

**ANTEP FISTIĞI KABUKLARINDAN POLİMER KOMPOZİT
MALZEME ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Meltem ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2006
ANKARA**

Meltem ŞAHİN tarafından hazırlanan ANTEP FISTIĞI KABUKLARINDAN POLİMER KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Metin GÜRÜ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali Y. BİLGESU

Üye : Prof. Dr. Vecihi PAMUK

Üye : Doç. Dr. Metin GÜRÜ

Üye : Doç. Dr. Nursel DİLSİZ

Üye : Doç. Dr. Tuncer ÇAYKARA

Tarih : 12/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Meltem ŞAHİN tarafından hazırlanan ANTEP FISTIĞI KABUKLARINDAN POLİMER KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Metin GÜRÜ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali Y. BİLGESU

Üye : Prof. Dr. Vecihi PAMUK

Üye : Doç. Dr. Metin GÜRÜ

Üye : Doç. Dr. Nursel DİLSİZ

Üye : Doç. Dr. Tuncer ÇAYKARA

Tarih : 12/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Meltem ŞAHİN

**ANTEP FISTIĞI KABUKLARINDAN POLİMER KOMPOZİT MALZEME
ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Meltem ŞAHİN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mayıs 2006**

ÖZET

Dünyada ormanlar mobilya, ahşap ve yapı malzemesi olarak kullanılmak üzere insanlar tarafından yok edilmektedir. Çevreye verilen bu zararın en aza indirilmesi hedeflenerek bu ihtiyacın atık durumdaki Antep fıstığı kabuklarından yapılan malzemelerle karşılanmasına çalışıldı.

Çalışmada, Antep fıstığı kabukları ve uçucu külden çeşitli alanlarda kullanılmak üzere çevre dostu yapı malzemelerinin elde edilmesi amaçlandı. Üre-formaldehit ve fenol-formaldehit bağlayıcı olarak, uçucu kül ise yanmazlık özelliğini geliştirmek için kullanıldı. Diğer taraftan fenol-formaldehit kullanımı ile su absorpsiyonu en aza düşürülmeye çalışıldı.

Bu amaçla, kırılarak parçacık boyutlarına göre ayrılmış olan, Antep fıstığı kabukları ile değişik oranlarda üre-formaldehit kullanılarak 60⁰C'lik etüvde 24 saat bekletilmek suretiyle numuneler hazırlandı ve bu numunelere üç noktadan eğilme testi yapıldı. En yüksek eğilme direnci %50'lik üre-formaldehit bağlayıcısı ile 1,45 N/mm² olarak tespit edildi. Optimum değer olarak bulunan % 50'lik üre-formaldehit ve 60g dolgu maddesi ile deneylere devam edildi. Yanma geciktirici olarak kullanılan

uçucu külün optimum üç noktadan eğme değerini belirlemek üzere değişik oranlarda numuneler hazırlandı ve %10'luk uçucu kül ilave edildiğinde en iyi sonuç gözlemlendi. Su emme kapasitesini düşürmek amacıyla fenol-formaldehit kullanıldı. Optimum olarak bulunan %60'lık fenol-formaldehit ile 0,047 g su/g malzeme olarak en düşük su absorpsiyon seviyesi sağlandı.

Bilim Kodu : 912.1.094
Anahtar Kelimeler : Polimer kompozit malzeme / Üre-formaldehit / Fenol-formaldehit / Antep fıstığı kabuğu / Uçucu Kül / Yanma geciktirici / Su emme kapasitesi
Sayfa Adedi : 67
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Metin GÜRÜ

**PRODUCTION OF POLYMER COMPOSITE BOARD FROM PISTACHIO
SHELL AND IMPROVEMENTS OF ITS FEATURES**

(M. Sc. Thesis)

Meltem ŞAHİN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

May 2006

ABSTRACT

Forests in the world are destroyed by human in order to use wood as furniture, wooden and construction material. So, the purpose was to minimize the damage that given to the environment by responding the necessity of this material by using pistachio shell that is garbage.

Aim of this study was to obtain environment friendly construction material using pistachio shells and fly ash to use in various applications. While urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde were used as the binding chemicals, as fly ash was used as a flame retarder. At the other hand, phenol-formaldehyde was also used to minimize the water absorption.

First of all, the polymer composite boards were obtained by mixing breaked pistachio shells -seperated by particle sizes- with urea-formaldehyde at different ratios. Then the boards were made to wait in the drying oven for 24 hour to prepare samples and bending strength test was done from three different points to the samples prepared. Highest bending strength was determined as 1,45 N/mm² with the 50% urea-formaldehyde binder. Experiments were continued with urea-

formaldehyhde at the observed optimal value (50%) and 60g filling material. Boards with different ratios were prepeared to obtain fly ash's optimal value and 10% was observed as optimal value. Fenol-formaldehyhde was used to reduce water absorption capacity. Lowest water absorption level was determined as 0,047 g-water/g-material using fenol-formaldehyhde at optimum value %60.

Science Cod	: 912.1.094
Key Words	: Polymer Composite Board / Urea-formaldehyde / Phenol-formaldehyde / Pistachio Shell / Fly Ash / Flame Retardant / Woter Absorption
Page Number	: 67
Adviser	: Assoc. Prof. Dr. Metin GÜRÜ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgilerini ve yorumlarını esirgemeyerek beni yönlendiren saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Metin GÜRÜ' ye teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca her türlü desteğini esirgemeyerek beni hiç yalnız bırakmayan sevgili arkadaşım Asude KARLI' ya, eşim Muzaffer ŞAHİN' e ve tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma Gazi Üniversitesi İleri Araştırma ve Eğitim Programları konulu 2001 K 120590 nolu DPT projesi kapsamında yürütülmüştür.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. İLERİ TEKNOLOJİ MALZEMELERİ.....	3
2.1. Kompozit Malzemeler.....	3
2.1.1. Modern kompozit malzemeler ve sınıflandırılması.....	6
2.1.2. Kompozit malzemelerde matriks-takviye elemanları ve özellikleri.....	8
2.2. Fenolik Reçineler.....	9
2.2.1. Monomerler.....	10
2.2.2. Sentez.....	11
2.2.3. Üretim.....	12
2.2.4. Fiziksel özellikleri.....	13
2.2.5. Kullanım alanları.....	14
2.3. Fenol-formaldehit.....	16

	Sayfa
2.3.1. Resoller.....	17
2.3.2. Novalaklar.....	18
2.4. Amino Reçineler.....	19
2.5. Üre-formaldehit.....	20
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	25
4. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	33
4.1. Kullanılan Madde ve Malzemeler.....	33
4.2. Reçine Üretimi.....	34
4.2.1. Üre-formaldehit reçinesi üretimi.....	34
4.2.2. Fenol-formaldehit reçinesi üretimi.....	35
4.3. Karakterizasyon Deneyleri.....	35
4.3.1. Su emme kapasitesi deneyi.....	35
4.3.2. Üç noktadan eğilme direnci.....	36
4.3.3. Shore sertlik ölçme deneyi.....	38
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	39
5.1. % Üre-formaldehit Oranının Malzemenin Üç Noktadan Eğme Direncine Etkisi.....	39
5.2. % Uçucu Kül Oranının Malzemenin Üç Noktadan Eğme Direncine Etkisi Etkisi.....	41
5.3. Fenol-formaldehit Oranının Kompozit Malzemeye Etkisi.....	43
5.4. Shore Sertlik Deneyi.....	46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	49

	Sayfa
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Fenolik reçinelerin kullanım alanları.....	15
Çizelge 4.1. Uçucu kül XRD analizi sonuçları.....	33
Çizelge 5.1. % Üre-formaldehit oranının üç noktadan eğme direncine etkisi.....	40
Çizelge 5.2. % Uçucu kül (toplam kütleye göre) değişimi ile eğme direnci değişimi.....	42
Çizelge 5.3. Fenol-formaldehit oranının ağırlığa etkisi.....	44
Çizelge 5.4. Kompozit malzemenin Shore A sertlik ölçümleri.....	46

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. 1-Elyaf takviyeli, 2-Parçacık takviyeli, 3-Tabakalı, 4-Karma kompozit malzemeler.....	7
Şekil 2.2. Kompozit malzemeleri meydana getiren malzeme sınıfları.....	8
Şekil 2.3. Fenol – formaldehit polimer sentezi.....	9
Şekil 2.4. Fenolik polimer oluşumu.....	12
Şekil 2.5. Fenolün açık molekül formülü.....	16
Şekil 2.6. Fenol – formaldehit reçine sentezi.....	19
Şekil 2.7. Mono metilol üre ve di metilol üre sentezi.....	22
Şekil 2.8. Üre – formaldehit reçinesinin elde edilmesi.....	23
Şekil 4.1. Deney düzeneği.....	34
Şekil 5.1. %Üre-formaldehit Oranının (toplam kütleye göre) eğme direnci ile oluşturduğu grafik; dolgu maddesi.....	41
Şekil 5.2. % Uçucu kül oranı ile gerilme değişimi; dolgu maddesi, üre- formaldehit.....	43
Şekil 5.3. Malzemenin su alma kapasitesinin fenol-formaldehit oranına göre değişimi; dolgu maddesi, uçucu kül.....	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Bilgisayar destekli üç noktadan eğilme testi cihazı.....	37
Resim 4.2. Üç noktadan eğilme testi cihazı, span aralığı.....	37
Resim 4.3. Shore sertlik ölçme cihazı.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$^{\circ}\text{C}$	Derece Selsius
g	Gram
cm	Santimetre
mm	Milimetre
ml	Mililitre
kg	Kilogram
mg	Miligram
ppm	Parts per million, milyonda bir
%	Yüzde
N	Newton
Kısaltmalar	Açıklama
ÜF	Üre-formaldehit
FF	Fenol-formaldehit
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
XRD	X-Ray Difraktrometre
MOR	Modulus of rupture
IB	Internal Bond

1. GİRİŞ

Günümüz ileri teknoloji uygulamaları ve çağdaş yaşamın gerektirdiği ortam ve şartlar için sürekli olarak yeni ve daha nitelikli malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak endüstriyel ürünlerin rekabet edilebilir ve ekonomik olması gerekliliğinin yanı sıra, çevreye de zararlı olmaması gerekmektedir. Fenolik reçineler, sentetik malzeme bağlayıcı türlerinden biri olup, uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Asidik ve bazik karakterli katalizörlerin kullanılmasıyla novalak ve resole reçinelerin elde edilmesi ile malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesinde önemli değişiklikler sağlanabilmektedir.

Kompozit malzemelerin üretilmeye başlanmasından günümüze kadar bu malzemelerin üretimi ve mekanik özellikleri üzerine araştırma ve geliştirme faaliyetleri genişleyerek devam etmiştir.

Bu çalışmada; Türkiye’de de yetiştirilen ve sadece yakacak olarak kullanılabilen Antep fıstığı kabukları ve uçucu külden çevre dostu yapı malzemelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Ahşap malzemelerin avantajlarının yanında birçok dezavantajının olması bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Ahşap malzemelerin (normal ağaçların) en büyük avantajı yüksek yalıtkanlığa sahip olmalarıdır (ses, ısı, gürültü, elektrik). Ancak bunların yanı sıra göz ardı edilemeyecek dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar;

1. Ahşap kerestelerde mikroorganizmaların yaşamaları,
2. Su emme kapasiteleri çok yüksek olduğundan ahşapta şişmelerin olması ve kalıcı şekil bozukluklarının meydana gelmesi,
3. Yanıcı olması,
4. Böceklenme, kurtlanma gibi deformasyona da yol açan olayların gözlenmesi.

Orman yangınları, ekim alanı yaratabilmek, kentleşme ve en önemlisi ahşap malzeme ihtiyacı, ormanların yok olmasına ve iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Bu çalışma ile ahşap malzeme kullanımı mümkün olduğunca azaltılacak, aynı zamanda atık olan ve başka hiçbir şekilde değerlendirilemeyen Antep fıstığı kabukları levha üretiminde değerlendirilmiş olacaktır.

Elde edilecek ürünün kullanılmasının düşünüldüğü yerler;

1. İç ve dış mekânlarda bölme olarak,
2. Zeminde,
3. Duvarı,
4. Bülten panolarında,
5. Kabinlerde,
6. Mobilyada ve ahşabın kullanıldığı diğer birçok yerde kullanılabilecektir.

Ayrıca ahşap malzemelerde dezavantaj olan yanıcılık ve su emme özelliği yok edilmeye çalışılmıştır. Bu ürünlerin düşük maliyet, basit proses kullanımı ve atıkların değerlendirilmesi gibi nedenlerden dolayı literatürde çalışmaları yaygınlaşmaktadır.

2. İLERİ TEKNOLOJİ MALZEMELERİ

Yirminci yüzyılın ikinci yarısında dünya ekonomisine önemli ölçekte pazar payıyla giren ileri teknoloji seramikleri, polimer, metal ve kompozitler olarak yüksek safiyette, yüksek teknik performansa ve yüksek bilgi içeriğine sahip, artan entegre işlev ve çeşitliliği olan yüksek katma değerli malzemeler, ileri teknoloji malzemeleri olarak tarif edilebilir [1]. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ileri teknoloji malzemelerinin büyüme hızı hızla artmaya devam etmektedir. Önümüzdeki yıllarda da Dünyada ileri teknoloji malzemelerinin birçok uygulamada alternatif malzemelerin yerini alması beklenmektedir.

