



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LİGNOSELÜLOZİK LİFLERLE TAKVİYE EDİLMİŞ PLASTİK
KOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI**

MÜRŞİT TUFAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
EYLÜL - 2008**



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LİGNOSELÜLOZİK LİFLERLE TAKVİYE EDİLMİŞ PLASTİK
KOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI**

MÜRŞİT TUFAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAHRAMANMARAŞ
EYLÜL - 2008

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

LİGNOSELÜLOZİK LİFLERLE TAKVİYE EDİLMİŞ
PLASTİK KOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI

MÜRŞİT TUFAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No :

Bu Tez 16.09.2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

.....

Doç. Dr. Nilgöl ÇETİN	Prof. Dr. Mehmet TÜMER	Doç. Dr. Arif KARADEMİR
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.....
Prof. Dr. Süleyman TOLUN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2007/3-16

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	V
ÖNSÖZ	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Lignoselüloziklerin Kimyasal İçeriği ve Hücre Duvarı Yapısı	2
1.2. Hücre Çeper Bileşenlerinin Lignoselülozik Maddelerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi	4
1.3. Lignoselülozikler Hakkında Genel Bilgi	5
1.4. Bitkisel Liflerin Üretim Durumları	8
1.4.1. Kenevir	8
1.4.2. Ketan	10
1.4.3. Isırgan	12
1.4.4. Pamuk	13
1.5. Kimyasal Modifikasyon	15
1.5.1. Kimyasal Modifikasyon Sistemleri	17
1.5.1.1. Esterler	18
1.5.1.2. Asetaller	19
1.5.1.3. Eterler	19
1.5.2. Anhidritler ve Esterleşme Yöntemi Hakkında Genel Bilgiler	19
1.6. Kompozitler Hakkında Genel Bilgi	20
1.6.1. Termoplastik Esaslı Kompozitler	21
1.6.2. Termoset Esaslı Kompozitler	21
1.6.3. Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları	21
1.6.4. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Birleştirici Maddelerin Sınıflandırılması	22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	24
3. MATERYAL VE METOT	31
3.1. Materyal	31
3.1.1. Kullanılan Lifler Hakkında Genel Bilgiler	31
3.1.1.1. Kenevir Lifleri (<i>Cannevis Sativa L.</i>)	31
3.1.1.2. Ketan Lifleri (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	32
3.1.1.3. Isırgan Lifleri (<i>Urtica Pilulifera L.</i>)	33
3.1.1.4. Pamuk (<i>Gossypium hirsutum L.</i>)	34
3.2. Metot	35
3.2.1. Yıllık Bitki Liflerinin Kimyasal Analizleri	35
3.2.1.1. Sıcak Su Ekstraksiyonu	35
3.2.1.2. Toluen/Aseton/Etanol Ekstraksiyonu	35
3.2.1.3. Holoselüloz Tayini	36
3.2.1.4. Alfa Selüloz Tayini	36
3.2.1.5. Kül Miktarının Tayini	37
3.2.2. Liflerin Anhidritlerle Kimyasal Modifikasyonu	37
3.3. Levhaların Oluşturulması	38
3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	39
3.5. pH Değerinin Belirlenmesi	39

4.1. Kimyasal Analiz	41
4.1.1. Kenevir Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu	41
4.1.2. Keten Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu.....	45
4.1.3. İsrırgan Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu.....	45
4.1.4. Pamuk Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu.....	46
4.2. Levha Üretimde Kullanılan ve Saksinik Anhidrit ile Modifiye Edilen Liflere Ait FT-IR Analizleri.....	47
4.3. Oluşturulan Poliester Kompozit Levhalara Ait Mekanik Test Sonuçları.....	51
4.4. Liflerin pH Derecesine Ait Bulgular.....	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	64

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

**LİGNOSELÜLOZİK LİFLERLE TAKVİYE EDİLMİŞ PLASTİK
KOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI**

MÜRSİT TUFAN

DANIŞMAN: Doç. Dr. Nilgöl ÇETİN

Yıl: 2008

Sayfa:64

Jüri: Doç. Dr. Nilgöl ÇETİN

: Prof. Dr. Mehmet TÜMER

: Doç. Dr. Arif KARADEMİR

Dünya'daki hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye bağılı olarak çevre kirliliğı sorunu önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu soruna paralel olarak yenilenebilir kaynakların günlük hayatta kullanımı ön plana çıkmıştır. Yenilenebilir kaynaklardan biri olan odun ve odundan elde edilen ürünler sanayide daha geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu malzemelerin en önemli avantajları doğa dostu olmaları ve yenilenebilir olmalarıdır. Bununla birlikte su, ışık ve mantar gibi çevresel olaylardan etkilenmeleri dezavantajlarını oluşturmaktadır. Ülkemiz gibi orman kaynağı az olan ülkelerde ise odun yerine alternatif olarak yıllık bitkiler kullanılmaktadır. Bu da ülke ekonomisine büyük yarar sağlamaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde yetiştirilen yıllık bitkilerden keten, kenevir, pamuk ve ısırgan lifleri kullanılarak plastik kompozit üretilmiştir. Çalışmada liflere önce saksinik, maleik, krotonik, propionik anhidritler ile kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmıştır. Bu anhidritler arasından liflere en iyi % ağırlık kazancı değeri (WPG) veren saksinik anhidrit seçilmiş ve poliester kompozitler bu anhidrit ile modifiye edilen liflerden üretilmiştir. Modifikasyon işlemi uygulanan liflerden, modifikasyon işlemi uygulanmayan liflerden ve saf poliesterden üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri

karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak WPG değerinin sıcaklık ve zaman ile arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca lignoselülozik lif takviyeli poliestere kompozitlerin başarı ile üretilebileceği belirlenmiştir. Lignoselülozik liflerle takviye edilen poliestere kompozitlerin mekanik özellikleri saf poliestere kompozitlerden iyi olmasına karşın modifikasyon işlemi uygulanan liflerle takviye edilmiş poliestere kompozitlerin mekanik özellikleri modifiye edilmemiş liflerle takviye edilen poliestere kompozitlerden daha düşük değerler sergilemiştir.

Bu çalışmada ülkemizde bulunan yıllık bitkiler kullanılarak poliestere kompozit üretimi ile ülke ekonomisine fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Poliestere kompozit, kimyasal modifikasyon, keten, kenevir, pamuk ve ısırgan lifi, saksinik anhidrit, mekanik özellikler.

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAS SUTCU IMAM
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND ENGINEERING
DEPARTMENT OF FOREST INDUSTRY ENGINEERING**

MSc THESIS

ABSTRACT

**PREPERATION OF PLASTIC COMPOSITES WITH REINFORCED
LIGNOCELLULOSICS FIBRES**

MÜRSİT TUFAN

Supervisor: : Assoc. Prof. Dr. Nilgöl ÇETİN

Year: 2008

Pages: 64

**Jury :Assoc. Prof. Dr. Nilgöl ÇETİN
:Prof. Dr. Mehmet TÜMER
:Assoc. Prof. Dr. Arif KARADEMİR**

Environmental pollution has been major problem due to rapid population growth and industrialization in the world. The importance of utilization of renewable resources has increased in parallel with these developments. As one of the renewable resource, wood and wood products have widely been used in industry. These materials have advantages of being environmentally friendly and renewable. The disadvantages of these materials are that they are adversely affected by water, fungi and light. The countries that have less forest assets like Turkey use alternative annual plants instead of wood. This provides a great deal of benefit to the economy of the country.

In this study, fibers of some lignocellulosics such as flax, hemp, cotton and nettle were used in the production of polyester composite. First, chemical modification was applied with anhydrides (succinic, maleic, crotonic and propionic anhydrides) on the fibers. It was observed that succinic anhydride modification gave the best weight percentage gain (WPG) among the other anhydrides and therefore

polyester composites were produced with this anhydride. The mechanical properties of polyester composites produced with modified fibres, non-modified fibres and pure polyester were compared. It was determined that the WPG value increased with the reaction temperature and time. Furthermore, lignocellulosic fibers were successfully used as reinforced material in polyester composites. The mechanical properties of lignocellulosic fibre reinforced polyester composites were better than the pure polyester composites. However, modified lignocellulosic fibre reinforced polyester composites showed lower mechanical test values than non-modified fibre reinforced polyester composites.

In this study, it was determined that production of polyester composites with annual plants fibres would provide benefit to the economy of the country.

Keywords: Polyester composites, chemical modification, flax, hemp, cotton and nettle fibre, succinic anhydride, mechanical properties.

ÖNSÖZ

‘Lignoselülozik Liflerle Takviye Edilmiş Plastik Kompozitlerin Hazırlanması’ adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tavsiyelerini esirgemeyen, konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde bilgi ve tecrübesi ile yanımda olan sayın danışman hocam Doç. Dr. Nilgöl ÇETİN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarımda yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Nihat Sami ÇETİN’e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans öğrenim süresince her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Hüseyin Ali ERGÜL ve Kadir KARAKUŞ’a deneylerin yapılmasında yardımcı olan arkadaşlarım, Gonca DÜZKALE ve Tamer SÖZBİR’e çok teşekkür ederim.

Burs ve materyal temininde 106M037 no’lu proje ile destek veren TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Ayrıca beni bu günlere getiren ve hayatımın her alanında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

EYLÜL 2008

Mürşit TUFAN

KAHRAMANMARAŞ

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Lignoselülozik maddelerde meydana gelen biyolojik bozunma reaksiyonları.....	2
Çizelge 1.2. Lignoselülozik maddelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini etkileyen hücre çeper bileşenleri	4
Çizelge 1.3. Bazı lignoselülozik liflerin gerilme ve özel gerilme değerleri	7
Çizelge 1.4. Lignoselülozik liflerin otomotiv endüstrisinde kullanımı	8
Çizelge 1.5. Türkiye’de kenevir üretimi bölgelere göre dağılımı	9
Çizelge 1.6. Dünya kenevir ekiliş, üretim ve verim durumu	9
Çizelge 1.7. Türkiye’de kenevir ekiliş, üretim ve verim durumu	10
Çizelge 1.8. Dünya keten ekiliş, üretim ve verim durumu.....	11
Çizelge 1.9. Türkiye’de keten ekiliş, üretim ve verim durumu	12
Çizelge 1.10. Türkiye’nin Dünyadaki pamuk üretimi içerisindeki yeri	13
Çizelge 1.11. Kısa ve uzun vadeli pamuk üretim ve tüketim projeksiyonu	15
Çizelge 1.12. Kompozit üretimde kullanılan uyum sağlayıcı maddeler	23
Çizelge 2.1. Lif hacmine göre levhaların eğilme ve çekme testleri sonuçları	24
Çizelge 2.2. Esterleştirilmiş odunun ağırlık artışı ve çürüklük direnci	28
Çizelge 2.3. Farklı lif uzunluklarında sisal poliester kompozitin çekme direnç özellikleri	30
Çizelge 3.1. Modifikasyonda kullanılan kimyasalların yapısı.	31
Çizelge 4.1. Liflerin kimyasal içerikleri.	41

SEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Selüloz molekül zinciri	3
Şekil 1.2. Doğal liflerin sınıflandırılması	6
Şekil 1.3. Keten bitkisi	11
Şekil 1.4. Isırgan otu	12
Şekil 1.5. Toplamaya hazır hale gelen pamuk ve açılan kozası	14
Şekil 1.6. Odun modifikasyon yöntemleri	17
Şekil 1.7. Asetik anhidrit ile odun arasındaki reaksiyon mekanizması	18
Şekil 1.8. Formaldehit ile lignoselülozik arasındaki reaksiyon mekanizması	19
Şekil 1. 9. Epoksitler ile lignoselülozik arasındaki reaksiyon mekanizması	19
Şekil 1. 10. Odunun bazı halkalı anhidritlerle reaksiyonu.	20
Şekil 1. 11. Monoester ve diester oluşumu	20
Şekil 3.1. Havuz içerisine konan kenevir bitkisi.	33
Şekil 3.2. Bitkiden ayrılan lifler ve gövdeden arta kalan kısım.....	32
Şekil 3.3. Tarama işleminin yapıldığı tezgahlar.	34
Şekil 3.4. Tarama işlemi tamamlanmış lifler.	32
Şekil 3.5. Küre ilçesinden gelen keten örnekleri.	33
Şekil 3.6. Isırgan otu.....	36
Şekil 3.7. Kurutulan ısırgan örnekleri	34
Şekil 3.8. Yaprak ve dallarından ayrılan ısırgan örneklerinin gövde kısmı.....	34
Şekil 3.9. Taramada kullanılan demir taraklar.....	34
Şekil 3.10. Elde edilen ısırgan lifi.....	35
Şekil 3.11. Deneylerde kullanılan pamuk lifleri.	35
Şekil 3.12. Modifikasyon sonrası vakum altında kimyasal maddelerin uzaklaştırılması.....	40
Şekil 3.13. Liflerin yerleştirildiği kalıp.	41
Şekil 3.14. Kalıbın preslenmesi.....	39
Şekil 3.15. Zwick/Roell Z010 Universal test aleti.	41
Şekil 3.16. Polyttest RayRan Çentik açma makinesi.....	40
Şekil 3.17. Zwick/Roell HIT5.5P.....	40
Şekil 4.1. Kenevir liflerinin SA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	42
Şekil 4.2. Kenevir liflerinin MA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	43
Şekil 4.3. Kenevir liflerinin KA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	43
Şekil 4.4. Kenevir liflerinin PA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	44
Şekil 4.5. Keten liflerinin farklı anhidritler ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	45
Şekil 4.6. Isırgan liflerinin farklı anhidritler ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	46
Şekil 4.7. Pamuk liflerinin farklı anhidritler ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri	46
Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda modifiye edilen kenevir liflerine ait FT-IR grafiği.	48
Şekil 4.9. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen keten lifine ait FT-IR grafiği. .	49

Şekil 4.10. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen ısırgan lifine ait FT-IR grafiği	50
Şekil 4.11. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen pamuk lifine ait FT-IR grafiği.	51
Şekil 4.12. Lif takviyeli poliester kompozitlerin çekme direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi.	52
Şekil 4.13. Lif takviyeli poliester kompozitlerin eğilme direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi.	53
Şekil 4.14. Lif takviyeli poliester kompozitlerin şok direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kg	:	Kilogram
cm	:	Santimetre
RTM	:	Resin Transfer Kalıplama
AA	:	Asetik anhidrit
GA	:	Glutarik anhidrit
CM	:	Presli kalıplama
m²	:	Metre kare
mm	:	Milimetre
KN	:	Kilonewton
Ma	:	Molekül ağırlığı
FT-IR	:	Fourier Transform Infrared Spektroskopi
°C	:	Santigrat derece
WPG	:	% Ağırlık artışı
SA	:	Saksinik anhidrit
KA	:	Krotonik anhidrit
MA	:	Maleik anhidrit
PA	:	Proponik anhidrit
J/m	:	Joule / metre
MPa	:	Mega pascal
İK	:	İsırgan lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği
İM	:	Modifiye edilmiş ısırgan lifi ile üretilen kompozit levha
KET K.	:	Keten lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği
KET M.	:	Modifiye edilmiş keten lifi ile üretilen kompozit levha
KK	:	Kenevir lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği
KM	:	Modifiye edilmiş kenevir lifi ile üretilen kompozit levha
PK	:	Pamuk lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği
PM	:	Modifiye edilmiş pamuk lifi ile üretilen kompozit levha
SP	:	Saf poliester kompozit

1. GİRİŞ

Odon ve yıllık bitkilerin lifleri tarih boyunca insan hayatında çok önemli ve büyük bir rol oynamıştır. İnsanlığın ilk dönemlerinde odun lifleri sığınak yapımında, yemeklerin pişirilmesinde, kullanılan araç ve gereçlerin yapımında ve silah yapımında kullanılmıştır. İnsanoğlu bu malzemelerin avantajları, fonksiyonellikleri, gücü, kolay çalışması ve estetik açıdan iyi olduğunu çabuk öğrenmiştir (Rowell, 2001). Ağaç malzemenin yüzyıllar önce inşa edilmiş yapıların hala sağlam bir şekilde bulunmaları, malzemenin iyi kullanılması durumunda uzun yıllar hizmet verebileceğini göstermektedir. Örneğin; Mısır piramitlerinde, az dayanıklı türlerden yapılmış malzemeler dahi binlerce yıldır kuru şartlar altında kaldığı için günümüze kadar ulaşabilmiştir (Bozkurt ve ark., 1995).

1920'lere kadar batı dünyası odun ve bitki liflerine büyük oranda bağlı kalmıştır. Plastiğin endüstride kullanılmaya başlaması ile yüksek performanslı metaller ve seramikler, diğer sentetiklerle kullanılan lignoselüloziklerin pazar payını azaltmıştır. 21. Yüzyıla gelindiğinde ise dünya nüfusunun artmasına paralel olarak tüketim artmış yenilenemeyen kaynakların bitimiyle yüz yüze kalınmıştır. Buna bağlı olarak orman ürünlerine, yenilenebilir ve çevre dostu materyallere olan ihtiyaç her geçen gün artmakta ve çeşitlilik göstermektedir. Bunun sonucu olarak da yenilenebilir kaynaklar endüstri kollarında dikkati üzerinde toplamıştır (Rowell, 2001).

Odon ve lignoselülozik maddeler selüloz, lignin, hemiselüloz, az miktarda protein, ekstraktif ve inorganik madde içerir. Bu maddeler üç boyutlu ve polimerik bileşiklerdir (Rowell, 1997). Bu materyallerin kaynakları arasında odun, zirai kökenli atıklar, su bitkileri, otlar ve diğer çeşitli bitkiler bulunmaktadır. Lignoselülozikler bazen biyokütle terimi ile tanımlanmaktadır. Biyokütle, lignoselülozik teriminden daha geniş bir anlam ifade eder. Biyokütle hayvansal materyalleri de kapsamaktadır. Örneğin hayvansal dokular ve kemikler biyokütle terimi içerisine girmektedir. Lignoselülozik materyaller fotosentez sonucu oluşmaktadır. Bunun için fotokütle olarak da adlandırılmaktadır (Rowell ve Clemons, 1992).

Bununla birlikte bu materyaller zaman içerisinde bozunmaya uğrar. İstenmeyen bu özellikler çevresel etkenlerle ortaya çıkar ve kimyasal reaksiyonların bir sonucudur. (Rowell, 1990a). Odun ve lignoselülozik maddelerde zamanla doğal koşullarda meydana gelen bozulma reaksiyonları Çizelge 1.1'de verilmiştir (Rowell, 1995a).

Bu bozunmalar ile materyaller doğada sürekli bir şekilde yok edilip doğal bir şekilde tekrar geri dönüştürülmektedir. Sonuç olarak da milyonlarca yıl kullanıldıktan sonra bile tekrar kullanılabilir (Rowell, 2001).

Çizelge 1.1'de bahsedilen bozunmaların nedeni; hücre çeper bileşenlerinin kimyasal yapısıdır. Bu doğal bozunmaları engelleyerek odun ve lignoselülozik materyallerin servis ömrünü uzatmak mümkündür (Rowell ve ark., 1993; Rowell, 1984). Bunun için birkaç farklı yöntem vardır. Geleneksel yöntem çürümeyi engellemek ve yanmayı geciktirmek için uygulanmaktadır. Uygulamada zehirli ve aşınmayı engelleyici kimyasallar kullanılmaktadır. Bu uygulama ise çevresel sorunlar meydana getirmektedir.

Diğer bir yaklaşım ise hücre duvar polimerlerinin modifikasyona uğratılmasıdır.

Modifikasyon işlemi için öncelikle yapılardaki hücre duvarı polimerlerinin bileşimi ve katılım oranları iyi bilinmelidir. Daha sonra bu yapılardan hangisinin değiştirileceği planlanmalıdır. Yapıdaki bu değişiklik odunun ve lignoselüloziklerin boyutsal stabilizesini ve raf ömrünü arttırmaktadır (Rowell ve ark., 1989).

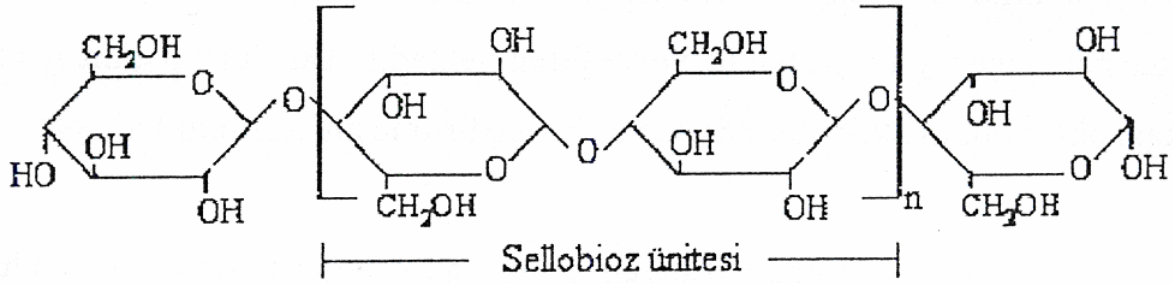
Çizelge 1.1. Lignoselülozik maddelerde meydana gelen biyolojik bozunma reaksiyonları (Rowell, 1995a).

Biyolojik Bozunma	:Mantar, bakteri, böcek, termitler
Enzimatik Reaksiyonlar	:Oksidasyon, hidroliz, indirgeme
Kimyasal Reaksiyon	:Oksidasyon, hidroliz, indirgeme
Mekaniksel	:Ezilme
Yanmayla Bozunma	:Şimşek, güneş, insan
Piroliz reaksiyonları	:Dehidrasyon, hidroliz, oksidasyon
Suyla Bozunma	:Yağmur, deniz, buz, asit yağmuru
Suyla temas	:Şişme, daralma, donma, çatlama
Havayla Bozunma	:UV ışınları, su, sıcaklık, rüzgar
Kimyasal reaksiyonlar	:Oksidasyon, hidroliz
Mekaniksel	:Erozyon
Kimyasal Bozunma	:Asit, Baz, Tuzlar
Kimyasal reaksiyonlar	:Oksidasyon, indirgeme, dehidrasyon, hidroliz
Mekaniksel Bozunma	:Toz, rüzgar, dolu, kar, kum
Mekaniksel	:Gerilim, çatlak, kırılma, aşınma

1.1. Lignoselüloziklerin Kimyasal İçeriği ve Hücre Duvarı Yapısı

Hücre çeperinin temel bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bu bileşenlerden selüloz hücre çeperinin iskeletini hemiselüloz, lignin ve pektin bu iskeleti çevreleyen ve boşlukları dolduran ara maddeyi meydana getirmektedir (Hafızoğlu, 1987).

Selüloz, glukoz ünitelerinin birbirine 1,4- β glikozidik bağı ile bağlanarak oluşturulduğu polimerlerdir. Ünitelerin her biri diğerine göre 180°'lik bir dönüş yapmaktadır. Bunun sonucu olarak da gerilimsiz lineer bir yapı ortaya çıkmaktadır. Bir anhidroglukoz ünitesinin kütlesi 162 gr'dır (Eroğlu ve Usta., 2000). Şekil 1.1'de selüloz molekül zinciri görülmektedir.



Şekil 1.1. Selüloz molekül zinciri (Nikitin, 1996).

Selüloz molekülü doğrusal ve doğal bir polimer olup, üzerinde oksitlenme ve diğer kimyasal reaksiyonlara karşı hassas olan hidroksil grupları (-OH) ve köprü oksijen atomu bulunur. Bu -OH grupları bir başka selüloz zincirini -OH grupları ile bağlanma özelliğine sahiptir. Bu gruplar aracılığı ile gerçekleşen bağlara hidrojen bağları denir. Hidroksil gruplar benzer şekilde su moleküllerini de çekebilirler. Bundan dolayı selüloz hidrofil (suyu seven) madde olarak adlandırılmaktadır. Selüloz oda sıcaklığındaki havadan %10-12, nemle doymuş havada ise %15-30 oranında rutubet alır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Selüloz zincirindeki $(C_6H_{10}O_5)_n$ anhidro glukoz birimi sayısının ortalama değerine selülozun polimerizasyon derecesi denir. Bu değer çok yüksek olup pamuk selülozu için 10.000–15.000 arasında değişir. Selüloz molekülleri düzenli ve düzensiz olmak üzere ard arda dizilen iki farklı yapı gösteren bölgeden oluşur. Düzenli kısımdan düzensiz kısma geçiş belirgin olmayıp, tedricidir. Selüloz moleküllerinin aynı yönlü ve birbirine sıkı kenetlendiği kısımlara kristalin yapı gösteren kısımlar denir. Kristalin kısımlar arasında kalan ve selüloz moleküllerinin düzensiz olarak bir araya geldiği bölgelere de amorf bölge denilmektedir (Eroğlu, 1994).

Hemiselülozlar, bitkilerde bulunan karbonhidratlar olup asit ve diğer yöntemlerle hidroliz sonucu verdikleri ürünlerle selülozdan ayrılırlar. Asit hidrolizi sonucu selüloz glikoz verdiği halde, hemiselülozlar glikozun yanında galaktoz, mannoz, arabinoz ve ksiloz gibi çeşitli şeker birimleri verirler. Yani selülozlar homopolisakkaritlere girerken hemiselülozlar heteropolisakkaritlere girmektedir. Hemiselülozlar çok hidrofildir. Oysa selüloz, hemiselülozlar kadar hidrofil değildir (Eroğlu ve Usta, 2000). Bunun nedeni hemiselülozlar serbest hidroksil (-OH) gruplarının fazla oranda bulunmasıdır. Hemiselülozlar kristal yapıya olmayıp polimerizasyon derecesi, selülozun polimerizasyon derecesinden düşüktür. Ayrıca dallanmış bir yapı gösterirler (Rowell, 1990b).

Lignin fenil propan türevli, amorf ve aromatik yapıda doğal bir polimer olup yapısı türlere ve yetiştirme ortamına göre değiştiği için kesin bir kimyasal formülünü belirlemek mümkün değildir. Net bir ergime noktası yoktur. 170-180°C'de önemli oranda yumuşar ve ayrışmaya başlar (Eroğlu, 1994). Pek çok bitkinin içerisinde bulunan lignin, bulunduğu bitkinin hücrelerini birbirine bağlayıp yapıştırıcı bir görev yaparak bitki bünyesine sağlamlık ve dayanıklılık kazandırır (Bostancı, 1987).

