deney örneklerinin değerleri incelendiğinde akkavak odununun sarıçam odununa göre daha fazla su aldığı görülmüştür. En yüksek değer, %135,70 ile akkavak odunu MF30 grubunda, en düşük değer ise %62,04 ile sarıçam odunu MF60 grubunda tespit edilmiştir. Su itici etkinlik (SİE) değerleri incelendiğinde ise en fazla değer, %58,41 ile akkavak odunu MUF60 grubunda, en düşük değer ise yine akkavak odunu MF30 grubunda tespit edilmiştir.

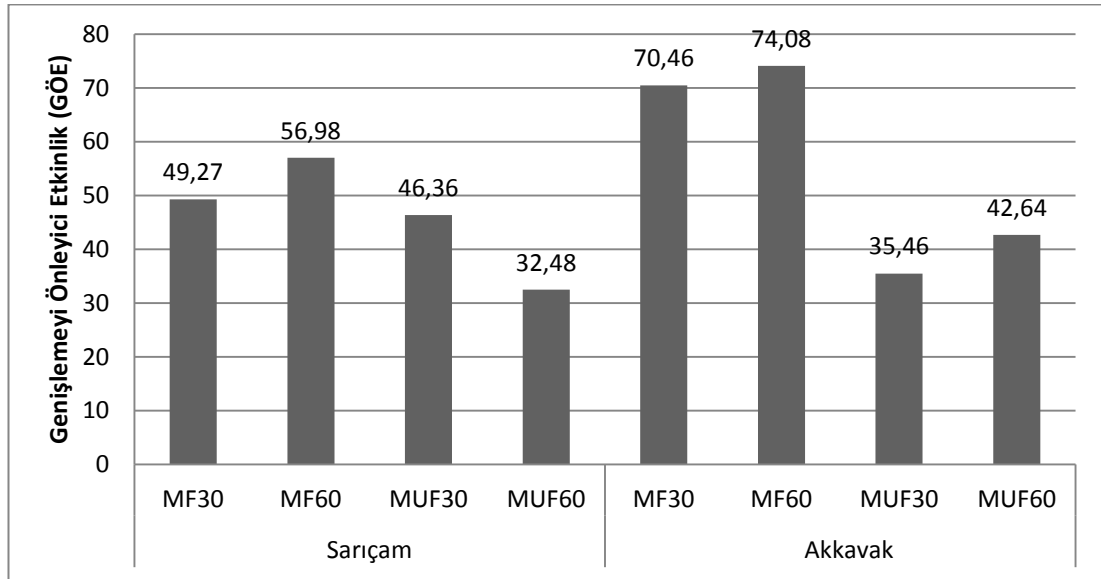
4.1.6. Hacimsel Genişleme ve Genişlemeyi Önleyici Etkinlik(GÖE)

MF ve MUF reçineleri ile modifiye edilmiş örneklerin hacimsel genişleme ve GÖE ile ilgili değerleri Çizelge 4.26.'da verilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası hacimsel genişleme değişimi hesaplanırken tüm işlem grupları değerleri kontrol grupları değerleri ile karşılaştırılarak yüzde artış – azalış oranları ve GÖE ortaya konulmuştur. GÖE grafiği Şekil.4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin hacimsel genişleme miktarına ilişkin değerleri.

Ağaç türü	Kimyasal malzeme	Hacimsel Genişleme (%)	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	14,02	2,465
	MF30	7,11	3,064
	MF60	6,03	3,592
	MUF30	7,52	2,174
	MUF60	9,47	3,555
Akkavak	Kontrol	11,85	6,611
	MF30	3,50	3,045
	MF60	3,07	2,771
	MUF30	7,65	3,333
	MUF60	6,80	2,546

\bar{x} : Ortalama değer, SS: Standart sapma



Şekil.4.7. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin GÖE değerlerine ilişkin grafik.

Modifiye edilen ağaç malzemelerin hacimsel genişleme oranları incelendiğinde en fazla hacimsel genişleme, %7,65 ile akkavak odunu MF-30 grubunda, en düşük hacimsel genişleme değeri ise %3,07 ile yine akkavak odununda MF60 grubunda tespit edilmiştir. Genişlemeyi önleyici etki değerleri incelendiğinde ise , en yüksek

değer %74,08 ile akkavak odunu MF-60 grubunda, sonrasında ise %70,46 ile MF-30 grubunda görülmektedir. En düşük GÖE ise %32,48 ile sarıçam odunu MUF60 grubunda tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun hacimsel genişlemesine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.27.'te verilmiştir.

Çizelge 4.27. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun hacimsel genişleme miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	490,484	4	122,621	13,332	0,000
Gruplarıçi	542,656	59	9,198		
Toplam	1.033,140	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sarıçam odununun hacimsel genişleme miktarları üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.28.'te verilmiştir.

Çizelge 4.28. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin hacimsel genişleme miktarına ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		1	2	3
MF-60	13	6,0315		
MF-30	13	7,1115	7,1115	
MUF-30	13	7,5192	7,5192	
MUF-60	13		9,4654	
Kontrol	12			14,0192
Sig.		0,248	0,068	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna sarıçam odununun MF-60, MF-30, MUF-30 grupları arasında ve MF-30, MUF-30, MUF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda fark görülmemiştir. Ancak kontrol grubu ile diğer tüm gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmektedir. En yüksek hacimsel genişleme değeri kontrol grubunda yer alırken, en düşük değer ise MF-60 grubunda yer almaktadır. Kimyasal

modifikasyon sonrası akkavak odununun hacimsel genişlemesine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.29.'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu hacimsel genişleme miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	1015,781	4,000	253,945	16,226	0,000
Gruplarıçi	1486,842	95,000	15,651		
Toplam	2502,623	99,000			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon akkavak odununun hacimsel genişleme miktarları üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili olmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.30'de verilmiştir.

Çizelge 4.30. Kimyasal modifikasyonun akkavak odunu hacimsel genişleme miktarına ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		1	2	3
MF-60	20	3,072		
MF-30	20	3,502		
MUF-60	20		6,799	
MUF-30	20		7,651	
Kontrol	20			11,854
Sig.		0,732	0,498	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna göre; MF-30 ile MF-60 grupları arasında ve MUF-30 ile MUF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmemektedir. Ancak kontrol grubu, MF grubu ve MUF grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmektedir.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

4.2.1. Eğilme Direnci

MF ve melamin-üre formaldehit reçineleri ile çeşitli varyasyonlarda muamele edilen deney ve kontrol örneklerinin eğilme direnci değerleri Çizelge 4.31.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası eğilme direnci değerlerinin yüzde değişimi hesaplanırken tüm işlem grupları değerleri kontrol grupları değerleri ile karşılaştırılarak yüzde artış – azalış oranları ortaya konulmuştur.