İleri teknoloji malzemeleri tanımından yola çıkarak işlev ve uygulamalara göre ‘ileri malzemeler’ aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1. İleri metalik malzemeler
2. İleri (ince) seramikler
3. İleri plastik ve polimerik malzemeler
4. Kompozitler;
 - a) Metal matriksli kompozitler
 - b) Seramik matriksli kompozitler
 - c) Polimer matriksli kompozitler
 - d) Diğer kompozitler

2.1. Kompozit Malzemeler

Kompozit malzeme, iki ya da daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemedeki toplamak amacıyla birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeler olarak tanımlanır. Kompozit malzemeler nispeten yeni bir alan olup II. Dünya savaşı esnasında mevcut geleneksel malzemelerin tek başlarına teknoloji karşısında belli ihtiyaçlara cevap veremez hale gelmesi ile başlamış ve o zamandan beri de bu malzemelerin üretimi ve mekanik özellikleri üzerine araştırma ve

geliştirme faaliyetleri genişleyerek devam etmektedir. Bu gelişmeler için itici güç, malzemelerde yüksek dayanım/yoğunluk ve yüksek elastiklik modülü/yoğunluk oranı elde etmek gibi nedenlerdir. Bu nedenlerle de spesifik uygulama alanlarında kullanımları hızla artmaktadır. Bu malzemeler belirli uygulama alanları için üstün mekanik ve fiziksel özellikler elde etmek üzere belirli spesifik konfigürasyonda değişik fazdaki malzemelerin bir araya getirilmesi ile oluşan malzemeler olduklarında çok fazlı malzeme olarak da bilinirler [2].

Bir kompozit malzeme genelde düşük modül ve dayanıma sahip reçine veya metalik matriks ana fazı ile bunun içinde dağılmış daha az oranda kullanılan tali fazı olan takviye elemanlarından oluşmaktadır. Yani bir kompozit malzeme bünyesinde, çekirdek olarak adlandırılan takviye elemanı ve bunun etrafını çevreleyen matriks malzemesinin bulunduğu bilinmektedir. Takviye elemanı olarak değişik morfolojiye sahip kısa ve uzun elyaflar, kılcal kristaller, kırılmış veya parçacıklı seramikler kullanılabilmektedir. Bunların temel fonksiyonu gelen yükü taşımak ve matriksin rijitlik ve dayanımını arttırmaktır. Matriksin fonksiyonu ise elyaflara yük ve gerilim transferi sağlayabilmek için elyafı bir arada tutmak yanında, çoğu takviye elemanları çok gevrek ve kırılgan olduğundan onların yüzeylerini dış ve çevresel etkilere karşı korumaktır. Ayrıca elyaflardan kaynaklanan kırılgan çatlakların ilerlemesini, matriksin plastiklik ve sünelik üstünlüğü sayesinde, önlemiş olur. Plastik deformasyonlar ve çatlaklar varsa elyaflara paralel olarak bunların yönlerini değiştirir. Zaten kompozit malzemeler genellikle matriks malzemesine göre metal, plastik ve seramik matriksli olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar [3]. Kompozit malzemelerde tek bir tabaka oluşturan matriks malzemesi, kılcal lifler, elyaflar ve parçacıklar ilave edilerek değişik tabaka katmanlarından oluşan tabakalı kompozit malzemelere de dönüştürülebilirler.

Kompozit malzemelerdeki en önemli avantaj, genellikle kendi başlarına elde edilemeyen, bileşenlerinin en iyi özelliklerinin bir malzemedeki toplanmasıdır.

Kompozit malzeme üretilmesi ile aşağıdaki bazı özellikler sağlanabilmektedir. Bunlar genel olarak şöyle sıralanabilir:

- a) Yüksek yorulma dayanımı,
- b) Yüksek rijitlik,
- c) Yüksek mukavemet,
- d) Yüksek korozyon direnci,
- e) Mükemmel aşınma direnci,
- f) Yüksek sıcaklık dayanımı,
- g) İyi termal ve ısı iletkenliği,
- h) Düşük ağırlık,
- i) Çekicilik ve estetik görünüm vb.

Bütün bu özellikler aynı zamanda oluşmaz ve herhangi bir uygulama için böyle bir gereksinime ihtiyaç da yoktur. Özellikleri bilinen bileşenlerden yararlanılarak bir kompozit malzemenin bazı özellikleri hesaplanabilir.

Fakat yukarıda belirtilen bu özellikler için gerekli şartlar, uygun matriks ve takviye eleman çifti, üretim tekniği, optimizasyonu, bileşenlerin mukavemet özellikleri ve diğer faktörler göz önüne alınarak üretim yapılırsa istenilen özelliği elde etmek mümkündür.

Bu avantajlar yanında bazı dezavantajları da mevcut olup bunlarda:

- a) Pahalı olması,
- b) Üretimin güçlüğü,
- c) İşlenmesinin güç olması yanında maliyetin yüksek oluşu ve gerekli yüzey kalitesinin elde edilemeyeşi,
- d) Diğer malzemeler gibi geri dönüşümün olmayışı,
- e) Kırılma uzamasının az oluşu gibi faktörler sayılabilir.

Kompozit malzemelerde hedef farklı malzemelerin farklı ve değişken özelliklerinin en uygun şekilde kullanılması, hatta oluşan kompozit malzemenin daha üstün özelliklere kavuşturulmasıdır.

Mühendislikte yaygın olarak kullanılmakta olan çok farklı malzemeler mevcut olup bunlar genelde; plastikler, metaller ve seramikler olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Bunların birbirine göre zayıf ve üstün yanları vardır. Bu malzemelerin uygulama alanları dikkate alındığında bir malzemedeki aranan özelliklerden en önemlileri;

- a) Akma dayanımı
- b) Rijitlik (elastiklik modülü)
- c) Kırılma tokluğu (çatlak yayılmasına karşı dayanma direnci)
- d) Yoğunluk (birim hacim kütlesi)
- e) Yüksek sıcaklıklara dayanma direnci ki bu da malzemenin ergime noktası ile ilgilidir.

Yukarıda bahsedilen üç ana grup yanında, teknoloji ile birlikte yeni malzeme geliştirme arayışları içine girilmiştir. Bunlarda kompozit malzemeler olarak 4. grubu teşkil etmektedir. En önemli kullanım alanı olan uçak ve uzay sanayiinde daha hafif, daha mukavemetli, yanmazlık özelliğine sahip ve elastik oluşları nedeniyle tercih edilmektedirler ve bu özellikleri daha da iyileştirmek için günümüzde de çalışmalara devam etmektedirler.

2.1.1. Modern kompozit malzemeler ve sınıflandırılması

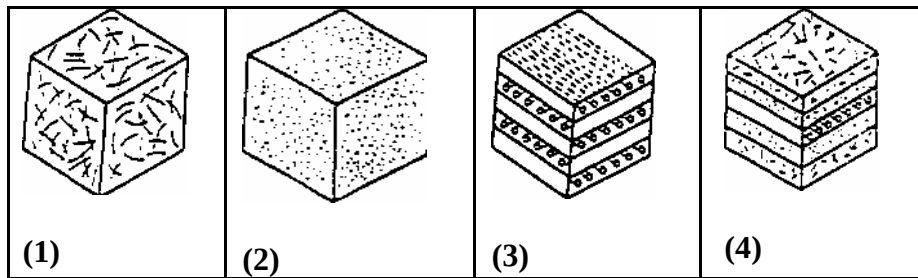
Bir malzemenin modern kompozit olarak adlandırılabilmesi için aşağıdaki kriterleri taşıması gerekmektedir:

- a) İnsan yapısı olmalı yani doğada hazır halde bulunamamalı
- b) En az iki veya daha fazla fiziksel ve mekaniksel özelliği ayrı olan malzemelerin birleştirilmesi ve farklı ara yüzeye sahip olmaları

- c) Herhangi bir ferdi bileşenle elde edilemeyen mekanik özelliklerin gerçekleştirilmesi
- d) Bir malzemenin diğer malzeme içine kontrollü şekilde dağıtılmasıyla iki ayrı malzeme karıştırılarak optimum özelliklere sahip olan kompozit (karma) bir malzeme oluşturulmalı
- e) Özellikler mükemmel olup kompozit malzemeyi oluşturan elemanların en iyi özelliklerin bir arada toplanması gereklidir.

Yukarıdaki maddeleri içeren üç ana kompozit malzeme grubu bulunmaktadır. Bunları takviye elemanlarına göre sıralarsak:

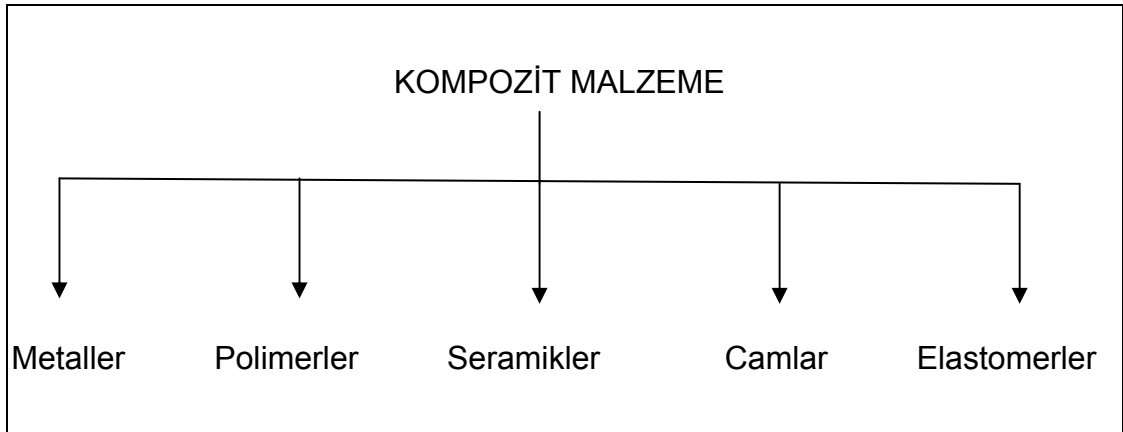
- 1) Elyaf takviyeli kompozit malzemeler
 - a) Sürekli elyaf takviyeli kompozitler
 - b) Kesikli elyaf takviyeli kompozitler
 - c) Rasgele düzlemsel olarak yönlendirilmiş kompozitler
- 2) Parçacık takviyeli kompozit malzemeler
 - a) Büyük parçacıklarla dayanımı arttırılmış kompozitler
 - b) Dispersiyonla dayanımı arttırılmış kompozitler
- 3) Tabakalı kompozit malzemeler
- 4) Karma kompozit malzemeler



Şekil 2.1. 1-Elyaf takviyeli, 2-Parçacık takviyeli, 3-Tabakalı, 4-Karma kompozit malzemeler

Bu dört tip takviye elemanlı kompozit; plastik, metal veya seramik matriks içinde olabilir.

Kompozit malzemeler, metal – metal, metal – seramik, metal – polimer, seramik – polimer, seramik – seramik veya polimer – polimer gibi farklı sistemlerden elde edilebilir. Genel olarak kompozit malzemeleri meydana getiren malzeme sınıfları Şekil 2.2.'de gösterilmektedir [1].



Şekil 2.2. Kompozit malzemeleri meydana getiren malzeme sınıfları

2.1.2. Kompozit malzemelerde matriks-takviye elemanları ve özellikleri

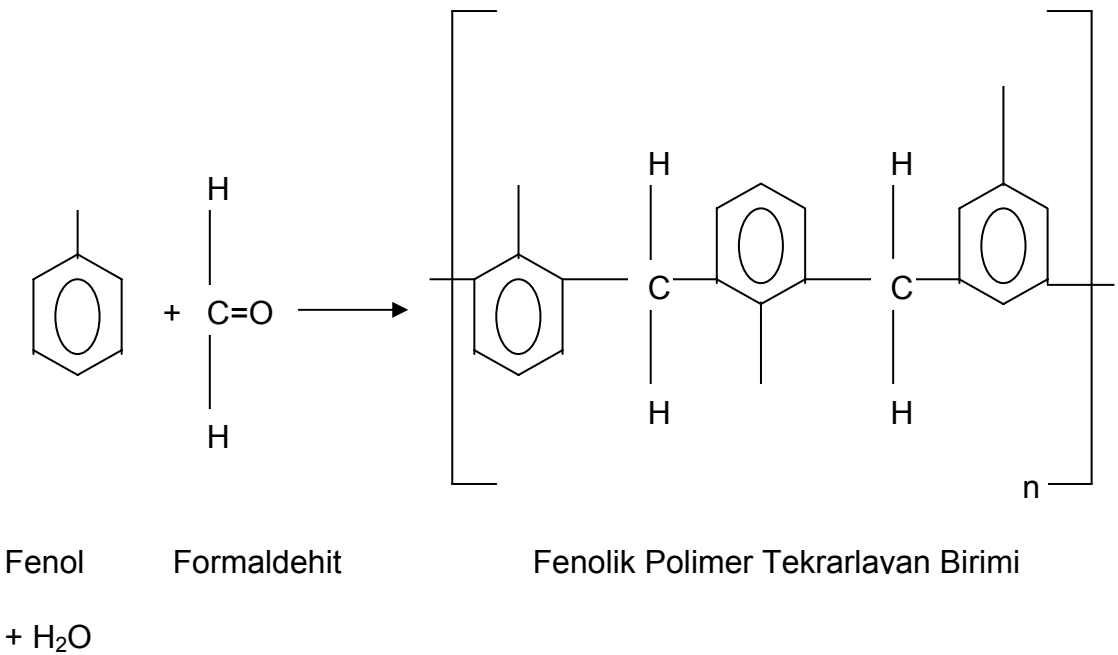
Kompozit malzemelerde matriks ve takviye elemanı temel yapıyı oluşturmaktadır. Bir kompozit malzemede takviye elemanının temel görevi, yükü taşıyarak matriksin rijitliğini ve dayanımını arttırmaktır. Takviye elemanı olarak genellikle cam, karbon, alüminyum oksit, bor karbür, silisyum karbür, bor nitrür ve silisyum nitrür bileşikleri ile değişik seramik elyaflar kullanılmaktadır. Bunların kullanılmasının temel nedenleri malzemelerde yüksek dayanım ve düşük yoğunluk, yüksek kohezyon ve adhezyon kuvvetlerine sahip olmasının istenmesidir. Ancak bu elyaf malzemelerin dezavantajı da vardır; bunların hepsi düşük yoğunluklu ve sert malzemeler olup, gevreklikleri nedeniyle de çok güvenilir değildirler.