Lignoselülozik maddelerin, kimyasal bileşiminde selüloz, hemiselüloz ve ligninden başka ekstraktif madde bulunmaktadır. Ekstraktifler reçine, mum, tanen ve boya gibi mad-

Bunun başlıca nedeni, renk değişimlerine sebep olan ligninden kaynaklanmaktadır. Lignin odun hücre çeperinde bir bağlayıcı olarak rol almakta ve selüloz liflerini bir arada tutmaktadır. Lignin bozundukça odun yüzeyi selüloz içeriği bakımından zenginleşmektedir. Lignine kıyasla selüloz, ultraviyole ışınlarına daha az hassastır (Rowell ve ark., 1993).

Artan sıcaklıkla beraber odun hücre çeper bileşenlerinde piroliz reaksiyonları meydana gelerek lignoselülozik maddeler yanmaktadır. Hemiselüloz ve selüloz, sıcaklık altında ligninden daha fazla bozunmaktadır (Rowell, 1984; Rowell, 1995a).

1.3. Lignoselülozikler Hakkında Genel Bilgi

Orman ürünlerine olan ihtiyaç, nüfusun hızlı bir şekilde arttığı da göz önünde bulundurulursa, gün geçtikçe artmakta ve çeşitlilik oluşturmaktadır. Bu durum ise orman kaynaklarının verimli şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiş veya orman kaynakları az olan ülkelerde odun dışında kalan alternatif lignoselülozik materyallerin kullanımını ve ekonomik önemini arttırmıştır (Rowell ve Clemons, 1992). Lignoselülozik liflerin elde edildiği birçok farklı kaynak vardır. Lignoselülozikler elde edilmiş kaynakları yönünden sınıflandırıldığında Şekil 1.2.'de belirtildiği gibi inorganik ve organik lifler olmak üzere iki ana sınıfa ayrılabilir. İnorganik liflere sentetik lifler örnek gösterilebilir. Organik lifler ise bitki lifleri ve hayvan lifleri olarak kendi içerisinde ayrılmaktadır (Franck, 2000; Müssig 2001).

Lignoselülozikler fiyatlarının ucuz oluşu, yenilenebilir olmaları, geri kazanımlarının mümkün oluşu, üretim ve kullanım esnasında sağlık için bir sorun oluşturmamaları nedeniyle sanayide yaygın olarak değerlendirilmektedir (Rowell ve Clemons, 1992).

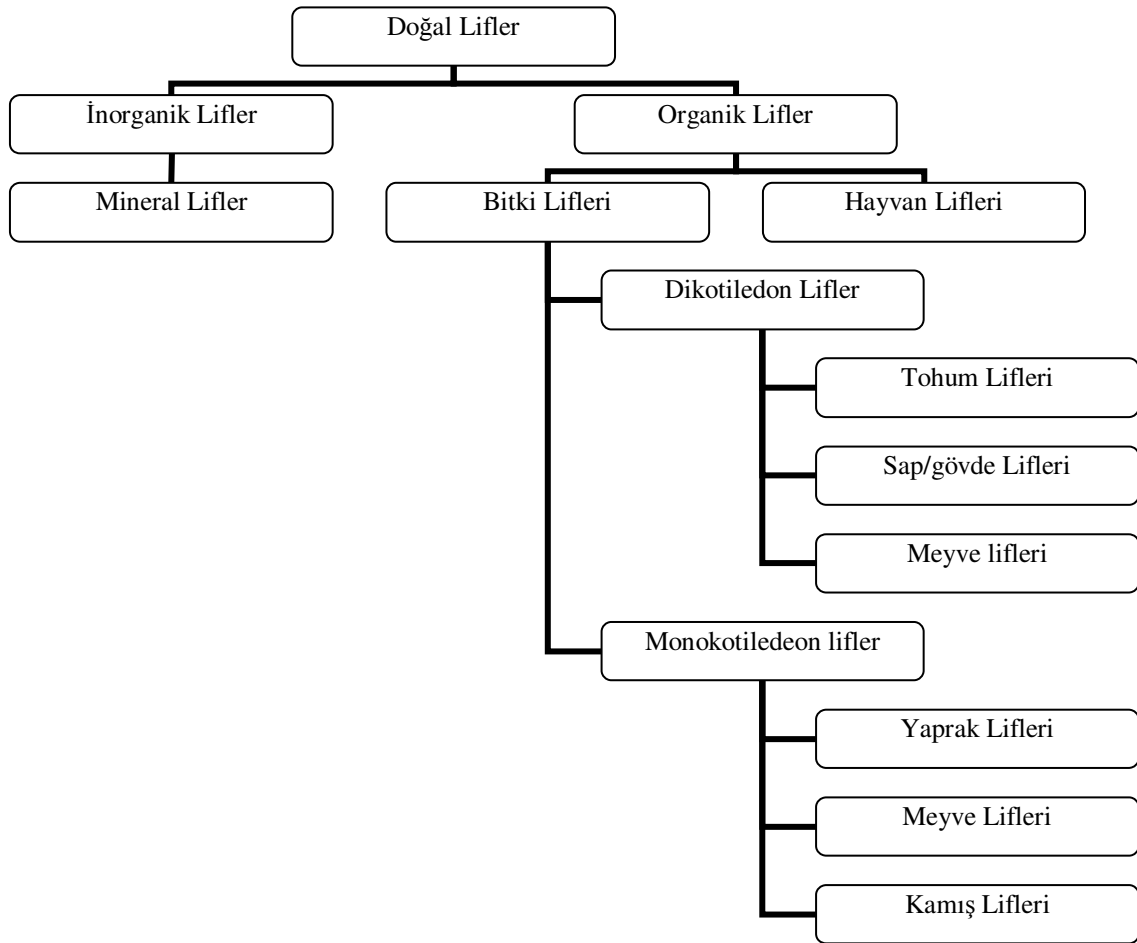
Tüm bu faktörler göz önünde tutulursa lignoselüloziklerin önemi günden güne artmış, odunun kullanıldığı ve az bulunan yerlerde alternatif olmaya başlamıştır. Gün geçtikçe artan talebin karşılanması için çeşitli alternatif çözümler aşağıdaki gibi sunulmuştur. Bunlar:

- Hızlı yetişen ağaç türlerinin veya keten kenevir vb. yıllık bitkilerin yetiştirilmesi
- Odun ve odun kökenli ürünlerin geri dönüşümü
- Tarım yan ürünlerinin ve atıklarının değerlendirilmesi.

Lignoselülozik materyaller fotosentez sonucu oluşur (Rowell, 1991). Lignoselülozik materyallerden yüksek performans gösteren materyallerin ve kompozitlerin üretilmesi mümkündür. Bunun yanında lignoselülozik bileşenlerinin kimyasal yapısının modifiye edilmesi ile boyutsal sabitlik, biyodegradasyon, UV ışınlarına karşı direnç vb. özellikleri iyileştirilebilir. Lignoselülozik liflerin termoplastik kompozitlerde kullanımını içerdikleri hidroksil gruplarından dolayı hidrofilik oluşları kısıtlamaktadır. Hidrofilik yapılarından dolayı lifler hidrofobik yapıda olan plastik matrisleri ile homojen bir karışım oluşturamamaktadır. Bunla birlikte doğal lifler su ve neme maruz kaldıklarında hacimlerinde yaklaşık olarak % 30'lara varan bir şişme görülmektedir. Fakat doğal liflerin kimyasal modifikasyon reaksiyonları ile hidroksil gruplarının hidrofobik farklı gruplar ile yer değiştirmesi sağlanarak bu liflerin hidrofilik yapıları değiştirilebilmektedir (Çetin ve ark., 2002).

Lignoselülozik materyaller kullanılarak elde edilen plastik kompozitlerin üretiminde son yirmi yılı aşkın süredir önemli bir artış olmuştur. Özellikle akademik alanda ve endüstride birçok uygulama yeri vardır. Plastik kompozitlerin güçlendirilmesinde ve üretimde katkı maddesi olarak kullanılan çok farklı lignoselülozik lif kaynağı bulunmaktadır. Şekil 1.2’de lif kaynaklarının sınıflandırılması Franck (2000)’te Müssig (2001)’e göre yapılmıştır. Lignoselüloziklerin bu endüstri alanlarında kullanımlarının birçok farklı sebebi vardır. Genel olarak sınıflandırmak gerekirse lignoselülozikler şu sebeplerden dolayı endüstride kullanılmaktadır (Bos, 2004; John ve Thomas, 2007):

- Fiyatlarının uygun oluşu
- Kullanım yerlerinde sağlık açısından sorun teşkil etmemeleri
- Yenilenebilir olmaları
- Aşındırıcı olmamaları
- Kullanılan malzemede maliyeti düşürmeleri
- Isı yalıtımlarının iyi olmaması
- Boşluklu yapısından dolayı ses izolasyonu sağlamaları
- Elektrik dirençlerinin iyi olması
- Yakılınca doğaya fazlalık CO₂ vermemeleri



Şekil 1.2. Doğal liflerin sınıflandırılması (Franck, 2000; Müssig 2001).

Lignoselülozikler temel olarak selülozdan oluşmaktadır. Bu materyaller düşük yoğunluktur ve bu düşük yoğunluklarına rağmen sert ve güçlüdür. Çizelge 1.3’de bazı lignoselülozik liflerle cam liflerinin yoğunluk, gerilme değerleri ve özel gerilme değerleri verilmiştir (Bos, 2004; Franck, 2000).

Çizelge 1.3. Bazı lignoselülozik liflerin gerilme ve özel gerilme değerleri (Bos, 2004; Franck, 2000).

Lif Türü	Cam Lifi	Keten Lifi	Kenevir Lifi	Pamuk	Sisal Lifi	Rami
Özellik						
Yoğunluk g/cm ³	2.55	1.4	1.48	1.51	1.33	1.5
Gerilme direnci (GPa)	1.4 – 2.5	0.5 – 1.5	5.5 - 9	4	6 - 7	5
E-modülü	76	50 - 70	70	10	38	44
Özel E-modülü (E/density)	30	36 - 50	47	8	29	29
Uzama Miktarı	1.8 – 3.2	2 - 3	1.6	3 - 10	2 - 3	2

Özellikle otomotiv sektöründe arabaların iç konstrüksiyonları için üretilen kompozitlerin üretiminde dolgu maddesi olarak, bu özel gerilme değerlerinden dolayı lignoselülozikler (keten, kenevir ve sisal lifleri) tercih edilmektedir. Bu üretimde odun lifleri de kullanılmaktadır. Odun liflerinden üretilen kompozitler istenilen sertlikte olmasına rağmen bu liflerin çok kısa olmalarından dolayı istenilen güçlü kompozit yapısını oluşturamamaktadır. Genel olarak bu kompozitlerin üretiminde cam lifleri kullanılmaktadır. Fakat bu liflerin fiyatları lignoselülozidlere göre çok daha fazladır. Bununla birlikte lignoselüloziklerle üretilen kompozitler insan sağlığı açısından bir sorun teşkil etmemektedir. Örneğin cam liflerinin akciğer kanserine yol açtığı tartışmaları hala devam etmektedir. Fakat bu durum lignoselülozidlere yapılan üretimde söz konusu değildir. Ayrıca lignoselülozikler deri tahrişine yol açmamaktadır. Tüm bunlara ek olarak lignoselüloziklerin en çok kullanıldıkları alanlarından biri olan otomotiv sektöründe; tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasına aşağıda sayılan faktörlerde etkilidir (Bos, 2004):

- Düşük yoğunluk (ağırlığı %10 ile 30 arasında azaltılmaktadır)
- Uygun akustik özelliği
- Uygun işlenme özelliği (araçlarda az aşınma)
- Yeni ürün teknolojisi ve materyallere göre seçilebilme özelliği
- Kazalarda yüksek dayanıklılık ve az parçalanma
- Zehirli gaz bulundurmamaları
- Nispeten geri kazanılabilir olmaları

Burada sayılan birçok avantajından dolayı lignoselülozikler Avrupa’da özellikle otomobil sektöründe son yıllarda oldukça fazla kullanılmaya başlanmıştır. Yeni kompozitlerin üretiminde kullanım oranı hızla artmaktadır. 1991 yılında kullanılan lignoselülozik miktarı 4.0 kton iken, 1999 yılında bu miktar 21 kton olduğu rapor

edilmiştir. Tüm bunlara ilave olarak Avrupa Birliği 1982 ile 2002 yılları arasında lignoselülozik liflerle yapılan çalışmalarda araştırma ve geliştirme faaliyetleri için yaklaşık olarak 50 Milyon Euro yardımda bulunmuştur. Araştırma ve geliştirme için verilen destekler göz önüne alınırsa lignoselülozik liflerin önemi daha da iyi anlaşılmaktadır (Bos, 2004).

Tüm bunlara ilaveten lignoselülozik liflerin kompozit üretiminde kullanımının bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir (Bos, 2004) :

- Kompleks yapıda olmaları
- Farklı fiziksel ve mekaniksel özellikleri
- Sezonluk oluşları
- Toplama ve depolamadaki problemler
- Sıcaklığa karşı limitli direnç göstermeleri
- Yüksek nakliye masrafları
- Yüksek iş gücü gereksinimi
- Hidrofilik oluşları

Çizelge 1.4'de lignoselüloziklerden üretilen kompozitlerin otomotiv sektöründe kullanan firmalar ve kullanıldığı modeller gösterilmektedir (Karus ve ark., 2000).

Çizelge 1.4. Lignoselülozik liflerin otomotiv endüstrisinde kullanımını (Karus ve ark., 2000).

Üretici	Model
Audi	A3, A4, A4 Avant, A6, A8, Roadster, Coupe
BMW	3,5 ve 7 serilerinde ve diğerlerinde
Daimler / Chrysler	A, C, E, S, serilerinde
Fiat	Punto, Brava, Marea, alfa Romeo 146, 156
Ford	Mondeo CD 162, Focus
Opel	Astra, Vectra, Zafira
Peugeot	406
Renault	Clio
Rover	Rover 2000 ve diğerlerinde
Saab	Kapı panellerinde
SEAT	Kapı panellerinde, oturma koltuklarında
Volkswagen	Golf A4, Passat Variant, Bora
Volvo	C70, V70

1.4. Bitkisel Liflerin Üretim Durumları

1.4.1. Kenevir

Kenevir bitkisi kendir olarak tanınan 1-5 m kadar olabilen yıllık ve dikine uzayabilen bir bitkidir. Dişi ve erkek bitkisi hemen hemen eşit miktarda olup erkek bitkiler bir süre sonra ölürler. Dişiler ise tozlaşmadan olgunlaşmaya kadar 20-40 gün yaşayabilirler. Kenevir lif üretimi için sık dikilmelidir. Çiçeklenme dikildikten 4-5 ay sonra başlar. Biçme işlemi de çiçeklenmenin hemen başında yapılmalıdır (Anonim, 2006).

Kenevir bitkisi boyuna uzanan yıllık bir bitkidir. Kalınlıkları 5-20 mm arasında olabilir. Yaprakları el biçiminde olup, ince uzun 5'li yaprakçığın bir araya gelmesinden

oluşurlar. Kendir sapı boğumlardan oluşmuştur. Kenarları dişlidir. Boğum arasının fazla olması lif verimini artırır (Anonim, 2006).

Lif bitkileri arasında kenevirin ayrı ve önemli bir yeri vardır. Pek çok yerde lifi ve tohumu için yetiştirilir. Bu lifler oldukça uzun ve yumuşak olup, urgan, ip, halat, çuval, yelken bezi, balık ağı, gibi ürünlerin yapımında kullanılır. Bu nedenle kenevir tarımı ve endüstrisi bir çok ülkenin ekonomisinde önemli yer tutmaktadır (Anonim, 2006).

Kenevir asıl ürünü olan liflerin yanı sıra tohumundan da yararlanır. Tohumu %30-35 oranında yağ içerir ve bu nedenle yağlı tohumlar arasında yer alır. Kenevir yağı yarı kuruyan yağlardandır. Bu yağlar bezir yağı, vernik, ve yağlı boya yapımında kullanılır. Tohumlarının yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspesi iyi bir hayvan yemidir. Bu küspe özellikle et ve iş hayvanlarının beslenmesinde önem taşır. Lifi çıkarıldıktan sonra kenevirden alınan artık sap ürünü dekara 600-700 kg'dır ve bu saplar yakacak maddesi olarak kullanılmasının yanı sıra kağıt ve selüloz endüstrisinin de hammaddesidir (Anonim, 2006).

Çizelge 1.5. Türkiye’de kenevir üretimi bölgelere göre dağılımı (Efe, 2006).

Bölgeler	(Hektar)		(Ton)	(kg/ha)
	Ekilen	Hasat Edilen	Üretim	Verim
Türkiye	3370	3370	4409	1308
Ege	100	100	90	900
Karadeniz	2485	2485	3455	1390

Çizelge 1.5.’de görüldüğü gibi ülkemizde Ege ve Karadeniz Bölgelerinde kenevir üretimi yapılmaktadır. Toplam olarak ülkemizde 4409 ton kenevir üretilmektedir. Bu üretimin 90 tonu Ege bölgesinde, geriye kalan 3455 tonu ise Karadeniz bölgesinde üretilmektedir. Çizelge 1.6’da görüldüğü gibi ülkemiz kenevir ekilişi alanı bakımından Dünya’da yedinci sırada bulunmaktadır.

Çizelge 1.6. Dünya kenevir ekiliş, üretim ve verim durumu (Efe, 2006).

ÜLKELER	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Kore	18500	12800	6916
İspanya	11000	15000	13636
Çin	10000	26000	26000
Şili	4550	4350	9560
Rusya Federasyonu	4000	1500	3750
Türkiye	3370	4409	1308
Ukrayna	2000	1000	5000
Romanya	600	2000	33333
Fransa	400	700	17500
Macaristan	300	600	20000
İtalya	296	1281	43277
Kore Cumhuriyeti	120	224	18667
Polonya	700	50	7143
Sırbistan ve Karadağ	50	20	4.000
DÜNYA	51886	66325	20878

Çizelge 1.7’de ise ülkemizde yetiştirilen kenevir bitkisinin ekiliş miktarları, lif olarak ve tohum olarak elde edilen üretim miktarları ve illere göre dağılımı verilmiştir. Bu verilere

göre ülkemizde en çok kenevir bitkisi üretimi Kastamonu ve Samsun illerinde yapılmaktadır.

Çizelge1.7. Türkiye’de kenevir ekiliş, üretim ve verim durumu (Efe, 2006).

İLLER	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Kastamonu	395	648 (Lif)+19 (Tohum)	1641 (Lif)+48 (Tohum)
Samsun	214	20 (Lif)+27 (Tohum)	977 (Lif)+126 (Tohum)
Çorum	43	39 (Lif)	907 (Lif)
Kütahya	8	4 (Lif)+1 (Tohum)	571 (Lif)+125 (Tohum)
TÜRKİYE	660	900 (Lif)+50 (Tohum)	1366 (Lif)+100 (Tohum)

1.4.2. Keten

Keten dünyanın en eski kültür bitkilerinden birisi olup, tarih boyunca çok çeşitli sahalarda, çok değişik amaçlarla kullanılmıştır. Kullanım alanının genişliği yanında çok geniş tarım alanlarında yetiştirilebilmesi bu bitkinin önemini artırmaktadır.

Keten (*Linum usitatissimum L.*), 9 cins ve 150 türü içeren Linaceae familyasından ekonomik öneme sahip tek bitki türüdür. İki değişik forma sahip olan keten, yağ ve lif üretiminde kullanılmakta olup, bir yıllık nadiren de çok yıllık bir endüstri bitkisidir. Uzun boylu, yüksekten dallanan ve kuvvetli liflere sahip olan formları lif üretimi amacıyla, kısa boylu kısmen alçaktan dallanan formları ise yağ elde etmek amacıyla yetiştirilir (Anonim, 2006).

Lif ketenlerinde sap uzunluğu; bitki uzunluğu ve teknik sap uzunluğu olmak üzere iki biçimde incelenir. Bunlar içerdikleri lif miktarı yönünden değişiklikler gösterir. Bitkinin kotiledon yapraklarından dallarının sonuna kadar olan uzunluğu, bitkinin boyunu oluşturduğundan buna bitki uzunluğu denir. Teknik sap uzunluğu ise, kotiledon yaprakları ile dallanmanın başladığı yere kadar olan kısımdır. Sapın lif üretimi yönünden asıl önemli olan kısmı burasıdır. Lif üretimi ancak teknik sap kısmından yapılır. Lif ketenlerinde dallanma olabildiğince bitki tepesine yakın yerden başlamalı ve sap boyu uzun olmalıdır. Çünkü sap ne kadar uzun olursa lif demetleri o kadar uzun olur. Yüksek lif verimi için teknik sap uzunluğunun en az 60 cm ve sap çapının 1-2 cm olması gereklidir. Genelde lif ketenlerinde ortalama sap uzunluğu 70-90 cm’dir (Efe, 2006).

Elle veya makine ile hasat edilen bitkinin ileri olgunluk dönemlerinde lif kalitesi düşmekte, yağ üretimi yükselmektedir. Hasat edilen keten bitkisi demetler halinde kurutulmaktadır. Kurutulan bitkiden lifler, mekanik, havuzlama (havuzlama sırasında söz konusu bakteriler pektini parçalamakta, lif kümelerinin bitki sapının odun kısmından kolayca ayrılmasını sağlamaktadır.) yöntemleri ile ayrılmaktadır. Keten lifleri sak lifleri arasında en dirençli liflerdir (Anonim, 2006).

Keten her çeşit toprakta yetişebilir. Lif ketenleri nemli havayı, yağ ketenleri ise güneşli havayı sever. Anadolu’da keten yazlık ve güzlük olarak ekilmektedir. Kışlık ketenler Ağustos-Eylül, yazlık ketenler ise Mart ve Nisan aylarında ekilir. Lif ketenlerinin uzun boylu olanları makbuldür ve gübreli toprakta yetişir. Yağ ketenleri, iyice olgunlaştıktan sonra toplandığı halde, lif ketenleri olgunlaşmadan toplanır. Keten tohumları kapsülden dövülerek çıkarılır ve elenerek temizlenir. Gövdeler iyice ezilerek içinden lifleri çıkarılır. Demet haline getirilerek havuzlara daldırılır. Bir müddet

bekletildikten sonra çıkarılıp kurutulur. Taraklardan geçirilerek düzeltilir ve yumaklar halinde hazırlanır (Anonim, 2006). Şekil 1.3'te keten bitkisinin genel bir görüntüsü ve gövde kısımları görülmektedir.



Şekil 1.3. Keten bitkisi (Efe, 2006).

Çizelge 1.8'de ise Dünyadaki keten üretim miktarları verilmiştir. Buna göre keten bitkisi özellikle Avrupa ülkelerinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemiz de ise keten bitkisinin üretimi sadece Diyarbakır ve Kocaeli illerinde yapılmaktadır. Bu iki ilde yapılan üretim ise oldukça sınırlıdır ve keten üretim yapan ülkelere göre elde ettiğimiz ürün çok azdır.

Çizelge 1.8. Dünya keten ekiliş, üretim ve verim durumu (Efe, 2006).

Ülkeler	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Çin	161000	470500	2922
Fransa	89556	90000	1005
Rusya Federasyonu	85000	60000	706
Belarus	75000	56600	755
Ukrayna	25000	12000	480
İngiltere	18000	28000	1556
İspanya	15000	11000	733
Mısır	8900	9000	1011
Litvanya	5800	5800	1000
Çek Cumhuriyeti	5365	17830	3323
Polonya	5100	10000	1961
Hollanda	4500	4000	889
İtalya	3000	450	150
Latviya	2700	800	296
Arjantin	2700	1900	704
Şili	2400	2400	1000
DÜNYA	509946	782054	2448

Çizelge 1.9'da görüldüğü gibi ülkemizde keten bitkisi sadece 250 ha alanda üretilmekte ve hektar başına ortalama 500 kg lif ve 500 kg tohum elde edilmektedir.

Çizelge 1.9. Türkiye’de keten ekiliş, üretim ve verim durumu (Efe, 2006).

İller	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Diyarbakır	150	90(tohum)	600 (tohum)
Kocaeli	100	50 (lif)+40 (tohum)	500 (lif)+400 (tohum)
TÜRKİYE	250	50 (lif)+130 (tohum)	500 (lif)+500 (tohum)

1.4.3. Isırgan

Mayıs-ağustos ayları arasında çiçek açan, 20-100 cm boyunda, virânelik, yol kenarları ve duvar diplerinde bulunan bir senelik tek evcikli otsu bir bitkidir. Gövdeleri dik, 4 kösemli, basit veya tabandan itibaren dallanmıştır. Üzerinde yakıcı tüyleri bulunur. Yapraklar saplı, oval şekilli ve dişli kenarlı, üst tarafı koyu yeşil renkli ve parlak olup, yakıcı tüylerle kaplıdır. Erkek ve dişi çiçekler bir arada olmak üzere yaprakların koltuğunda uzunca saplı küçük durumlar teşkil ederler. Çiçek örtüsü 4 parçalıdır. Meyveleri esmer renkte ve fındıksıdır. Tohum, yağ ihtiva eden bir besli dokuya sahiptir. Türkiye’de hemen Anadolu’nun her yerinde doğal olarak yetişir (Anonim, 2008a).

Isırgan otunun bilinen 3 önemli türü vardır ve bunlardan büyük ısırgan otu; *Urtica dioica*, Küçük Isırgan otu; *Urtica urens* ve Kara Isırgan otu; *Urtica pilulifera*’yı sayabiliriz. Büyük ısırgan en yaygın olarak yetişen ve kullanılan bir türdür, küçük ısırgan otu ise tentür ve kara ısırgan otunun tohumları kullanılır. *Urtica* “urere” kelimesinden türemiş olup yakıcı anlamında, *Dioica* ise “çift evli” anlamına gelir. Türkçe Isırgan diye anılması ısırması nedeniyledir. Isırgan otu takriben 2000 yıldır halk arasında romatizma ve idrar yolları rahatsızlıklarına karşı kullanılır. Günümüzde yapılan son araştırmalarla bitkinin önemi oldukça artmıştır (Anonim, 2008b).