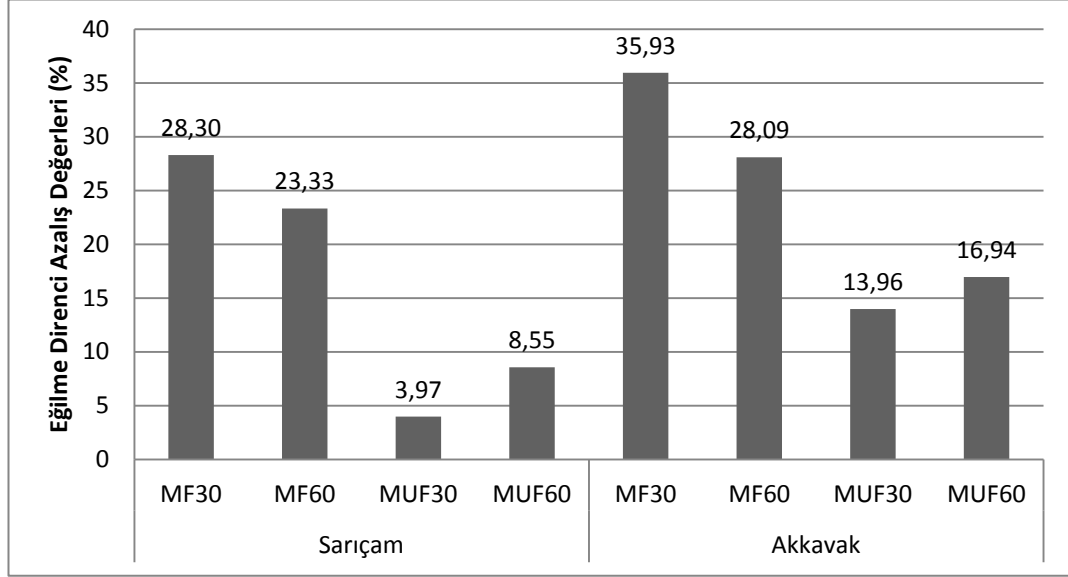
Çizelge 4.31. Kimyasal modifikasyon sonrası ağaç malzemenin eğilme direncine ilişkin değerleri.

Ağaç türü	Deney Grupları	ED değerleri (N/mm ²)	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	80,32	20,606
	MF30	57,59	8,715
	MF60	61,58	9,025
	MUF30	77,13	13,187
	MUF60	73,45	16,120
Akkavak	Kontrol	69,25	12,898
	MF30	44,37	8,127
	MF60	49,80	12,617
	MUF30	59,58	15,728
	MUF60	57,52	14,973

\bar{x} : Ortalama değer, SS: Standart sapma,

Modifiye edilen deney örneklerinin ED değerleri incelendiğinde, %77,13 ile en yüksek değer sarıçam odunu MUF30 grubunda, en düşük değer ise %44,37 ile akkavak odunu MF30 grubunda tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin eğilme direncinin, kontrol grubuna göre değişimini gösteren grafik Şekil.4.7'de verilmiştir. Modifikasyon sonrası eğilme direnci değerlerinde düşüş görülmüştür. Kontrol grubuna göre ED değişim değerleri incelendiğinde, değeri en çok düşen grup %35,93 ile MF30 akkavak grubunda görülmüştür. Kimyasal

modifikasyonun sarıçam odununun eğilme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Kimyasal modifikasyonun ağaç malzemenin eğilme direnci üzerindeki azaltıcı etkisi.

Çizelge 4.32. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun eğilme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	5.015,608	4	1.253,902	6,288	0,000
Gruplarıçi	11.764,403	59	199,397		
Toplam	16.780,010	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun eğilme direnci üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.33.’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun eğilme direncine üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MF-30	13	57,589	
MF-60	13	61,583	
MUF-60	13		73,451
MUF-30	13		77,131
Kontrol	12		80,319
Sig.		0,477	0,252

Yapılan Duncan testi sonucuna göre, sarıçam odununun eğilme direnci değerlerinde kontrol grubu, MUF-30 ve MUF-60 grupları arasında ve MF-30 ile MF-60 grupları arasında istatistikî anlamda önemli fark bulunmamıştır. Ancak MF grupları ile kontrol ve MUF grupları arasında önemli fark vardır. Modifikasyon sonrası akkavak odununun ED değerlerine ilişkin varyans analizi Çizelge.4.34.'de verilmiştir.

Çizelge.4.34. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	7288,450	4,000	1822,113	10,554	0,000
Gruplarıçi	16401,682	95,000	172,649		
Toplam	23690,133	99,000			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun akkavak odununun eğilme direnci üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.35.'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun eğilme direnci üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar			
		1	2	3	4
MF-30	20	44,372			
MF-60	20	49,805	49,805		
MUF-60	20		57,525	57,525	
MUF-30	20			59,585	
Kontrol	20				69,256
Sig.		0,194	0,066	0,621	1,000

Yapılan duncan testi sonucuna göre; işlem süresi akkavak odununun eğilme direnci üzerinde etkili olmamıştır. Ancak hem MF, hemde MUF ile modifikasyon akkavak odununun eğilme direncini önemli oranda düşürmüştür.

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

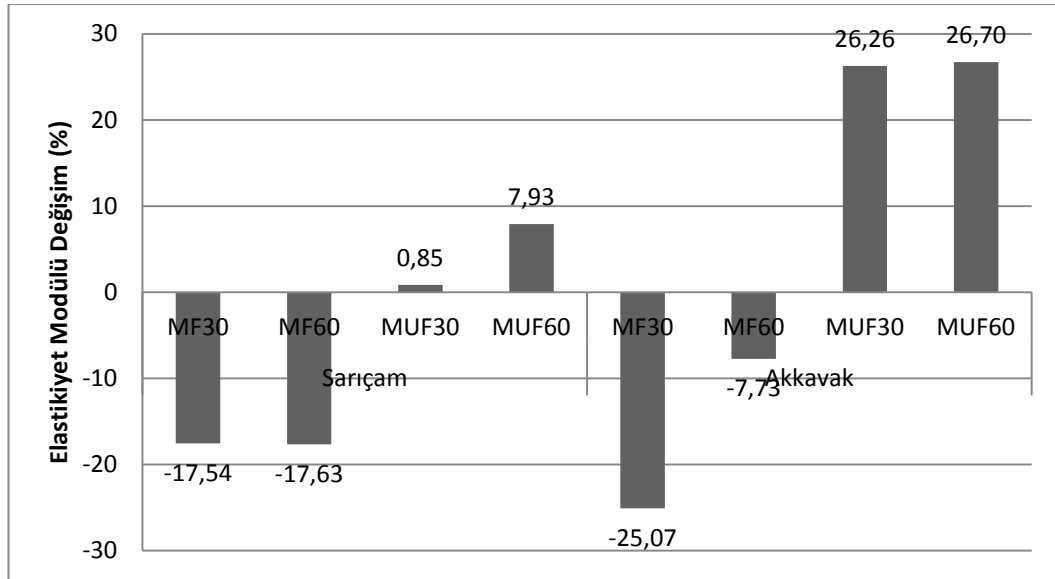
Modifiye edilen sarıçam ve akkavak odunlarının elastikiyet modülü değerleri Çizelge 4.36.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası eğilmede elastikiyet modülü değişimi hesaplanırken tüm işlem grupları değerleri kontrol grupları değerleri ile karşılaştırılarak yüzde artış – azalış oranları ortaya konulmuştur. Şekil.4.8.'de sarıçam ve akkavak odunlarının eğilemede elastikiyet modülüne ilişkin, değişim değerleri grafiği verilmiştir.