Matriks elemanının temel görevleri ise, düzenlenmiş elyafları bir arada tutarak kuvvetleri elyafa iletmek, elyafları darbelerden ve gelebilecek her türlü çevresel etkilerden korumak ve çatlakların ilerlemesini durdurmaktır.

Ayrıca cam-elyaf takviyeli kompozit malzemelerde kullanılan çoğu matriksler suya ve korozyona karşı çok hassastırlar. Hatta bazı matriks malzemeler üretim sırasında elyaflarla reaksiyona girerler. Bu nedenle matriks seçimi kadar elyaf seçimi de oldukça önemlidir [2]. Uygun matriks/takviye elemanı seçiminin, sistemin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi oldukça büyüktür. Çünkü kompozit içerisinde matriksler tarafından yükün takviye elemanına iletilmesinde matriks ile takviye elemanı arasındaki ara yüzey bağının da kuvvetli olması gerekmektedir. Ara yüzey bağının kuvvetli olması ise bileşenlerin uyumuna bağlıdır. Ayrıca matriks ve takviye elemanının uygun seçimi ile takviye elemanlarının matriks içinde homojen dağılımı sağlanabilmektedir.

2.2. Fenolik Reçineler

Polimerler, birbirine kovalent bağlarla bağlanmış basit, birbirinin aynı kimyasal birimlerden (yinelenen birim) oluşur. Fenolik Reçineler ise Şekil 2.3.'de gösterildiği gibi esas olarak fenol ile formaldehitin kondenzasyon polimerizasyonu ile sentezlenen polimerlerdir [4].



Şekil 2.3. Fenol – formaldehit polimer sentezi

Fenolik reçineler asit ve baz katalizli olarak üretilmektedir. Eğer pH 4 – 7 ise bunlara yüksek orto novalaklar denir [5].

Fenol ile aldehit arasındaki reaksiyon Von Bayer tarafından ilk kez 1872’de gerçekleştirilmiştir. Cila olarak kullanılan novalaklar 1902’de Blumer tarafından fenol-formaldehit kondenzasyonu ile ilk kez endüstriyel boyutta üretilmiştir. 1909’da Baekeland çapraz bağlı termoset fenolik reçinelerin üretimini gerçekleştirmiştir. Yağda çözünebilen modifiye fenolik reçinelerin üretimi Behrends tarafından 1910 yılında fenollerin formaldehit ve rosin ile polikondenzasyonu yöntemi kullanılarak sağlanmıştır. Sonraki yıllarda fenolik reçinelerin cila, yapıştırıcı, mürekkep bağlayıcısı, su bazlı boya, termoset ve elektrik yalıtım malzemeleri olarak kullanımları ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmış ve çeşitli ticari isimler altında çok sayıda ürün piyasaya sunulmuştur[7].

2.2.1. Monomerler

Fenolik reçinelerin üretiminde substitüe grup içermeyen fenol en yaygın olarak kullanılan monomerdir. Petrol rafinasyonu ile elde edilen kresoller fenole alternatif olarak kullanılabilir. Kresollerden hazırlanan reçineler fenol kullanılarak üretilenlere göre daha hidrofobik olup yağlı cila üretiminde kullanılırlar.

Formaldehit fenolik reçinelerin üretilmesinde kullanılan en önemli aldehit türüdür. %30–60 aralığında değişen konsantrasyonlarda formaldehit içeren sulu çözeltiler kullanılır. Bu çözelti aynı zamanda formik asit ve metanolde içermektedir. Metanol fenolik reçine üretimi sırasında yüksek molekül ağırlıklı polioksimetilenlerin oluşup çökmesini engeller. Ancak yan reaksiyonların oluşmasını önlemek için metanol konsantrasyonu mümkün olduğunca düşük tutulmalı ve miktarı önceden bilinmelidir [4]. Formaldehit normal şartlarda gaz halde, karakteristik kokulu bir maddedir; endüstride metanolden elde edilir. %40’lık formaldehit çözeltisi, formol veya formalin diye bilinir; formolde %10–

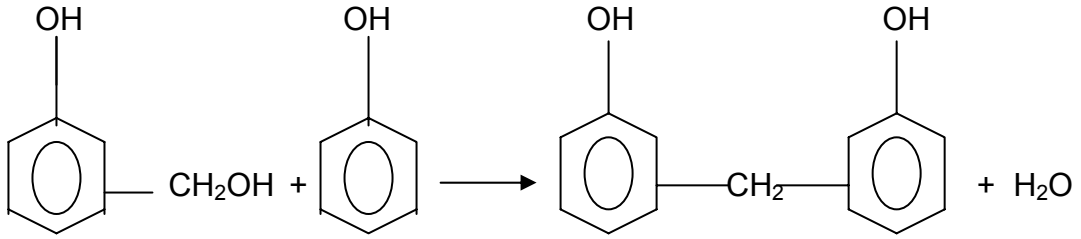
15 metanol bulunur. Formol, kuvvetli bir dezenfeksiyon maddesi olup; anatomik dokuların, organların saklanması için kullanılır. Formaldehit proteinleri denatüre eder; bu nedenle tahriş edicidir; gaz ve çözelti halinde ellere, yüze ve göze değmesinden sakınılmalıdır.

Fenolik reçinelerin üretiminde, miktarı az olsa da, formaldehite alternatif olarak yüksek aldehitlerin de (asetaldehit, butiraldehit, benzaldehit, salisilaldehit, akrolein, krotonaldehit, glyoxal, vb.) kullanıldığı uygulamalar vardır. Bu aldehitler bazik katalizörler varlığında yan reaksiyonlar vermekte ve bu nedenle fenol ile yalnızca asidik ortamda reaksiyona girmektedir [4].

2.2.2. Sentez

Fenolik reçinelerin sentezinde çeşitli zayıf asit, baz ve baz tuzları kullanılır. Polikondenzasyonda ilk basamak karbonil bileşiğinin (formaldehitin) sırasıyla fenol molekülünün (asit katalizli durumda) veya fenolik anyonun (baz katalizli durumda) para ve/veya orto konumuna yaptığı elektrofilik atak ile başlamaktadır. Bu reaksiyon, fenol ile formaldehitin substitüsyonu ile gerçekleşir.

Hidroksimetil bağlı fenoller fenole göre daha reaktif olduğundan hidroksimetilasyon kendiliğinden ilerler. Oluşan hidroksimetil bileşenleri asidik ortamda kararsızdır ve metilen köprüleri kurarak hızla fenolik polimeri oluşturur (Şekil 2.4). Burada olduğu gibi fenolik hidroksil grupları dışında fonksiyonel gruplar içermeyen fenolik reçineler novalaklar olarak isimlendirilir[4].



Şekil 2.4. Fenolik polimer oluşumu

2.2.3. Üretim

Fenolik reçinelerin üretiminde substitüsyon ve polikondenzasyon reaksiyonları söz konusu olup reçine türüne göre bu reaksiyonlar aynı reaktörde veya farklı reaktörlerde yürütülür. Üretim genellikle tank reaktörlerde kesikli olarak, bazı durumlarda ise boru tipi veya ardışık tank reaktörlerde sürekli şekilde yürütülür. Reaksiyonlar sulu çözeltiler, organik çözücüler ve çözeltilerde gerçekleştirilebilmektedir. Reaksiyonlar oldukça ekzotermiktir, dolayısıyla iyi bir sıcaklık kontrolüne gerek vardır.

Fenolik reçinelerin mekanik özelliklerini geliştirmek, boyutsal ve ısıl kararlılıklarını arttırmak, ısıl genleşmeyi azaltmak, su absorpsiyonunu düşürmek, elektriksel özelliklerini değiştirmek vb. amaçlar için dolgu maddeleriyle desteklenmeleri mümkündür. Bu amaçla partikül formunda cam ve diğer inorganik maddeler veya fiber formunda yine cam ve diğer selülozik elyaf dolgu maddeleri kullanılır. Fenolik reçineler fosfatlar, boratlar, halobileşenleri, kırmızı fosfor, fosforik asit esterleri ve antimon triklorür gibi bilinen plastikleştirici katkı maddeleri ile hemen hemen alev almayacak şekle getirilebilmektedir. Fenolik reçineler üretimden sonra DIN 53704'de tanımlanan şekilde renk indeksi, viskozite, parlama noktası, yoğunluk, erime noktası, camsı geçiş sıcaklığı ve serbest formaldehit içeriği gibi özelliklere karakterize edilir.

2.2.4. Fiziksel özellikleri

Fenolik reçinelerin rengi sarı ile kahverengi aralığında değişmektedir ve renk yoğunluğu oldukça fazladır. Soluk renkli fenolik reçineler üretimlerinden sonra depolama ve işleme sırasında renklendirilebilirler. Fenolik reçinelerin karakteristik maksimum UV absorpsiyon değerleri 254–280 nm aralığındadır. Fenolik reçineleri literatürde mevcut karakteristik IR spektrumları ile tanımlamak mümkündür [4].

Çapraz bağlanmamış fenolik reçineler katı veya çözelti şeklinde kullanılmaktadır. Fenolik reçineler yapılarına bağlı olarak sudan naftaya kadar değişen farklı çözücülerde çözünebilmektedir. Çözünebilir fenolik reçineler kullanılan fenol monomerinin türü ve polimerizasyon koşullarına bağlı olarak genellikle 50000'den daha yüksek, değişik molekül ağırlıklarında üretilmektedir. Çapraz bağlı termoset fenolik reçineler oldukça sağlam malzemeler olup çözünemez ve eritemezler, ancak yalnızca organik çözücülerde şişebilirler. Bozunma reaksiyonları moleküler yapıya bağlı olarak 120–250 °C aralığında başlamaktadır. 300 °C'ye kadar kararlı fenolik reçine tipleri de vardır. Fenolik reçineler plastikleştirilebilirler. Bu reçinelerin plastikleştiricilerle olan uyumları hidrofilik ve hidrofobik grupların yapıya sokulması ile ayarlanabilir.

Çapraz bağlı fenolik reçineler toksik olmayan materyaller sınıfında değerlendirilmektedir. Fenolik reçinelerin toksisitesi içerdikleri reaksiyona girmemiş fenol miktarı ile belirlenmektedir. Sıcaklık etkisi ile fenolik reçinelerin çapraz bağlanması sürecinde açığa çıkan maddeler, özellikle formaldehit olmak üzere, toksiktir ve en azından tahrişe neden olmaktadır. Çalışılan ortamlarda aşılması gereken üst sınır formaldehit için 1ppm (1,2 mg/m³), fenol için ise 0,5ppm'dir [4].

2.2.4. Kullanım alanları

Fenolik reçineler yaygın olarak kalıplama bileşimleri ve fenolik laminatların yapımında kullanılırlar. Kalıplama bileşimlerinde kullanılmak üzere hazırlanan reçinelerin molekül ağırlıkları ve reaktivlikleri formaldehit-fenol mol oranı değiştirilerek ayarlanır. Fenolik kalıplama bileşimlerinde en çok kullanılan dolgu maddesi odun unudur. Ceviz, badem gibi kabukların unları, pamuk çekirdeği, kağıt, kağıt hamuru, tahılların kabukları, soya fasulyesi unu, grafit organik dolgu maddelerinin başka örnekleridir.

Fenolik laminatların yapımında resole reçineler tercih edilir. Mekanik kullanım amacı ile hazırlanan laminatlar için resol yapımında sodyum hidroksit katalizör olarak kullanılır. Ancak yalıtkanlık özelliğini azalttığından, elektrikle ilgili kullanımlarda resole katalizörünün amonyak olması tercih edilmelidir. Dolgu ve takviye maddesi olarak laminatlarda kâğıt ve kumaş (keten, pamuk, cam elyafı v.b.) gibi maddeler kullanılır. Bu amaç için reçinenin yüksek metilol içeriğine sahip olması iyidir (6). Fenolik reçinelerin bunların dışında var olan birçok kullanım alanı Çizelge 1.1.'de verilmektedir.

Çizelge 1.1. Fenolik reçinelerin kullanım alanları

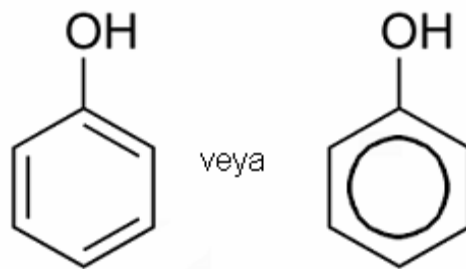
Uygulamalar	Oran (%)	Reçine Tipi	Malzeme İçerisindeki Fenolik Reçine Miktarı (m/m)
Odun yapıştırıcıları ve malzemeleri (kontraplak, reçine ile sıkıştırılmış odun)	26–30	Sulu fenol-resol Soğuk tutkalları	% 10
Döküm Bileşikleri	16–18	Toz formundaki fenol-novalaklar ve fenol-resoller sulu resoller	% 30–50
Kaplamalar	6–7	Katı ve çözelti formunda resoller ve novalaklar; alkil fenolik reçineler; resoller	En çok % 50
Endüstriyel plakalar	6–7	Sulu resoller, alkolik fenolik çözeltiler ve alkil fenolik resoller	En çok % 50
Diğer uygulamalar: Kimyasallara dayanıklı inşaat malzemeleri ve tutkalları, yapıştırıcılar, endüstriyel filtreler, kauçuk, katkı maddeleri, piriz yapıştırıcıları, fiber kompozitleri (alevlenmeye dayanıklı fiberler)	8–12	Katı, sıvı, çözünmüş, toz, modifiye ve modifiye edilmemiş bütün reçine tipleri	En çok % 40

2.3. Fenol-formaldehit

Formaldehitin IUPAC adı Metanal'dır, $H_2C=O$ şeklinde sembolize edilir. Şekil 2.5.'de fenolün açık formülü gösterilmiştir. Alifatik aldehytlerin ilk serisidir. 1859 yılında Butlerov tarafından keşfedilmiştir. Formaldehit dünyanın en önemli endüstriyel kimyasallarından biri haline gelmiştir [5].