Hasat zamanı ise Nisan’dan Ağustos’a kadar yaprakları veya bitkinin yerden 5-10 cm yukarıdan gövdesi kesilerek tamamı toplanır, havalı ve gölgelik bir yerde kurutulur. Kökleri de söküldükten sonra iyice yıkanır ve kurutulduktan sonra ince kıyılarak kaldırılır (Anonim, 2008a). Şekil 1.4’te Isırgan otunun yeşil halde bulunan yaprak ve gövde kısımlarından bir kesit görülmektedir.



Şekil 1.4. Isırgan otu (Anonim, 2008a).

1.4.4. Pamuk

Pamuk bitkisi kök, sap, yaprak, çiçek ve tohumdan oluşmaktadır. Tür ve varyetesine göre 60-120 cm, ağaç halinde olanlar ise 5-6 m boylanabilir. Pamuk 30-100 cm derine, 50-80 cm yanlarına uzanan kazık köke sahiptir. Toprak yüzeyinin 8-10 cm altında ilk yan kökler meydana gelir Bunlar yatay olarak büyürler. Yan köklerin sayıları 3-4 tanedir. Her biri tekrar dallanarak etrafa yayılır. Epidermis hücrelerinin dışa doğru uzaması ile sayısız emici tüyler meydana gelir. Genel olarak kök toprakta dik olarak ya da bir süre sonra zigzag çizerek devam eder. Uygun koşullarda kök uzunluğu 1.5 m'ye kadar ulaşabilir (Anonim, 2008c).

Çizelge 1.10. Türkiye'nin Dünyadaki pamuk üretimi içindeki yeri (Anonim, 2008d).

Ülkeler	Ekiliş (000 ha)	Verim (kg/ha)	Üretim (000 ton)	Tüketim (000 ton)	İthalat (000 ton)
Hindistan	8249	309	2551	2920	318
ABD	5216	749	3095	1744	10
Çin	4362	1074	4672	5620	495
Pakistan	2933	586	1712	1844	183
Özbekistan	1442	709	1023	208	1
Brezilya	838	987	829	854	149
Türkiye	700	1204	858	1231	403
Avustralya	348	1538	528	28	-
Suriye	232	1368	307	119	-
İsrail	12	1623	20	5	2
Endonezya	16	309	4	505	510
Meksika	80	1072	82	475	422
Dünya	31998	615	19688	20255	6262

Pamuk, alüvyonlu ve kuvvetli toprakları sever. Derin sürülmüş ve iyi gübrelenmiş topraklara ekilir. Ekim; sıcak bölgelerde şubat, soğuk bölgelerde mart-nisan aylarında yapılır. Ağustos ve eylülde hasat edilir. Pamuk için en büyük tehlike yağmurlardır. Yağmurlar, verimin ve kalitenin düşmesine sebep olur (Anonim, 2008d).

Türkiye'de M.Ö. 330 yılına dek geriye giden uzun bir tarihçesi olmasına karşın asıl gelişmesini 11. yüzyılda Selçuklu Türkleri, 14. Yüzyılda Osmanlı Türkleri zamanında olmuştur. Türkiye Cumhuriyetin ilanından sonra ise pamuk tarımına büyük önem verilmiştir (Anonim, 2008c).

Çizelge 1.10'da Türkiye'nin pamuk ekim alanı yönünden Dünya'da yedinci; birim alandan elde edilen lif pamuk verimi yönünden dördüncü; pamuk üretim miktarı yönünden altıncı; tüketim yönünden beşinci ve ithalat yönünden dördüncü ülke konumunda olduğu görülmektedir (Anonim, 2008d).

Türkiye'de yetiştirilen pamukların tamamı orta lifli pamuklar olup birçok çeşidi kullanılmaktadır. Yaygın olanları; Stoneville 453, Carolina Quin, Çukurova 1518, Sayar 314, Nazilli 84, Nazilli 87, Maraş/Erşan 92 ve Ege 7913 çeşididir (Anonim, 2008d).

Dünyanın son beş yıllık ortalama pamuk tüketimi 19,60 milyon tondur. 1951 yılında 7,60 milyon ton olan tüketim 1998 yılında 18,97 milyon ton olmuş; 1999 yılında 19,73 milyon ton, 2000 yılında 20,01 milyon ton, 2001 yılında 20,27 milyon ton olacağı tahmin edilmiştir (Anonim, 2008d).

Gelişen tekstil ve konfeksiyon sanayii, artan dünya nüfusu, artan fert başına gayri safi milli hasıla; bu unsurların yanında da sentetik elyaf fiyatları ve tüketim eğilimi dünya pamuk tüketiminin artmasını veya azalış göstermesini etkileyen başlıca unsurlar olmaktadır. İlaveten petrol fiyatlarının artışı ile sentetik ipliklerin maliyetlerinin yükselişi tekstil sanayinde hammadde olarak sentetik iplik yerine pamuk kullanma eğilimini artırmıştır (Anonim, 2008d).

Pamuk sahip olduğu özellikleri nedeniyle sentetik elyaf üretim ve kullanımında son yıllarda görülen gelişmelere rağmen dünyadaki stratejik önemini korumaktadır. Günümüzde yaklaşık 330 milyon dekar alanda pamuk tarımı yapılmakta ve 50 milyon tonun üzerinde kütlü (20 milyon ton lif) pamuk üretilmektedir (Anonim, 2008d).



Şekil 1.5. Toplamaya hazır hale gelen pamuk ve açılan kozası (Anonim, 2008b).

VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planında, Türkiye pamuk tüketiminin nüfus ve gelirdeki gelişmelere bağlı olarak yılda ortalama % 2 oranında artacağı belirtilmiştir. Bu varsayımla,

hesaplanan Türkiye pamuk üretim ve tüketim projeksiyon değerleri, Çizelge 1.11'de verilmiştir.

Çizelge 1.11. Kısa ve uzun vadeli pamuk üretim ve tüketim projeksiyonu (Anonim, 2003a; Anonim, 2003b; (*) Tahmin)

Yıllar	Üretim (000 Ton)	Tüketim (000 Ton)
1999	791	1144
2000	740	1120
2001	920	1230
2002	964	1254
2003	899	1270
2004*	928	1295
2005*	928	1321
2006*	928	1348
2007*	928	1375
2008*	928	1402
2009*	928	1430
2010*	928	1459
2011*	947	1488
2012*	966	1518
2013*	985	1548
2014*	1004	1579
2015*	1024	1611
2016*	1044	1643
2017*	1065	1676
2018*	1086	1709
2019*	1108	1743
2020*	1130	1778

1.5. Kimyasal Modifikasyon

Kimyasal modifikasyon basitçe; odun hücre duvarı polimerlerinde bulunan herhangi bir reaktif grup ile kimyasal bir madde arasında kovalent bağ oluşumu ile sonuçlanan reaksiyon şeklinde tanımlanabilir. Genel olarak bugüne kadar yapılan çalışmalarda kimyasal maddeler ile hücre duvarı polimerlerinin hidroksil grupları arasında gerçekleşen modifikasyon metotları çalışılmıştır. Bu işlemlerin ardından lignoselülozikler yeni materyal özelliği kazanırlar. Kimyasal modifikasyon işlemi bir solvent ile sıvı veya gaz halde gerçekleştirilmektedir. Modifikasyon işlemi sonrasında kimyasal madde malzemenin içerisine girip burada bir hacim kaplamaktadır. Yapısında şişme olan malzemede bu şekilde hidrofilik olan hidroksil grupları ile hidrofobik grupların yer değiştirmesi sağlanıp malzemeye boyutsal stabilize kazandırılmaktadır (Kumar, 1994).

Buna ilaveten çürüklük mantarlarına karşı herhangi bir zehirli kimyasal kullanmaksızın ahşap malzemenin direnci artmaktadır. Bununla birlikte polimer graflama vb. gibi işlemler ile ahşap malzemenin yüzeyi daha sonraki işlem için veya reaksiyonlar için aktif hale getirilebilmektedir. Kimyasal modifikasyon işleminin tarihi çok eskiye dayanmaktadır. Fakat bu proses ticari olarak uygulanmamaktadır. Bununla birlikte birçok

faktör kimyasal modifikasyonun uygulanmasını cazip kılmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Klasik anlamda odun korunmasında zehirli kimyasalların kullanılmasının sonunda çevreye verilen zarar.
- Ticari değeri yüksel olmayan, boyutsal sabitlik problemleri yüzünden kullanılmayan kavak, okaliptüs, baltalık ağaçların kimyasal modifikasyon ile ticari değerinin artırılması vb. (Rowell, 1991).

Kimyasal modifikasyon reaksiyonlarında birçok farklı kimyasal kullanılmaktadır. Bu kimyasallar içerisinde en çok kullanılan anhidritler, izosiyanatlar ve epoksitler gelmektedir (Rowell, 1991).

Modifikasyon çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

1-Aktif Modifikasyon

- Kimyasal modifikasyon
- Termal modifikasyon

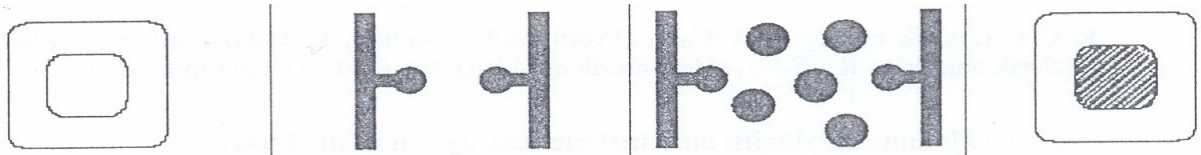
Bu modifikasyonda ısı yoluyla materyalde kimyasal değişim sağlanmaktadır. Yönteme uygulamada dikkat edilirse istenilen özellikler yakalanabilir. Bu yöntem ticari hayatta özellikle Fransa, Finlandiya ve Hollanda'da bugün çok kullanılmaktadır.

- Enzimatik modifikasyonu

2-Pasif Modifikasyon

- Emprenye modifikasyonu (Hill, 2006)

Aşağıda Şekil 1. 6.'da çeşitli odun modifikasyon yöntemleri gösterilmiştir.

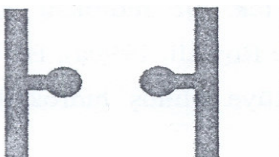


A: Muamele edilmemiş hücre çeperi

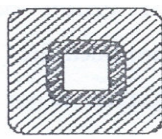
B: Hücre çeper bileşenleri OH grupları ile birlikte

C: Hücre çeper bileşenleri arasında su molekülleri

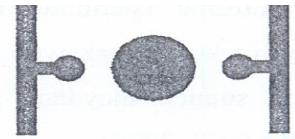
D: Dolu lümen



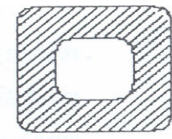
E: Yapısı değişmemiş hücre çeper bileşenleri



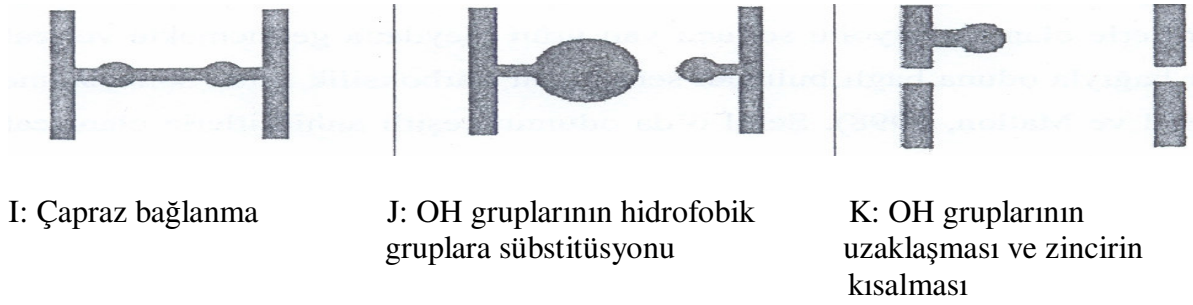
F: Şişmiş hücre çeperi



G: Şişirici kimyasallar boşluklarda (Blokasyon)



H: Modifiye edilmiş çeper



Şekil 1.6. Odun modifikasyon yöntemleri (Homan ve ark., 2006).

1.5.1. Kimyasal Modifikasyon Sistemleri

Günümüze kadar yapılan modifikasyon işlemlerinde en çok hidroksil grubu ile ilgili reaksiyonlar çalışılmıştır. Bununla birlikte hücre duvarı polimerlerin kimyasal modifikasyonunda uygulanacak birçok farklı yöntem vardır. Hücre duvarı polimerlerinde en çok bulunan reaktif kısım hidroksil grubudur (-OH). Bunun yanında lignin yapısı içerisinde bulunan doymamış yapılarda reaktif kısım olmanın yanında serbest radikal ve grafting için kullanılabilir (Çetin, 2001);

Kimyasal modifikasyon işleminde dikkat edilmesi gerekli konuları Çetin (2007) detaylı olarak şu şekilde sıralamıştır:

Hidroksil reaktif grubu modifikasyon için tercih edildiğinde, seçilecek olan kimyasal maddelerin modifikasyon yapılacak materyalin bileşenlerinin hidroksil grupları ile reaksiyona girecek fonksiyonel grupları içermesi gerekmektedir. Bunun yanında bu fonksiyonel grupları içeren bazı kimyasalların hidroksil grupları ile reaksiyona girmediği de literatürde bilinmektedir.

İkinci ise kullanılan kimyasal maddenin toksik özelliğidir. Kullanılan kimyasal madde toksik veya kanserojen olmamalı, üretim sırasında çalışanlara ve kullanılan alet ve makineyi zarar vermemelidir.

Kaynama noktası sıcaklığı düşük (90-150°C) kimyasallar seçilirse reaksiyon sonrası fazla kimyasal maddenin geri dönüşümü kolay olacaktır. Bununla birlikte reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken sıcaklık değerleri hücre duvarı bileşenlerinin yapısını bozmayacak yükseklikte ($\leq 150^\circ\text{C}$) olmalıdır. Ayrıca reaksiyon mümkün olduğunca düşük sıcaklıklarda hızlı bir şekilde gerçekleşmelidir.

Kimyasal maddenin reaktif kısımlara ulaşması reaksiyonun gerçekleşmesi için büyük önem taşımaktadır. Reaktif kısımlara kimyasalın nüfuzunun artırılması için kimyasal madde aynı zamanda ahşap malzemenin yapısını şişirme özelliğine sahip olmalıdır. Eğer kullanılan kimyasal maddenin şişirme özelliği yok ise başka bir kimyasal madde yahut solvent ile bu istenilen özellik sağlanabilir.

Hemen hemen tüm kimyasal reaksiyonlar kataliz gerektirmektedir. Modifikasyonu sırasında kullanılan asit ve bazlar geniş ölçüde ahşap malzemenin bozulmasına neden

olmaktadır. Bu sebeple ahşap malzemenin kimyasal modifikasyonu esnasında zayıf alkali katalizler tercih edilmektedir. Bu zayıf alkali katalizlerin hücre duvarı yapılarını şişirmesi sayesinde kimyasal maddeler reaktif kısımlara daha kolay ulaşabilmektedir.

Ahşap malzemenin içerisinde bulunan sudaki hidroksil grupları, ahşap malzeme içindeki hidroksil gruplarından daha reaktif olduğundan su ile kimyasal madde arasında reaksiyon gerçekleşmektedir. Bunun için reaksiyona girecek olan ahşap malzeme mümkün olduğunca kuru olmalıdır.

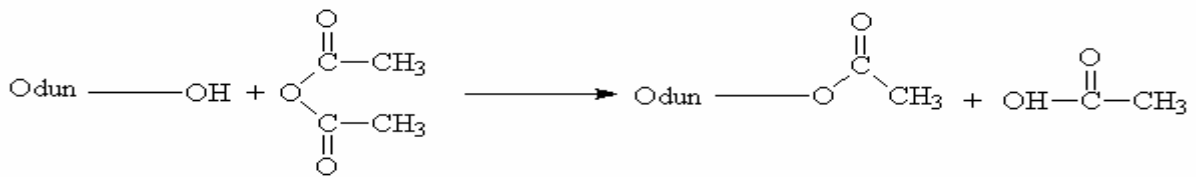
Reaksiyon sisteminin basit olması reaksiyona girmemiş fazla kimyasal maddenin geri dönüşümünün sağlanabilmesini kolaylaştırmaktadır. Eğer mümkünse reaksiyon sırasında her hangi bir yan ürün oluşmamalıdır.

Kimyasal madde ile ahşap malzemenin reaktif grubu arasında oluşan bağ büyük önem taşımaktadır. Bu bağ dış çevre şartlarına karşı sağlam olmalıdır. Oluşan kimyasal bağ tiplerinin sağlamlığı büyükten küçüğe doğru şöyle sıralanabilir: eter> asetal> ester. Eter bağı karbon ile oksijen arasında oluşması istenilen kovalent bağ tipidir. Bu bağ tipi oldukça sağlam olup, polisakkaritler bünyesinde bulunan şekerler arasındaki glikozidik bağdan bile güçlüdür. Son olarak dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise kimyasal maddenin maliyetidir.

Kimyasal modifikasyon yöntemleri oluşan kimyasal bağ tipine göre ester, asetal ve eter olmak üzere üç ana sınıf altında toplanabilir (Çetin, 2001).

1.5.1.1. Esterler

Günümüze kadar en çok modifikasyon çalışmalarında asetik anhidrit kullanılmıştır. Asetik anhidrit reaksiyonu sonucunda odun asetatı ve yan ürün olarak asetik asit oluşmaktadır. Odun ile asetik anhidrit arasında gerçekleşen reaksiyon mekanizması Şekil 1.7’de verilmiştir.



Şekil 1. 7. Asetik anhidrit ile odun arasındaki reaksiyon mekanizması (Çetin, 2001).

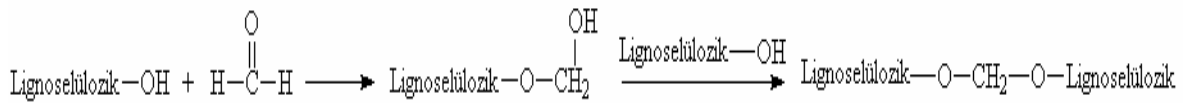
Asetillendirme reaksiyonu tek taraflı reaksiyondur. Yani her asetil grubu polimerleşme olmaksızın bir hidroksil grubu ile reaksiyona girmektedir.

Bunun anlamı asetillendirme sonucu elde edilen ağırlık kazancı bloke edilmiş hidroksil grup ünitelerinin sayısına direkt olarak çevrilebilir. Diğer anhidritlerin örneğin propiyonik, bütirik, heksanoik, vb. odun ile reaksiyona girdiği bilinmektedir. Ayrıca di fonksiyonel anhidritlerin kullanılması (krotonik ve metakrilik anhidrit) ile ahşap malzeme

yüzeyinde aktif kısımlar oluşturulmuş, bu ahşap kısımlar üzerine vinil monomerlerinin graftlanması mümkün olduğu rapor edilmiştir (Çetin, 2001).

1.5.1.2. Asetaller

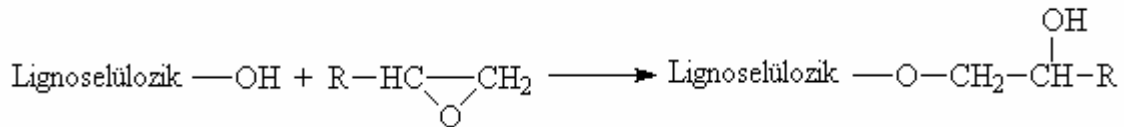
Burada formaldehit odun hidroksil grubu ile iki aşamada reaksiyona girmektedir. Formaldehitin bir molekülü lignin, selüloz veya hemiselüloz üzerinde bulunan bir hidroksil grubu ile reaksiyona girerek hemiasetal yapısı oluşturur. Bu hemiasetaller oldukça reaktif olup diğer bir hidroksil grubu ile çapraz bağ oluşturarak asetal ürününün oluşumu ile sonuçlanır. Bu reaksiyonda genellikle güçlü bir asit kataliz olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.8'de lignoselülozlerle formaldehit arasında meydana gelen reaksiyon mekanizması gösterilmiştir (Çetin, 2001).



Şekil 1. 8. Formaldehit ile lignoselüloz arasındaki reaksiyon mekanizması (Çetin, 2001).

1.5.1.3. Eterler

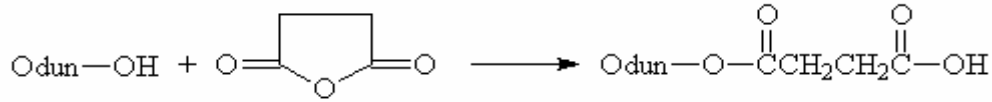
Epoksitler ile lignoselüloz hidroksil grupları arasındaki reaksiyon hem asit hem de baz katalizler eşliğinde gerçekleşir. Bununla birlikte odun ile ilgili modifikasyon çalışmalarının tamamında alkali kataliz kullanılmıştır. Odun hidroksil grubu ile reaksiyona giren epoksit molekülünün yeni bir hidroksil grubu oluşturması ve bu oluşan grup ile başka bir epoksit molekülünün reaksiyona girmesi sonucunda polimerleşme oluşmaktadır. Lignoselüloz içerisinde bulunan su polimer başlatıcısı olarak rol oynamakta ve oduna bağlanmamış glikollerin oluşmasına neden olmaktadır. Etilen, propilen veya bütilen oksitin orta alkali koşullar altında lignoselüloz hidroksil grupları ile kolay bir şekilde reaksiyona girdiği önceki çalışmalarda belirtilmiştir. Şekil 1.9'da epoksitler ile lignoselülozler arasında meydana gelen reaksiyon mekanizması verilmiştir (Çetin, 2001).



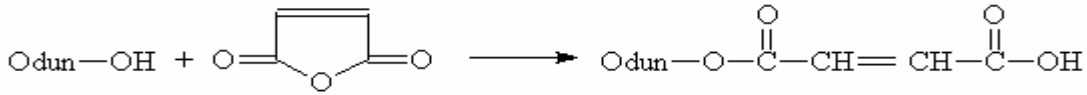
Şekil 1. 9. Epoksitler ile lignoselüloz arasındaki reaksiyon mekanizması (Çetin, 2001).

1.5.2. Anhidritler ve Esterleşme Yöntemi Hakkında Genel Bilgiler

Odunun saksinik anhidrit (SA), maleik anhidrit (MA) halkalı anhidritlerle olan reaksiyonu sonucu yan ürün meydana gelmemekte ve reaksiyon kovalent ester bağıyla oduna bağlı bulunan serbest bir karboksilik asitle sonuçlanmaktadır. (Hill ve Khalil, 2000; Hill ve Mallon, 1998). Şekil 1.10'da odunun halkalı anhidritlerle olan reaksiyon mekanizmaları verilmiştir.



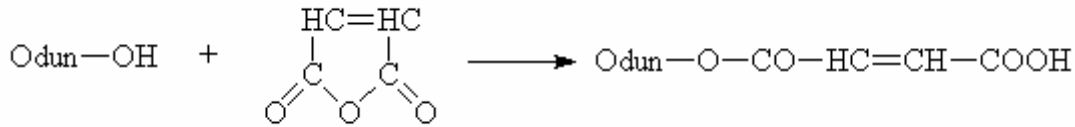
Saksinik anhidrit (Chang ve Chang, 2001).



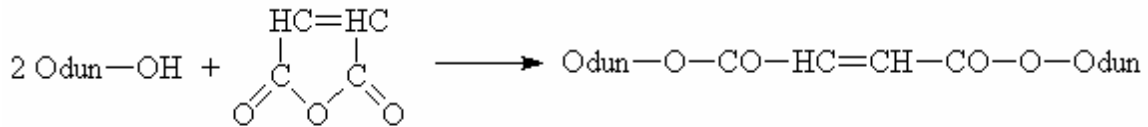
Maleik anhidrit (Chang ve Chang, 2001).

Şekil 1. 10. Odunun bazı halkalı anhidritlerle reaksiyonu.

Serin (2005)'in, Hassan ve ark. (2000)'den bildirildiğine göre üzere SA veya MA'in hücre çeper bileşenlerinin hidroksil grubuyla reaksiyona girmesi sonucu serbest karboksilik asit içeren bir yapı meydana gelmektedir (monoester oluşumu). Reaksiyon ilerlediğinde karboksilik asit ve odunun hidroksil grupları arasında bir çapraz bağlanma oluşmaktadır. Bu reaksiyona diester oluşumu denmektedir (Şekil 1.11).



Maleik anhidrit Esterleştirilmiş odun – Monoester (MM).



Maleik anhidrit Esterleştirilmiş odun – Diester (DM).

Şekil 1. 11. Monoester ve diester oluşumu (Hassan ve ark., 2000).

1.6. Kompozitler Hakkında Genel Bilgi

Kompozit terimi, farklı iki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesiyle oluşturulan malzemeleri ifade eder. Genel olarak, kompozitler farklı iki veya daha fazla materyalin herhangi bir formda kombinasyonu ile elde edilen malzemelerdir. Kompozitler çoğu zaman kendilerini oluşturan materyalin faydalı özelliklerini alırlar ve bunlardan çok daha faydalı özelliklere sahip yeni malzemeler meydana getirirler. Odun lifleri ve plastikler

bu iki materyal olarak kullanıldıklarında üretilen malzemeler odun-plastik malzemeler olarak adlandırılırlar (Güller, 2001).

Kompozit üretiminde kullanılan polimerler termal davranışlarına göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar

- Termoplastikler (Polipropilen, polietilen, polistiren, ve polivinil klorür)
- Termosetler (Epoksiler, fenol formaldehit tutkalı ve doymamış poliesterler)

Polimer olarak termoplastikler ya da termosetler kompozit üretiminde kullanılabilirler.