Elastikiyet modülü değerlerinde deney grubu örneklerinde dengesiz ölçümler tespit edilmiştir. Elastikiyet modülünde en fazla artış akkavak odununun MUF-60 grubunda görülmektedir. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam odununun elastikiyet modülüne ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.37.'de verilmiştir.

Çizelge 4.36. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam ve akkavak odununun eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin değerler tablosu.

Ağaç türü	Kimyasal malzeme	EM değerleri (N/mm ²)	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	6894,37	1.923,667
	MF30	5684,94	1.166,120
	MF60	5678,86	1.245,778
	MUF30	6952,99	1.420,293
	MUF60	7441,05	1.321,521
Akkavak	Kontrol	5070,19	1.652,431
	MF30	3798,96	994,279
	MF60	4678,33	1.520,717
	MUF30	6401,41	1.462,356
	MUF60	6424,00	1.599,508

\bar{x} : Ortalama değer , SS: Standart sapma



Şekil.4.9. Sarıçam ve akkavak odunlarının eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin, değişim değerleri grafiği.

Çizelge 4.37. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	33408775,887	4	8352193,972	4,079	0,006
Gruplarıçi	120810818,493	59	2047640,991		
Toplam	154219594,379	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun elastikiyet modülü üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge.4.38.'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MF-60	13	5678,866	
MF-30	13	5684,947	
Kontrol	12		6894,378
MUF-30	13		6952,990
MUF-60	13		7441,054
Sig.		0,991	0,368

Yapılan duncan testi sonucuna göre; MF reçinesi numuneleri ile MUF ve Kontrol grubu numuneleri arasında önemli bir fark gözlemlenmiştir. Ancak MUF reçinesi muameleleri ile kontrol grubu numuneleri arasında kayda değer bir fark görülmemiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununun elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge.4.39.'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Elastikiyet Modülü üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	103312728,615	4	25828182,154	12,037	0,000
Gruplarıçi	203843603,733	95	2145722,145		
Toplam	307156332,348	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon akkavak odununun elastikiyet modülü üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge.4.40.'ta verilmiştir.

Çizelge 4.40. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		2	3	1
MF-30	20	3798,963		
MF-60	20	4678,335	4678,335	
Kontrol	20		5070,188	
MUF-30	20			6401,409
MUF-60	20			6423,999
Sig.		0,061	0,400	0,961

Yapılan duncan testi sonucuna göre; MF, MUF ve kontrol grubu numuneleri arasında önemli fark gözlemlenmiştir. MF60 ile kontrol grubu arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek değer MUF60 grunda görülmüştür.

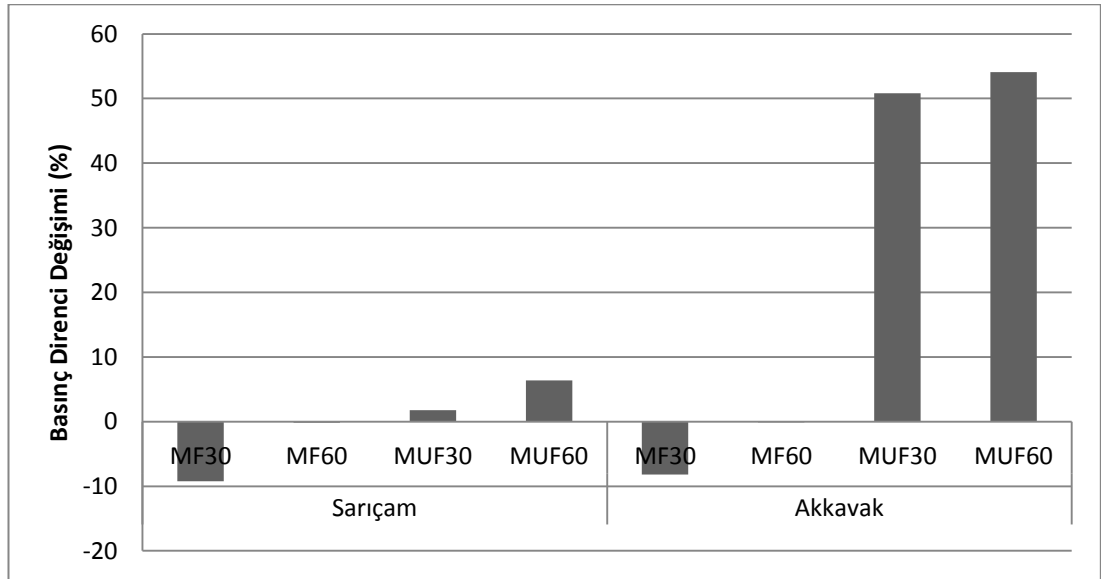
4.2.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin değerleri Çizelge.4.41.'de verilmiştir. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin değişim değerleri Şekil.4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.41. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının basınç direnci üzerine etkisi.

Ağaç türü	Deney Grupları	Basınç Direnci N/mm ²	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	49,52	5,886
	MF30	44,96	6,866
	MF60	49,43	8,473
	MUF30	50,39	8,272
	MUF60	52,68	9,026
Akkavak	Kontrol	38,31	6,662
	MF30	35,18	3,225
	MF60	38,26	7,142
	MUF30	57,77	16,155
	MUF60	59,03	20,297

\bar{x} : Ortalama değer , SS: Standart sapma



Şekil 4.10. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin değişim değerleri.

MF ve MUF ile modifiye edilen ağaç malzemelerin basınç direnci değerleri incelendiğinde en yüksek basınç direnci değeri, 59,03 N/mm² ile akkavak odununun MUF-60 grubunda, en düşük değer ise, 35,18 N/mm² ile akkavak odununun MF-30

grubunda tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası kontrol grubu ile diğer gruplar arası değişim incelendiğinde ise en fazla değişim akkavak odunu, MUF-60 grubunda görülmektedir. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge.4.42.'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun liflere paralel basınç direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi tablosu.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	407,678	4	101,919	1,667	0,170
Gruplarıçi	3.606,976	59	61,135		
Toplam	4.014,654	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon sarıçam odununun basınç direnci üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkisiz olmuştur. Buna göre, sarıçam odununun tüm işlem grupları ve kontrol grubunda istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir. Ağaç malzemenin basınç direnci özelliğinde istatistiksel anlamda bir değişiklik olmamıştır. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun basınç direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi Çizelge.4.43.'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Kimyasal modifikasyonunu akkavak odununun basınç direnci üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	10882,470	4	2720,618	17,468	0,000
Gruplarıçi	14795,982	95	155,747		
Toplam	25678,452	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun basınç direnci üzerine etkisine ilişkin $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge.4.44.'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun basınç direnci üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
MF-30	20	35,183	
MF-60	20	38,261	
Kontrol	20	38,306	
MUF-30	20		57,775
MUF-60	20		59,031
Sig.		0,461	0,751

Yapılan duncan testi sonucuna göre; MF-30, MF-60 ve kontrol grupları arasında istatistiksel anlamda fark görülmemiş, ancak MUF grupları ile MF grupları arasında istatistiksel anlamda önemli fark görülmüştür.