Formaldehit oda sıcaklığında kolaylıkla gaz fazına geçebilir veya buharlaşabilir. Bu ise formaldehitin sağlık açısından en önemli dezavantajlarından birisidir. Zehirli, hissedilebilir ve korozif bir maddedir [7].

Fenoller ise benzen halkası üzerinde $-OH$ grubu taşıyan bileşiklerdir, C_6H_5OH . 1834 yılında ilk defa kömür katranından elde edildiğinde adı karbolik asittir. Fenollerin elde edilış yöntemleri alkollerden çok farklıdır. Fenoller zayıf asit özelliğı gösteren bileşiklerdir ($pK_a \sim 10$). Fenoller çeşitli doğal ürünlerin yapısında bulunurlar [7].



Şekil 2.5. Fenolün açık molekül formülü

Benzen halkasının hidroksi grubuna orto ve para konumları serbest olmak koşulu ile, fenoller aldehytlerle reaksiyona girer ve kondenzasyon ürünleri oluştururlar. Reaktifliğı nedeniyle en çok kullanılan aldehyt, formaldehittir. Fenol ile formaldehit arasındaki reaksiyon katalizör yokluğunda çok yavaştır. Reaksiyonun hızlandırılması için hem asitler hem de bazlar katalizör olarak kullanılabilir. Reaksiyon ürününün yapısı kullanılan katalizör cinsine bağlıdır.

Baz katalizörler ile Resole reçineleri, asit katalizörlerle de Novalak reçineleri elde edilir [6].

Fenol-formaldehit sentetik reçineleri (resol ve novolak), endüstride kullanılan ilk sentetik reçinelerdir; hem yapıştırıcı hem de sıcaklıkla yumuşamayan ve şekil değiştirmeyen reçine olarak kullanılabilirler; günümüzde de birçok eşyanın yapılmasında kullanılmaktadırlar.

2.3.1. Resoller

Resole reçineler, bazik ortamda formaldehitin yeterli miktarda fenol ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Reçine hazırlama süreci üç genel evreye ayrılabilir. Bu evreler:

- a) (A-Aşama) Reçinesi (Resole) ; fenol ile formaldehitin verdiği başlangıç kondenzasyon ürünlerini içermektedir. Bu aşamada, hızlı bir reaksiyon ile fenolün orto ve para konumlarında metilol türevleri oluşur. Bu aşamada ürün alkalilerde çözünebilir bir yapıdadır.
- b) (B-Aşama) Reçinesi (Resitole) ; ilk aşamada oluşan ürünün daha fazla kondenzasyonu ile elde edilir. Bu aşamadaki kondenzasyon reaksiyonları sonucu fenol birimleri birbirleriyle metilen-metilen köprüleri ve eter köprüleri oluşturarak bağlanırlar. B-Aşama reçinesi alkalide çözünmez. Ancak aseton ve alkol gibi organik çözücülerde tamamen çözünebilir. Bu aşamada henüz termoset özelliğe ulaşamadığından yani çapraz bağlanma ilerlemediği için ısıtıldığında yumuşarlar. Sıcakken plastik özellik taşıyan B-Aşama reçinesi soğukta sert ve kırılgandır.
- c) (C-Aşama) Reçinesi (Resite) ; büyük miktarda çapraz bağ içeren bir son üründür. Çapraz bağların çok olmasından kaynaklanarak bu aşamada reçine, çözünmez, yumuşamaz ve erimez özelliğe sahip olmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda, geri soğutucu kullanılarak yapılan reaktörlerde formaldehit/fenol mol oranı 1,5–2,0 olacak şekilde formaldehit ve fenol

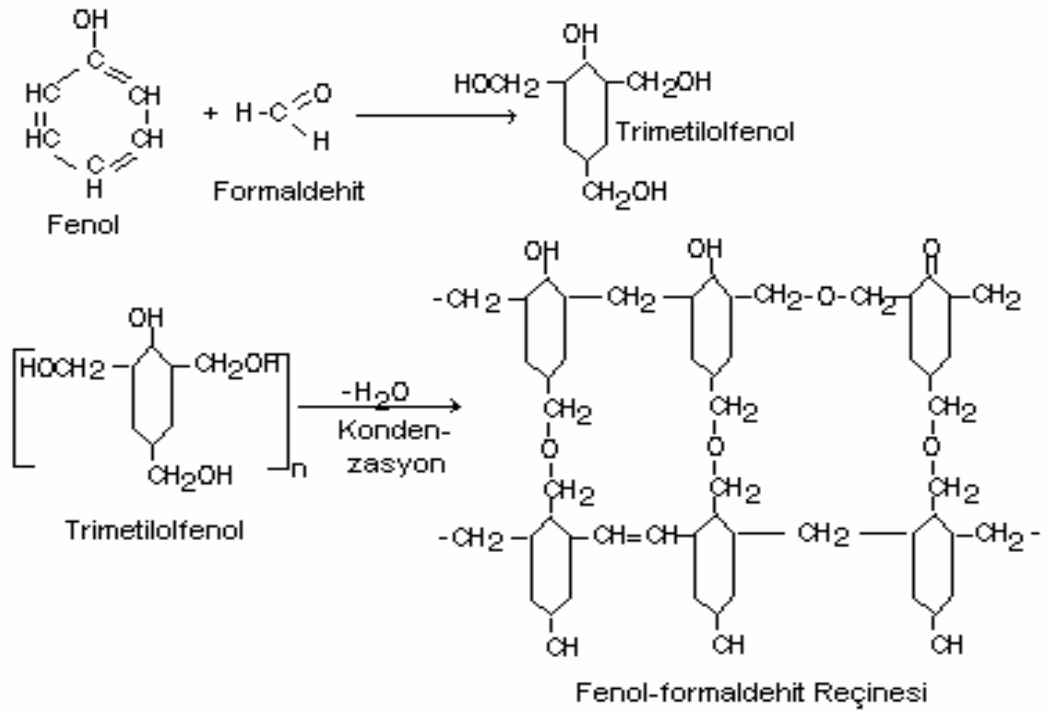
kariştırılır. Kariştirma %2 kadar baz (amonyak, alkali veya amin) ilave edilir. 100 °C dolayında çalışılacak ise atmosferik basınçla, düşük sıcaklıkta çalışılacak ise damıtma-geri soğutmaya elverişli bir basınçta kondenzasyon gerçekleştirilir. Süreç koşullarında 1–5 saat içinde suda / alkalide çözünür reçine elde edilir. Yapıştırıcı, kâğıt ve bez elde edilmesi amaçlanmışsa bu reçine doğrudan kullanıma gönderilir. Katı B-Aşama reçine isteniyorsa, reaksiyon karişımı bu kez vakumda dikkatle ısıtılır. Bu evrede reaksiyon sıcaklığı ve süresinin çok dikkatli kontrolü gerekir. Çünkü aşırı çapraz bağlanma sonucu karişım reaktör içinde aniden katılaşabilir. Bu evrede dehidratasyon tamamlanır tamamlanmaz reaksiyon karişımı soğutma tabanına boşaltılarak hızla soğutulur. Sert ve kırılğan ürün kalıplama tozu uygulamasında kullanılmak üzere öğütülür veya vernik hazırlanması için alkolde çözülür [6].

2.3.2. Novalaklar

Fenol ve formaldehitin asitli ortamda kondenzasyonu ile elde edilen reçineye novalak reçinesi denir. Asidik koşullarda metilolfenollerin kondenzasyonu sadece metilen köprüleri içeren yapıların oluşumuna yol açar. Bu şekilde oluşan reçine alkol grupları içermediğinden kendiliğinden çapraz bağlanıp sertleşemez. Son aşamada sertleştiricilerin katılması gerekir. Bu nedenle reaktör içinde sertleşme tehlikesi novalaklar için söz konusu değildir.

Endüstriyel uygulama formaldehit/fenol mol oranı 0,8 olmak ve %1 dolayında oksalik asit vb. katalizörler kullanılarak resole reçinelerinde olduğu gibi elde edilirler. Novalak'ın dehidratasyonu ile elde edilen çözünür reçine, sertleştirici ve kalıp ayırıcı vb. bileşenlerle kariştırılıp ğtlrek kalıplama bileşimlerinin hazırlanmasında veya alkolde zlrek verniklerin yapımında kullanılır.

Fenol ile formaldehitin kondenzasyon polimerizasyonu ile sentezlenen polimer, fenol-formaldehit reçinesini oluşturur (şekil 2.6).



Şekil 2.6. Fenol – formaldehit reçine sentezi

Fenol formaldehit reçinesinin yapısından kaynaklanan çapraz-bağlanma özelliğinden yararlanarak, dayanıklı yapı malzemelerinin üretiminde bağlayıcı madde olarak kullanılması mümkün görülmektedir.

2.4. Amino Reçineler

Amino reçineler aminler veya amitler ile aldehitlerin reaksiyonlarından oluşan termosetlerdir. Aminoplast olarak da adlandırılan ve birçok reçineyi kapsayan amino reçinelerinin arasında yalnızca ikisi ticari önem kazanmıştır. Bunlar, üre-formaldehit ve melamin-formaldehittir. Bu malzemelerde kullanılan temel reçine renksizdir. Ancak renklendirici ilavesi ile çeşitli renklerde de elde edilebilir. Üre reçinesi alfa selüloz, melamin reçinesi ise alfa selülozun yanı sıra cam elyafı veya asbest ile de takviye edilebilir. Selüloz elyafı bu

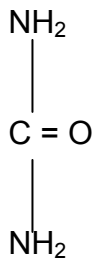
reçinelerin saydamlıklarını azaltır, ancak mukavemetini ve boyut kararlılığını güçlendirir.

Amino reçineler, oda sıcaklığında sıvı veya katı reçine ve takviyelendirilmiş kalıplama bileşikleri halinde bulunurlar. Isı ve katalizör kullanılarak malzemeyi sert ve mukavim hale getirebiliriz. Bu nedenle amino reçinelerinin özellikleri sert, rijit, aşınmaya karşı dayanıklı ve yük altında çok az şekil değiştirebilir olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak çok iyi elektrik yalıtkanlığı ve koku vermeme gibi özellikleri de söylenebilir.

Amino reçinelerinin birçok kullanım alanı vardır. Bunlardan bazıları; elektrik ve elektronik parçalarda, kağıt ve tekstil sanayinde bağlayıcı olarak, düğme, mutfak eşyaları yapımında, kalıplanmış parça, haddelenmiş reçine, ağaç lifleri ve yüzey kaplamalarıdır [2].

2.5. Üre-formaldehit

Üre, 1773 yılında Rouelle tarafından idrarda keşfedilmiştir. Daha sonra 1828 yılında F. Wöhler tarafından amonyak ve siyanik asitten elde edilen karbonik asidin organik türevlerinden biridir [7]. Üre-formaldehit ile ilgili ilk çalışmalar 1880’de başlamıştır. İlk reaksiyon ürünleri 1884’te B. Tollens tarafından sentezlenmiştir. İlk ticari ürün 1924 yılında E. C. Rossiter tarafından İngiliz Siyanürler A.Ş. bünyesinde yapılmaya başlanmıştır. Günümüzde de hala kalıplama maddesi olarak kullanılmaktadır [7].



Üre

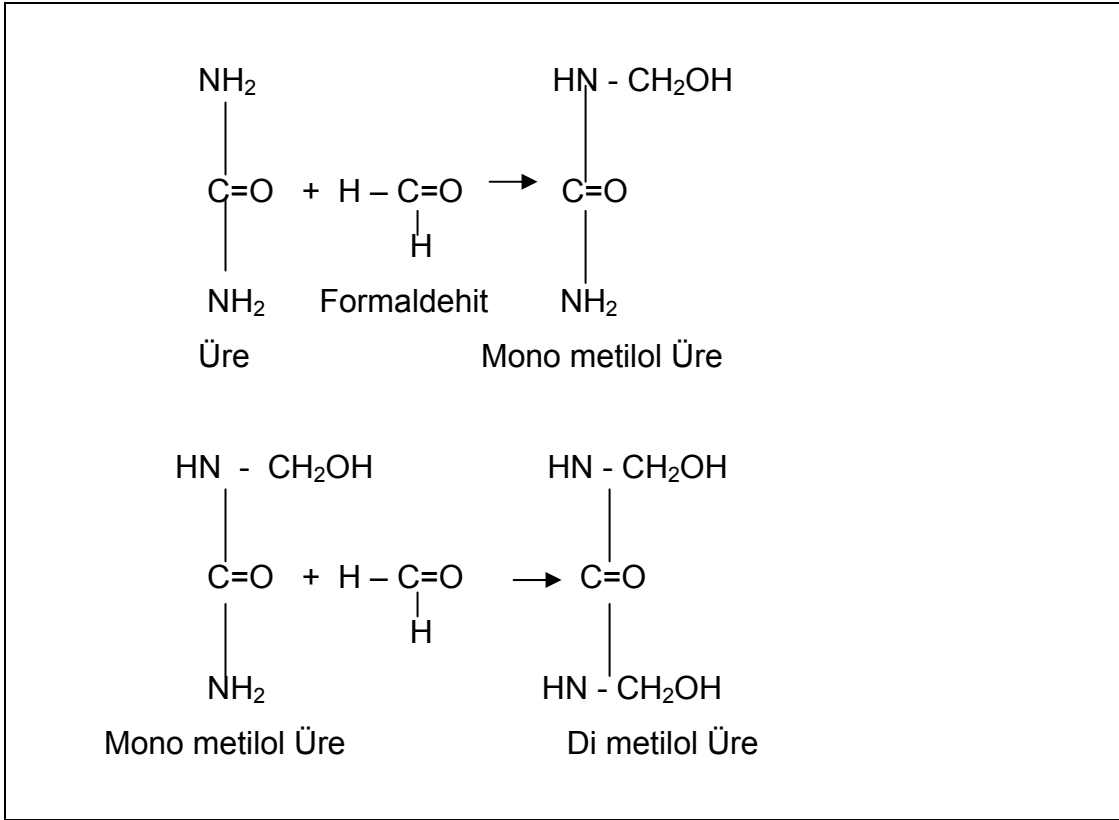
Üre-formaldehit reçinesi kondenzasyon yoluyla elde edilen, renksiz ve berrak termoset bir reçinedir. Üre karbon dioksit ve amonyaktan, formaldehit ise metil alkolden elde edilir. Çekme direnci ve sertliği fenolik reçinelere göre daha iyi olan reçinenin suya karşı direnci ve çarpmaya karşı dayanıklılığı düşüktür.