1.6.1. Termoplastik Esaslı Kompozitler

Termoplastikler doğrusal veya dallanmış yapıya sahip olan, ısıtılarak yumuşatılıp soğutulurken katılaştırılabilen polimerlerdir. Bu özellikleri dolayısıyla yeniden kullanılabilir (geri dönüşüm) özelliğine sahiptirler. Bu tip polimerlere örnek olarak polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), akrilik ve naylon verilebilir (Güller, 2001).

Termoplastiklerin içerisine malzemeyi güçlendirmek ya da maliyeti azaltmak amacıyla lignoselülozik yapıya sahip odun ve diğer organik maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Fakat ülkemizde faaliyet gösteren plastik endüstrisinde organik dolgu maddelerinin (odun unu, tarımsal artık unu vb.) henüz kullanılmadığı görülmektedir. Yapısı itibarıyla tarımsal atıklarında plastik sektöründe kullanılma potansiyeli vardır (Güller, 2001).

1.6.2. Termoset Esaslı Kompozitler

Termosetler çapraz-bağ (cross-linked) yapıya sahip olup ısı yoluyla katılaştıran polimerlerdir. Bunlar genellikle sentetik tutkallar ve sert plastikler olarak bilinirler. Termosetler, katalizör veya ısı etkisiyle katılaşırlar ve bozunmadan tekrar sıvılaştırılmaları yada yumuşatılmaları imkânsızdır. Fenolikler, melamin, epoksi, poliüretan ve üre formaldehit bu gruptaki plastiklerdendir. Bunlardan fenolikler ve üre-formaldehitler en yaygın kullanılanlardır (Güller, 2001).

1.6.3. Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları

- Bahçe ve parklarda: Kamelya, balkon, çitler ve bahçe mobilyaları yapımında kullanılır.
- Bina ve inşaatlarda: Kapı ve pencere yapımında kullanılır.
- Endüstriyel ve altyapı tesislerinde: denizcilikte, liman ve tren yolları yapımında kullanılır.
- Diğer kullanım yerleri: Otomotiv, müzik ve spor aletleri yapımında ayrıca daha birçok yerde kullanılabilir (Mengeloğlu ve ark., 2002)

Odun lifleriyle veya odunla üretilen bir çok kompozit malzeme mevcuttur. Ancak odun kaynaklarındaki azalma, artan kereste fiyatları, orman kesimine karşı çevreci baskılar ve artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla az kullanılan ve kullanılmış

maddelerin yeniden işlenerek kullanılabilir hale getirilen lifleri, buğday sapları, empenye edilmiş ve kullanma süresini tamamlamış malzemeler kompozit malzemelerin üretiminde kullanılabilir olması odun liflerine ve odunlara olan ihtiyacı önemli derecede azaltmaktadır (Mengeloğlu ve ark., 2002).

Ayrıca, kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan alternatif malzemelerin hammadde kıtlığı çeken ve fiyatları artan odun ve plastik endüstrisinde büyük faydalar sağlamaktadır (Mengeloğlu ve ark., 2002).

Bu nedenle, odun plastik kompozitlerin üretilmesinin ne kadar önemli ve gerekli olduğu görülmektedir.

Kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

Avantajları;

- Hacimsel olarak daha düşük maliyete sahiptirler
- Plastik matrislerin yoğunluğu yüksek olduğundan lignoselülozik materyallerle karıştırıldığında bu yoğunluk düşmektedir
- Yüksek modülüs ağırlık oranına sahiptirler
- Üretimde sağladığı esneklik yüksektir
- Farklı mekanik özellikler elde etmek için farklı katmanlardan ve farklı kombinasyonlarla kompozit malzeme inşa edilebilir
- Yüksek spesifik sertlik sağlanabilir (yüksek dayanıklılık/ yoğunluk oranı)
- Kompozit malzemeler kimyasallara, korozyona ve hava şartlarına dayanıklılık gösterir
- Karmaşık parçaların tek olarak üretilmesinden dolayı parça sayısının azalmasını sağlarlar. Böylece ara birleştirme detay ve parçalarının azalmasıyla üretim süresi kısalmaktadır (Mengeloğlu ve ark., 2002).

Dezavantajları;

- Plastik hammaddenin pahalı olması, özellikle de termoplastik matrislerin pahalı olması odun plastik kompozitlerin üretiminde en büyük dezavantajdır.
- Kompozitler kırılğan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler ve onarımları yeni problemler meydana getirmektedir
- Bazı kurutma teknikleri uzun zaman alabilmektedir
- Plastiğe göre daha düşük çarpma direncine sahiptir (Mengeloğlu ve ark., 2002).

1.6.4. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Birleştirici Maddelerin Sınıflandırılması

Kompozitlerde 40'tan fazla birleştirici kimyasal madde kullanılmıştır. Bu maddeler inorganik, organik ve organik-inorganik gruplar olarak sınıflandırılmaktadır (Çetin ve ark., 2000).

- Organik maddeler izosiyanat, anhidritler, amitler, abriatlar, klorotriazinler, epoksitler, organik asitler, monomerler, polimerler ve kopolimerler.
- İnorganik maddeler, silikat gibi sadece bazı inorganik birleştirici maddelerdir.
- Organik-inorganik maddeler ise silan ve titanları içermektedir.

Çizelge 1.12. Kompozit üretimde kullanılan uyum sağlayıcı maddeler (Çetin ve ark., 2000).

A. ORGANİK MADDELER	B. İNORGANİK MADDELER	C. ORGANİK VE İNORGANİK MADDELER
<p>1.Akrilatlar:</p> <p>Glisidil metakrilat (GMA)</p> <p>Hidroksietil metakrilat (HEMA)</p> <p>2.Amitler ve imitler:</p> <p>N,N'-m-Fenilen bismaleiksimit (FBMS)</p> <p>3.Anhidritler:</p> <p>Asetik anhidrit (AA), Saksinik anhidrit (SA)</p> <p>Ftatik anhidrit (PHA), Maleik anhidrit (MA)</p> <p>4.Epoksitler:</p> <p>Butilen oksit (BO), Propilen oksit (PO)</p> <p>5.İzosiyanatlar:</p> <p>Etil izosiyanat (EIC)</p> <p>Poli[etilen(polifenil izosiyanat)](PEPPIC)</p> <p>Poli[metilen(polifenil izosiyanat)](PMPPIC)</p> <p>6.Organik asitler:</p> <p>Abietik asit (ABAC), Niloleik asit (LAC)</p> <p>7.Monomerler:</p> <p>Akrilonitril (AN), Stiren (St)</p> <p>Metakrilik asit (MAA), Metil metakrilat (MMA)</p> <p>Epoksi propil metakrilat (EPMA)</p> <p>8.Polimer ve kopolimerler:</p> <p>Maleik anhidritli polietilen (MAPE)</p> <p>Maleik anhidritli polipropilen (MAPP)</p> <p>Polimetakrilik asit (PMAA)</p> <p>Polistiren/polimetakrilik asit (PS-PMAA)</p> <p>Polivinil asetat (PVAC)</p> <p>Fenol formaldehit reçinesi.</p>	<p>1.Silikatlar:</p> <p>Sodyum silikat (Na₂SiO₃)</p>	<p>1.Silanlar:</p> <p>Vinil(2-metoksietoksi)silan (A-172)</p> <p>γ-metakriloksipropiltrimetok silan (A-174)</p> <p>β-(3,4-Epoksisikloheksil silan (A-186)</p> <p>γ-Glicidoksil propiltrimetoksil silan (A-187)</p> <p>γ-Aminopropiltrimetoksil silan (A-1100)</p> <p>2.Titanlar</p> <p>Titanyumdi(dioktilpayrofosfat)ak siasetat (KR 138S)</p>

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günümüze kadar lignoselülozik materyallere farklı kimyasallar kullanılarak çeşitli modifikasyon metotları çalışılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Saman saplarının kullanıldığı bir çalışmada doymamış poliester ile kompozit oluşturulmuştur. Kompozit oluşumunda saman sapları rastgele seçilmiş fakat 6 cm'den kısa olan saplar kullanılmamıştır. Üretim 5 MN/ m² pres altında 18 saat kalıp içerisinde bekletilerek yapılmıştır. Numune kalıptan ayrılmadan önce 2 saat 80°C'de kürlenmiştir. Üretim için değişik lif oranları kullanılmıştır, en fazla lif miktarı %50 olarak alınmıştır. Numune boyutları 300x15x3 mm olarak ayarlanmıştır. Çalışmada yapılan mekanik testlerin lif miktarına göre oranları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Çalışmada saman sapları ile poliester kompozit üretilebileceği belirlenmiştir. Saman saplarının poliester kompozitin yoğunluğunu azaltmasına rağmen sağlamlığını ve sertliğini arttırdığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kullanılan materyal ile üretilen plastik kompozitin maliyeti azalttığı tespit edilmiştir (White ve Ansell, 1983).

Çizelge 2.1. Lif hacmine göre levhaların eğilme ve çekme testleri sonuçları (White ve Ansell, 1983).

Lif Ağırlığı (%)	Lif Hacmi (%)	Yoğunluk (kN/m ³)	Eğilme Direnci			Çekme Direnci	
			E (GN/m ²)	σ _{max} (MN/m ²)	E/p (m/10 ⁶)	E (GN/m ²)	E/p (m/10 ⁶)
0	0	11.28	4.4	32	0.39	3.3	0.29
10	21	9.91	2.7	25	0.27	4.2	0.42
20	37	8.83	4.7	40	0.53	4.7	0.53
30	50	8.04	4.9	47	0.61	5.6	0.70
40	61	7.36	5.5	53	0.75	8.2	1.11
40	61	7.36	7.3	56	0.99	8.0	1.09
50	70	6.77	6.2	34	0.92	-	-

Keten lifleri ve poliesterden elde edilen kompozit çalışmasında farklı keten lifi hacimlerinde kompozit malzemenin mekanik özellikleri incelenmiştir. Kompozit malzemenin içerisindeki lif hacmi % 60'lara kadar çıkartılmıştır. Çalışmada katkı maddesi kullanılmadan üretilen poliester kompozitin elastikiyet modülü 442 MN m⁻², çekme direnci 55.5 GN m⁻² değerlerine ulaşılmıştır. Bununla birlikte levha içerisindeki lif miktarı %60'lara çıkartıldığında elastikiyet modülü 35 GN m⁻², çekme direnci 250 MN m⁻², olarak belirlenmiştir (Roe ve Ansell, 1985).

Avrupa göknarı (*Picea abies*) ile yapılan bir çalışmada odun örnekleri 20x15x5 mm

boyutlarında yongalar haline ve bazı yongalar ise disk rafinör kullanılarak liflendirilmiş ve asetillendirilerek modifiye edilmiştir. Picea abies yongalarının %15.8'lik bir asetil içeriği ile 2 saat asetillendirilmesi sonunda ağırlık artışının %14.2 olduğu bulunmuştur. Liflendirilen yongalar aynı şartlar altında asetillendirilmiş ve asetil içeriği %15.4 bulunmuştur, bunun sonucu olarak da liflendirme yönteminin asetil gruplarında kayba neden olmadığı anlaşılmıştır. Asetillendirilmiş yongalardan elde edilen %20.5'lik bir asetil içeriğine sahip liflerin tekrar asetillendirilmesi ile ağırlık artışı %6.2 bulunmuştur. Aynı çalışmada materyal olarak titrek kavak, sahil çamı, bambu, kenevir, ve su bitkisi kullanılmıştır. Bu bitkilerle 2 saat reaksiyon süresi sonunda maksimum ağırlık artışı %20 bulunmuştur. Ayrıca ilave olarak yapılan 2 saatlik bir reaksiyon süresinin ağırlık artışında sadece % 2-3 arttırdığı bulunmuştur. Aynı çalışmada asetillendirilmiş lignoselülozik materyallerin %65 nispi nemde denge rutubetinde azalmalar gözlenmiştir. Yaklaşık % 20 asetilenin bağlanmasıyla rutubet içeriğinde maksimum bir azalma elde edilmiştir (Rowell ve ark., 1989).

Titrek kavak lifleri kullanılarak yapılan bir çalışmada maleik anhidrit (MA), asetik anhidrit (AA), saksinik anhidrit (SA) ile lifler modifiye edilmiştir. Lifler modifikasyon sonrası kilograma saksinik anhidritle 6.0, asetik anhidritle 4.5 ve maleik anhidritle 2.0 mol artış göstermiştir. Modifiye edilen bu liflerde en iyi termoplastik özelliği SA ile modifiye edilen lifler sağlamıştır. Daha sonra modifiye edilmiş bu lifler polipropilen ve fenol formaldehit kullanılarak sıcak presle preslenip lif levha üretilmiştir. Esterleştirme yapılan liflerle oluşturulan levhaların tamamında nem içeriği azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte boyutsal stabilitenin sağlandığı ve su alma miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Fakat üretilen levhaların uzun süre bu içerisinde kalması durumunda su alma miktarının arttığı tespit edilmiştir (Clemons ve ark., 1991).

Titrek kavak lifleri ile yapılan bir çalışmada lifler asetik anhidrit (AA), saksinik anhidrit (SA) ve maleik anhidrit (MA) ile modifiye edilmiştir. Liflerin modifikasyonu AA için 3 dakika içerisinde batırmak suretiyle, SA ve MA için doymuş sıcak ksilen çözeltilisine 3 dakika süreyle batırılmak suretiyle yapılmıştır. AA ile modifiye edilen lifler asetik asit oluşumuna karşı 10 dakika süre ile vakumlanmıştır. Daha sonra 105°C'de lifler kurutulmuştur. Çalışmada liflerle en iyi reaksiyona giren AA olmuştur. SA ve MA çift bağ dışında aynı yapıya sahip olmasına rağmen MA odunla daha az reaksiyona girmektedir. Bunun nedeni olarak da, MA'in kararsız bir yapı göstermesi, çift bağ nedeniyle rijit bir yapısı olması ve buna bağlı olarak hücre çeperine penetrasyonunun zor olabileceği belirtilmiştir (Rowell ve Clemons, 1992).

Pamuk lifleri saksinik anhidrit (SA) ve glutarik anhidrit (GA) ile modifiye edilmiş, reaksiyon sıcaklığı ve sürenin artması ile ağırlık artışı yükseldiği tespit edilmiştir. 65°C sıcaklıkta, bir saat süre ile gerçekleştirilen reaksiyon sonrasında liflerde SA için % 12.6 ve GA için % 9.6'lık ağırlık artışı tespit edilmiştir. Sıcaklık 80°C ve reaksiyon süresi iki saat olduğunda ise ağırlık artışı SA için 18.9 ve GA için 23.0 olarak bulunmuştur. Modifiye edilmiş pamuk liflerinin kristal yapısının değişmediği bildirilmiştir (Freddi ve ark., 1999).

Lignoselülozik liflerle poliester matriksinin beraber kullanılabilmesi için bağdaştırıcı bir ajana gereksinim vardır. Çünkü lignoselülozikler hidrofilik, poliester matriksi hidrofobik bir özellik göstermektedir. Bu sebepten zayıf bir lif-matriks dispersiyonu meydana gelmektedir. Bunun da bir sonucu olarak üretilen kompozitlerin mekaniksel

özellikleri zayıf olmaktadır. Bağdaştırıcı ajan olarak asetik anhidrit (AA) kullanılmasıyla lif ve matris arasında makaslama direnci artmakta ve kompozit levhanın çekme ve çarpma direnci biraz iyileşmektedir (Hill ve, 2000).

Yapılan başka bir çalışmada kenevir lifleri RTM (Resin Transfer Moulding) tekniğiyle poliester kompozit üretilmiş, eğilme ve şok dirençlerindeki değişiklikler incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda üretilen poliester kompozitlerde lif miktarının artışına paralel olarak eğilme direncinde artma tespit edilmiştir. Ayrıca düşük lif içeriği olan kompozitlerin sertlik direncinin azaldığı görülmüştür. Poliester kompozit ve kenevir liflerinin yüzeylerinin arasındaki bağın kimyasal modifikasyon ile arttığı, bunu da kenevir liflerinin hidroksil gruplarının esterifikasyonu ve kullanılan metakrilat anhidritin sağladığı belirlenmiştir. Polimer matris ile lifler arasındaki bağların artışı kompozitin kırılmasındaki eğilme stresini etkilemediği ama dayanıklılığa zararlı olduğu bunun da kompozitten ayrılan liflerin kırılmasına atfedildiği görülmüştür (Sebe ve ark., 2000).

RTM teknolojisi kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada ise keten lifleri keçe haline getirilip, cam liflerin üretiminde olduğu gibi sertleştiricinin akışı oluşturulan keçeden geçecek şekilde yapılmış ve kompozit oluşturulmuştur. Kompozitler keten lifinden, cam lifinden ve bu ikisinin karışımından olmak üzere üç farklı tür olarak üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda RTM teknolojisi ile keten liflerinden kompozit üretilebileceği ve bunun da maliyeti düşürebileceği bulunmuştur. Kompozit içerisine keten liflerinin karıştırılması ile plastik kompozitin eğilme, çekme ve şok direnci testlerinde azalma görülmüştür (O'Dell, 1997). Saksinik anhidrit (SA) ve şeker kamışı lifleri kullanılarak yapılan bir çalışmada sıcaklığın 130°C ve sürenin 2-3 saat üzerinde gerçekleştirilen bir reaksiyonda ağırlık artışının çok değişmediği görülmüştür. 160°C'de ve 1 saatlik reaksiyon sonrası da ağırlık artışında bir değişim bulunmamıştır. Aynı sıcaklıkta saatten sonra ağırlık artışında ani bir yükselme meydana gelmiştir. Bunun nedeni liflerin bozunması ve bu bozunma sonucu meydana gelen ürünlerin SA ile reaksiyona girmesi sonucu meydana geldiği anlaşılmıştır. Liflerin SA ile 160°C'de ve 3 saat reaksiyonu sonucu, liflerde ciddi bozunmalar meydana geldiği bildirilmiştir (Hassan ve ark., 2000).

Bir başka çalışmada ise, boş hurma lifleri katalizörsüz asetik anhidrit, proponik anhidrit ve maleik anhidrit ile muamele edilmiştir. Anhidritlerle muamele edilen liflerin özellikleri iyileşirken; modifiye edilmemiş liflerin mekanik özellikleri zayıf ve su alması yüksek bulunmuştur. Asetillendirilmiş liflerden üretilen kompozitler en iyi çekme, bükme, sıkışma ve sertlik özellikleri göstermiştir. Bunu PA (proponik anhidrit) ve SA (saksinik anhidrit) ile muamele edilmiş liflerden üretilen levhalar takip etmiştir (Khalil ve ark., 2001).

Sarıçam blokları ve odun unu ile yapılan bir çalışmada örnekler asetik anhidrit ve krotonik anhidrit ile muamele edilmiştir. Odun blokları 20mm x 20mm x 5mm boyutlarında kesilmiş, odun unu ise 40 meshlik elek üzerinden alınmıştır. Numunelerin tamamı modifikasyon işleminden önce toluene:aseton:etanol ile 6 saat boyunca muamele edilmiştir ve kimyasal modifikasyondan önce 105 °C'de kurutulmuştur. Reaksiyon 100°C ve 8 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Asetik anhidrit modifikasyonunda odun unu bloklarına göre daha reaktif olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte odun bileşiklerinin reaktivitesi doğal odun unu > holoselüloz >> α selüloz şeklinde bulunmuştur. FTIR çalışmaları sonucunda krotonik anhidrit ile odun arasındaki esterifikasyon işlemi olduğu,

kimyasal modifikasyon sonucu krotonik anhidritin yapısındaki çift bağın yapısının bozulmadığı bulunmuştur (Özmen ve Çetin, 2002).

Suttie ve arkadaşlarının (1999), asetik, proponik, butrik, valerik, hekzanoik anhidrit ve karaçam diri odunu kullanarak yaptığı bir çalışmada ise etkili bir koruma için ağırlık artışındaki oran %23 olarak tespit edilmiştir. Biyolojik direncin hücre çeper hidroksil gruplarının yerine geçmesi ile değil, hücre çeperinin şişmesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Papadopoulos ve ark., 2002; Papadopoulos ve Hill, 2002).

Yapılan başka bir çalışmada proponik anhidrit (PA), krotonik anhidrit (KA) ve metakrilik anhidrit (MA) ile kaplama şeritler modifiye edilmiş ve stiren veya metil metakrilat ile birbirine yapışma kaliteleri incelenmiştir. Ayrıca kimyasal modifikasyonun kaplama şeritlerinin mekaniksel özellikleri üzerine olan etkisi de incelenmiştir. Çalışmada ahşap malzemenin kimyasal modifikasyonunun ahşap malzeme ile hidrofobik monomerler arasında oluşan yapışma kalitesini arttırdığı belirlenmiştir. Kimyasallar arasında en iyi sonucu MA verdiği bulunmuştur. Ayrıca kimyasal modifikasyon işleminin ahşap malzemenin mekaniksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. MA ile modifiye edilen örnekler tolere edilebilir oranda direnç kaybına uğrarken, KA ile modifiye edilen örnekler kayda değer oranda direnç kaybına uğramıştır (Çetin ve ark., 2002a).

Çetin ve arkadaşlarının (2002) yılında yaptığı bir başka çalışmada Karaçam (*Pinus nigra*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunları piridin katalizatör eşliğinde, asetik anhidrit ve krotonik anhidrit ile modifiye edilip boyutsal sabitlik kazandırılmaya çalışılmıştır. Modifikasyon sıcaklığı 60, 80, 100 ve 120°C olarak alınmış, reaksiyon süresi bir saat tutulmuştur. Çalışmada odunun anhidritlerle modifikasyonu sonucu etkin bir şekilde boyutsal sabitlik kazandığı görülmüştür. Ayrıca aynı ağırlık artışı (WPG) elde edildiği sürece modifikasyon sıcaklığının boyutsal sabitlik üzerine herhangi bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Çetin ve ark., 2002b).

Lignoselülozik liflerle güçlendirilmiş kompozit üretiminde en önemli olumsuz etki hidrofilik yapıdaki doğal lifler ile hidrofobik yapıdaki matriks arasındaki yapışma eksikliğidir. Bu sorunun giderilmesi için kenevir lifleri proponik anhidrit (PA), krotonik anhidrit (KA) ve maleik anhidrit (MA) ile modifiye edilmiş ve sırasıyla % 8.6, 12.4 ve 10.4 ağırlık artışı elde edilmiştir. Modifiye edilmiş kenevir lif oranı kompozit içerisindeki oranı arttıkça çekme direnci ve elastikiyet modülünde bir artış bulunmuştur. %11 oranında lif eklenmesi şok direncinde saf poliesterden yapılmış kompozitlerin şok direncinden daha kötü sonuç verdiği belirlenmiştir. Eklenen lif miktarının artması ile kademeli olarak mekaniksel özelliklerde bir artış bulunmuştur. PA ile modifiye edilen liflerden yapılan kompozitlerin çekme direncinde kısmi bir artış gözlenirken, CA ve MA ile modifiye edilmiş liflerden elde edilen kompozitler, modifiye edilmemiş liflerden üretilen kompozitlerin çekme direnç değerlerine benzer sonuçlar vermiştir. Modifiye edilmiş lifler ile üretilmiş olan kompozitler modifiye edilmemiş liflere göre daha yüksek elastikiyet modülü değerleri göstermişlerdir. Anhidrit kullanılmadan piridin ile kaynatılmış liflerden üretilen kompozitler, modifiye edilmemiş liflerden üretilen kontrol örnekleri ile aynı seviyede çekme direnç ve şok direnci değerlerini vermişlerdir (Çetin ve ark., 2002c).

Karaçam diri odununun doğrusal zincirli karboksilik asit anhidritlerle (asetik, propanik, butirik, valerik ve hekzanoik anhidrit) ve farklı sürelerde modifiye edilmiştir. Reaksiyon süreleri ve buna bağlı olarak karaçam diri odununda meydana gelen ağırlık artışları ve esmer çürüklük mantarına karşı (*Coniophora puteana*) gösterdiği direnç değerleri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Modifiye edilen çam diri odununun biyolojik direnci iyi bulunmuş ve tam bir koruma sağlayabilmek için ağırlık artışının %16-18 arasında olması gerektiği saptanmıştır (Papadopoulos ve Hill, 2002).

Çizelge 2.2. Esterleştirilmiş odunun ağırlık artışı ve çürüklük direnci (Papadopoulos ve Hill, 2002).

İşlem	Reaksiyon süresi (dakika)	Ağırlık artışı (%)	C. Puteana
Kontrol	0	0	62.54
Asetik anhidrit	45	6.9	41.89
	135	15.1	5.77
	300	19.4	1.7
	420	22.3	1.01
Propionik anhidrit	45	9.5	24.37
	105	14.7	9.34
	300	23.5	2.13
	420	27.5	0.34
Butirik anhidriti	30	7.9	34.51
	150	15.5	9.55
	210	23.7	1.2
	360	30	0.35
Valerik anhidrit	45	12.5	9.23
	210	20.3	2.52
	330	24.9	1.22
	420	32	0.11
Hekzanoik anhidrit	15	7.3	37.4
	120	13.4	16.17
	330	21.9	1.47
	360	32	0.66

Başka bir çalışmada ise ticari pamuk örnekleri asetik anhidrit ile solventsiz bir ortamda %5 lik 4-dimetilaminopridin (DMAP) katalizör olarak kullanılarak muamele edilmiştir. FTIR verileri ticari pamuk örneklerinin başarılı bir şekilde asetik anhidrit

kullanılarak %5'lik DMAP ile solventsiz ortamda asetillendirildiğini göstermiştir. Fakat NMR sonuçları asetillendirme düzeyinin oldukça az olduğunu belirlemiştir. Bunun nedeni pamuğun pazarlanmadan önce tabii tutulduğu kimyasal işlemlerin asetillendirme reaksiyonunu engellemesi olabileceği savunulmuştur. En azından ham pamuk yada ticari pamuğun bu yöntemle hidrofobik olan bir selülozik materyal haline getirilebileceği belirlenmiştir. Çalışmalar reaksiyon süresi 3 saati geçtikten sonra denge asetilasyon reaksiyonunun tersine döndüğünü göstermiştir (Adebajo ve Frost, 2003).