4.2.4. Brinell Sertlik

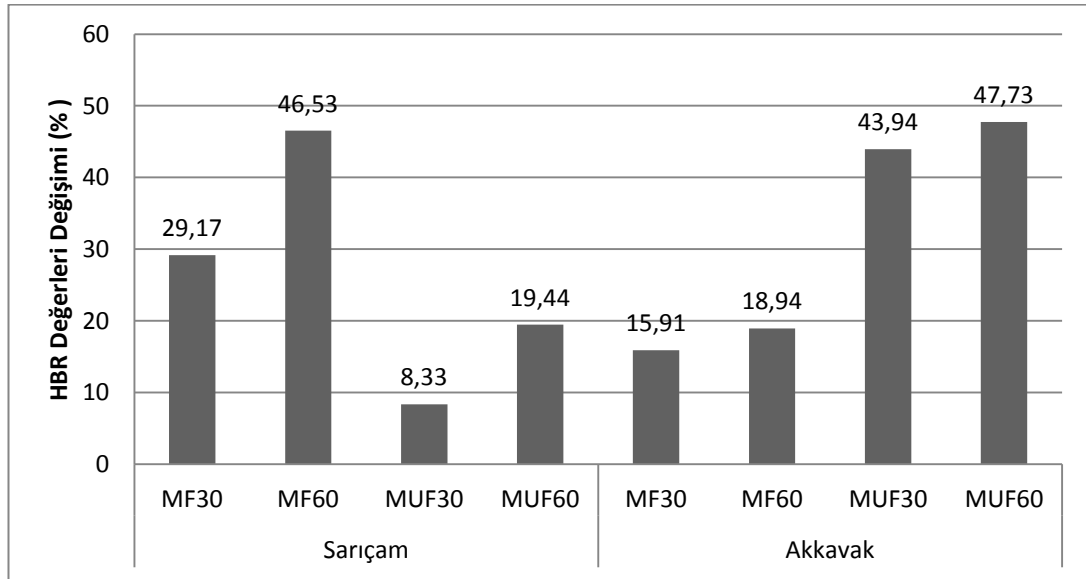
Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının Brinell sertlik değerleri Çizelge.4.45.'da, yüzde değer değişimleri Şekil.4.10.'da verilmiştir. Kimyasal modifikasyon sonrası brinell sertlik değişimi hesaplanırken tüm işlem grupları değerleri kontrol grupları değerleri ile karşılaştırılarak yüzde artış – azalış oranları ortaya konulmuştur.

Modifiye edilen deney örneklerinin Brinell sertlik değerleri incelendiğinde, %2,11 ile en yüksek değer akkavak odunu MF60 grubunda, en düşük değer ise %1,46 ile sarıçam odunu MF30 grubunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.45. Kimyasal modifikasyonun sarıçam ve akkavak odunlarının Brinell sertlik değerleri üzerine etkisine ilişkin değerler tablosu.

Ağaç türü	Deney Grupları	Brinell sertlik N/mm ²	
		\bar{x}	SS
Sarıçam	Kontrol	1,44	0,41183
	MF30	1,86	0,15327
	MF60	2,11	0,40622
	MUF30	1,56	0,80083
	MUF60	1,72	0,85242
Akkavak	Kontrol	1,32	0,16911
	MF30	1,53	0,51003
	MF60	1,57	0,77963
	MUF30	1,90	0,33802
	MUF60	1,95	0,68347

\bar{x} : Ortalama değer , SS: Standart sapma



Şekil 4.11. Kimyasal modifikasyon sonrası sarıçam ve akkavak odunlarının Brinell sertlik değerleri değişim grafiği.

MF ve MUF reçinesi ile modifiye edilen ağaç malzemelerin brinell sertlik değerleri değişimi incelendiğinde en yüksek sertlik değeri değişimi, %46,53 ile sarıçam odununun MF-60 grubunda, en düşük değer ise %8,33 ile sarıçam odununun MUF-

30 grubunda görülmektedir. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.46.'da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun brinell sertlik değerine etkisine ilişkin varyans analizi.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	3,461	4	0,865	2,883	0,03
Gruplarıçi	17,707	59	0,300		
Toplam	21,168	63			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun brinell sertlik değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili çıkmıştır. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.27.'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Kimyasal modifikasyonun sarıçam odununun brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi tablosu.

Deney Grupları	Adet	Gruplar	
		2	1
Kontrol	12	1,440	
MUF-30	13	1,565	
MUF-60	13	1,727	1,727
MF-30	13	1,863	1,863
MF-60	13		2,111
Sig.		0,078	0,099

Yapılan duncan testi sonucuna göre; kontrol grubu, MUF-30, MUF-60, MF-30 grupları arasında istatistikî anlamda bir fark görülmezken, MF-60 grubu ile MUF-30 ve kontrol grubu arasında istatistikî anlamda fark görülmektedir. Kimyasal modifikasyon sonrası akkavak odununa ait brinell sertlik değerlerine ilişkin varyans analizi tablosu Çizelge.4.48.'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Brinell sertlik değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi tablosu.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	(P<0,05)
Gruplararası	5,598	4	1,399	4,054	0,004
Gruplarıçi	32,795	95	0,345		
Toplam	38,393	99			

Bu sonuca göre; kimyasal modifikasyon akkavak odununun brinell sertlik değerleri üzerinde $p \leq 0,05$ önem düzeyinde etkili olmuştur. Farklılığın hangi gruplarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.49.'te verilmiştir.

Çizelge 4.49. Kimyasal modifikasyonun akkavak odununun Brinell sertlik değerleri üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Deney Grupları	Adet	Gruplar		
		1	2	3
Kontrol	20	1,323		
MF-30	20	1,529	1,529	
MF-60	20	1,573	1,573	1,573
MUF-30	20		1,904	1,904
MUF-60	20			1,946
Sig.		0,210	0,058	0,059

Yapılan duncan testi sonucuna göre, istatistiksel anlamda MF-30, kontrol grubu, MF-60 grupları arasında; MUF-60, MUF-30 ve MF-60 grupları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiştir. MUF-60 ile MF-30 ve kontrol grupları arasında istatistikî olarak önemli fark tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

5.1. SONUÇLAR

5.1.1. Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi

Kimyasal modifikasyon sonrası deney örneklerinin yoğunluk ortalamaları incelendiğinde, MF kimyasalı uygulanan grupların, MUF kimyasalı uygulanan gruplara kıyasla yoğunluk değerlerini daha fazla arttırdığı görülmektedir. MF reçinesinin uygulamada su ile seyreltilmesi nedeniyle, kimyasal malzemeye daha fazla nüfuz ettiğinden, MUF gruplarına göre daha fazla ağırlık artışı olmuş ve dolayısıyla yoğunluk artışı da daha yüksek gerçekleşmiştir. Ayrıca akkavak örneklerinin, sarıçam örneklerine kıyasla yoğunluk artış değerlerinin, daha fazla olduğu görülmektedir. Deney grupları yoğunlukları, daldırma süresi bakımından incelendiğinde ise, daldırma süresinin yoğunluk artışına önemli derecede bir etkisi olmamıştır.