Üre, formaldehit ile karıştırılma oranına bağlı olarak değişik ürünler meydana getirmek üzere birleşir. Örneğin, baryum hidroksitle alkali bir üre çözeltisi içine %38,4 lük formaldehit çözeltisi soğukta 1/1 oranında karıştırılır. $Ba(OH)_2$ ile nötürleşmesi için CO_2 gazı ile muamele edilip $Ba(OH)_2$ halinde çöktürülerek süzülür. Çözelti vakumda buharlaştırılarak koyulaştırıldıktan sonra kristalize edilirse, suda kolaylıkla çözünen, 111 °C de eriyen kristaller elde edilir ki bunların bileşimi monoetilol üredir [8].

Bu, formaldehitin üre ile bir ekleme bileşiği yaptığını göstermektedir. Aynı işlem, 2 molekül formaldehit, 1 molekül üre ile 25 °C civarında yapılırsa kristalleşmeden elde edilen ürün 126 °C de erir. Bunun bileşimi de dimetilol üredir.

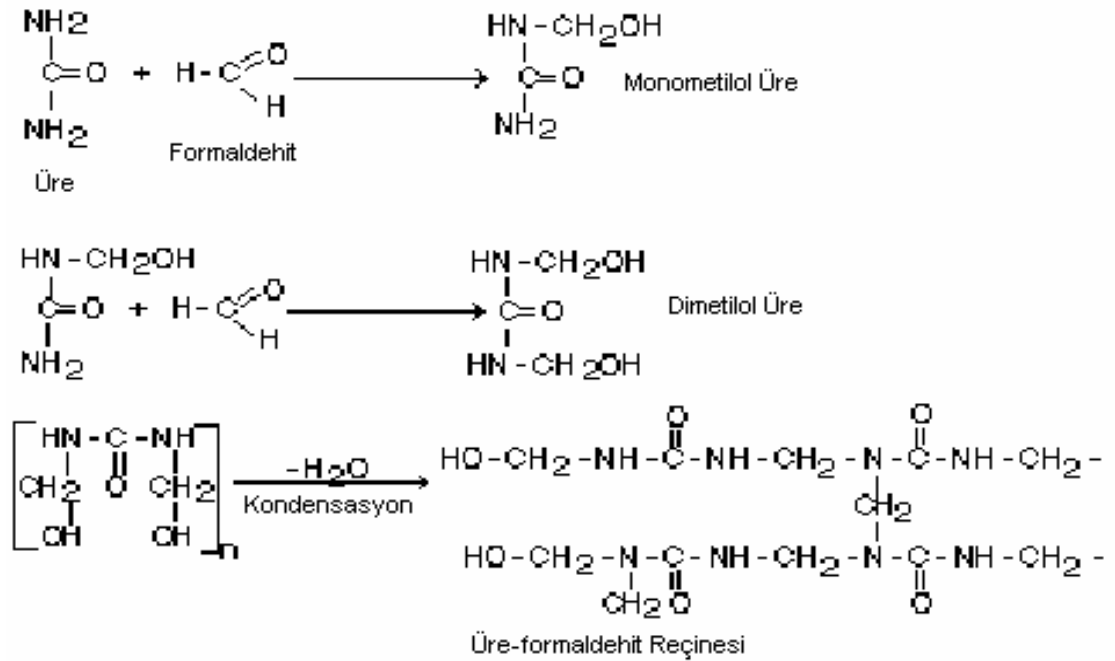
Fazla miktarda formaldehit içeren üre çözeltisi, asitle muamele edilirse, suda çözünmeyen, beyaz bir çökelek oluşur. Bunun bileşimi de tayin edilirse $C_5H_{10}O_3N_4$ olduğu görülür. Buna göre bir molekül mono ve bir molekül dimetilol ürenin, 2 molekül su vermek üzere birleştiklerini tahmin etmek mümkündür.

Fenolik reçinelerde olduğu gibi üre formaldehit reçineleri sentezinde de üre ile formaldehit arasındaki reaksiyonun ilk aşamasında metilol türevleri oluşur. Pratikte, reaksiyonun ilk aşamaları nötr veya hafif bazik koşullarda gerçekleştirilir [6]. Bu koşullarda mono ve dimetilol üre meydana gelir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Mono metilol üre ve di metilol üre sentezi

Formaldehit/üre oranının yeterli miktarda dimetilol üre oluşumuna elverişli olduğu koşullarda ilk aşama reaksiyon ürünü asitlendirilirse çözünmeyen ve erimeyen çapraz bağlı termoset bir yapı oluşur [6]. Polimerizasyon işleminin tamamlanması ile üre-formaldehit oluşumu Şekil 2.8.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Üre – formaldehit reçinesinin elde edilmesi

Formaldehit ile üre, sulu ortamda, 100 °C den düşük sıcaklıklarda bir ekleme bileşiği meydana getirmek üzere birleşirler. Ortamın asitliği (pH) önemlidir. Bunun asitliğe kaçması ya da zayıf olması gerekir. Normal şartlarda, formaldehitte, oksitlenmeden ileri gelen formik asit vardır. Bunun nötürleştirilmesi lazımdır. Formaldehit ile üre arasındaki oran da, 1 molekül üreye 2 molekül formaldehit şeklinde olmalıdır ki bu şartlarla hazırlanan ürün Metilol bileşimleridir.

Üre formaldehit reçinelerinin başlıca uygulama alanları; yapıştırıcılar, kalıplama bileşikleri için bağlayıcı olarak, laminatlar, koruyucu kaplama, tekstil ve kâğıt sanayinde kaplama malzemesi işlemleridir [6].

Kullanım oranı olarak bakıldığında, üre formaldehit reçinelerinin %75'i ağaç endüstrisinde bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçineleri kullanılarak üretilmiş olan malzemeler ısı ve rutubete fazla dayanıklı olmadıkları için, genellikle hava şartlarından etkilenmeyecek ortamlarda

kullanılır. Üre formaldehit reçineleri kullanılarak üretilen MDF veya yonga levha yüksek sıcaklık veya nemli ortamlarda kullanılırsa üre formaldehit reçinesinin ısı ve nemden dolayı hidroliz olması sonucu formaldehit açığa çıkar ki buna formaldehit emisyonu denir. Formaldehitin çevre ve insan sağlığı üzerine yüksek oranda olumsuz etkileri tespit edildiği için, amino reçinelerinin kullanımı önemli ölçüde sınırlandırılmaktadır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Atıkların değerlendirilmesi ve doğanın zarar görmemesi için çalışmalar devam etmektedir. Yapılan bu çalışmalarda zirai atıkların ve değişik ligno selülozik malzemelerin yaygın olarak levha üretiminde kullanıldığı gözlenmiştir.

Bağlayıcı olarak ise üre-formaldehit, fenol-formaldehit, melamin formaldehit, polietilen, poliviniliden yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan en ekonomik olanı üre formaldehittir.

Chang ve Hung'un yapmış olduğu çalışmada; atık gazete kâğıtlarının değerlendirilmesi için bağlayıcı elemanı olarak fenol-formaldehit reçinesi ve yüzebilir maddeler kullanarak gazetelerin atıklarından yeni bir suya ve aleve dayanıklı gözenekli elyaf tahta üretilmiştir. Aleve dayanıklılık ve suya dayanıklılık özellikleriyle beraber yüksek mekanik özellikli elyaf tahtayı oluşturmak ve gerekli optimum koşulları tespit etmek amacıyla, reçine değişen kütlelerde parametrik olarak incelenmiştir [9].

Joseph S. ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada; değişken uzunluktaki ve miktarlardaki cam elyaf ve muz bitkisinin lifleri kullanılarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Bu kompozitlerin gerilme, kırılma ve darbe özellikleri analiz edilerek, fenol-formaldehit matrisindeki muz ve cam elyafı için gerekli olan optimum elyaf uzunluğunun farklı olduğu gözlenmiştir. Muz bitkisinin lifleri ve cam elyaf takviye edilmiş kompozitlerin mukavemetinde bir artış görülmüştür. Yapılan deneylerin sonucunda muz bitkisinin liflerinin fenol-formaldehit reçinesine bağlanması, cam elyafın fenol-formaldehit reçinesine bağlanmasına oranla daha yüksek olduğu görülmüştür [10].

Gürü M. ve arkadaşlarının atık durumundaki badem kabuklarından yapmış olduğu çalışmada ucuz levha üretiminin sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Hiçbir ekonomik değeri olmayan badem kabukları bu çalışmada dolgu maddesi

olarak kullanılmaktadır. Levhayı elde edebilmek üzere bağlayıcı olarak üre-formaldehit kullanılmıştır. Formaldehit oranı, tepkime sıcaklığı ve süresi, badem kabuğu tane büyüklüğü incelenerek malzeme güçlendirilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak üre-formaldehit oranı 0,97, üre-formaldehit reaksiyon sıcaklığı 70 °C, reaksiyon süresi 25 dakika ve tane büyüklüğü 0,3 mm iken Shore A sertliği 97,5 bulunmuştur. Dolayısıyla üre-formaldehit ve badem kabuklarından ekonomik ve çevre dostu levha üretiminin mümkün olduğu rapor edilmektedir [11].

Gürü M.'nin bir başka çalışmasında uçucu kül ve prinadan yapı malzemelerinin ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır. Bağlayıcı olarak sentezlenen fenol-formaldehit reçinesi, uçucu kül ve prina ile doyurulmuş, kalıplı olarak kurutulmuştur. Bu şekilde reçinenin çapraz bağlanma özelliğinden yararlanılarak suya dayanıklı, sağlam yapı malzemeleri üretilmiştir. Deneylerde katalizör, fenol/formaldehit oranı, dolgu maddesi parametre olarak incelenmiştir. Ürünün özellikleri parametrelere göre değişmektedir. Prina ile karışım oranı arttırıldığında, ahşap malzemenin yüzey sertliğinde azalma, işlenebilirlik özelliğinde artış kaydedilmiştir. Dolgu maddesi olarak pirina/kül oranı arttırıldığında malzeme ahşap özelliklerine doğru kaymakta ve işlenebilme özellikleri artmaktadır. Malzemelerin suda çözünmediği ve su tutma kapasitelerinin oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu malzemelerin yaklaşık -5 °C sıcaklıkta donmadan etkilenmediği tespit edilmiştir [12].

Bektaş İ. ve arkadaşları ayçiçeği saplarını kullanarak üre formaldehit tutkalı ile yonga levhalar üretilmişler ve bu levhaların teknolojik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmalarda, suda 24 saat bekletilen levhalarda kalınlık artışı % 19–42, su alma miktarı % 78–95, eğilme direnci 14,3–17,5 N/mm², elastikiyet modülü 1941–2431 N/mm², vida tutma gücü 447–796 N, yüzeye dik çekme direnci 0,26–0,46 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Ayçiçeği saplarından üretilen yonga levhalarda tutkal kullanım oranı, pres basıncı ve

pres süresinin arttırılması ile teknolojik özelliklerinde iyileşme sağlanmıştır[13].

Özen R. ve arkadaşları pamuk sapları kullanarak levhalar üretmişler ve bunların bazı teknolojik özelliklerini incelemişlerdir. Levhaların üretiminde %55'lik üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak ise %33'lük amonyum klorür kullanılmıştır. Deneme levhalarının pres sıcaklığı 150 °C, pres süresi 6 dakika, pres basıncı 2,4–2,6 N/mm²'dir. Levha kalınlığı 20 mm, dış tabakalar levha kalınlığının %35'ini, orta tabaka ise %65'ini oluşturacak şekilde üç tabakalı levhalar üretilmiştir. Su alma miktarı ve kalınlık artışları tutkal kullanım oranının artmasıyla azalmış, yoğunluk ve tutkal kullanım oranının artması ile eğme direnci ve çekme direnci artmıştır. Pamuk sapı levhaların 0,60 ve 0,70 g/cm³ yoğunlukta üretilen levhalarda eğme direnci 11,6–16,7 N/mm², çekme direnci değerleri 0,35–0,56 N/mm² arasında bulunmuştur [14].

Gürü M. ve Tekeli S. yaptıkları bu çalışmada; kayısı çekirdeğinden levha üretmişlerdir. Bağlayıcı üretiminde optimum reaksiyon şartlarının, bağlayıcı/dolgu maddesi oranının üç noktadan eğme mukavemetine etkisi belirlenerek en yüksek mukavemeti sağlayan optimum şartlar belirlenmiştir. Diğer taraftan uçucu kül ilavesi ile maksimum alev sıcaklığının 480 °C'den 360 °C'ye düştüğü gözlenmiş ve duman yoğunluğunda da azalma kaydedilmiştir [15].

Çetin N.S. ve Özmen N.'nin yapmış oldukları bu çalışmanın amacı lignin bazlı reçinelerin levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılabildiklerini göstermedir. Levha üretmek üzere fenol-formaldehit reçinesi içinde lignin kullanılarak elde edilen levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, fenollü lignin formaldehit reçinelerinin levha yapımında %30'a kadar kullanılmasında yapıştırıcı olarak başarıyla kullanılması mümkün olmuştur [16].