Kenevir lifleri kullanılarak yapılan başka bir çalışmada (RTM) teknolojisi ile poliester kompozit üretilmiş, kenevir lifleri keçe haline getirilip, % 4.3 ile % 50 arasında olan nem miktarları kurutularak % 1-2 ye kadar düşürülmüştür. RTM kompozitleri çeşitli lif içeriği ile % 20.6 hacme kadar üretilmiştir. Reçinenin enjeksiyon süresinin; yüksek lif içeriğinde düşük geçirgenliği olan lif keçesinde arttığı gözlemlenmiştir. Doğal liflerden elde edilen kompozitlerde lif hacminin artmasıyla mekanik özelliklerde (eğilme ve çekme dirençlerinde) artış olduğu tespit edilmiştir (Rouison ve ark., 2004).

Ladin ve kızılâğaç yongaları modifiye edilerek yonga levha oluşturulan bir çalışmada öncelikle yongalar asetik, saksinik, maleik ve fitalik anhidrit ile muamele edilmiştir. Modifikasyon işleminde fenol formaldehit lif içeriğine göre % 47 oranda kullanılmış, sıcaklık 120°C tutulmuş ve modifikasyon işlemi 3 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Modifiye edilen lifler 150°C'de 7-9 dakika süre ile 24-26 kp/cm² basınçta preslenip yonga levha oluşturulmuştur. Üretilen levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerleri kontrol örneklerinden çok daha az olmuştur. Bununla birlikte levhaların tüm mekanik özelliklerinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde iyileşme olduğu görülmüştür (Yıldız ve ark., 2005).

Odunun ilk defa asetillendirilmesi Almanya'da Fuchs tarafından 1928 yılında olmuştur. Çalışmada çam odunu, sülfirik asit ve asetik asit kullanılmıştır ve % 40 oranında ağırlık artışı sağlanmıştır. Aynı yıl Horn (1928) kayın odunu benzer şekilde asetillendirmiştir. Suida ve Titsch (1928) kayın odunu ve çam odunu un halinde katalizör olarak pridin yada dimetilamin kullanarak 100 °C'de % 30-35 ağırlık artışı sağlamıştır. Dünyada 1940'lı yıllarda bir çok farklı asetilasyon yöntemi ve farklı zirai materyal asetillendirilmeye çalışılmıştır. 1946 yılında Tarkow odunun su içinde stabilizesini tanımlamıştır. Çalışmalar 1980'lerin başında katalizörsüz ve solventsiz bir şekilde odun için reaksiyon sıcaklığı 120-130 °C, lif ve yongalar için 120-165°C olacak şekilde denenmiştir (Rowell, 2006).

Sisal lifleri kullanılarak yapılan bir çalışmada resin transfer kalıplama (RTM) ve presli kalıplama (CM) teknolojisi ile poliester kompozit üretilmiştir. Lif boyu ve lif içeriğinin kompozitler üzerindeki mekanik özellikleri üzerine etkilerine bakılmıştır. Çalışmada izofitalik poliester, sertleştirici olarak cobaltnaphtanate, metil etil peroksit kullanılarak kompozitler üretilmiştir. En iyi çekme ve elastikiyet modülü değerine RTM ile üretilen, lif içeriği % 43 olan ve lif boyu 30 mm olan kompozitlerde ulaşılmıştır. (Sreekumar ve ark., 2007). Çizelge 2.3'de yapılan mekanik testlerin değerleri verilmiştir. RTM ve CM ile üretilen levhalarda lif içeriği arttıkça mekanik özelliklerin arttığı

görülmektedir. Bununla birlikte mekanik özelliklerin RTM ile üretilen levhalarda CM ile üretilen levhalara nazaran daha iyi olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2.4’de 30mm lif uzunluğunda farklı lif içeriklerinde üretilen levhalardaki mekanik özellikler verilmiştir. RTM ve CM ile üretilen levhalarda %43 lif içeriği bulunan levhaların çekme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin en iyi olduğu tespit edilmiştir (Sreekumar ve ark., 2007).

Çizelge 2.3. Farklı lif uzunluklarında sisal poliester kompozitin çekme direnç özellikleri (Sreekumar ve ark., 2007).

Lif Boyu (mm)	RTM		CM	
	Çekme Direnci (MPa)	Elastikiyet modülü (MPa)	Çekme Direnci (MPa)	Elastikiyet modülü (MPa)
10	45	1089	40	1021
20	51	1317	46	1283
30	59	1986	50	1379
40	52	1444	48	1238

Çizelge 2.4. Farklı lif içeriklerinde 30 mm lif uzunluklarında sisal poliester kompozitin çekme direnç özellikleri (Sreekumar ve ark., 2007).

Lif İçeriği (% Hacim)	RTM		Lif İçeriği (% Hacim)	CM	
	Çekme Direnci (MPa)	Elastikiyet modülü (MPa)		Çekme Direnci (MPa)	Elastikiyet modülü (MPa)
Saf Poliester	41	968	Saf Poliester	39	895
19	50	1750	24	41	943
27	57	1956	34	52	1400
43	67	2196	42	57	1868
50	61	1856	48	55	1291

Poliester kompozitlerin lignoselülozik lifler ile takviye edilerek üretimi konusunda dünyada önemli çalışmalar yapılmıştır. Özellikle orman kaynağı az olan ülkelerde bu çalışmalar yıllık bitkiler üzerine yoğunlaşmıştır. Bilindiği gibi ülkemiz ekonomisinin büyük bir bölümü tarıma dayalıdır. Fakat doğal olarak yetiştirilmekte olan lif bitkilerinden, poliester kompozit üretimi ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile ülkemizde bol miktarda bulunan lif bitkilerinin farklı alanlarda değerlendirilmesi ve lignoselülozik lif takviyeli poliester kompozitlerin tanıtılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte lif bitkilerinin farklı endüstri dallarında kullanılması ile ülke ekonomisine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada aşağıda belirtilen materyal ve kimyasallar kullanılmıştır.

Kullanılan lifler

- Kenevir lifleri (*Cannevis Sativa L.*)
- Keten lifleri (*Linum usitatissimum L.*)
- Isırgan otu lifleri (*Urtica Pilulifera L.*)
- Saf pamuk (*Gossypium hirsutum L.*)

Bu çalışmada kullanılan kimyasallar Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Modifikasyonda kullanılan kimyasalların yapısı.

Saksinik anhidrit	Maleik anhidrit	Krotonik anhidrit	Proponik anhidrit	Pridin
$C_4H_4O_3$	$C_4H_2O_3$	$C_8H_{10}O_3$	$C_6H_{10}O_3$	C_5H_5N
Ma: 100.07 g/mol	Ma: 98.06 g/mol	Ma: 154.17 g/mol	Ma: 130.14 g/mol	Ma: 79,10 g/mol

3.1.1. Kullanılan Lifler Hakkında Genel Bilgiler

3.1.1.1. Kenevir Lifleri (*Cannevis Sativa L.*)

Çalışmada kullanılan kenevir lifleri Kastamonu ilinin Taşköprü ilçesinden getirilmiştir. Bitkiden lif elde edilinceye kadar gerçekleşen işlem yerinde incelenmiştir. Bitkinin tarlaya ekimi yapıp olgunlaşma evresinden sonra kesim işlemi gerçekleştirilmektedir. Kesilen bitkiler demetler halinde bağlanıp su içerisine konulmak üzere havuz kenarlarına getirilir. İçi su dolu havuzlara konan bitkiler tamamen suyun altında kalması için üzerine ağırlıklar konur.

Şekil 3.1’de su dolu havuza konan kenevir lifleri görülmektedir. Bu şekilde havuz içerisinde 7–10 gün bekletilir. Bu süre içerisinde bitki şişer ve lifin gövdeden ayrılması kolaylaşır. Havuzdan çıkarılan bitkilerden lifler elle soyma yoluyla elde edilir.



Şekil 3.1. Havuz içerisine konan kenevir bitkisi. Şekil 3.2. Bitkiden ayrılan lifler ve gövdeden arta kalan kısım.

Çıkartılan lifler inceltilmek ve düzleştirilmek üzere tarama tezgâhlarına götürülür. Burada istenilen inceliğe göre tarama işlemi tekrarlanır (Şekil 3.3'den 3.4'e).



Şekil 3.3. Tarama işleminin yapıldığı tezgahlar. Şekil 3.4. Tarama işlemi tamamlanmış lifler.

Tarama işleminden sonra lifler pazarlanmaya hazır hale gelir.

3.1.1.2. Keten Lifleri (*Linum usitatissimum L.*)

Çalışmada kullanılan keten örnekleri Kastamonu ilinin Küre ilçesinden getirilmiştir.

Küre ilçesinden getirilen keten örnekleri Şekil 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5. Küre ilçesinden gelen keten örnekleri.

Keten örneklerinin liflendirme işlemi ise laboratuarda yapılmıştır. Uygulanan işlemde, örnekler öncelikle tamamı su içerisinde kalacak şekilde suya bastırılmış ve on gün su içerisinde bekletilmiştir. Ardından sudan çıkarılıp örneklerin suyunun süzülmesi için bir gün boyunca serilip oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından fırında $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından bitki kırmak ve bükme yolu ile lifleri ayrılmıştır.

3.1.1.3. Isırgan Lifleri (*Urtica Pilulifera L.*)

Çalışmada kullanılan ısırgan örnekleri Kahramanmaraş ilinin 20 km doğusunda bulunan Dereköy mevkiinden alınmıştır. Şekil 3.6’te ısırgan otu bitkisi görülmektedir. Şekil 3.7’de ise kesip laboratuara getirdiğimiz ve kuruması için serdiğimiz ısırgan örnekleri görülmektedir.

Isırgan örneklerinin liflendirme işlemi laboratuarda yapılmıştır. Öncelikle alınan numuneler serilmek suretiyle kurutulmuştur.

Kurutma işleminin ardından yaprak ve ince dalları gövdeden temizlenmiştir. Şekil 3.8’de yaprak ve ince dallarından ayrılmış ısırgan örneklerinin sap kısımları görülmektedir.

Yaprak ve dallardan ayrılan gövde kısımlarından lif çıkarmak için öncelikle 90–100°C su içerisinde yaklaşık 1 saat bekletilmiştir. Bunun ardından ısırganın sap kısımları suyun içerisinde çıkarılmış ve demir taramalarla sürtme yoluyla lif eldesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9 ve 3.10).



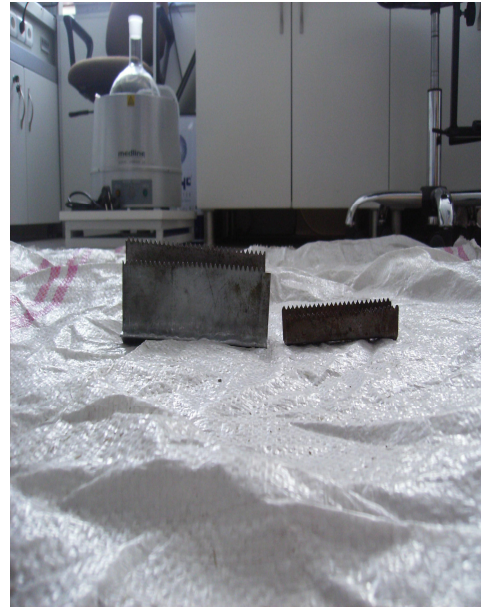
Şekil 3.6. Isırgan otu (Anonim, 2008d).



Şekil 3.7. Kurutulan ısırgan örnekleri .



Şekil 3.8. Yaprak ve dallarından ayrılan ısırgan örneklerinin gövde kısmı.



Şekil 3.9. Taramada kullanılan demir taraklar.

3.1.1.4. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.)

Çalışmada kullanılan pamuk örnekleri İzmir ilinin Bergama ilçesinde bulunan Demircioğlu Çırçır fabrikasından alınmıştır. Fabrikada numunelerin içinde bulunan tohum kısımları çıkarılmış ve toprak, yaprak gibi kısımların temizlenmesi için vakum ve eleme işlemi uygulanmıştır. Fabrikada yapılan bu işlemlerin ardından pamuklar herhangi bir ön

işlem yapmadan sadece ekstraksiyon işlemi sonrasında deneylerde kullanılmıştır. Şekil 3.11’de fabrikadan alınan ve laboratuara getirilen pamuk örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.10. Elde edilen ısırgan lifi.



Şekil 3.11. Deneylerde kullanılan pamuk lifleri.

3.2. Metot

Araştırmada öncelikle kullanılan liflerin kimyasal analizleri yapılmıştır. Kimyasal analizleri yapılacak olan ısırgan, kenevir, keten lifleri Willey değirmeninde öğütülmüştür. Ardından sarsak elekte elenerek 40 meshlik elekten geçen ve 60 meshlik elek üzerinde kalan lif unları elde edilmiştir. Pamuk ise bu işlemlere tabi tutulmamıştır. Elde edilen lif unları holoselüloz, alfaselüloz ve kül tayini analiz işlemleri öncesinde standart 4/1/1 (h/h) toluen / aseton / etanol karışımı ile ekstrakte edilmiştir.

3.2.1. Yıllık Bitki Liflerinin Kimyasal Analizleri

3.2.1.1. Sıcak Su Ekstraksiyonu

Deneylerde kullanılan tüm numuneler öncelikle rutubet miktarı tespit edilmiş ve takibinde sokslet aleti yardımıyla 6 saat süre ile sıcak su ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. Sıcak su ekstraksiyonun ardından lifler kurumaları için oda sıcaklığında bir gün süre ile bekletilmiştir.

3.2.1.2. Toluene/Aseton/Etanol Ekstraksiyonu

Sıcak su ekstraksiyonuna tabi tutulan lifler cam kroze içerisine yerleştirilip toluen, aseton, etanol karışımı ile (4/1/1, hacim/hacim oranında) 6 saat süre ile ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. İşlem süresinin tamamlanmasından sonra örnekler sokslet aletinden alınarak $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde-6 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin de tam kuru

ağırlıkları belirlenerek aşağıdaki formül (Formül 3.1) yardımıyla ekstraktif madde miktarı belirlenmiştir.

$$\% \text{ Toluen/Aseton/Etanol çözünürlüğü} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (\text{Formül 3.1})$$

W_1 = Ekstraksiyon öncesi tam kuru örnek ağırlığı

W_2 = Ekstraksiyon sonrası tam kuru örnek ağırlığı

3.2.1.3. Holoselüloz Tayini (Wise ve ark., 1946)

Holoselüloz miktarını tayin etmek için, 40 mesh elekten elenen ve 60 mesh üzerinde kalan örneklerden; tam kuru 5 g lif unu alındı. Örnekler 250 ml'lik erlenmayerler içerisine konularak 160 ml destile su 1,5 g sodyum klorit ve 0,5 ml (yaklaşık 10 damla) glacial asetik asit ilave edilerek 70-80°C'de 1 saat su banyosunda bekletildi. 1 saat sonra 0,5 ml asetik asit ve 1,5 g sodyum klorit yeniden ilave edilerek 1 saat daha ısıtmaya devam edildi. Bu işlem her lif örneği için 3 kez tekrarlanmıştır.

Kloritleme işlemi tamamlandıktan sonra kalıntı çözelti tam kuru ağırlığı alınmış porozitesi 2 olan krozeden süzüldü. Kalıntı önce asetonla sonrada destile su ile defalarca yıkandı. Yıkama işleminden sonra krozeler 103±2°C'de etüvde 4 saat süre ile kurutuldu. Kurutma işleminden sonra 30 dakika desikatörde bekletilen krozelerin tam kuru ağırlıkları belirlendi. Aşağıdaki formül (Formül 3.2) yardımıyla da holoselüloz miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Holoselüloz Miktarı (\%)} = \frac{W_1}{W_2} \times 100 \quad (\text{Formül 3.2})$$

W_1 = Tam kuru holoselüloz ağırlığı

W_2 = Tam kuru örnek ağırlığı

3.2.1.4. Alfa Selüloz Tayini (TAPPI T 203 os-71)

Alfa selüloz miktarları tayini için her lif örneğinden elde edilen holoselülozdan fırın kuru su 2 g alınarak ve 250 ml'lik beherlere aktarıldı. Beherler 20°C'deki su banyosuna yerleştirip üzerine %17,5'lük 10 ml NaOH çözeltisi ilave edildi. Bu işlemden sonra her 5 dakikada bir 5 ml NaOH üç kez ilave edildi. Üçüncü tekrardan sonra ise çözelti 30 dakika 20°C'deki su banyosunda bekletildi. Bu sürenin sonunda 33 ml saf su ilave edilerek 1 saat beklenildikten sonra çözelti fırın kuru su ağırlığı alınmış, porozitesi 2 olan cam krozeden süzüldü. Kalıntı %8,3'lük 100 ml NaOH çözeltisi ile takibinde saf su ile yıkandı. Daha sonra %10'lük 15 ml asetik asit ilave edildi ve 3 dakika krozede bekletildikten sonra süzme işlemi gerçekleştirildi. Yıkamaya 250 ml saf su ile devam edilerek turnusol kağıdı ile asit mevcudiyetine bakıldı. Kalıntının nötrale olduğu saptandıktan sonra kroze ve içerisindeki kalıntı 103±2 °C'de etüvde 6 saat süre ile kurutuldu. Kurutma işleminden sonra 30 dakika desikatörde bekletilen krozelerin tam kuru ağırlıkları belirlenerek aşağıdaki formül (Formül 3.3) yardımıyla da alfa selüloz miktarı hesaplandı.

$$\text{Alfa selüloz miktarı (\%)} = \frac{W_1}{W_2} \times 100 \quad (\text{Formül 3.3})$$

W_1 = Numunelerin tam kuru ağırlığı

W_2 = Numunelerin işlem sonrası tam kuru ağırlığı

3.2.1.5. Kül Miktarının Tayini (TAPPI T 222 om-88)

Tam kuru halde un halindeki örneklerden 2 gr alınıp yine tam kuru ağırlığı alınmış seramik krozeler içerisine konuldu. Öncelikle kroze içerisindeki örnekler karbon çıkışı bitinceye kadar yakıldıktan sonra $575 \pm 25^\circ\text{C}$ deki fırında 4 saat boyunca bekletildi. Bu sürenin sonunda fırının sıcaklığı 100°C ye düşüncü krozeler fırından alınarak desikatöre yerleştirildi. Desikatörde 30 dakika bekletilen krozeler tartılarak aşağıdaki formül (Formül 3.4) yardımı ile kül miktarları hesaplandı.

$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (\text{Formül 3.4})$$

W_1 = Fırın kurusu örnek ağırlığı (gr)

W_2 = Kül ağırlığı (gr)

3.2.2. Liflerin Anhidritlerle Kimyasal Modifikasyonu

Kimyasal modifikasyon işlemi ile elde edilen ağırlık kazançları (WPG) değerleri üzerine reaksiyon sıcaklığı, süresi ve kullanılan kimyasal maddenin türünün etkili olduğu bilinmektedir. Liflerin modifikasyonunda kullanılan farklı anhidritler ile en iyi ağırlık artışı değerleri veren parametreleri belirlemek amacıyla farklı reaksiyon süreleri ve sıcaklıkları seçilmiş ve buna bağlı olarak optimum reaksiyon süresi ve sıcaklığı bulunmuştur. Öncelikli amacımız optimum reaksiyon parametrelerini bulmak olduğu için denemelerde az miktar (1 gr) lif kullanılmıştır. Lifler modifikasyon öncesi 6 saat süre ile sokslet aleti yardımıyla önce saf su ile takibinde standart toluen/aseton/etanol (4/1/1) karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrası lifler $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki fırında 6 saat boyunca kurutulup desikatörde 30 dakika bekletilmiştir. Kimyasal modifikasyon reaksiyonlarında saksinik, maleik, proponik ve krotonik anhidritler kullanılmıştır. Hassas terazide (0,001 hassasiyet) yaklaşık 1 gr olarak tartılan fırın kurusu lifler 250 ml lik cam balon içerisine konulduktan sonra ilgili anhidrit ve pridin (kataliz) ilave edilmiş ve reaksiyon yağ banyosunda manyetik karıştırıcı ile 100°C 'de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon süreleri ise 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakika olarak ayarlanmıştır. Reaksiyon bitiminde kimyasal maddeler liflerden vakum altında saf su ve aseton ile cam sokslet krozelerde yıkanarak uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.12).

Süzme işlemi sonrasında cam sokslet kroze içerisindeki lifler sokslet aleti içerisine yerleştirilmiş ve standart toluen/aseton/etanol (4/1/1 hacim/hacim) karışımı ile 6 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Bu sürenin sonunda ise lifler tekrar $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de fırında 6 saat

süre ile kurutularak desikatörde 30 dakika bekletildikten sonra aşağıdaki formülde (Formül 3.5) belirtildiği gibi yüzde ağırlık artışı (WPG) hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.12. Modifikasyon sonrası vakum altında kimyasal maddelerin liflerden uzaklaştırılması.

$$WPG (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (\text{Formül 3.5})$$

W_1 = Modifikasyon önceki fırın kurusu örnek ağırlığı

W_2 = Modifikasyondan sonra fırın kurusu örnek ağırlığı

3.3. Levhaların Oluşturulması

Kompozit levhaların üretiminden önce lifler saksinik, maleik, krotonik ve proponik anhidritle modifiye edilmiştir. Bu anhidritler arasında liflerle en iyi ağırlık artışı veren anhidritin saksinik anhidrit olduğu belirlenmiş ve poliester kompozitlerde kullanılan liflerin hepsi saksinik anhidrit modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur. Levhalar oluşturulurken kullanılan lifler preste kullanılacak kalıba uygun boyutlarda kesilmiştir. Kalıp içerisine yerleştirilen lifler üzerine poliester ve %5 oranında setleştirici (Methyl ethyl ketone peroxide) madde ilave edildikten sonra pres ile levha kalınlığı 0,5 cm olacak şekilde soğuk pres uygulanmıştır (Şekil 3.13 ve 3.14). Pres yapıldıktan sonra levhalarda kullanılan poliesterin sertleşmesi için 12-14 saat kadar beklenmiştir. Kalıp içerisinden çıkartılan levhalar daha sonra 80°C de fırında 2 saat bekletilmiştir. Fırından çıkarılan levhalar soğuması için bekletilmiştir.



Şekil 3.13. Liflerin yerleştirildiği kalıp.



Şekil 3.14. Kalıbın preslenmesi.

3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışmada üretilen poliester kompozitlerin meknaik özellikleri Amerikan Standartları'na (ASTM) uygun olarak yapıldı. Yapılan mekanik testler ve kullanılan standartlar aşağıdaki gibidir;

- 1 Eğilme direnci testi (ASTM D 790),
- 2 Çekme direnci testi (ASTM D 638),
- 3 Darbe direnci testi (ASTM D 256).

Eğilme direnci ve çekme direnci testleri Şekil 3.15.'de gösterilen Zwick/Roell Z010 Universal Test Makinesi kullanılarak gerçekleştirildi. Her iki mekanik özellik için 10 örnek test edildi.

Darbe direncini belirlemek amacıyla her grup için 10 örnek test edildi. Örnekler üzerinde Şekil 3.16'te gösterilen Polyttest RayRan cihazı yardımıyla çentik açıldı. Çentik açılan örnekler Izod darbe direncini belirlemek için Şekil 3.17'da gösterilen Zwick/Roell HIT 5.5P makinesinde test edildi.

3.5. pH Değerinin Belirlenmesi

Modifiye edilen ve modifiye edilmemiş tam kuru keten, kenevir, pamuk ve ısırgan liflerinden 5'er gr alınmış ve 500 ml'lik bir erlenmayere konularak üzerine 150 ml saf su ilave edilmiş ve ağzı kapatıldıktan sonra manyetik karıştırıcı ile 24 saat süre ile karıştırılmıştır. Sürenin sonunda lifler süzölmüştür. Elde edilen çözeltinin pH'ı, turnusol kağıdı çözeltiye daldırıldıktan 4 dakika sonra 20°C'de belirlenmiştir (Schneider, 2000).



Şekil 3.15. Zwick/Roell Z010 Universal test aleti.



Şekil 3.16. Polytest RayRan Çentik açma makinesi.



Şekil 3.17. Zwick/Roell HIT5.5P.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular ve tartışma kısmında, öncelikle çalışmada kullanılan lignoselülozik liflerin kimyasal analizi ile elde edilen sonuçlar verilmektedir. Daha sonra modifikasyonun bir delili olan lifler üzerine farklı anhidritlerin reaksiyonu sonucunda liflerde meydana gelen ağırlık artışlarına bakılmıştır. Modifikasyon işleminde kimyasal tutunmanın kanıtı için de FT-IR ölçümleri yapılmıştır.

4.1. Kimyasal Analiz

Araştırmada kullanılan lignoselülozik liflerin kimyasal içerikleri tespit edilmiş ve Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Liflerin kimyasal içerikleri.