Kimyasal modifikasyonda kimyasalın malzemeye nüfuz miktarının göstergesi olan yüzde ağırlık artışı değerleri, yoğunluk artışı değerleriyle paralellik göstermektedir. Yoğunluk değerlerinde olduğu gibi, MF, MUF ile işleme kıyasla daha fazla ağırlık artışına sebep olmuştur. Ayrıca ağaç türü olarak akkavak örneklerinde, sarıçam odunu örneklerine kıyasla daha fazla ağırlık artışı gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların sebebi olarak akkavak odununun daha boşluklu bir yapıya sahip olması gösterilebilir. Resim.4.1. incelendiğinde deney örneklerinin lümenlerinin kimyasal madde ile dolu olduğu görülmektedir. Lümenlerin kimyasal ile dolu olması daha yüksek ağırlık artışına ve yoğunluk artışına neden olmuştur.

MF ve MUF ile kimyasal modifikasyonunu şişirici etki değerleri incelendiğinde, bu değerlerin, yoğunluk ve yüzde ağırlık artışı değerleriyle paralel olduğu

görülmektedir. Buna göre; MF grubu deney örnekleri, MUF grubu deney örneklerine kıyasla, ayrıca akkavak odunu deney örnekleri sarıçam odunu deney örneklerine kıyasla daha fazla şişirici etki değerlerine sahiptir. Gindl et al. (2002)' de, melezçamı ve sarıçam deney örneklerinde su ile seyreltilmiş MF reçinesinin ahşabın sekonder hücre çeperine girebildiğini, Hua et al. (1987)'da MF reçinesinin sulu çözeltisinin selüloz fibrillerinin amorf bölgelerine girebildiğini bildirmişlerdir. Deney örneklerinde şişirici etki değerlerinin görülmesi, kimyasal maddelerin lümenler ile birlikte hücre çeperine de girdiğini göstermektedir. Akkavak odununun sarıçam odununa kıyasla daha fazla şişirici etkiye maruz kalması, kimyasalın akkavak odununda sarıçam odununa kıyasla daha fazla hücre çeperine nüfuz ettiğini göstermiştir. Boyuna ve enine permeabilite oranının yapraklı ağaçlarda iğne yapraklılardan daha büyük olduğundan (Bozkurt ve Göker, 1996) modifikasyon kimyasalları akkavak odununun hücre çeperlerine daha fazla nüfuz edebilmiştir. Bunun yanında yapılan istatistiksel analizlere göre; modifikasyonda daldırma süresinin şişirici etki üzerine etkisi görülmemiştir.

Kimyasal modifikasyon sonrası deney örnekleri incelendiğinde, sarıçam odunu denge rutubet miktarı değerlerinde MF grubu değerleri, MUF grubu değerlerine göre düşük çıkmıştır. Bu değerleri yoğunluk ve ağırlık artışı değerleriyle birlikte incelediğimizde, yoğunluk ve yüzde ağırlık artışı olarak daha fazla değer artışı gözlenen MF grubu örneklerinin daha düşük rutubet aldığı görülmektedir. Akkavak grubu örneklerinde ise MUF grubu örnekleri, MF grubuna göre daha düşük denge rutubet miktarı değerlerine sahiptir. Ağaç malzemenin MUF ile modifikasyonunda % 16 ile % 29 arasında denge rutubet miktarı azalışı elde edilmiştir. Epmeier et al. (2003), sarıçam, kayın ve huş ağacı türlerine uyguladıkları sekiz farklı kimyasal modifikasyon grubunda, kayın ve huş ağacı denge rutubet miktarlarının birbirine yakın çıktığını ve reaktif keten tohumu yağı türevi ve metillendirilmiş melamin formaldehit reçinesi muamelelerinin çok düşük bir azalmaya neden olduğunu, asetilasyon ile modifikasyonun ise güçlü bir azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla uygun olarak metillendirilmiş melamin formaldehit ile modifikasyonda, % 90 bağıl nem ortamında, malzemede yaklaşık % 20 denge rutubet azalışı bildirmişlerdir.

Kimyasal modifikasyon sonrası su itici etkinlik (SİE) değerleri incelendiğinde, deney gruplarına ait değerler çok yakın çıkmıştır. Ancak sarıçam odunu örneklerinde SİE değerleri MF grubunda, MUF grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Buna göre; yoğunluk ve yüzde ağırlık artışı değerlerinde yüksek çıkan MF gruplarının su itici etkinliği de daha fazla olmuştur. Akkavak odunu deney gruplarında ise MUF ile modifikasyon, MF ile modifikasyona oranla daha yüksek su itici etkinlik ortaya çıkarmıştır. Malzeme yapısına nüfuz eden suyun büyük kısmı lümenlerde yer aldığından, odun hücre boşluklarının kimyasal ile doldurularak bloke edilmesi, suyun malzeme içerisine ulaşmasını engellemiştir. Daha büyük hücre lümenine sahip akkavakta SİE değerinin daha yüksek olması bu nedenledir.

Kimyasal modifikasyon sonrası hacimsel genişleme değerleri incelendiğinde, her iki ağaç türünde de, MUF grubu örneklerinin değerleri, MF grubu örneklerine göre daha yüksek olduğu görülmüş, genişlemeyi önleyici etki değerleri incelendiğinde ise, her iki ağaç türünde de, MF grubu değerleri, MUF grubu değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Buna göre; yoğunluk, yüzde ağırlık artışı ve şişirici etki değerlerini yükselten MF reçinesi, hacimsel genişlemeyi düşürmüş, önemli derecede genişlemeyi önleyici etkinlik göstermiştir. Manabendra ve arkadaşları (2006), MF reçinesiyle muamele edilen Norveç ladini odununda, kontrol grubuna göre, %17,5 genişlemeyi önleyici etki değeri tespit ettiklerini bildirmiştir. Bu çalışmada, en yüksek genişlemeyi önleyici etki değeri %56,98 ile sarıçam odununda, %74,08 ile akkavak odunun MF60 grubunda olmuştur. Epmeier ve arkadaşları (2003), sarıçam, kayın ve huş ağacı türlerine uyguladıkları sekiz farklı kimyasal modifikasyonda, sarıçamda %30 ile %75 arasında değişen GÖE tespit etmişlerdir. Genişlemeyi önleyici etkinin en fazla asetilasyon metodunda elde edildiğini, n-metilol akrilamid, ve metillendirilmiş melamin formaldehit reçinesi metodlarının birbirlerine yakın değerleri verdiğini, ağaç malzemedeki boyuna yönde genişlemenin radyal ve teğet yönlerde kıyasla daha az olduğunu bildirmişlerdir.