Alonso M.V. ve arkadaşları; Lignin-fenol-formaldehit (LPF) ve Fenol-formaldehit (PF) kürünü, DSC cihazı ile kinetik olarak incelemişlerdir [17].

Park B.D. ve arkadaşları fenol-formaldehit reçinesinin dezavantajlarından biri olan yavaş kürlenmeyi önlemeye çalışmışlardır. Özellikle kalın levha üretimleri için daha uzun sıcaklık-basınç süresi gerektirmesinden dolayı yavaş kürlenmektedir. Bu çalışmada da, PF reçinesi orta yoğunluklu elyaf levhanın üretimi için kullanılan reçinenin kürleştirilmesinin hızlandırılması için propilen karbonat, sodyum karbonat ve potasyum karbonat ile modifiye edilmiştir. Karbonatla modifiye edilmiş PF reçinelerinin sıcaklığa karşı gösterdiği davranış DSC cihazı ile karakterize edilmiştir [18].

Shipp D.A. ve Solomon D.H. fenol-formaldehit reçinesi üretiminde polimerleşme derecesi üzerinde çalışmışlardır [19].

Kozlowski ve arkadaşları bu çalışmada, aleve dayanıklı ligno-selülozik parçacık ve mineral dolgu temelli, üç-katlı kompozit levha üretmişlerdir. Lifli, tane yapılı vb. levhaları kapsayan lignin ve selülozun kombinasyonu ile oluşan ligno-selülozik levhalar, yapı endüstrisinde en çok kullanılan malzemeler olmalarına rağmen kolay alev alma özellikleri en büyük dezavantajlarıdır. Özellikle büyük ve kapsamlı binalarda kullanılmaya elverişsizdir. Üç katlı, yanmaz kompozit levhanın dolgu maddesi olarak ligno-selülozik-mineral ve bağlayıcı olarak da üre-formaldehit reçinesi ile ısı yalıtımında kullanılan vermiculit tercih edilmiştir. Konik kalorimetre kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda, kompozit üç katmanlı levha 30 kW/m² ısı akışına maruz bırakıldığında alev almadığı, oysa 50 kW/m² ısı akışında ise Toplam Açığa Çıkan Isı- THR (Total Heat Release) miktarının tipik kıymıktan oluşturulmuş bir levhaya göre üç kat daha az olduğu gözlenmiştir. Levhaların üretim teknolojisi ve fiziksel ve mekanik özellikleri tipik kıymıktan elde edilen levhalara ve odun levhalarına benzemektedir. Kompozit, yanmaz levhalar güçlü, dayanıklıdır, mekanik olarak birleştirilebilirler ve kolaylıkla kullanıma hazır hale getirilebilirler. Bu levhalar

yapı endüstrisi, gemi yapımında kullanılabilir. Ayrıca Polonya'daki Doğal Fiber Enstitüsünde (Institute of Natural Fibres), yeni bir aleve dayanıklı levha türü üzerindeki çalışmalar devam etmektedir [20].

Nemli G. ve Öztürk İ. bu çalışmada bazı faktörlerin parçacık levhalarındaki formaldehit içeriği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yüksek miktarda kayın ağacı parçacığı içeren partiküllerden yapılan levhada, çok miktarda çam ağacı talaşı içeren levhalara oranla daha düşük formaldehit içeriği yeterli olmaktadır [21].

Yang T.H. ve arkadaşlarının bu çalışmadaki temel amacı mutfaklarda ve banyolarda kullanılmak üzere suya dayanıklı levhaların üretilmesidir. Küçük ince yongalar farklı türlerdeki yeniden ekonomiye kazandırılan tahta artıklarından elde edilmiştir [22].

Nemli ve arkadaşları levha üretimi için hammadde olarak kivi sapının uygunluğunu incelemişlerdir. Kivi, Türkiye'de Doğu Karadeniz civarında yetiştirilmeye başlandığından dolayı tercih edilmiştir. Çeşitli ölçülerde kivi sapı parçacıkları ve endüstriyel odun parçacıkları üç katlı levhanın üzerini kaplamak için hammadde olarak kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak ticari üretilen formaldehit kullanılmıştır. Sonuç olarak kivi saplarının, ormanlarda yetişen odun türünden daha uzun, geniş lif yapısına ve daha kalın tabakalı bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Ancak kivi sapı parçacıklarının kullanımı arttırıldığında bunun levha özelliklerini olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, iç madde olarak kivi sapları kullanılarak üretilen levhalar Kopma modülü (modulus of rupture (MOR) ve İç Bağ (Internal Bond-IB) gereksinimlerini karşılamaktadır. Kivi saplarından yapılan levhaların üretiminde kullanılan optimum yapışkan oranı iç kısımda %9, dış yüzeylerde %11 olarak bulunmuştur. Kivi saplarından üretilen levhanın fiziksel özelliklerini geliştirmek için ilave çalışmaların yapılması önerilmiştir [23].

Yang ve arkadaşları çeltikten ve odun parçacıklarından sesi absorbe eden ahşap yapı malzemesi elde etmeye çalışmışlardır. Kolay elde edilebilir olduğu için hammadde olarak çeltiği tercih etmişlerdir. Ticari üre-formaldehit yapışkanı kompozit bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Bütün kompozit levhalar kuvvet olarak yalıtım levhalarına göre üstün çıkmıştır. Çeltik parçacıklarının genişlik ve uzunlukları MOR bağlarını etkilemediği görülmüştür. Çeltik ve odun parçacıklarının rasgele olarak kesilmesi sonucu üretilen kompozit levhaların en iyi sonucu vermiş ve üretim için bu yöntemin uygulanması önerilmiştir. Özgül ağırlığı 04. ve 0.6. olan levhaların ses yalıtım katsayıları diğer odun-bazlı malzemelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür [24].

Georgios ve arkadaşları levha üretimi için odun yerine asma saplarının kullanımı ve karakterizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Asma saplarının parçacıkları ve endüstriyel odun parçacıkları değişik oranlarda bir katman, iç kısım ve yüzey katmanında olmak üzere üç katmanlı levhada kullanılmıştır. Ticari üre-formaldehit reçinesi bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda şu bulgular elde edilmiştir: odunun bir kısmının yerine asma sapının kullanılmasının bütün levha özelliklerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Bununla beraber üç katmanlı levhaların mekanik özelliklerinin, iç kısımda asma sapı parçacıklarının %100 oranında kullanılmasıyla bile Avrupa Standartlarının (EN 312, Part 3, 1996) minimum gereksinimlerini geçmiştir. Aynı sonuç neme karşı duyarlılık özelliklerinde de elde edilmiştir. Yüzey katmanında, asma sapı parçacıkları kullanıldığında endüstriyel odun parçacıklarının kullanılmasına oranla daha yüksek miktarda $1.50 > F > 0.80$ fraksiyona sahip olduğu gözlenmiştir. Üç katmanlı levhanın iç kısmında odun parçacıklarının yerine asma sapı parçacıklarının %50 oranına kadar kullanılmasıyla başarı sağlanmıştır [25].

Zheng Y. Ve arkadaşları bu çalışmada Athel ağacı *Tamarix aphylla* (L), kullanarak orta-yoğunluğa sahip levhalar üretmişlerdir. Polimetrik metan difenil diizosiyanat (PMDI) reçinesi kullanımı, levhaları üre formaldehitten daha iyi mekanik özelliklere sahip ve suya daha dayanıklı hale getirmiştir.

Orta büyüklükteki (20-40mesh) parçacıkların en iyi mekanik özellikleri ve suya dayanıklılık özelliklerinin diğer boyutlardaki parçacıklara göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Üre-formaldehit-levhasının reçine içeriği %7'den %16'ya arttırıldığında levhaların mekanik özelliklerinin de geliştiği, ağacın dış kabuğundan elde edilen içerik %0'dan %16.2'ye arttırıldığında mekanik özelliklerinin azaldığı gözlenmiştir. Athel odunu levha üretimi için uygun olduğu görülmüştür [26].

Yıldırım R.'nin gerçekleştirdiği yüksek lisans çalışmasında, ceviz kabuğundan üre-formaldahit esaslı kompozit levha üretilmesi ve bazı teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Kompozit levhaya, aleve karşı dayanıklılık sağlanabilmesi için uçucu kül, suya dayanıklılık sağlanabilmesi için ise fenol-formaldehit ilave edilmiştir. Optimizasyon sonuçlarına göre, en yüksek eğme direnci $3,8 \text{ N/mm}^2$, su alma miktarı en düşük %10, yanma deneyinde ise en yüksek sıcaklık 566°C , yanan miktar %79, yanma zamanı 480 s olarak elde edilmiştir. Shore sertlik ölçme cihazında D ucu kullanılarak sertlik değeri 55–95 aralığında gözlenmiştir. Buna göre batıcı uç bağlayıcı reçineye gelirse reçinenin sertliğini, batıcı uç ceviz kabuğuna denk gelirse ceviz kabuğunun sertliğini ölçtüğü belirtilmiştir. Fenol formaldehit/üre-formaldehit oranı arttığında su emme kapasitesi ve kalınlık artışının azaldığı tespit edilmiştir [2].

Bu çalışmada; atık olarak kullanılan Antep fıstığı kabuklarından ilk defa polimer ahşap kompozit malzeme elde edilmiştir. Bağlayıcı olarak, üre-formaldehit ve fenol-formaldehit kullanılmıştır. Üre-formaldehit ekonomik olduğundan dolayı, fenol-formaldehit ise su emme kapasitesini iyileştirebilmek amacıyla tercih edilmiştir. Aleve dayanıklılık özelliğini geliştirmek üzere ceviz kabuğundan, prinadan ve kayısı çekirdeğinden üretilen kompozit malzemelere uçucu kül ilavesinin yapıldığına literatürdeki çalışmalarda rastlanmaktadır [2, 12, 15]. Bu çalışmada ise uçucu kül değişik oranlarda kullanılarak ilk defa uçucu külün mukavemet özelliklerini incelemek üzere üç noktadan eğme mukavemetlerine bakılmış, böylece hem yanmazlık

özelliğine sahip hem de daha mukavemetli bir kompozit malzeme elde edilmeye çalışılmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Kullanılan Madde ve Malzemeler

Deneysel çalışmada reçine elde etmek üzere %99,5 saflıkta Riedel-de Haen marka fenol, %99,9 saflıkta Merck marka üre ve %40 saflıkta Aklar Kimya üretimi olan formaldehit kullanıldı. Dolgu maddesi olarak da Antep fıstığı kabukları ile XRD analizi Çizelge 4.1.'de verilen Muğla-Yatağan Termik Santralinin elektro filtrelerinden temin edilen uçucu kül kullanıldı.

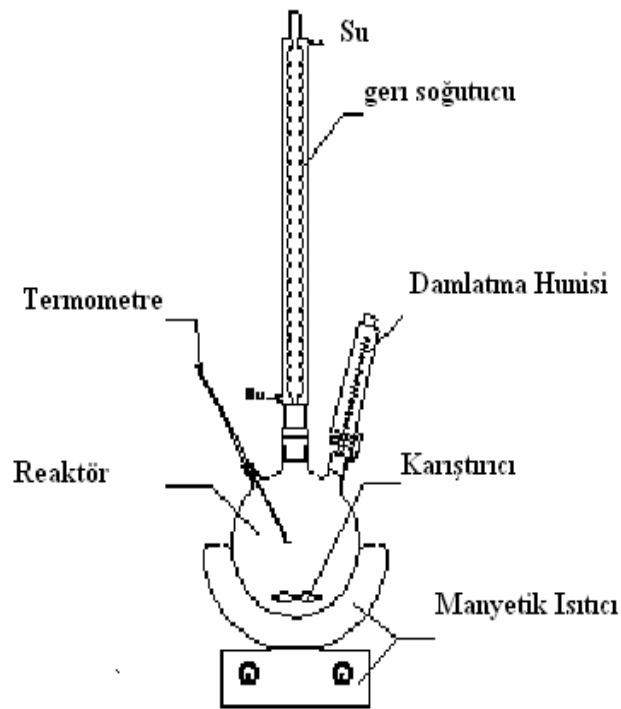
Çizelge 4.1. Uçucu kül XRD analizi sonuçları

<i>Bileşen</i>	<i>Kütlece %</i>
SiO ₂	47,08
R ₂ O ₃	29,47
TiO ₂	1,03
Fe ₂ O ₃	(R ₂ O ₃) 6,48
Al ₂ O ₃	
CaO	21,96
MgO	16,03
NaO	2,12
K ₂ O	1,28
SO ₃	0,93
P ₂ O ₅	2,13
Kızdırma Kaybı	0,14
Organik Madde	0,13

Dolgu maddesi olarak kullanılan Antep fıstığı kabuğu Gazi Antep ilinde Antep fıstığı içi satışı yapan bir firmadan temin edildi. Antep fıstığı kabukları, bitkisel ilaç yapımında kullanılan değirmende öğütülerek elek analizi yardımıyla sınıflandırıldı. 0,0551 mm göz açıklığına sahip elekte kalan numuneler alınarak tüm deneylerde kullanıldı. Gözenek boyutu bütün deneylerde sabit alındı.

4.2. Reçine Üretimi

Reçine olarak kullanılacak olan üre formaldehit ve fenol formaldehit Şekil 4.1'de görülen termometre, huni ve geri soğutucu donanımlı 1 litrelik cam reaktörde gerçekleştirildi. Bu çalışmada, reaksiyonun sıcaklık kontrolü için ± 2 °C toleranslı ve manyetik karıştırıcılı ısıtıcı mantodan yararlanıldı. Reaksiyon sıcaklığı ayrıca termometre ile sürekli ölçülerek kontrol altında tutuldu.