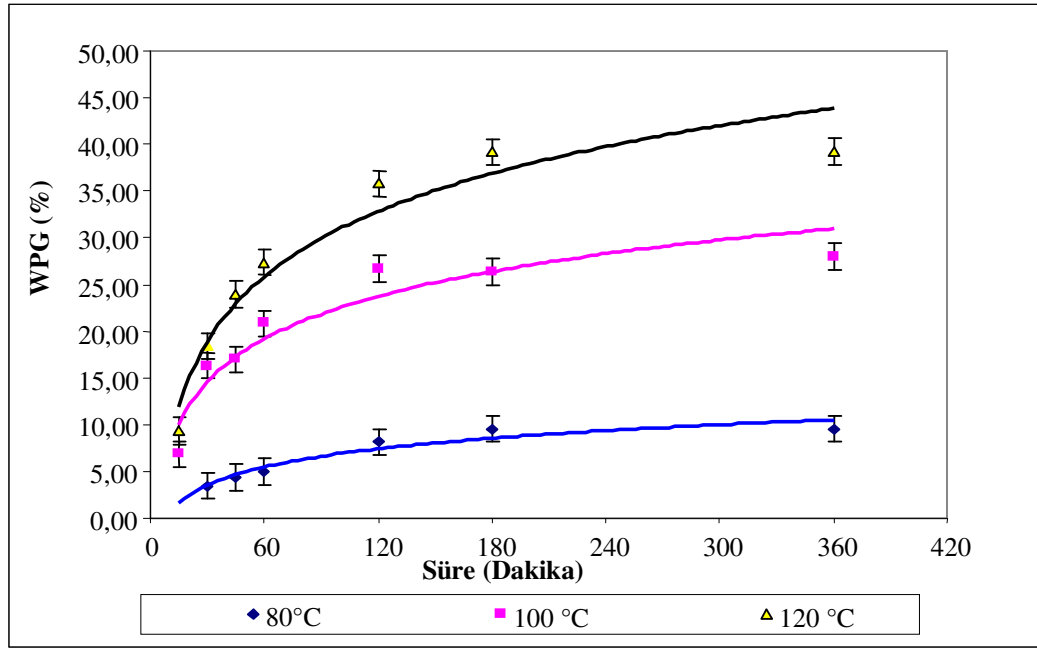
Lifler	Su Ekstraksiyonu (%)	Toluen/Aseton/Etanol (4/1/1) Ekstraksiyonu (%)	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)
Kenevir	0.55	0.01	73	17	6	3.44
Keten	0.5	0.67	50	20.83	21	7
Isırgan	0.9	0.4	78	12	2.62	6.8
Pamuk	0.03	0.01	93	5.7	1	0.26

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi kenevir lifinin selüloz oranı % 73 ve hemiselüloz oranı % 17 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler Serin ve arkadaşlarının (2003), Gümüşkaya, 2002’den bildirdiği değerlere yakındır. Keten ve pamuk lifleri için bulunan selüloz ve hemiselüloz değerleri ise Çetin’in (2005) bildirdiği değerlere yakın değerlerdir. Isırgan lifi için bulunan değerler ise Daud (1996)’dan bildirilen değerlerle aynıdır.

4.1.1. Kenevir Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu

Kenevir lifleri sırası ile saksinik (SA), maleik (MA), krotonik (KA) ve proponik (PA) anhidritler ile muamele edilmiş ve lifler üzerinde meydana gelen ağırlık artışları Şekil 4.1’den 4.4’e kadar gösterilmiştir.

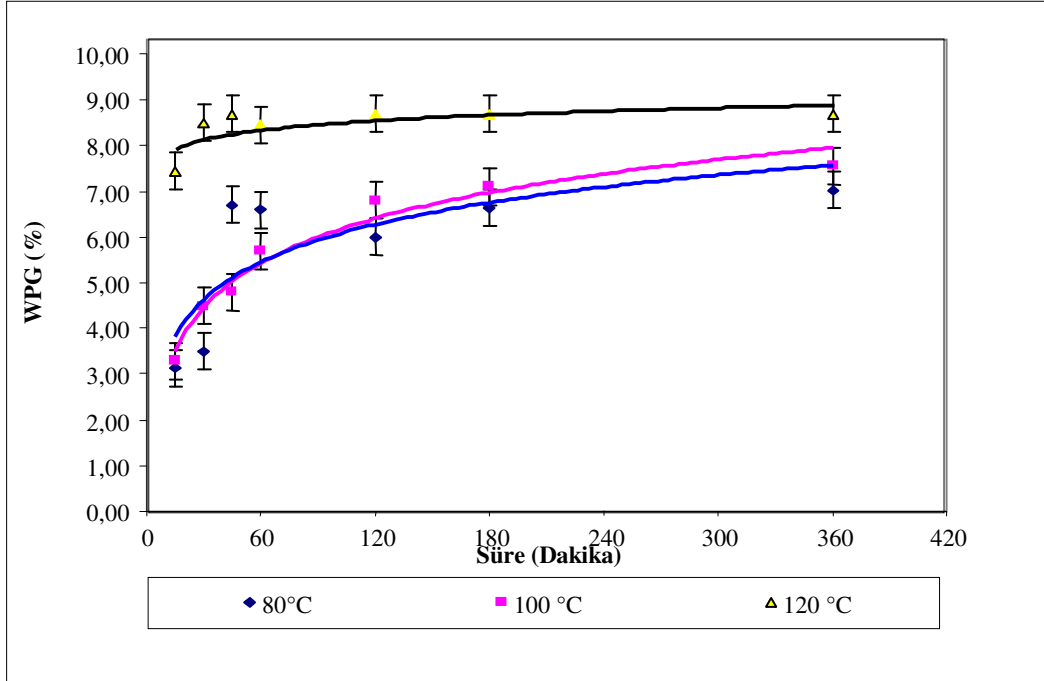
Kenevir lifleri 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakikalık sürelerde SA ile modifiye edilmiştir. Her bir değer için üç tekrar yapılmış ve ortalama yüzde ağırlık kazançları (WPG) belirlenmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi sıcaklığın ve sürenin artması ile liflere ait ortalama WPG değerlerinde artma tespit edilmiştir. Genel olarak lifler farklı sıcaklıklarda üç saatlik sürenin ardından en iyi WPG değerlerine ulaşmıştır, modifikasyon süresinin daha fazla uzatılması WPG değerleri üzerine belirgin bir artış meydana getirmemiştir. Şekilden de görüldüğü gibi reaksiyon sıcaklığının artması ile WPG değerleri de artış göstermiştir. SA ile 80 ve 100°C sıcaklıklarda modifiye edilen kenevir lifleri ilk 2 saatlik sürenin ardından en yüksek WPG değerine ulaşmış ve bu sürenin ardından WPG değerinde belirgin bir artış olmamıştır. 120°C sıcaklıkta gerçekleştirilen reaksiyonda ise en iyi WPG değeri 3 saatlik sürede elde edilmiş ve reaksiyon süresinin bu aşamadan sonra uzatılması WPG değeri üzerinde belirgin bir artış meydana getirmemiştir.



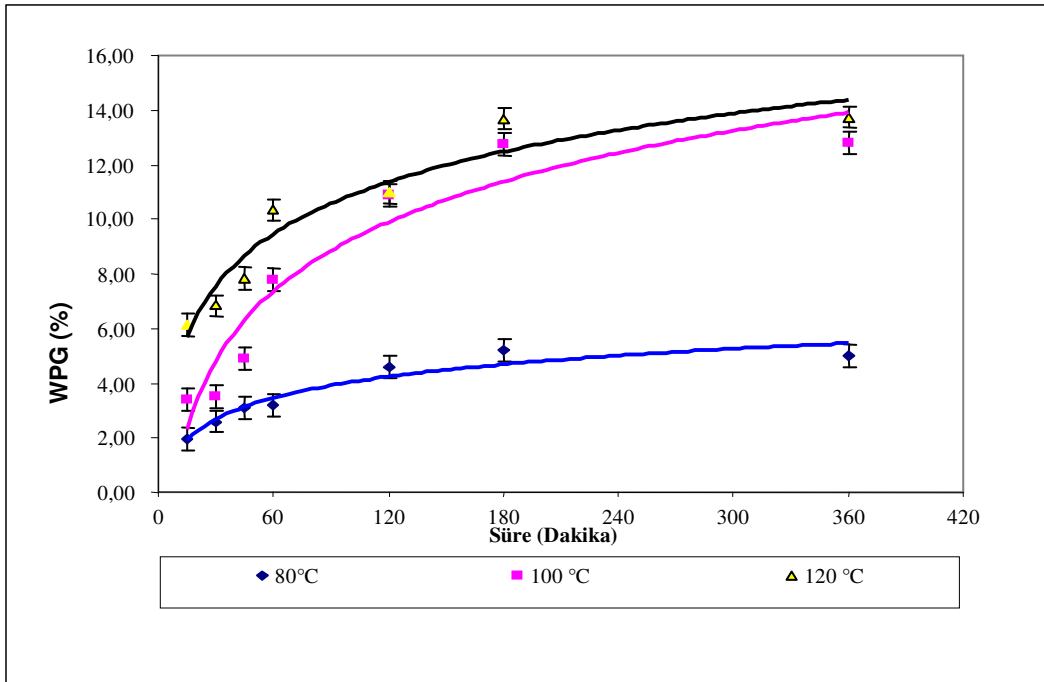
Şekil 4.1. Kenevir liflerinin SA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).

Kenevir lifleri 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakikalık sürelerde MA ile modifiye edilmiştir. Her bir değer için üç tekrar yapılmış ve ortalama WPG değerleri belirlenmiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi sıcaklığın ve sürenin artması ile liflere ait ortalama WPG değerlerinde artma tespit edilmiştir. 80 ve 100°C’lerde gerçekleştirilen modifikasyonlarda 3 saatlik süre sonunda reaksiyon tamamlanmıştır. Bu noktadan sonra reaksiyon süresinin artırılması WPG değerleri üzerinde belirgin bir artışa neden olmamıştır. 120°C’de gerçekleştirilen modifikasyon işleminde ise reaksiyon ilk yarım saat içerisinde sonuçlanmış, reaksiyon süresinin artırılması WPG değeri üzerine etkili olmamıştır. SA modifikasyonu ile aynı liflerde %35 WPG değerleri elde edilirken MA modifikasyonunda WPG değerleri maksimum %9’lar seviyesinde kalmıştır. SA MA’e göre daha fazla reaktivite göstermiştir.

Kenevir lifleri 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakikalık sürelerde KA ile modifiye edilmiştir. Her bir değer için üç tekrar yapılmış ve ortalama WPG değerleri belirlenmiştir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi sıcaklığın ve sürenin artması ile liflere ait ortalama WPG değerlerinde artma tespit edilmiştir. Şekil 4.3’te görüldüğü gibi 100°C’de üç saatlik sürenin sonunda reaksiyonun tamamlandığı ve bu noktadan sonra reaksiyon süresinin uzatılmasının WPG değerleri üzerine etkisinin çok az olduğu gözlemlenmiştir. KA modifikasyonu SA modifikasyonuna göre daha düşük WPG değerleri sergilemiştir. Diğer yandan MA modifikasyonundan daha iyi WPG değerleri göstermiştir.



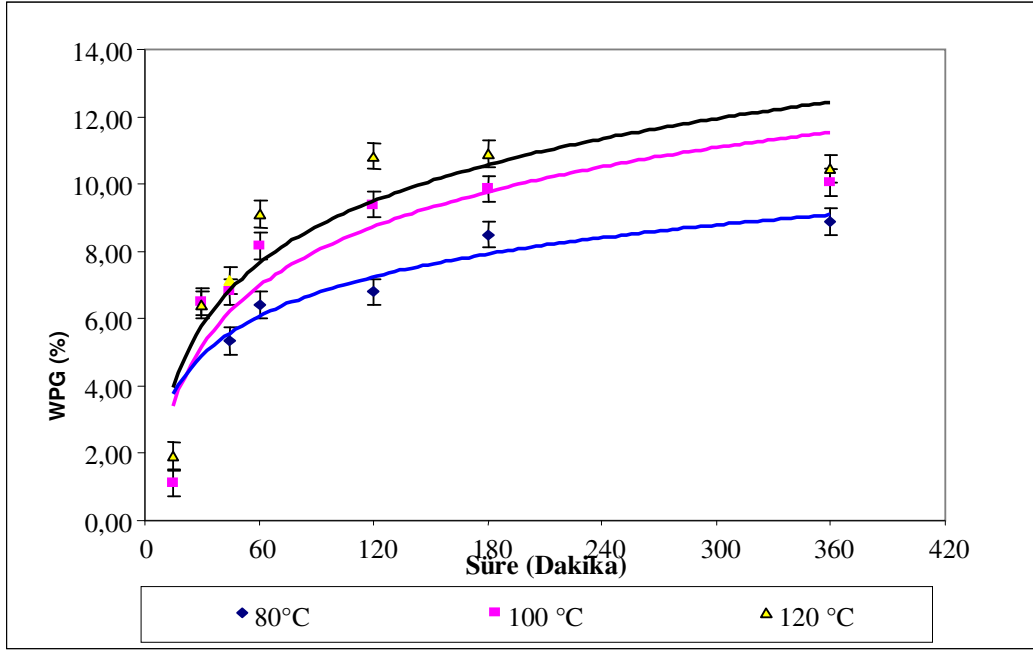
Şekil 4.2. Kenevir liflerinin MA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).



Şekil 4.3. Kenevir liflerinin KA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).

Kenevir lifleri 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakikalık sürelerde PA ile modifiye edilmiştir. Her bir değer için üç tekrar yapılmış ve ortalama WPG değerleri belirlenmiştir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi sıcaklığın ve sürenin artması ile

liflere ait ortalama WPG değerlerinde artma tespit edilmiştir. Liflerin 80 ve 100°C'de üç saatlik sürenin sonunda WPG değerleri hemen hemen sabitlendiği ve bu sürenin sonunda modifikasyon işleminde ağırlık artışının çok az olduğu gözlemlenmiştir. 120°C'de gerçekleştirilen modifikasyon işleminde ise reaksiyon ilk iki saat içerisinde sonuçlanmıştır. Bu noktadan sonra herhangi bir ağırlık kazancı tespit edilmemiştir.



Şekil 4.4. Kenevir liflerinin PA ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).

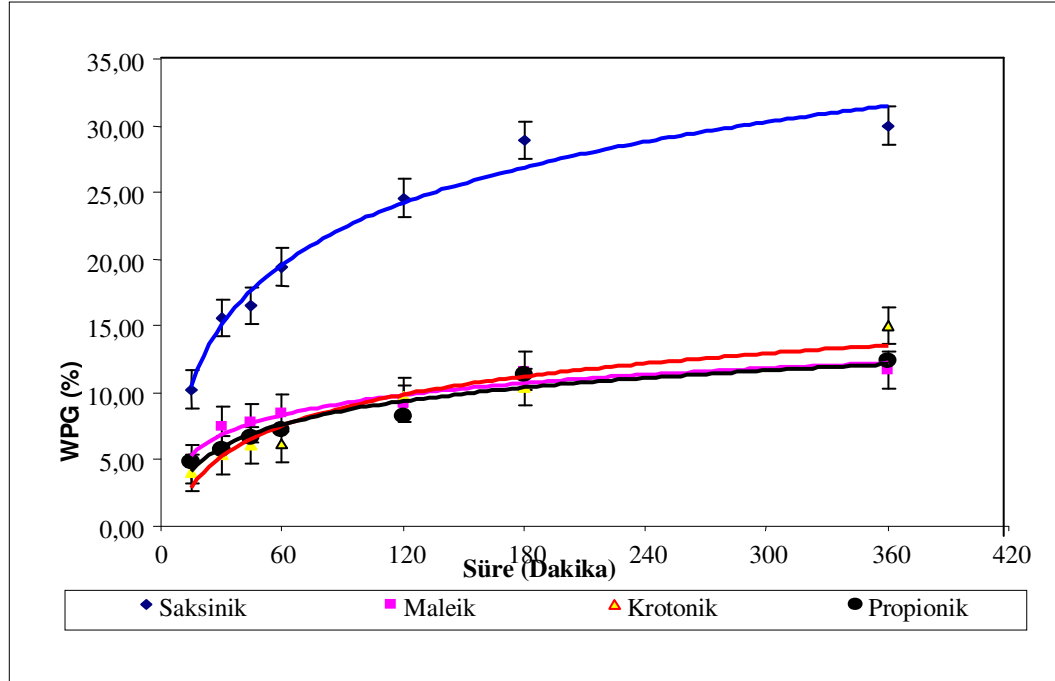
Kenevir lifleri 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dakikalık sürelerde PA ile modifiye edilmiştir. Her bir değer için üç tekrar yapılmış ve ortalama WPG değerleri belirlenmiştir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi sıcaklığın ve sürenin artması ile liflere ait ortalama WPG değerlerinde artma tespit edilmiştir. Liflerin 80 ve 100°C'de üç saatlik sürenin sonunda WPG değerleri hemen hemen sabitlendiği ve bu sürenin sonunda modifikasyon işleminde ağırlık artışının çok az olduğu gözlemlenmiştir. 120°C'de gerçekleştirilen modifikasyon işleminde ise reaksiyon ilk iki saat içerisinde sonuçlanmıştır. Bu noktadan sonra herhangi bir ağırlık kazancı tespit edilmemiştir.

Kenevir liflerinin PA ve KA ile modifikasyonu sonucunda en iyi WPG değerine 3 saatin sonunda ulaşılmıştır. 3 saatin sonunda 100 ve 120°C'de elde edilen WPG değerleri birbirine çok yakındır. MA ile yapılan modifikasyon işlemlerinde ise en iyi WPG değeri 120°C'de ilk yarım saatlik sürenin sonunda elde edilmiştir. Bu değere yakın WPG değeri 100°C'de 3 saatlik sürenin sonunda elde edilmiştir. SA ile yapılan çalışmalarda ise 80, 100 ve 120°C sıcaklıklarda en iyi WPG değerlerine 3 saatlik sürenin sonunda ulaşılmıştır. Yapılan modifikasyon işlemlerinde 100 ve 120°C'de gerçekleşen reaksiyonlar 3 saat'lik sürelerde birbirine yakın değerler gösterdiği için keten, pamuk ve ısırgan liflerine sadece 100°C sıcaklıkta modifikasyon işlemi uygulanmıştır.

4.1.2. Keten Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu

Keten lifleri 100°C sıcaklıkta sırası ile saksinik (SA), maleik (MA), krotonik (KA) ve proponik (PA) anhidritler ile muamele edilmiş ve 4.5'te lifler üzerinde meydana gelen ağırlık artışları gösterilmiştir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi keten liflerinin anhidritler ile modifikasyonu sonucunda ağırlıkları sürenin artması ile artmaktadır. Bu sürenin sonunda 100°C sıcaklıkta en iyi yüzde ağırlık kazancını %30'luk bir değer ile SA ile sağlanmıştır. Üç saat reaksiyon süresinin sonunda %28,9 WPG değerine ulaşılmıştır. Bu noktadan sonra reaksiyon süresinin uzatılması WPG değerleri üzerine belirgin bir artışa neden olmamıştır (%30 WPG, 6 saat). Diğer kullanılan MA, KA ve PA ile SA de olduğu gibi yüksek ağırlık kazanç değerlerine ulaşamamıştır. Bu üç anhidrit ise birbirine yakın WPG değerleri göstermiştir.

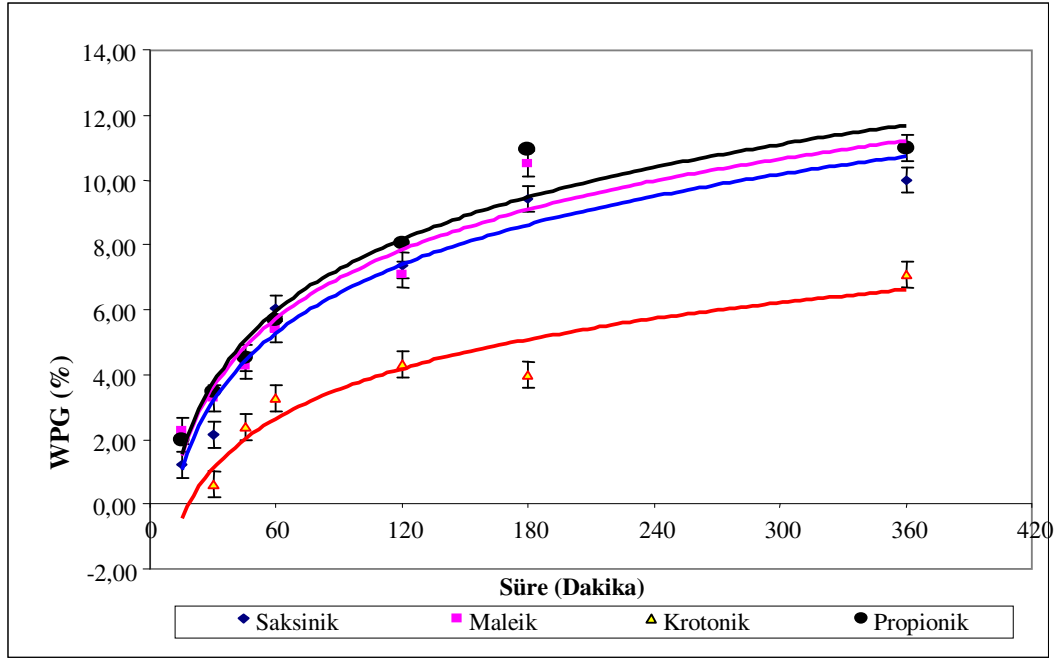


Şekil 4.5. Keten liflerinin farklı anhidritlerle modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).

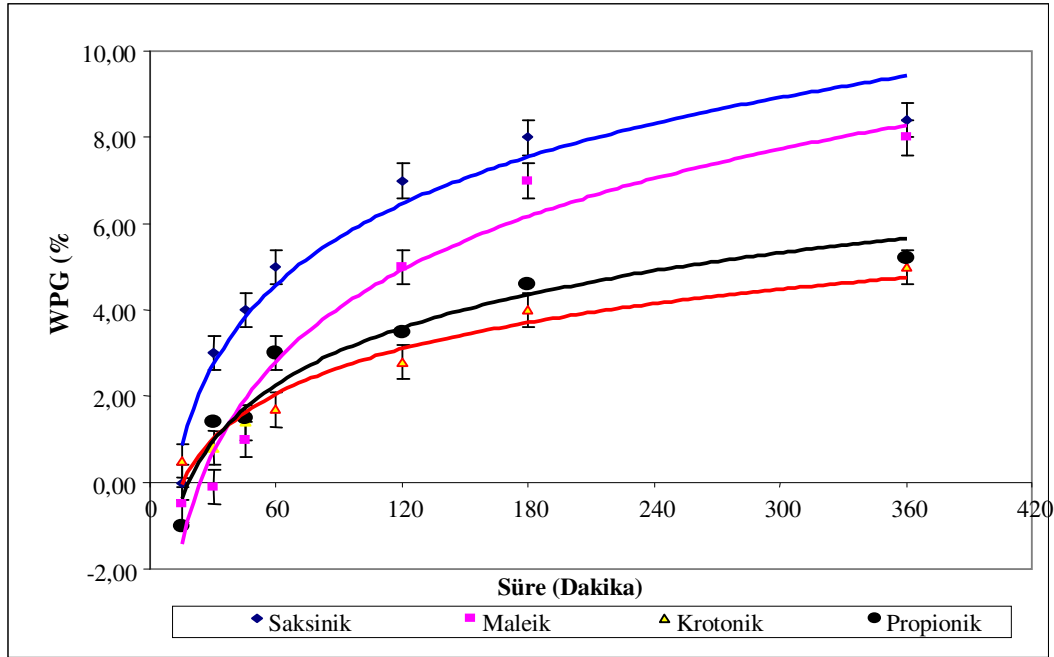
4.1.3. İsrırgan Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu

İsrırgan lifleri 100°C sıcaklıkta sırası ile saksinik (SA), maleik (MA), krotonik (KA) ve proponik (PA) anhidritler ile muamele edilmiş ve Şekil 4.6'da lifler üzerinde meydana gelen ağırlık artışları gösterilmiştir.

Reaksiyon süresinin artması ile liflerin ağırlıklarındaki artış Şekil 4.6'da görülmektedir. MA, SA ve PA lifler üzerinde ortalama ağırlık artışı olarak birbirine yakın değerler göstermiştir. KA ise diğer anhidritlere göre daha az ağırlık artışı göstermiştir. Bununla birlikte en iyi ağırlık artışı dört anhidrit için üçüncü saatin sonunda yakalanmıştır. Bu sürenin sonunda reaksiyonun devamının liflere sadece %1-2 ağırlık artışı sağladığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. İsrırgan liflerinin farklı anhidritler ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).



Şekil 4.7. Pamuk liflerinin farklı anhidritler ile modifikasyonu sonucu yüzde ağırlık kazancı değerleri (WPG).

4.1.4. Pamuk Liflerinin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu

Pamuk lifleri 100°C sıcaklıkta sırası ile saksinik anhidrit (SA), maleik anhidriti (MA),

krotonik anhidrit (KA) ve proponik anhidrit (PA) ile muamele edilmiş ve Şekil 4.7’de lifler üzerinde meydana gelen ağırlık artışları gösterilmiştir.

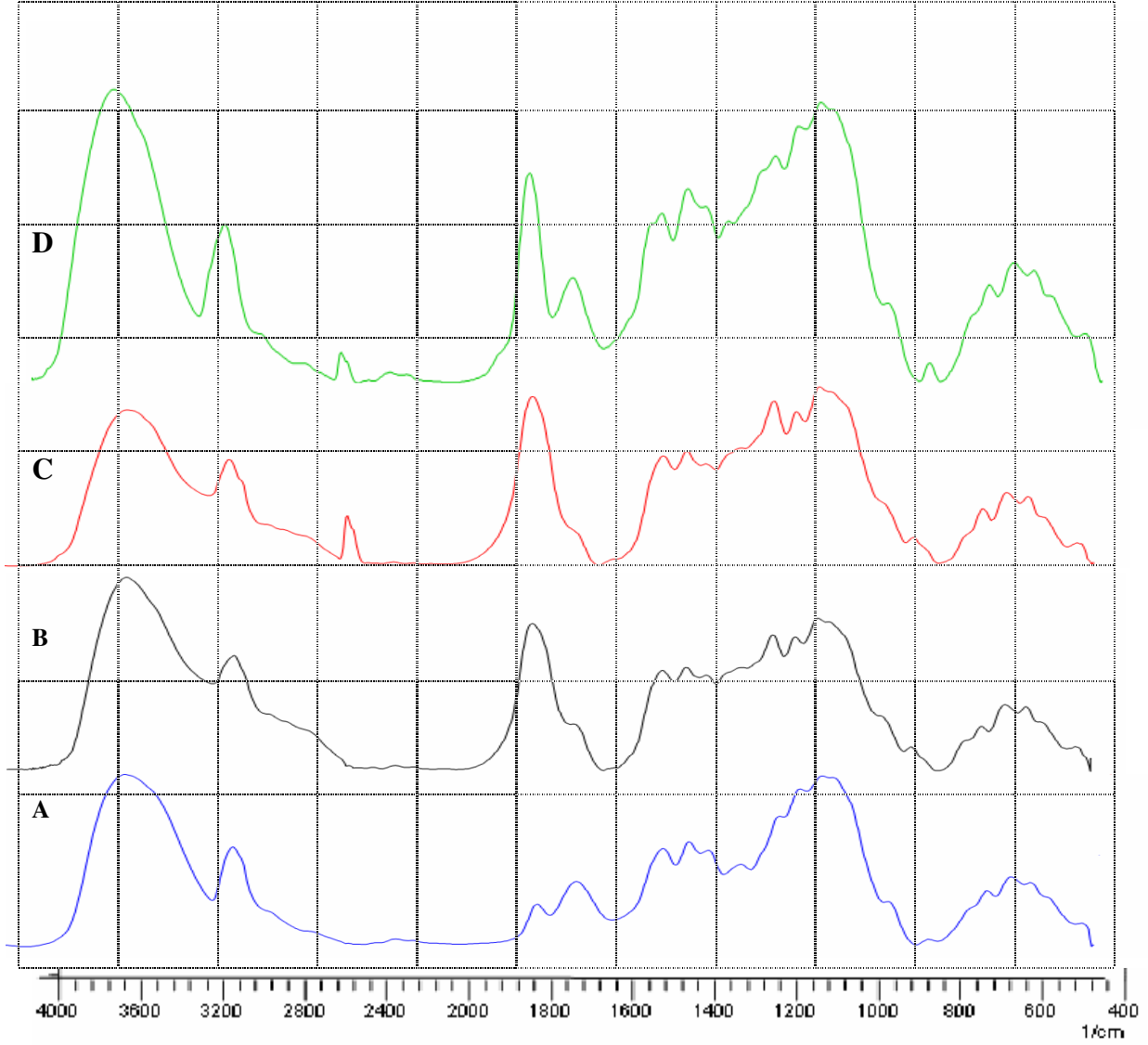
Şekil 4.7’de görüldüğü gibi pamuk lifler ile en yüksek ağırlık kazancı SA ile sağlanmıştır. En düşük ağırlık kazançları ise KA ile sağlanmıştır. Reaksiyon süresinin artması ile ortalama ağırlık artışlarının da arttığı gözlemlenmiştir. En iyi ağırlık artışı ise üç saatin sonunda yakalanmıştır. Bu sürenin sonunda modifikasyon işlemine devam etmenin liflerin ağırlıklarında çok az bir fayda sağladığı görülmüştür.