5.1.2. Mekanik Özelliklerin İncelenmesi

Kimyasal modifikasyon sonrası eğilme direnci değerleri incelendiğinde, eğilme direnci değerleri yoğunluk, yüzde ağırlık artışı ve şişirici etki değerleriyle ters yönde

paralellik göstermiştir. Her iki ağaç türünde de, kontrol grubuna göre diğer gruplarda düşüş gözlemlenmiş, MF ile modifikasyon, MUF ile modifikasyona göre eğilme direnci değerlerinde daha fazla düşüşe neden olmuştur. Bu değerler yoğunluk ve yüzde ağırlık artışı değerleriyle birlikte değerlendirildiğinde, daha fazla yoğunluk ve ağırlık artışına neden olan MF reçinesi eğilme direnci değerlerini daha çok düşürmüştür. MF reçinesinin odunun içine daha fazla yerleşmesi ve odunun elastikiyetini azaltıp, kırılabilirliğini artırması sebep olarak gösterilebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak; Epmeier ve arkadaşları (2003), sarıçam, kayın ve huş ağacı türlerine uyguladıkları farklı kimyasal modifikasyonda, süksinik anhidrit ve keten tohumu yağı türevi kimyasalları ile yapılan modifikasyonların eğilme direncini hemen hemen etkilemediğini, n-metilol akrilamid ve 160 C sıcaklıkta yağ ile yapılan ısıl işlem modifikasyonlarının % 10 azalmaya, 190 C sıcaklıkta ısıl işlem ile yüksek kimyasal tutunması olan süksinik anhidrit modifikasyonlarının % 20-25 azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Kimyasal modifikasyon sonrası eğilmede elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde, her iki ağaç türünde de MF grubu ile muamele edilen deney örneklerinde düşüş, MUF ile muamele edilen deney örneklerinde artış gözlemlenmiştir. Epmeier et al. (2004) kimyasal modifikasyonun elastikiyet modülü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını, farklı değişimler meydana getirebildiğini belirtmiştir. Elastikiyet modülünün yoğunluk değişiminden etkilenmesine rağmen, kimyasal modifikasyon sonucu elde edilen yoğunluk artışının elastikiyet modülünü aynı derecede etkilemediğini bildirmişlerdir. Buna göre MUF ile muamele edilen deney örneklerinin eğilmeye karşı gösterdiği direncin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Kimyasal modifikasyon sonrası liflere paralel basınç direnci değerleri incelendiğinde, sarıçamda istatistiksel anlamda önemli bir değişim olmamıştır. akkavakta ise MF reçinesiyle modifikasyon önemli bir değişime neden olmazken, MUF ile muamele edilen numunelerde basınç direncinde önemli miktarda artış tespit edilmiştir. Gindle et al. (2003) de MF ile modifiye edilen ladinde teğet yönde % 83 basınç direnci artışı tespit etmişlerdir. Basınç direncindeki bu artışın hücre çeperine yerleşen kimyasalın etkisi olduğunu, basınç yüklemesi altındaki örneklerin

davranışının kontrol numunelerinde plastik burkulma şeklinde iken, modifiye edilen örneklerde daha gevrek ve kırılğan bir davranışın ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Kimyasal modifikasyon sonrası Brinell sertlik değerleri incelendiğinde, deney grubu örneklerinin, kontrol grubu örneklerine göre Brinell sertlik değerlerini arttırdığı görülmektedir. Ancak sarıçamda yalnızca MF-60 ile modifikasyon, akkavakta ise MUF ile modifikasyon istatistiki olarak önemli bir artışa (% 44 - 48) neden olmuştur. Elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak Gindl ve arkadaşları (2002), melezçanı ve sarıçam ile yaptıkları çalışmalarda MF ile modifikasyonun ahşabın yüzey sertliğini ve hava şartlarına dayanımını önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Lande et al. (2004) düşük ağırlık artışı olan kimyasal modifikasyonda az miktarda sertliğin arttığını, ancak yüksek ağırlık artışı elde edildiğinde sertliğin oldukça önemli derecede arttığını belirtmişlerdir. Epmeier et al. (2003) yüksek miktarda kimyasal tutundurulan furfurilasyonda % 100 Brinell sertlik artışı elde edebilmişlerdir. Ayrıca Manabendra ve arkadaşları (2006), Norveç ladin odununun, MF reçinesi ile emprenyesi sonucu yüzey sertliğinde %124, sertlik değeri tespit edildiğini bildirmiştir.

Sarıçam ve akkavak odunlarının melamin formaldehit ve melamin üre formaldehit reçineleri ile modifikasyonunun yapıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

Su itici ve genişlemeyi önleyici etkinlik değerlerini arttırdığı için dış mekân ve bahçe mobilyalarında, kapı ve pencere yapımında, ahşap ev yapımında ve su ile temasın bulunduğu ortamlarda MF ve MUF ile modifikasyon uygulanabilir. Hem sarıçam hem de akkavak odunlarında genişlemeyi daha fazla azalttığından MF ile modifikasyon tercih edilebilir.

MF ve MUF ile modifikasyon sarıçam ve akkavak odunlarının denge rutubet miktarını düşürdüğü için, banyo gibi nem oranı yüksek olan ortamlarda malzemenin çalışmasını azaltmak için uygulanabilir. MUF reçinesi MF reçinesine oranla daha yüksek denge rutubeti azalışı sağladığından bu ortamlarda MUF ile modifikasyon tercih edilebilir.

MF ve MUF ile modifiye edilmiş sarıçam ve akkavak odunlarının eğilme direnci değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Dolayısıyla eğilme direncinin önemli olduğu, kiriş gibi yük taşıyıcı yapı elemanlarında MF veya MUF ile modifiye edilmiş sarıçam veya akkavak odunlarının kullanımında dikkatli olunmalıdır. Bu modifikasyonlar malzemeye kazandırdığı diğer olumlu özellikler nedeniyle yapı malzemesi olarak kullanılmak istenirse, normal kesitten daha büyük kesitlerde kullanılması düşünülebilir.

MF ve MUF ile modifiye edilmiş sarıçam ve akkavak odunlarının basınç direnci değerlerinde MUF ile modifiye edilmiş akkavak dışında önemli bir değişim olmamıştır. Dolayısıyla basınç direncine maruz kalacak yapı elemanlarında kimyasal modifikasyonun önemli bir etkisi olmayabilir. Ancak akkavak odununun basınç direnci önemli miktarda arttığından, basınç yüküne maruz kalabilecek akkavak odunu yapı elemanlarının MUF ile modifikasyonu önerilebilir.