Şekil 4.1. Deney düzeneği

4.2.1. Üre-formaldehit reçinesi üretimi

Çeker ocak çalıştırılarak, geri soğutucudaki su açıldı. Gürü ve arkadaşları tarafından daha önce gerçekleştirilen optimizasyon çalışmaları dikkate alınarak, üre/formaldehit oranı 0,97 olarak alındı ve bu orana bağlı olarak deneyler yapıldı [11]. Üre ve formaldehit mol oranına bağlı olarak yapılan hesaplamalar doğrultusunda, % 40'lık formaldehite 1 damla derişik sülfürik asit ilave edildi ve ısıtıcı açılarak 45 °C'a getirildi. Üzerine 60 g üre ilave edildi

ve polimerleşme sırasında açığa çıkan ısı ile kendiliğinden 55 ± 2 °C'ye gelmesi beklendi. Bu sıcaklık aralığında beyaz bulanmanın ilk tespit edildiği anda sistem durdurularak üre-formaldehit hızlı bir şekilde daha önceden oranları belirlenen dolgu maddeleri ile parametrik olarak karıştırıldı. Hazırlanan numuneler 60 ± 2 °C'de 24 saat süre ile etüvde bekletilerek kurutuldu.

4.2.2. Fenol-formaldehit reçinesi üretimi

Fenol-formaldehit reçinesinin sentezi, üre-formaldehit reçinesinin sentezinin gerçekleştirildiği deney düzeneğinde yapıldı. Gürü'nün daha önceki yapılan çalışmasında optimum olarak belirtilen fenol/formaldehit oranı 1,0 alınarak deneyler yapıldı [12]. Fenol ve kütlece % 40'lık formaldehit çözeltisinin mol oranlarına bağlı olarak hesaplamaları yapıldı. Formaldehite 3 damla derişik sülfürik asit ilave edildi ve sıcaklık 45 °C'a getirildi. Üzerine fenol ilave edilerek 65 ± 2 °C'de 15 dakika bekletildi. Reaksiyon tamamlandıktan sonra üre-formaldehit bağlayıcısı değişik oranlarda azaltılarak, azaltılan oran kadar fenol-formaldehit bağlayıcısı ilave edilerek numuneler hazırlandı. Hazırlanan numuneler üre-formaldehit reçinesinde olduğu gibi 60 ± 2 °C'de 24 saat süre ile etüvde bekletilerek kurutuldu.

4.3. Karakterizasyon Deneyleri

4.3.1. Su emme kapasitesi deneyi

Su emme kapasitesi ahşapta yüksek olduğundan ve bunun kalıcı deformasyonlara (şişme vb.) yol açtığından, elde edilecek levhada su emme kapasitesi iyileştirilmeye çalışıldı. Su emme kapasitesini düşürmek için üre-formaldehit içerisine fenol formaldehit ilave edildi. Fenol-formaldehit literatür araştırmasında da gözlemlendiği üzere (2-12), su emme kapasitesini oldukça düşürdüğünden kısmi olarak üre-formaldehit yerine kullanıldı. Ayrıca,

ahşapta önemli bir dezavantaj olan böceklenmelerin de fenol formaldehit ve üre formaldehit sayesinde ortadan kaldırılması düşünüldü.

Su emme kapasitesinin belirlenmesi için optimum deney sonuçları kullanılarak hazırlanan numuneler üzerlerini tamamen kapatacak kadar su dolu beherlere daldırıldı ve suda 24 saat bekletildikten sonra alındı. Sudan alınan numunelerin ağırlık artışları ölçüldü. Su emme kapasitesinin belirlenmesinde TS EN 317, ASTM-D 1037 standartlarına uyulmuştur [27,28].

4.3.2. Üç noktadan eğme direnci

Üç noktadan eğme direnci tayininde laboratuvar tipi bilgisayar destekli Shimadzu AG-I test cihazı (Resim 4.1.) kullanıldı. Antep fıstığı kabuğu, fenol-formaldehit, üre-formaldehit, uçucu kül ve reçine oranları değiştirilerek optimum oranı elde etmek için üç noktadan eğme dirençleri ölçüldü. Bütün üç noktadan eğme direnci deneylerinde span aralığı (Resim 4.2.) 40 mm ve basma hızı 2 mm/dakika olarak sabit tutuldu. Eğme direnci deneyi TS EN 310 ve ASTM-D 1037 standartlarına göre yapılmıştır [29, 30].



Resim 4.1. Bilgisayar destekli üç noktadan eğme testi cihazı



Resim 4.2. Üç noktadan eğme testi cihazı, span aralığı

4.3.3. Shore sertlik ölçme deneyi

Elde edilen numunelerin sertlik direnci değerleri shore sertlik ölçme cihazında yapılmıştır (Resim 4.3.). Shore sertlik ölçme cihazının markası DUROTECH SHORE HARDNESS ve modeli M202 olup laboratuvar tipi cihazdır. Sertlik ölçümleri için shore A sertlik değerleri ölçülmüştür.



Resim 4.3. Shore sertlik ölçme cihazı

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada; üre formaldehit ve fenol formaldehit bağlayıcı olarak, Antep fıstığı kabuğu dolgu maddesi olarak kullanıldı. Yapılan literatür araştırmalarında ceviz kabuğu [2], pirina [12] ve kayısı çekirdeğinden [15] üretilen kompozit malzemelerde yanmazlık özelliğinin uçucu kül ile sağlandığı tespit edildiğinden hem bu özelliği sağlamak hem de daha mukavemetli bir yapı oluşturmak için değişik oranlarda uçucu kül ilave edilerek sırasıyla aşağıdaki deneylere tabi tutulacak şekilde numuneler hazırlandı. Bu numuneler hazırlanırken bir önceki deneyin optimum koşulları temel alındı.

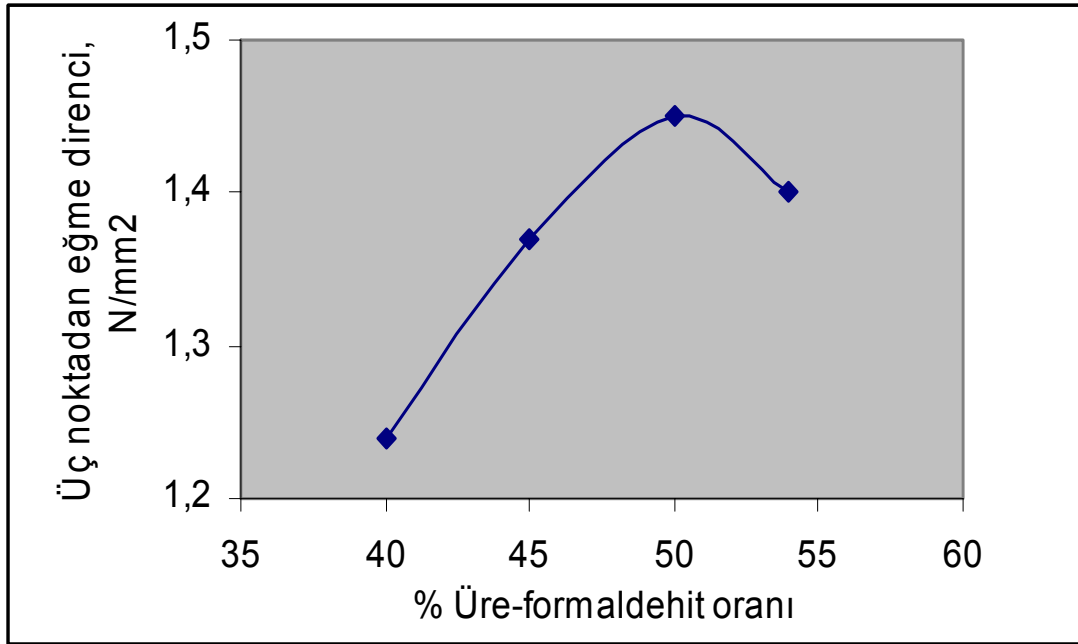
5.1. % Üre-formaldehit Oranının Malzemenin Üç Noktadan Eğme Direncine Etkisi

Kullanılacak olan optimum üre-formaldehit oranını bulabilmek için çeşitli oranlarda üre-formaldehit kullanıldı ve bu oranlarda elde edilen numuneler üç noktadan eğme direnci deneyine tabi tutuldu. 60g dolgu maddesi tüm deneyler için sabit değer olarak alındı ve 60g dolgu maddesi için en uygun bağlayıcı miktarını bulmak üzere 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10g üre formaldehit dolgu maddesine ilave edildi. 40g altındaki değerlerde bağlayıcı olan üre-formaldehit yetersiz kaldığından, numunelerde dağılma gözlemlendi ve bu nedenle bu değerler için üç noktadan eğme testi yapılamadı. Diğer değerler için ikişer numune hazırlandı ve üç noktadan eğme cihazında test edildi, bu değerlerin ortalamaları alınarak sonuçlar hesaplandı. 60g dolgu maddesi temel alındığından ilave edilen üre formaldehit miktarları ile % bağlayıcı miktarlarına geçilmiştir. Malzemenin toplam kütlesine bağlı olarak üre-formaldehit yüzdesinin üç noktadan eğme direncine etkisine ait ortalama değerler Çizelge 5.1.de verildi.

Çizelge 5.1. % Üre-formaldehit oranının üç noktadan eğme direncine etkisi

% Üre formaldehit oranı (toplam kütleye göre)	Üç Noktadan Eğme Direnci, en çok, N/mm ²
54	1,40
50	1,45
45	1,37
40	1,24

Bu sonuçlara göre reçine miktarı azaldıkça eğme mukavemetinin düştüğü söylenebilir. Bu sonuçlar literatürdeki örneklerle uyum göstermektedir [2]. Ancak eğme direnci ceviz kabuğu ile yapılan çalışmaya göre düşük bulunmuştur ve bunun nedeninin de Antep fıstığı kabuklarındaki lif yapısının ceviz kabuklarına göre daha kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. %Üre-formaldehit oranının (toplam kütleye göre) gerilmeleri, eğme direnci grafiğinde (Şekil 5.1.) gösterilmiştir.



Şekil 5.1. %Üre-formaldehit Oranının (toplam kütleye göre) eğme direnci ile oluşturduğu grafik

Sonuçlar incelendiğinde, 60g dolgu maddesi temel alındığında, ilave edilen üre formaldehit miktarı 60g iken en iyi sonucu verdiğinden, optimum değer %50 bağlayıcı madde kullanımı olarak söylenebilir. Çünkü %50'lik üre-formaldehit kullanıldığında en iyi mukavemet olan $1,45 \text{ N/mm}^2$ değerinin elde edildiği gözlemlendi. Bundan sonraki çalışmalarda da optimum değer olarak bulunan 60g dolgu maddesi ile %50'lik üre-formaldehit temel olarak alındı.

5.2. % Uçucu Kül Oranının Malzemenin Üç Noktadan Eğme Direncine Etkisi

Yanma geciktirici olarak Yatağan Termik Santralinin elektro filtrelerinden alınan uçucu kül kullanıldı. Atık olarak çevre kirliliği yaratan bu malzemenin kullanılmasıyla aynı zamanda çevreye de bir katkı sağlandığı düşünülmektedir.

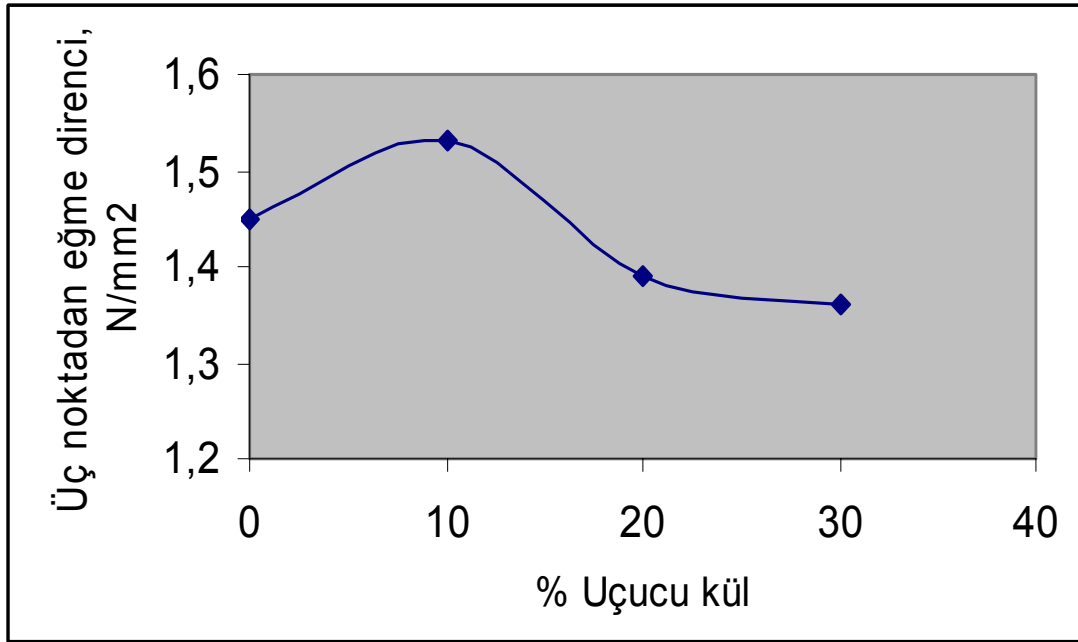
Uçucu külün kayısı çekirdeklerinden elde edilen kompozit levhaya ilave edilmesiyle maksimum alev sıcaklığının 480 °C'den 360 °C'ye düştüğü literatürden tespit edilmişti [15]. Ancak daha önceki çalışmalarda uçucu külün eğme direncine etkisinin incelenmediği gözlemlendi. Bu sebeple yanmazlığı sağlayan uçucu kül ilavesinin üç noktadan eğme direncine etkisi incelendi.