4.2. Levha Üretimde Kullanılan ve Saksinik Anhidrit ile Modifiye Edilen Liflere Ait FT-IR Analizleri

Yapılan modifikasyon işlemlerinde pamuk, kenevir ve keten liflerinde en iyi WPG değeri SA ile modifiye edilen liflerde belirlenmiştir. İsrırgan liflerinde ise en iyi WPG değeri PA için bulunmuştur. Fakat SA ile reaksiyona giren ısırgan liflerinin PA ile reaksiyona giren liflerden WPG değeri olarak çok farklı bir değere ulaşmadığı Şekil 4.6’da görülmektedir. Bunun için levhaları oluşturan liflerin tamamı saksinik anhidrit (SA) ile modifiye edilmiştir.

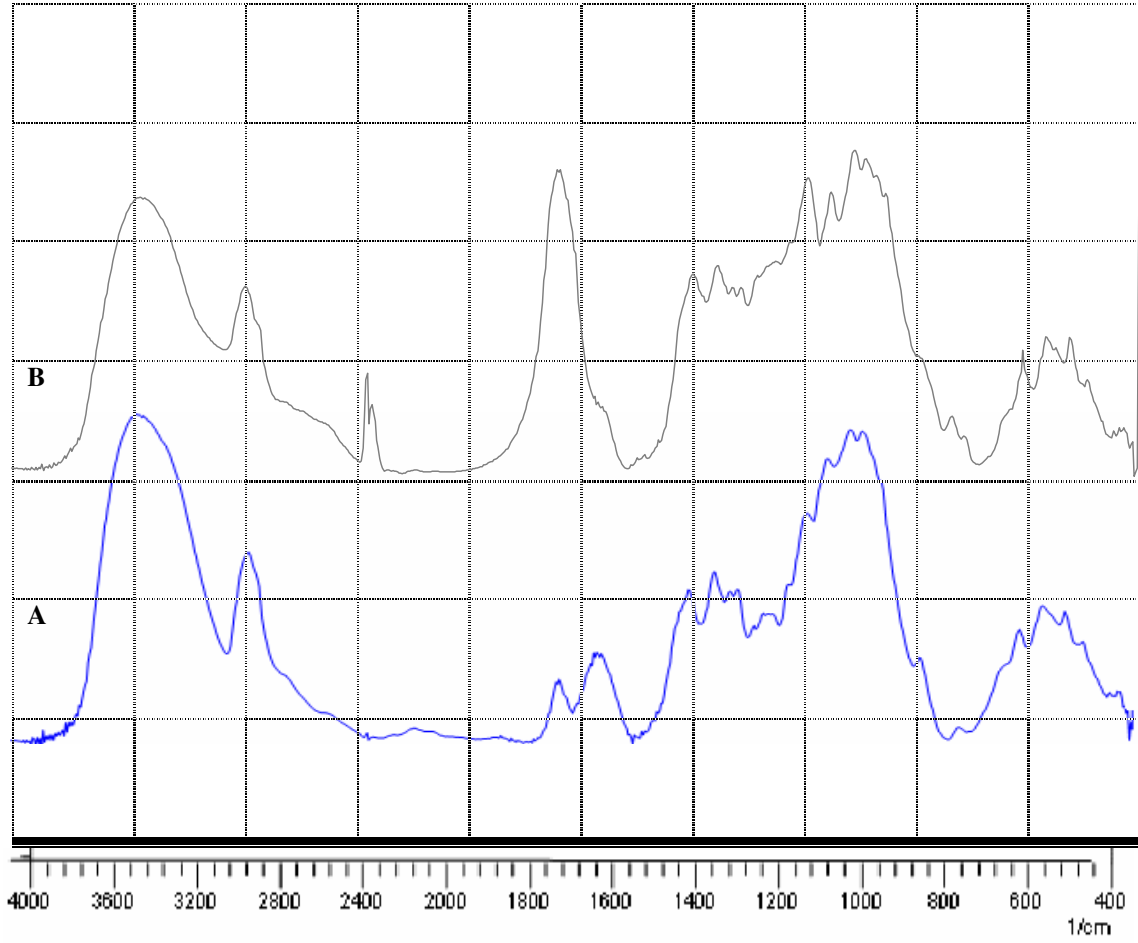
SA ile lifler arasında modifikasyon sırasında ester bağı oluşmaktadır. Bu bağıın varlığının ispatı modifikasyon işleminin gerçekleştiğini gösterdiğinden dolayı modifikasyon işlemi uygulanan liflere FT-IR analizi yapılmıştır.

Şekil 4.8’de görüldüğü gibi farklı sıcaklıklarda modifikasyon işlemi uygulanan örnekler ve kontrol örneğinin FT-IR analizi verilmiştir. Burada 1750 cm^{-1} dalga sayısında önemli ölçüde bir pik meydana geldiği görülmektedir. Bu pik saksinik anhidritin lifler içindeki polimer bileşiklerinde bulunan hidroksil grupları ile kovalent bağ yapan C=O çift bağından dolayı oluşmaktadır. Bu pik saksinik anhidritin liflere kimyasal olarak bağlandığını göstermektedir.



Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda modifiye edilen kenevir liflerine ait FT-IR grafiği.

- A: Modifiye edilmemiş kenevir lifi kontrol örneği
B: Saksinik anhidrit ile 80°C modifiye edilmiş kenevir lifi örneği
C: Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilmiş kenevir lifi örneği
D: Saksinik anhidrit ile 120°C modifiye edilmiş kenevir lifi örneği

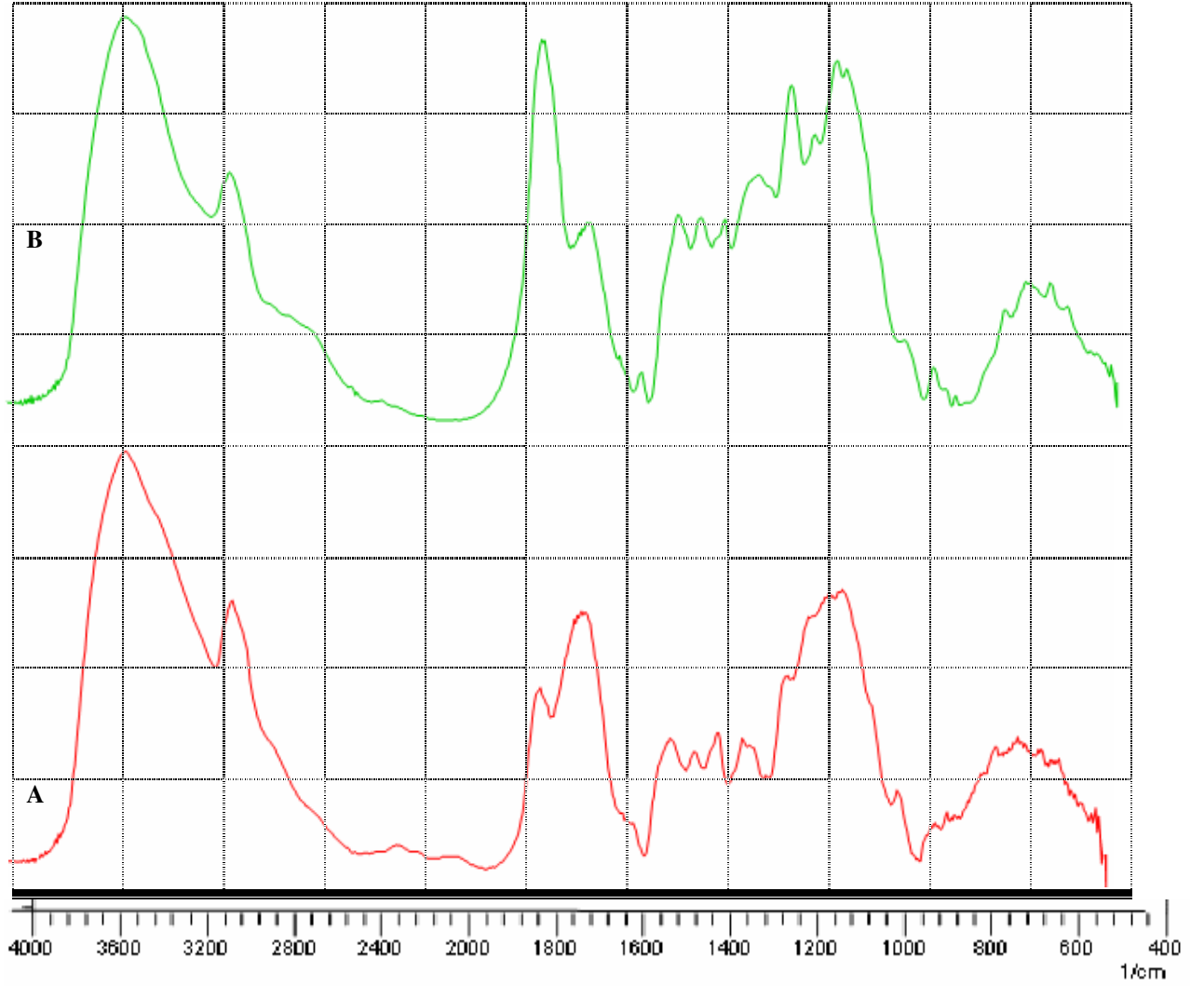


Şekil 4.9. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen keten lifine ait FT-IR grafiği.

A: Modifiye edilmemiş keten lifi kontrol örneği

B: Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilmiş keten lifi örneği

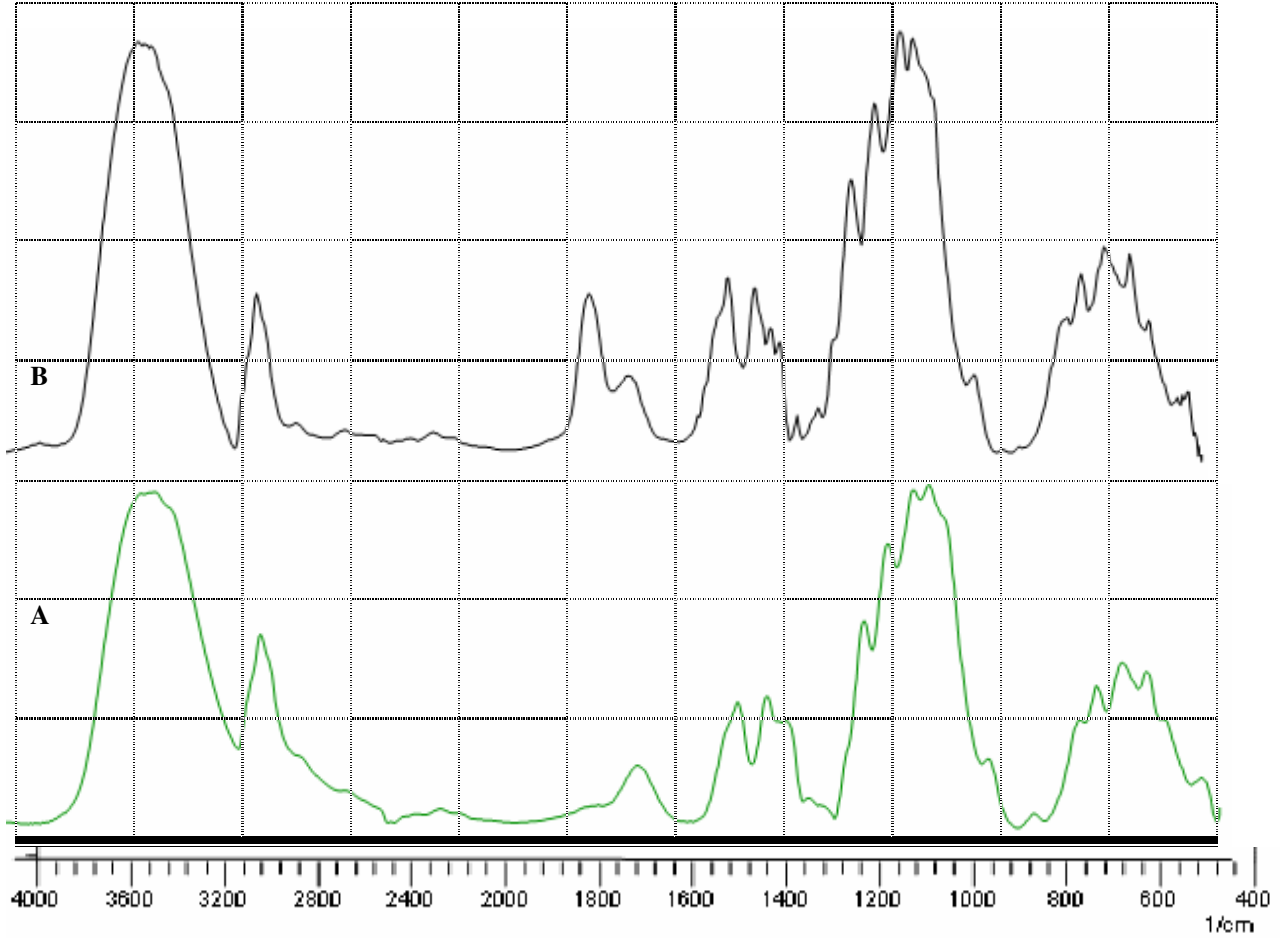
Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11’de görüldüğü gibi modifikasyon işlemi yapılan liflerle kontrol örnekleri karşılaştırıldığında 1750 cm⁻¹ dalga sayısında önemli ölçüde bir pik meydana geldiği görülmektedir. Bu pik ise örneklerin polimer bileşiklerinde bulunan hidroksil grupları ile kovalent bağ yapan saksinik anhidritin yapısındaki C=O çift bağından dolayı oluşmaktadır. Meydana gelen bu pik değerleri bize saksinik anhidritin liflere kimyasal olarak bağlandığını göstermektedir.



Şekil 4.10. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen ısırgan lifine ait FT-IR grafiği

A: Modifiye edilmemiş ısırgan lifi kontrol örneği.

B: Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilmiş ısırgan lifi örneği.



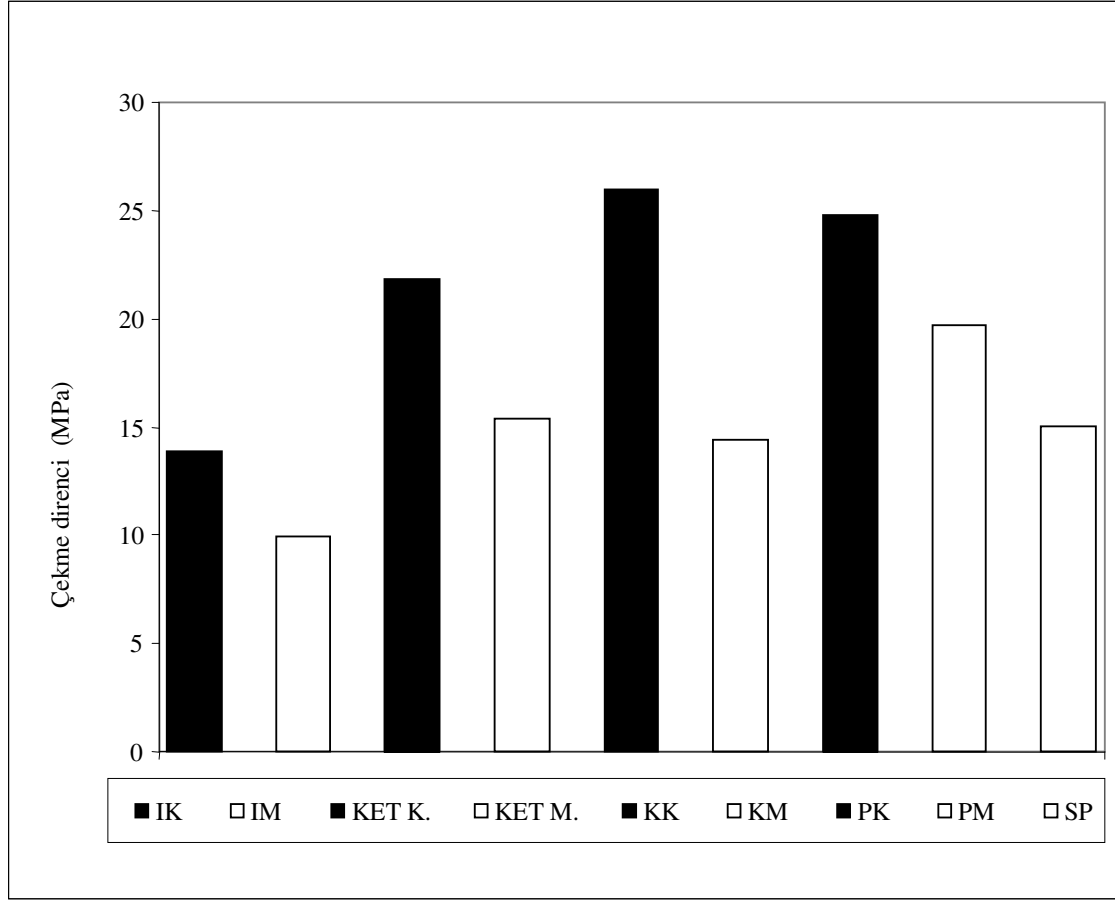
Şekil 4.11. Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilen pamuk lifine ait FT-IR grafiği.

A: Modifiye edilmemiş pamuk lifi kontrol örneği.

B: Saksinik anhidrit ile 100°C modifiye edilmiş pamuk lifi örneği.

4.3. Oluşturulan Poliester Kompozit Levhalara Ait Mekanik Test Sonuçları

Burada SA ile 100°C'de üç saat süre ile modifikasyon işlemi uygulanan ve modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir, keten, pamuk ve ısırgan liflerinden elde edilen poliester kompozitler ve saf poliesterden elde edilen poliester kompozitlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çekme direnci, eğilme direnci ve şok (darbe) direnci testleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda bulunan değerler Şekil 4.12'den Şekil 4.14'e kadar verilmiştir.



Şekil 4.12. Lif takviyeli poliester kompozitlerin çekme direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi.

IK: İsrırgan lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

IM: Modifiye edilmiş ısırgan lifi ile üretilen kompozit levha

KET K.: Keten lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

KET M.: Modifiye edilmiş keten lifi ile üretilen kompozit levha

KK: Kenevir lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

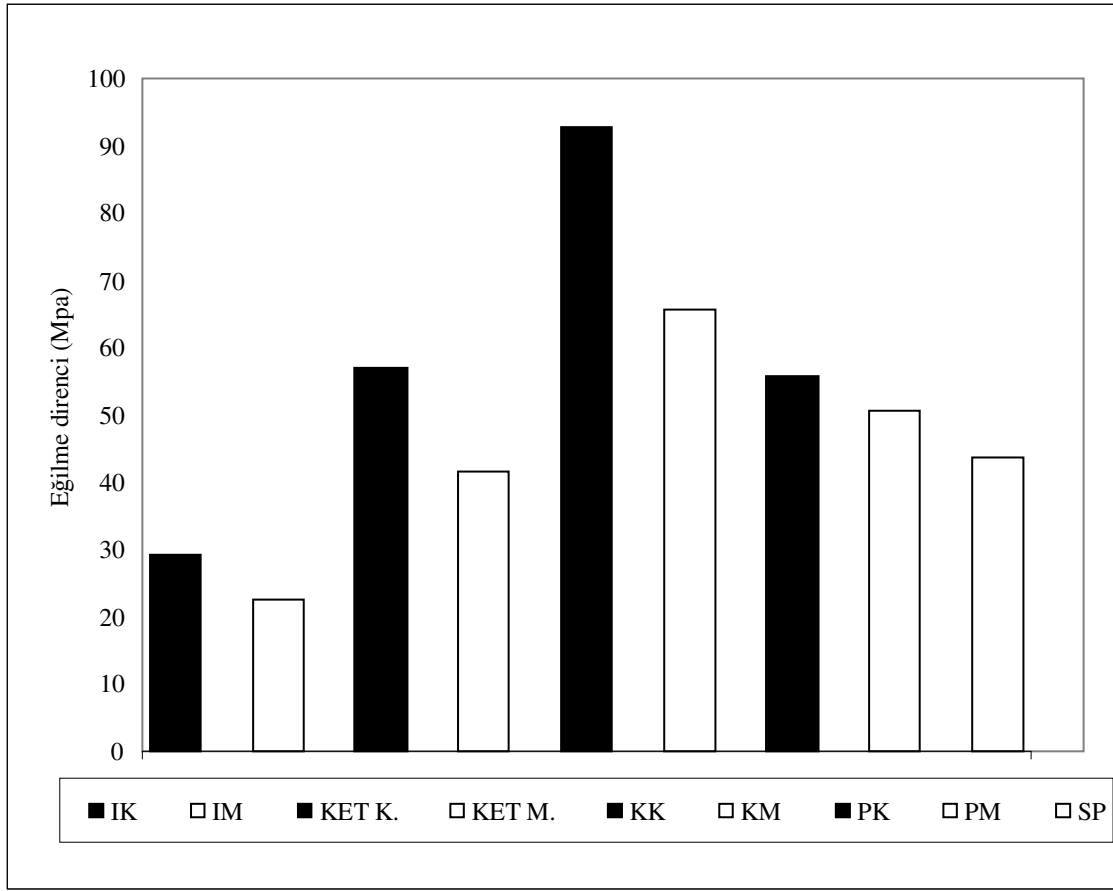
KM: Modifiye edilmiş kenevir lifi ile üretilen kompozit levha

PK: Pamuk lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

PM: Modifiye edilmiş pamuk lifi ile üretilen kompozit levha

SP: Saf poliester kompozit

Şekil 4.12'de görüldüğü gibi modifikasyon işleminin uygulanmamış liflerden elde edilen poliester kompozitler saf poliester kompozitlerden daha iyi çekme direnci sonuçları vermiştir. En iyi çekme direnci değeri veren poliester kompozit kenevir liflerinden elde edilen kompozitlerdir. Yıllık bitkilerden elde edilen lifler arasında en güçlü ve sağlam liflerden birisi kenevir lifidir. Bunun için çekme direnci sonuçlarının iyi olduğu düşünülmektedir. Modifikasyon işlemi uygulanmış lifler kullanılarak üretilen kompozitlerin çekme direnci değerleri ise saf poliester kompozitle yakın değerler göstermiş fakat modifikasyon işlemi uygulanmamış liflerden üretilen kompozitlerin çekme direnci değerlerinden daha düşük değerler belirlenmiştir. Bunun için modifikasyon işleminin liflerin çekme direnci değerleri üzerine olumsuz etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 4.13. Lif takviyeli poliester kompozitlerin eğilme direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi.