Sarıçam ve akkavak odunlarının MF ve MUF ile modifikasyonu Brinell sertlik değerlerini arttırmıştır. Bu nedenle sertliğin ve çizilmeye karşı dayanımın istendiği uygulama alanlarında, örneğin zemin ve duvar kaplamalarında, mutfak ve çalışma tezgâhlarında, okul sıralarının üst tablalarında MF veya MUF ile modifikasyon kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akgün, H.C., “Anadolu kestanesi odununun kimyasal bileşimi ve kağıt yapımına uygunluğu”, Yüksek Lisans Tezi, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bartın, 8-34 (2005).
- Aslan, S., “Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi”, **H.Ü. Mesleki Teknoloji Yüksekokulu Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü**, Ankara, 152 (1994).
- Autio, T. and Miettinen, J.K., “Experiments in Finland on properties of wood polymer combinations”, **Forest Prod. J.**, 20: 36-42 (1970).
- Baysal, B., “Polimer Kimyası, 1nd ed.”, **ODTÜ, Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları**, Ankara, 33: 16 (1981).
- Berkel, A., “Ağaç Malzeme Teknolojisi, 2nd ed.”, **İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları**, İstanbul, 183 (1972).
- Bozkurt, Y., ve Erdin, N., “Odun Anatomisi”, **İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları**, İstanbul, 346 (1992).
- Bozkurt, A.Y., ve Göker, Y. “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”. **İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi**, İstanbul, 112 (1996).
- Bozkurt, Y., ve Erdin, N., “Ticarette önemli yabancı ağaçlar”, **İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları**, 4: 46 (1989).
- Çetin, N.S., Özmen, N., Tingaut, P., and Sebe, G., “New transesterification reaction between acetylated wood and tetramethoxysilane: A feasibility study” **European Polymer Journal**, 41: 2704–2710 (2005).
- Davidson, R.W. and Baumgardt, “W.G., Plasticizing wood with ammonia”, **Forest Prod. J.**, 20 (3): 19-24 (1970).
- Eroğlu, H., “Lif levha endüstrisi ders notları”, **K.T.Ü. Orman Fakültesi**, Trabzon 304 (1988).
- Eroğlu, H., ve Usta, M., “Lif levha üretim teknolojisi”, **K.T.Ü. Orman Fakültesi**, Trabzon, 30: 351 (2000).
- Feist, W.C. and Mraz E.A., “Protecting millwork with water repellent preservatives”, **Forest Prod.J.**, 28 (5): 1-7 (1977).
- Feist, W.C., “Weathering performance of painted wood pretreated with water-repellents preservatives”, **Forest Prod. J.**, 8 (7): 21-26 (1990).

Fengel, D., and Wegener, G., "Wood Chemistry", *Walter de Gruyter*, New York, 613 (1984).

Gindl, W., Muller, U. and Teischinger, A., "Transverse compression strength and fracture of spruce wood modified by melamine-formaldehyde impregnation of cell walls", *Wood and Fiber Science*, 35 (2): 239-246 (2003).

Gindl W., Zargar-Yaghubi F., and Wimmer R., " Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin", *Bioresource Technology*, 87: 325–330 (2003).

Hafizoğlu, H., "Orman ürünleri kimyası ders notları, 1nd ed.," Odun Kimyası, *K.T.Ü. Orman Fak. Yayınları*, Trabzon, 52: 4-11, 22-82 (1982).

Hafizoğlu, H. ve Yıldız, Ü.C., "Acetylation plus water repellent treatment of wood in slate thickness", *Holzforschung*, 44 (4): 245-248 (1990).

Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Demirci, Z., ve Peker, H., "Türkiye bor kaynaklarının odun koruma (Emprenye) endüstrisinde değerlendirilme imkanları", *TÜBİTAK Projesi, TOAG-875 Nolu Proje*, 377 (1994).

Epmeier H., Westin M., and Rapp A., "Differently modified wood comparison of some selected properties", *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19 (5): 31-37 (2004).

Hill, C.A.S., and Jones, D., "Dimensional changes in corsican pine sapwood due to chemical modification with linear chain anhydrides", *Holzforschung*, 53: 267–271 (1999).

Hill, C.A.S., "Wood modification, chemical, thermal and other processes", *John Wiley & Sons*, England, 19-97 (2006).

Hoffmann, P., "On the stabilization of waterlogged oakwood with polyethylene glycol", *Holzforschung*, 42: 5 (1988).

Hon, D.N.S. and Hua, N., "Thermoplasticization of wood 1. benzoylation of wood", *J. Polymer Sci*, 27 (A): 2457-2482 (1989).

Hua, L., Zadorecki, P. and Flodin, P., "Cellulose fiber-polyester composites with reduced water sensitivity chemical treatment and mechanical properties", *Polym. Comp.*, 8 : 199-202 (1987).

Ismiharu, Y., "Adsorption of polyethylene glycol on swollen wood III", *Mokuzai Gakkaishi*, 26 (3): 178-184 (1980).

Ismiharu, Y., "Adsorption of polyethylene glycol on swollen wood IV", *Mokuzai Gakkaishi*, 27 (3): 163-169 (1981).

Ismiharu Y., Inoue, E., Sadoh, T., and Nkato, K., "Dimensional stability of wood with adsorbed polyethylene Glycol I", *Mokuzai Gakkaishi*, 32 (11): 888-895 (1986).

- Kenaga, D.L., Fennessey, J.P. and Stannett, V.T., "Radiation grafting of vinyl monomers to wood", *Forest Prod. J.*, 12 (4): 161- 168 (1962).
- Kırcı, H., "Kağıt hamuru endüstrisi ders notları", *K.T.Ü. Orman Fakültesi*, Trabzon, 63 (2000).
- Kolin, B., "Temperature effect upon the limit of wood hygroscopicity", *IUFRO All-Division 5 Conference*, France, 321 (1992).
- Kuduban, E., "Anadolu kestanesi (*Castanea sativa Mill.*) odun ve kabuğunun kimyasal bileşimi", Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 3-14 (1996).
- Kumar, S., "Chemical modification of wood", *Wood and Fiber Science* 26 (2): 270-280 (1994).
- Lu, J. Z., Wu, Q. and McNabb Jr., H.S., "Chemical coupling in wood fiber and polymer composites", A Review of Coupling Agents and Treatments, *Wood Science and Technology*, 32 (1): 88-104 (2000).
- Manabendra, D., Gindl, W., Wimmer, R. and Christian, H., "Chemical modification of Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) wood with melamine formaldehyde resin", *Indian Journal of Chemical Technology*, 14: 134-138 (2007).
- Meyer, J.A., "Wood-Polymer composites and their industrial applications", *ACS Symp.*, 43: 301-325 (1977).
- Meyer, J.A., "Wood-Polymer materials", *State of Art, Wood Science*, 14 (2): 49-54 (1981).
- Meyer, J.A., "Industrial Use of wood-polymer materials state of art", *Forest Prod. J.*, 32 (1): 24-29 (1982).
- Mitsui, K., and Tolvaj, L., "Color changes in acetylated wood by the combined treatment of light and heat", *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63: 392-393 (2005).
- Miyafuji, H., and Saka, S., "Na₂O-SiO₂ wood-inorganic composites prepared by the solgel process and their fire-resistant properties", *J Wood Sci*, 47: 483-489 (2001).
- McKeever, D. B., "Composites as a way to add value to the Timber Resource", *IUFRO 19. World Congress*, Canada, 5: 289-299 (1990).
- Nicholas, D.D., "Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments", *Syracuse University Press*, New York, 2: 25 (1973).
- Obataya, E., "Reversible volumetric changes of acetylated wood with after-treatments", *Wood Sci Technol*, 39: 472-483 (2005).
- Ohkoshi, M., "FTIR-PAS study of light-induced changes in the surface of acetylated or polyethylene glycol-impregnated wood", *J Wood Sci*, 48: 394-401 (2002).

- Örs, Y., “Kurutma ve Buharlama Tekniği”, *KTÜ, Basımevi*, Trabzon, 102 (1986).
- Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 2 (2008),
- Papadopoulos, A.N., Hill, C.A.S., and Gkaraveli, A., “Analysis of the swelling behaviour of chemically modified softwood: A novel approach”, *Holz Roh Werkst*, 62: 107–112 (2004).
- Rowell, R.M. and Youngs R.L., “Dimensional Stabilization of Wood”, in Use”, Gen. Tech Rep., *Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory*, Madison, WI, U.S., 243 (1980).
- Rowell, R.M., “Chemical modification of wood”, *Commonwealth Forestry Bureau*, 12 (6): 363-381 (1983).
- Rowell, R.M., “Penetration and Reactivity of Cell Wall Components, R.M.Rowell ed”, ‘ACS Series 207’, “The Chemistry of Solid Wood”, *American Chemical Society*, Washington, DC., 175-255 (1984).
- Rowell, R.M. and Banks, W.B., “Water repellency and dimensional stability of wood”, Gen. Tech. Rep., FPL-50, *Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory*, Madison U.S, WI, 136-142 (1985).
- Rowell, R.M., “Chemical Modification of Wood Substance, Proceeding of A symposium on wood Technology”, *Chemistry and Construction*, Stockholm, 29-33 (1986).
- Rowell, R.M., and Kongol, P., “Treatments That Enhance Physical Properties of Wood”, Gen. Tech. Rep., FPL-GTR-55, U.S., *Department of Agriculture, Forest Product Laboratory*, Madison, WI, 12 (1987).
- Rowell, R.M., “Chemical Modification of Wood: Its Application to Composite Wood Products”, *Proceedings of The Composite Wood Products Symp.*, 57-67 (1988).
- Rowell, R.M. and Young, R.A., “Recent Advances in lignocellulosic-derived composites”, *Solar Energy Research Institute*, 103 (1989).
- Rowell, R.M., “Chemical modification of lignocellulosic fibers to produce high performance composites”, *ACS 197/4 National Meeting* Dallas, 241-258 (1989).
- Rowell, R.M., “Chemical modification of wood: A short review”, *Wood Material Science and Engineering*, 1: 29-33 (2006).
- Sadoh T., “Viscoelastic properties of wood in swelling systems”, *Wood Sci. Technol.*, 15: 57-66 (1981)
- Sander, C., Beckers, E.P.J., Miltz, H., and Veenendaal, W., “Analysis of acetylated wood by electron microscopy”, *Wood Sci Technol*, 37: 39–46 (2003).
- Sebe, G., Brook, M.A., “Hydrophobization of wood surfaces: covalent grafting of silicone polymers”, *Wood Science and Technology*, 35: 269-282 (2001).

Seborg, R.M., Tarkow, H. and Stamm, A.J., “Effect of heat upon the dimensional stabilization of wood”, Approved Tech. Article, *U.S.Department of Agriculture, Forest, Service, Forest Product Laboratory*, Madison, WI, 16 (1953).

Schuerch, C., “Principle and potential wood plasticization”, *Forest Prod. J.*, 14 (9): 377-381 (1964).

Schneider, M.H., “Hygroscopicity of wood impregnated with linseed oil”, *Wood Sci. Technol.*, 14: 107-114 (1980).

Stamm, A.J., “Effect of polyethylene glycol on dimensional stability of wood”, *Forest Prod. J.*, 10 (9): 375 – 381 (1959).

Lande S., Westin M., and Schneider M., “Properties of furfurylated wood”, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19 (5): 22-30 (2004)

Voulgaridis, E. and Banks, W.B.,” Laboratory evaluation of the performance of water repellents applied to small wood specimens”, *Holzforchung*, 37 (5): 107-114 (1980).

Voulgaridis, E., “Effect of water emperature and melting point of wax on water repellency in treated wood”, *Holzforchung und Holzverwertung*, 38 (6): 141-144 (1986).

USDA Forest Service, Wood Handbook, Chapter 23” Modified Woods and Paper-Base Laminates”, Madison, WI, 216 (1985).

Wu, J.H., Hsieh, T.H., Lin, H.Y., Shiau, I.L., and Chang, S.T., “Properties of wood plasticization with octanoyl chloride in a solvent-free system”, *Wood Sci. Technol*, 37: 363-372 (2004).

Yalınkılıç, M.K, Imamura, Y., Takahashi, M., and Yalınkılıç, A.C., “ In situ polymerization of vinyl monomers during compressive deformation of wood treated with boric acid to delay boron leaching”, *Forest Product Journal*, 49 (2): 43 – 41 (1999).

Yalınkılıç, M. K., “Daldırma ve vakum yöntemleriyle sarıçam ve doğu kayını odunlarının kreozot, imersol WR, tanalith-CBC ve tanalith CS kullanılarak emprenyesi ve emprenye edilen örneklerin yanma özellikleri”, *I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi*, Trabzon, 22-25 (1992).

Yıldız, Ü.C., “Bazı hızlı büyüyen ağaç türlerinden hazırlanan odun-polimer kompozitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri”, Doktora Tezi *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 65-75 (1994).

Yıldız, Ü.C. ve Hafizoğlu, H., “Su itici maddelerle odunda su alımının azaltılması”, *Doğa-Türk Tarım Ormanlık Dergisi*, 14: 368-375 (1990).

Yıldız, Ü.C., “Odun modifikasyonu yöntemleri”, Basılmamış Ders Notları, *K.T.Ü. Orman Fakültesi*, Trabzon, 5 (2002).

Yıldız, Ü.C., “Treatment of wood specimens in slate thickness with PEG-1000”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 50: 206 (1992).

ÖZGEÇMİŞ

Veysel TOKDEMİR, 1982 yılında Afyonkarahisar'da dünyaya geldi; ilk ve orta öğrenimini burada tamamladı. Lise eğitimini Afyon Merkez Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümünde tamamladı. 2003 yılında Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümün'de üniversite eğitimine başlayıp, 2006 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2006-2009 yılları arasında özel şirketlerde çeşitli pozisyonlarda görev aldı. 2009-2012 yılları arasında Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda görev aldı. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı ve 2012 yılında tamamladı. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksek Okulunda göreve başladı ve halen burada görev yapmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : 0545 765 26 46

e-posta : veyseltokdemir@karabuk.edu.tr