IK: İsrırgan lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

IM: Modifiye edilmiş ısırgan lifi ile üretilen kompozit levha

KET K.: Keten lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

KET M.: Modifiye edilmiş keten lifi ile üretilen kompozit levha

KK: Kenevir lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

KM: Modifiye edilmiş kenevir lifi ile üretilen kompozit levha

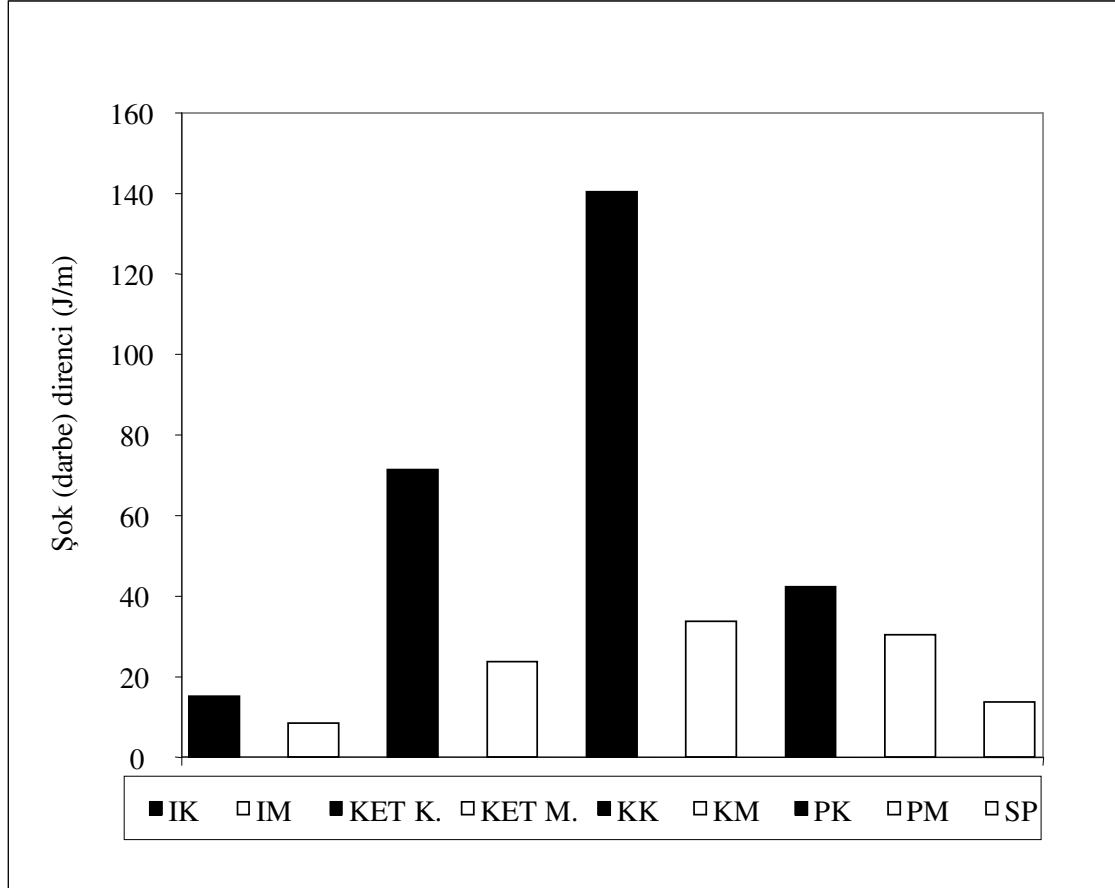
PK: Pamuk lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

PM: Modifiye edilmiş pamuk lifi ile üretilen kompozit levha

SP: Saf poliester kompozit

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi gerek modifikasyon işlemleri uygulanmış kenevir, pamuk ve keten liflerinden oluşan poliester kompozitler, gerekse modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir, pamuk ve keten liflerinden elde edilen plastik kompozitlerin eğilme direnci değerleri saf poliester kompozitten daha iyi sonuçlar vermiştir. Kenevir liflerinden elde edilmiş poliester kompozitlerden en iyi eğilme direnci değerleri bulunmuştur. Kenevir liflerinin güçlü ve sağlam oldukları için bu liflerle elde edilen kompozitlerin eğilme direnci değerinin en yüksek olduğu düşünülmektedir. Modifikasyon işlemi uygulanmış ısırgan liflerinden ve modifikasyon işlemi uygulanmamış ısırgan liflerinden elde edilen poliester kompozitlerden elde edilen eğilme direnç değerleri saf poliester kompozitten elde edilen değerden daha düşüktür. Modifikasyon işlemi uygulanmış kenevir, keten, ısırgan ve pamuk

liflerinden elde edilen poliester kompozitler modifikasyon işlemi uygulanmamış liflerden elde edilen poliester kompozitlerden daha düşük eğilme direnci değerleri göstermiştir. Bunun sebebi olarak da SA ile yapılan modifikasyon işleminin liflerin eğilme direnci değerleri üzerine olumsuz etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Lif takviyeli poliester kompozitlerin şok direnci değerleri üzerine kimyasal modifikasyonun etkisi

IK: İsrırgan lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

IM: Modifiye edilmiş ısırgan lifi ile üretilen kompozit levha

KET K.: Keten lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

KET M.: Modifiye edilmiş keten lifi ile üretilen kompozit levha

KK: Kenevir lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

KM: Modifiye edilmiş kenevir lifi ile üretilen kompozit levha

PK: Pamuk lifi ile üretilen kompozit levha kontrol örneği

PM: Modifiye edilmiş pamuk lifi ile üretilen kompozit levha

SP: Saf poliester kompozit

Modifikasyon işlemi uygulanmış kenevir, pamuk ve keten liflerinden oluşan poliester kompozitler ve modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir, pamuk ve keten liflerinden elde edilen plastik kompozitlerin şok direnci değerleri saf poliester kompozitten daha iyi sonuçlar verdiği Şekil 4.14'te görülmektedir. Hem modifikasyon işlemi uygulanan

liflerinden elde edilen poliester kompozitlerde hem de modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir liflerinden elde edilen poliester kompozitler içerisinde en iyi şok direnci değerlerini kenevir liflerinden elde edilen poliester kompozitlerde ulaşılmıştır. En düşük şok direnci değerleri ise modifikasyon işlemi uygulanan ve modifikasyon işlemi uygulanmamış ısırgan liflerinden elde edilmiştir. Bu durum ise ısırgan liflerinin yapısının zayıf olması ile açıklanabilir. Modifikasyon işlemi uygulanan tüm lifler modifikasyon işlemi uygulanmamış liflerden diğer mekanik testlerde olduğu gibi daha düşük şok direnci değeri göstermiştir.

4.4. Liflerin pH Derecesine Ait Bulgular

Saksinik anhidrit (SA) ile modifiye edilen keten, kenevir, ısırgan ve pamuk liflerinin pH değerleri 5 olarak tespit edilmiştir. Modifiye edilmemiş kontrol örneklerinin pH değeri ise 7 olarak tespit edilmiştir. Modifiye edilmiş liflerin asit özellik gösterdiği modifiye edilmemiş liflerin ise nötr olduğunu göstermektedir. Bu durum SA'nın liflerin pH'ında düşüşe sebep olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kenevir, keten, pamuk ve ısırgan lifleri kullanılarak poliester kompozitler oluşturulmuştur. Oluşturulan poliester kompozitler modifikasyon işlemi uygulanmış liflerle ve modifikasyon işlemi uygulanmamış liflerle takviye edilerek üretilmiştir. Modifikasyon işleminde saksinik (SA), maleik (MA), krotonik (KA) ve proponik (PA) anhidritler ve katalizör olarak pridin kullanılmıştır. Modifikasyon işlemi tüm anhidritler için 15, 30, 45, 60, 120, 180 ve 360 dakika süre ile yapılmıştır. Kenevir liflerinde 80, 100 ve 120°C'lerde modifikasyon işlemi uygulanmış ve bu deneyler sonucunda kullanılan dört anhidrit için en iyi % ağırlık artışı (WPG) değeri veren ortak sıcaklığın 100°C olduğu tespit edilmiştir. Yapılan modifikasyon işlemlerinde en iyi WPG değerleri SA ile elde edilmiştir. Buna bağlı olarak modifikasyon işlemi uygulanarak elde edilen poliester kompozitlerin lifleri SA ile üç saatlik modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri, saf poliester kompozitlerin mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kenevir lifleri ile yapılan modifikasyon işlemlerinde sıcaklığın artması ile liflerdeki WPG değerlerinde artma olduğu tespit edilmiştir. Bu liflerle en iyi WPG değeri % 39,2 olarak SA ile ulaşılmıştır. En düşük WPG değeri ise MA ile elde edilmiştir. KA, MA ve PA ile yapılan modifikasyon işlemlerinde 80 ve 100°C sıcaklıklarda optimum sürenin 3 saat olduğu ve bu sürenin ardından modifikasyon işlemine devam edilmesi durumunda WPG değerlerinde belirgin bir artışın olmadığı tespit edilmiştir. SA için bu süre 2 saat olarak belirlenmiştir. 120°C sıcaklıkta yapılan modifikasyon işlemlerinde optimum süre SA ve KA için 3 saat, MA için ilk yarım saat, PA için 2 saat olarak belirlenmiştir.

Keten lifleri ile 100°C yapılan modifikasyon işlemlerinde en iyi WPG değerine %30 olarak SA ile ulaşılmıştır. SA ile yapılan modifikasyon işlemlerinde optimum süre 3 saat olarak belirlenmiştir. Diğer anhidritlerin WPG artışları birbirine yakın değerler göstermiş ve SA'ya göre daha az WPG değerine ulaşarak, bu değerler %10 civarlarında kalmıştır.

Isırgan lifleri ile yapılan modifikasyon işlemlerinde en iyi WPG değerleri SA için % 10, MA için % 11, PA için % 11, KA için % 7.1 olarak tespit edilmiştir. SA, MA ve PA WPG değerleri birbirine yakın değerler göstermiş olup optimum süre ise bu üç anhidrit için 3 saat olarak belirlenmiştir.

Pamuk lifleri ile yapılan modifikasyon işlemlerinde ise en iyi WPG değeri SA ile 8,4 olarak tespit edilmiştir. MA'da % 8 lik WPG değeri ile SA'ya yakın değer göstermiştir. Diğer anhidritler için WPG artışı KA % 5 ve PA % 5.2 olarak bulunmuştur.

Üretilen poliester kompozitler içerisinde modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir, pamuk ve keten lifi içeren kompozitlerin çekme direnci sonuçları saf poliestere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kenevir ve pamuk lifleri birbirine daha yakın değerdedir.

Keten lifleri bu iki liften daha düşük değer göstermiştir. Modifikasyon işlemi uygulanmamış ısırgan lifleri ile elde edilen poliester kompozitler ise saf poliester kompozitten elde edilen çekme direnci sonuçlarına yakın değerler vermiştir. Liflere modifikasyon işlemi uygulanıp poliester kompozit oluşturulması durumunda çekme direnci değerleri tüm lifler için düşüş göstermiştir. Sadece modifikasyon işlemi uygulanmış pamuk lifleri ile yapılan kompozitlerin çekme direnci değerleri saf poliester kompozitten elde edilen çekme direnci değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Kenevir ve keten liflerine modifikasyon işlemi uygulandıktan sonra elde edilen kompozitlerin çekme direnci değerleri saf poliester kompozitin çekme direnci değerlerine yakındır. Modifikasyon işlemi uygulanan ısırgan liflerinden oluşturulan kompozitin çekme direnci değerleri ise saf poliester kompozitten düşük bulunmuştur.

Modifikasyon işlemi uygulanmamış kenevir, pamuk ve keten liflerinden elde edilen kompozitlerin eğilme direnci değerleri saf poliesterin eğilme direnci değerlerinden yüksek olmasına karşın, bu liflere modifikasyon işlemi uygulanarak kompozit üretilmesi durumunda pamuk ve kenevir liflerinin eğilme direnci değerleri saf poliester kompozitin eğilme direnci değerlerinden üstün çıkmış, modifiye edilen keten lifinden üretilen kompozitin eğilme direnci değerleri daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Modifikasyon işlemi uygulanan ve uygulanmayan ısırgan liflerinden elde edilen kompozitlerin eğilme direnci değerleri saf poliester kompozitten daha düşük olduğu bulunmuştur.

Saf poliester kompozitin bulunan şok direnci değerleri ise modifikasyon işlemi uygulanan ve uygulanmayan kenevir, keten ve pamuk liflerinden elde edilen kompozitlerin şok direnci değerlerinin altındadır. Modifikasyon işlemi uygulanmamış ısırgan lifinden elde edilen kompozitlerin şok direnci değerleri saf poliesterin değerlerine yakın, modifikasyon işlemi uygulanan ısırgan liflerden yapılan kompozitlerin şok direnci değerlerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda sıralanan sonuçların göz önünde bulundurularak şu öneriler sıralanabilir;

Lignoselülozik liflerle takviye edilmiş poliester kompozit üretimi mümkündür. Takviye olarak lignoselülozik liflerin kullanılması kompozitin üretim maliyetini düşürecektir.

Poliester kompozitlerin üretiminde ülkemizde tarımı yapılmakta olan keten, kenevir ve pamuk bitkilerinin kullanılması ile alternatif kullanım alanları açılacaktır. Bunun yanında çiftçilerimize ek gelir imkânı sağlanabilir.

Ülkemizin ekonomisi büyük ölçüde tarıma dayalıdır. Tarım ürünlerinin kullanıldığı bu yöndeki çalışmalara destek verilip, sayısının artırılması alternatif kullanım alanları oluşturacağı gibi ülke ekonomisine de katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ADEBAJO., M.O. ve FROST, R.L. 2003. Acetylation of Raw Cooton for Oil Spill Cleanup Application: an FTIR and ¹³C MAS NMR Spectroscopic Investigation. Spectrochimica Acta, 60: 2315 – 2321.
- ANONİM. 2003a. Pamuk Danışma Grubu 1999-2003 Verileri.
- ANONİM. 2003b. ÇUKOBİRLİK Verileri.
- ANONİM. 2006. Kastamonu Taşköprü Tarım İlçe Müdürlüğü Verileri.
- ANONİM. 2007. Kastamonu İline Ait Keten ve Kenevir Üretimi Bilgi Formu, Kastamonu İl Tarım Müdürlüğü.
- ANONİM. 2008a. <http://www.alternatif-tip.net/index.php>.
- ANONİM. 2008b. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Pamuk>.
- ANONİM. 2008c. http://www.canim.net/sifali_bitkiler/isirgan.php
- ANONİM. 2008d. [http:// www.dtm.gov.tr / dtmadmin / upload / EAD / DisTicaretDegerelendirmeDb / pamuk.doc](http://www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/DisTicaretDegerelendirmeDb/pamuk.doc)
- ASTM D 790 – 03 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. 2006. USA.
- ASTM D 638 – 01 Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics. 2001. USA.
- ASTM D 256 – 00 Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. 2001. USA.
- BOSTANCI, Ş. 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- BOS, H. 2004. The Potential of Flax Fibres As Reinforcement For Composite Materials. University Press Facilities, Eindhoven, the Netherlands, 193s.
- BOZKURT, A.Y., ERDİN, N. ve ÜNLİGÜL, H. 1995. Odun Patolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Yayınları, İstanbul.
- CHANG, S.T. ve CHANG, H.T. 2001. Comparisons of the Photostability of Esterified Wood, Polymer Degradation and Stability 71, (2): 261-266.
- CLEMONS, C., YOUNG, A.R. ve ROWELL, R.M. 1991. Moisture Sorption Properties of Composite Boards From Esterified Aspen Fiber, Wood and Fibre Science, 24(3): 353-363.

- ÇETİN, N.S., ALMA, M.H. ve BAŞTÜRK, M.A. 2000. Yeni Kompozitler Üretmek Amacıyla Lignoselülozik Lifler ile Sentetik Polimer Arasında Uyum Sağlayan Birleştirici Maddeler ve Metotlar, Fen ve Mühendislik Dergisi, 3: 58-68.
- ÇETİN, N.S. 2001. Ahşap Malzemenin Modifikasyonu, Seminer, Kahramanmaraş.
- ÇETİN, N.S., ÖZMEN, N. ve MENGELOĞLU, F. 2002. Kimyasal Modifikasyon ile Lignoselülozik Liflerin Özelliklerinin İyileşmesi. GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, S. 1703-1709.
- ÇETİN, N.S., ÖZMEN, N. ve KARADEMİR, A. 2002a. Yüzey Aktifleştirilmiş Kaplama Şeritlerin Mekaniksel Özellikleri ve Bağlanma Kalitelerinin İncelenmesi. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3: 891-898.
- ÇETİN, N.S., ÖZMEN, N. ve KARADEMİR, A. 2002b. Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) Odunlarına Anhidrit Modifikasyonları ile Boyutsal Sabitlik Kazandırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3 : 1008-1016.
- ÇETİN, N.S., ÖZMEN, N. ve KARADEMİR, A. 2002c. Yenilenebilir Lif Kaynaklarından RTM Teknolojisi ile Otomotiv Endüstrisi İçin Bitkisel Lif Plastik Kompozitlerin Üretimi, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3 : 1102-1109.
- ÇETİN, N.S. 2005. Odun Kimyası Metotları. Ders Notu, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş (Yayımlanmamış).
- ÇETİN, N.S. 2007. Odun Modifikasyon Yöntemleri. Ders Notu, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş (Yayımlanmamış).
- DAUD, R. 1996. Potential of Nettle (*Urtica sp.*) as a Source of Fibre in Northern Montane Pakistan for Cottage Industry. University of Punjab. Doktora Tezi. Lahore.
- EFE, L. 2006. Ders Notları, Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş, (Yayımlanmamış).
- EROĞLU, H. 1994. Lif Levha Endüstrisi Ders Notları. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- EROĞLU, H. ve USTA, M. 2000. Liflevha Üretim Teknolojisi. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- FRANCK, R.R. 2000. Bast and Other Plant Fibres. Woodhead Publishing. Cornwall, England. 397s.
- FREDDI, G., TSUKADA, M. ve SHIOZAKI, H. 1999. Chemical Modification of Wood Fibers with Acid Anhydrides, Journal of Applied Polymer Science, 71 : 1573-1579.
- GÜLLER, B. 2001. Odun Kompozitleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 135 – 160.

- HAFIZOĞLU, H. 1987. Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- HASSAN, M.L., ROWELL, R.M., FADL, N.A., YACUOB, S.F. ve CHRISTIANSEN, A.W. 2000. Thermoplasticization of Bagasse. I. Preparation and Characterization of Esterified Bagasse Fibers. Journal of Applied Polymer Science, 76 : 561-574.
- HILL, C.A.S. ve MALLON, S. 1998. The Chemical Modification of Scots Pine with Succinic Anhydride or Octenyl Succinic Anhydride. I. Dimensional Stabilisation. Holzforschung, 52: 427-433.
- HILL, C.A.S. ve KHALIL, H.P.S.A. 2000. Effect of Fiber Treatments on Mechanical Properties of Coir or Oil Palm Fiber Reinforced Polyester Composites. Journal of Applied Polymer Science, 78: 1685-1697.
- HILL, C.A.S., ÇETİN, N.S., QUINNEY, R.F., DERBYSHIRE, H. ve EWEN, R.J. 2001. An Investigation of the Potential for Chemical Modification and Subsequent Polymeric Grafting as a Means of Protecting Wood Against Photodegradation, Polymer Degradation and Stability, 72: 133-139.
- HILL, C.A.S. 2006. Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes, Woodhead Publishing, UK, 260s.
- HOMAN, W., TJEERDSMA, B., BECKERS, E. ve JORISSEN, A. 2006. Structural and Other Properties of Modified Wood. World Conference on Timber Engineering, Temmuz 31- Ağustos 3, Whistler Resort, British Columbia, Canada. 344s.
- JOHN, M.J. ve THOMAS, S. 2007. Biofibres and Biocomposites, Carbohydrate Polymers, 71: 343-364.
- KARUS, M. KAUP, M. ve LOHMEYER, D. 2000. Study on Markets and Prices for Natural Fibres. Nova Institute. Germany. 163s.
- KHALIL, H.P.S.A., ISMAIL, H., AHMAD, M.N., ARIFFIN, A. ve HASSAN, K. 2001. The Effect of Various Anhydride Modifications on Mechanical Properties and Water Absorption of Oil Palm Empty Fruit Bunches Reinforced Polyester Composites, Polymer International, 50: 395-402.
- KUMAR, S. 1994. Chemical Modification of Wood. Wood and Fibre Science, 26 (2): 270-280.
- MENGELOĞLU F., ve ALMA, M.H. 2000. Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi. 5 (2): 37-48.
- MENGELOĞLU, F. ALMA, M.H. ve ÇETİN, N.S. 2002. Plastik Endüstrisinde Buğday Sapı Ununun Kullanılabilirliği, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 57-65.

- MUSSIG, J. 2001. Untersuchung der Eignung Heimischer Pflanzenfasern für die Herstellung von Naturfaserverstärkten Duroplasten – vom Anbau zum Verbundwerkstoff. Bericht PUBLISHING. Düsseldorf, Germany. 630s.
- NIKITIN, N.I. 1966. The Chemistry of Cellulose and Wood, Quarterly Review of Biology, 42: 435-436.
- O'DELL, J.L. 1997. Natural Fibres in Resin Transfer Molded Composites, The Forth International Conference on Wood-Plastic Composites, s. 280-285.
- ÖZMEN, N. ve ÇETİN, N.S. 2002. Anhydride Modification of Wood Components and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Studies, GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 2:1697-1702.
- PAPADOPOULOS, A.N., HALE, M.D. ve HILL, C.A.S. 2002. Efficacy of Linear Chain Carboxylic Acid Anhydrides as Wood Protection Chemicals, the International Research Group on Wood Preservation, 12-17 Mayıs, Cardiff, Wales, United Kingdom, Doc.No:IRG/WP 02-30295.
- PAPADOPOULOS, A.N. ve HILL, C.A.S. 2002. The Biological Effectiveness of Wood Modified with Linear Chain Carboxylic Acid Anhydrides Against Coniophora Puteana, Holz als Roh-und Werkstoff, 60: 329-332.
- ROUISSON, D., SAIN, M. ve COUTURIER, M. 2004. Resin Transfer Molding of Natural Fiber Reinforced Composites: Cure Simulation, 64: 629-644.
- ROWELL, R.M. 1984. Penetration and Reactivity of Cell Wall Components, Chapter 4, American Chemical Society. Woodhead Publishing, Cambridge. 256s.
- ROE, J.P. ve ANSELL, M.P. 1985. Jute-reinforced Polyester Composites, Journal of Materials Science, 20: 4015-4020.
- ROWELL, R.M., IMAMURA, Y., KAWAI, S. ve NORIMOTO, M. 1989. Dimensional Stability, Decay Resistance and Mechanical Properties of Veneer- Faced Low-Density Particleboards Made from Acetylated Wood, Wood and Fiber Science, 21, (1): 67-79.
- ROWELL, R.M. 1990a. Chemical Modification of Lignocellulosic Fiber to Produce High-Performance Composites, GLASS, J. EWARD, S. GRAHAM, eds. Agricultural and Synthetic Polymers-Biodegradability and Utilization, ACS Symposium series 433. American Chemical Society 19th National Meeting, 1989 Nisan 9-14, Dallas, TX. Washington, DC: American Chemical Society, Chapter 21.
- ROWELL, R.M. 1990b. Materials Science of Lignocellulosic, Proceedings, Materials Research Society Symposium, Nisan 18-20, San Francisco, 197: 3-9.
- ROWELL, R.M. 1991. Chemical Modification of Wood. In Wood and Cellulosic Chemistry . Marcel Dekker, Inc., New York, 703-756.

- ROWELL, R.M. ve CLEMONS, C.M. 1992. Chemical Modification of Wood Fiber for Thermoplasticity, Compatibilization with Plastics, and Dimensional Stability, In: Maloney, Thomas M., ed. Proceedings of 26th International Particleboard/Composite Materials Symposium, 7-9 Nisan, Pulman, WA: Washington State University, 251-259.
- ROWELL, R.M. CLEARY, B.A., ROWELL, J.S., CLEMONS, C. ve YOUNG, R.A. 1993. Results of Chemical Modification of Lignocellulosic Fiber for Use in Composites, In: Wood Fiber/Polymer Composites: Fundamental Concepts, Processes and Material Options: Proceedings of 1st Wood Fiber-Plastic Composite Conference; Madison, WI and 45th annual meeting of the Forest Products Society; New Orleans, LA. Madison; WI: Forest Products Society, 121-127.
- ROWELL, R.M. 1995a. Chemical Modification of Agricultural Fibers for Property Enhanced Composites, Denmark Academy of Technical Science 3: 49-70.
- ROWELL, R.M. 1995b. Chemical Modification of Agricultural Fibers for Property Enhanced Composites, Research in Industrial Application of Non Food Crops, I. Plant Fibres, Proceedings of a Seminar, Mayıs 1995, Copenhagen, Denmark, Lyngby, Denmark Academy of Technical Sciences, s. 49-70.
- ROWELL, R.M. 2001. Performance Driven Composites From Lignocellulosic Resources, International Conference on Science and Technology of Composite Materials, s. 29-32.
- ROWELL, R.M. 2006. Acetylation. Forest Product Journal, 56, 9: 4-12
- SEBE, G., CETİN, N.S., HILL, C.A.S. ve HUGHES, M. 2000. RTM hemp Fibre-Reinforced Polyester Composite, Denmark Academy of Technical Science 7: 341-349.
- SERİN, Z., GÜMÜŞKAYA, E. ve ÖNDARAL, S. 2003. A Review of the Chemical Composition of Different Softwoods, Hardwoods and Annual Plants, 3: 349-361.
- SERİN, Z. 2005. Çeşitli Kimyasal Maddelerle Yapılan Modifikasyonun Orta Yoğunluktaki Lif Levhanın (MDF) Özelliklerine Etkisi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.
- SREEKUMAR, P.A., KURUVILLA, J., UNNIKRIŞNA G. ve THOMAS, S. 2007. A Comparative Study on Mechanical Properties of Sisal-Leaf Fibre-Reinforced Polyester Composites Prepared by Resin Transfer and Compression Moulding Techniques, Composite Science and Technology, 6: 453-461.
- TAPPI T 203 os-71. Alfa Selüloz Tayini. TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- TAPPI T 222 om-88 Kül Miktarının Tayini. TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.

YILDIZ, Ü.C., DİZMAN, E., KALAYCIOĞLU, H., YILDIZ, S. ve TEMİZ, A., GEZER, E.D. 2005. The Effects of Chemical Modification on the Physical and Mechanical Properties of Particleboards Produced From Alder and Spruce Chips. The Second European Conference on Wood Modification, s.116-124.

WHITE, N.M. ve ANSELL, M.P. 1983. Straw- Reinforced Polyester Composites. Journal of Materials Science, 18: 1549-1556.

WISE, L.E., MARPHY, M. ve D'ADIECO, A. 1946. Chlorite Holocellulose, its Fractionation and Bearing on Summative Wood Analysis and on Studies on the Hemicelluloses. Paper Trade Journal, 122 (2): 35-43.

ÖZGEÇMİŞ

Mürşit TUFAN, 1982 yılında İzmir'in Kınık ilçesinde doğdu. İlköğretimi Yayakent İlköğretim okulunda, Orta Okulu Alsancak Ortaokulunda, lise öğrenimini Bergama Cumhuriyet Lisesinde tamamladı. 2001 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı. 2005 yılında Orman Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Arş. Gör. Olarak Yüksek Lisans eğitime başladı. 2006 yılında Erasmus/Socrates programı kapsamında Avusturya Viyana'da Universität für Bodenkultur Wien üniversitesinde bir dönem (5 ay) yüksek lisans eğitimi aldı. Halen K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime devam etmektedir.