Eğme direncinden elde edilen sonuçlara göre optimum değer olarak 60g dolgu maddesi ile 60g üre-formaldehit kullanılması gerektiği bulunduğundan, bu değerler temel alınarak, kabuk kütlece azaltılarak yerine değişik oranlarda uçucu kül ilave edildi ve üç noktadan eğme deneyine tabi tutuldu. Uçucu kül oranı % 0, 10, 20 ve 30 olarak değiştirildi. Bu sonuçlar Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. % Uçucu kül (toplam kütleye göre) değişimi ile eğme direnci değişimi

% Uçucu kül oranı (toplam kütleye göre)	Üç Noktadan Eğme Direnci, en çok, N/mm ²
0	1,45
10	1,53
20	1,39
30	1,36

Çizelge 5.2.'de verilen değerlere göre % uçucu kül oranına bağlı olarak eğme direnci grafiği ise Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5.2. % Uçucu kül oranı ile gerilme değişimi; %50 üre formaldehit

Bu değerler göz önüne alındığında, uçucu kül oranı % 10 olduğunda üç noktadan eğme direncinin $1,53 \text{ N/mm}^2$ olarak en yüksek değerine ulaştığı gözlemlendi. Bundan sonraki deneylerde de optimum değer olan %10'luk uçucu kül ile elde edilen değerler temel alınarak devam edildi.

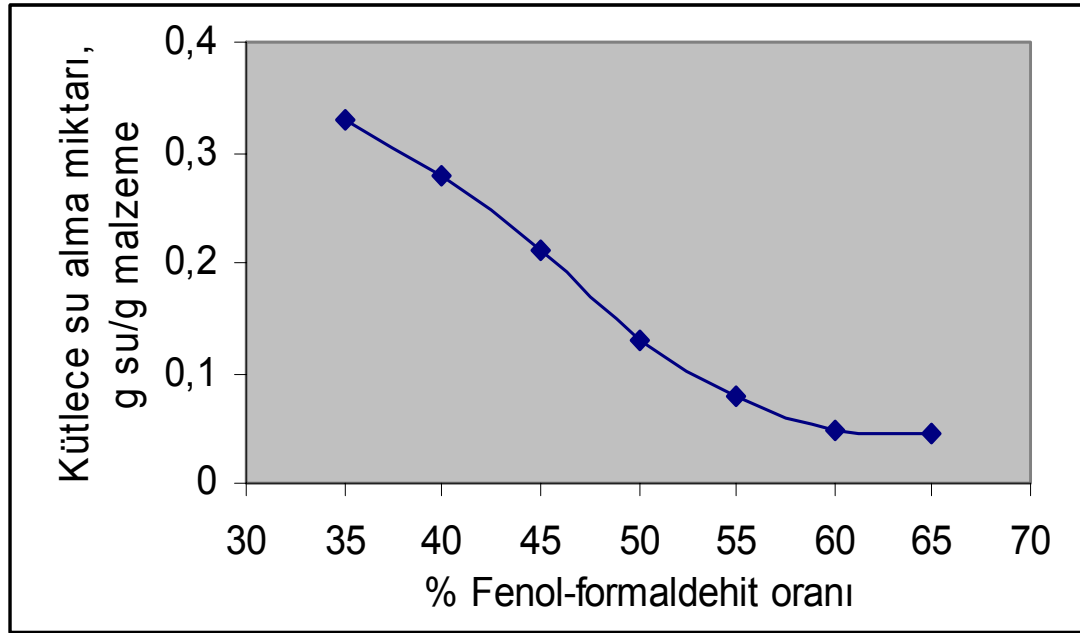
5.3. Fenol-formaldehit Oranının Kompozit Malzemeye Etkisi

Daha önceki deneylerde optimum bağlayıcı oranı %50 olarak bulunmuştu. Toplam malzemenin %50'si bağlayıcı madde olacak şekilde, üre-formaldehit oranı azaltılarak, azaltılan oran kadar fenol-formaldehit ilave edildi ve numuneler hazırlandı ve bu numunelerin su emme kapasiteleri incelendi. %0–30 arası fenol-formaldehit kullanıldığında su emme kapasitesi oldukça yüksek olduğundan numunelerde dağılmalar meydana geldi ve hesaplamaları net yapılamadı. Bu nedenle sonuçlar %35'ten itibaren değerlendirilerek, %50'lik bağlayıcıya göre ve toplam madde miktarına göre Çizelge 5.3.'te verildi.

Çizelge 5.3. Fenol-formaldehit oranının ağırlığa etkisi

% Fenol-formaldehit Miktarı (%50'lik bağlayıcıya göre)	% Fenol-formaldehit Miktarı (Toplam maddeye göre)	Tutulan Su Miktarı (g su)	Kütlice Su Tutma Miktarı (g su/g malzeme)
35,0	17,5	5,12	0,330
40,0	20,0	4,30	0,280
45,0	22,5	3,68	0,210
50,0	25,0	2,11	0,130
55,0	27,5	1,54	0,080
60,0	30,0	0,85	0,047
65,0	32,5	0,74	0,044

Sonuçlar incelendiğinde %35 ve üzerindeki miktarlarda fenol-formaldehit içeren levhalarda su emme kapasiteleri, %fenol-formaldehit miktarı arttıkça azalmıştır. %60-65 aralığında su emme kapasitesi en düşük seviyelerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak fenol-formaldehitin malzemeye etkisi Şekil 5.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Malzemenin su alma kapasitesinin fenol-formaldehit oranına göre değişimi; %50 bağlayıcı madde, %10 uçucu kül

Bu değerlere bakıldığında %60 ve %65 fenol-formaldehit ile yapılan deneylerdeki su emme kapasiteleri oldukça düşük ve çok büyük bir fark artık gözlemlenmemiştir. Binde üçlük bir fark gözlemlendiğinden dolayı daha yüksek fenol-formaldehit oranlarında deneylere devam edilmesine gerek görülmedi. Ayrıca mühendislik yaklaşımı dikkate alındığında bu küçük fark göz ardı edilerek %60'lık fenol-formaldehit içeriğinin su emmede optimum koşul olduğu söylenebilir.

Malzemenin su emme kapasitesinin düşük olduğu için arazide, telefon direklerinde, nemli ortamlarda, sandal yapımında, dış mekânlarda, nehir ve deniz kenarlarında, ahşap köprülerde, nehir ve deniz kazıklarında ve pergule yapımında kullanılabilir.

Literatürdeki değerler incelendiğinde, elde edilen sonuçlar ile paralellik gözlenmiştir. Ayçiçeği sapı, ceviz kabuğu ve pamuk saplarıyla yapılan

deneylerde de su alma miktarı fenol-formaldehit kullanım oranının artmasıyla azalmıştır (2, 13, 14).

5.4. Shore Sertlik Deneyi

Optimum değerleri elde edilen malzemelerin Shore testleri yapıldı. Önce, 60g dolgu maddesi temel alınarak, bağlayıcı olarak %50 üre-formaldehit içeren levhanın Shore A değerleri değişik noktalardan teste tabi tutuldu. Sonra içerisinde %10 uçucu kül olan levhanın Shore A değerleri ve içerisinde %60 fenol-formaldehit olan levhanın Shore A değerleri tespit edildi. Elde edilen değerlerin ortalamaları alındı. Bu değerler Çizelge 5.4.'te verilmektedir.

Çizelge 5.4. Kompozit malzemenin Shore A sertlik ölçümleri

Deneyler	1	2	3	4	Ortalama
%50 ÜF	68,0	61,0	65,0	65,0	64,7
%10 Uçucu Kül	77,5	78,5	78,0	73,0	76,7
%60 FF	86,0	85,0	95,0	90,0	89,0

Bu değerler incelendiğinde Shore A değerinin en iyi %60 fenol-formaldehit içeren levhada olduğu görüldü.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üre-formaldehit üretimi sırasında 60g üre ve 75g formaldehite bir damladan (0,05 ml) fazla miktarda derişik sülfürik asit ilave edildiğinde, üre-formaldehitin deney düzeneğinden çıkartılamadan anında katılaştığı gözlemlendi. Sülfürik asit katalizör miktarının kürleşmeyi oldukça etkilediği görülmekte olup, uygun konsantrasyonda sertleştirici kullanılmasına ihtiyaç göstermemektedir. Bu nedenle üre-formaldehit üretiminde derişik sülfürik asit kullanıldığında bir damladan fazla kullanılmaması tavsiye edilir. Ayrıca üre-formaldehit üretimi sırasında ısıtıcı 45 °C nin üzerine getirildiğinde aşırı ısı yükselmesiyle ve ani katılaşma ile karşılaşıldı. Bu nedenle 45 °C de ısıtıcı kapatılarak kendiliğinden 55 ±2 °C'ye gelmesi beklendi.

Üretilen kompozit levhaların test sonuçları incelendiğinde, %50'lik üre-formaldehit ile yapılan üç noktadan eğme direnci testinin en yüksek değeri olan 1,45 N/mm² verdiği gözlemlendi ve üre-formaldehit miktarı azaldıkça eğme direncinin de düştüğü tespit edildi. Eğme direncinin standartlara göre düşük olduğu gözlemlendi. Bunun Antep fıstığı kabuklarının lif yapısının oldukça kısa olmasından kaynaklandığı düşünüldü. Ancak lif yapısı daha uzun olan bir malzeme ile birlikte kullanılarak mukavemet artırılabilir.

Uçucu külün optimum değerini bulmak için yapılan üç noktadan eğme testinde %10'luk uçucu kül kullanıldığında en iyi eğme direnci olan 1,53 N/mm² gözlemlendi. Ayrıca daha önce yapılmış olan çalışmalar incelendiğinden uçucu külün aynı zamanda yanmazlık özelliğini de kazandırdığı tespit edildiğinden [15], hem daha mukavemetli hem de daha alev dayanıklı bir kompozit malzeme elde edilmiş oldu.

Fenol-formaldehit ile su emme kapasitesi düşürüldü ve yapılan test sonucunda %60 fenol-formaldehit ile 0,047 g su/g malzeme olduğu tespit edildi. Fenol formaldehit oranı arttıkça su emme kapasitesinin azaldığı gözlemlendi. Su emme kapasitesi düşük olmasından ve fenol-formaldehit oranı

yüksek olmasından dolayı dış mekânlarda kullanılabilir. Ayrıca formaldehit reçinelerinin böceklenmeyi önlediği genel olarak bilindiğinden ahşapta oluşan bu dezavantajın da giderilmiş olduğu söylenebilir.

Üre-formaldehit, uçucu kül ve fenol-formaldehit ile elde edilen optimum sonuçlara sahip numunelerin Shore A değerleri ölçüldü. Optimum değer olarak bulunan, %50'lik üre-formaldehitli olan levhada ortalama Shore A değeri 64,7, %10'luk uçucu kül ile elde edilen numune ile ortalama Shore A 76,7 ve %60'lık fenol-formaldehit ile yapılan ölçümde ortalama Shore A 89,0 olarak bulundu. En iyi Shore A değerinin içinde %60'lık fenol-formaldehit olan kompozit malzemede olduğu gözlemlendi.

Dünyada insanlar yakacak ve yapı malzemesi olarak kullanmak amacıyla ormanları yok etmektedirler. Gelecek nesillerinde dünyanın oksijen kaynağı olan ormanlarımızdan yararlanabilmesi için ormanların tahribini en aza indirmemiz gerekmektedir. Bu amaçla yapı malzemesi olarak kompozit malzemelerin üretimiyle ilgili tüm dünyada araştırmalar hızla devam etmektedir.

Ülkemiz Antep fıstığı üretimi bakımından önemli bir yerdedir ve kabukları değerlendirilmemektedir. Atık olan ve ancak yakacak olarak değerlendirilebilen Antep fıstığı kabuklarının levha endüstrisinde değerlendirilmesi ile büyük bir hammadde kaynağı sağlanabilir. Bu sayede ormanlarımızda yok edilmekten kurtulabilir. Ayrıca önemli düzeyde çevre kirliliğine yol açan termik santrallerde atık olarak açığa çıkan uçucu külde bu sayede değerlendirilmiş olup çevre kirliliği de azaltılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Bilen M., "Kompozit Malzeme Üretilmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1-19 (2000).
2. Yıldırım R., "Ceviz Kabuğundan Polimer Kompozit Levha Üretimi ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler**, Ankara, 1-63 (2005).
3. Pişkin, E., "Polimer Teknolojisine Giriş", **İnkilap Kitabevi**, İstanbul, 45-55 (1987).
4. Pişkin E., "Polimer – II Mühendislik Polimerleri", 2. Baskı, **Pagev Yayınları**, İstanbul, 67-81, 125-132 (2003).
5. Othmer, K., "Amino Resins and Plastics", **Encyclopedia of Chemical Technology** 2nd ed, 237-559 (1998).
6. Akovalı G., "Polimer Temel ve Uygulamalı", **Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi**, Ankara, 77-90 (1984).
7. Akovalı G., "Plastikler ve Plastik Teknolojisi", **Çantay Kitabevi**, İstanbul, 15-25 (1998).
8. Karakaya B., "Kısa Proses ile Üretilen Üre Formaldehit Reçinesinin MDF Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 8-50 (2004).
9. Chang P.C., Hung S.C., "Manufacture of flame retardant foaming board from waste papers reinforced with phenol – formaldehyde resin", **Bioresource Technology**, 86: 201-202 (2003).
10. Joseph S., Sreekala M.S., Oommen Z., Koshy P., Thomas S., "A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres", **Composites Science and Technology**, 62: 1857-1868 (2002).
11. Gürü M., S. Tekeli, İ. Bilici, "Manufacturing of urea - formaldehyde based composite particleboard from almond shell", **Materials and Design**, baskıda (2006).
12. Gürü M., "Uçucu Kül ve Prinadan Plastik Malzeme Üretimi", **Politeknik Dergisi**, 35-39 (2001).

13. Bektaş İ., Güler C., Kalaycıoğlu H., "Ayçiçeği Saplarından Üretilen Formaldehit Tutkalı ile Yonga Üretimi", **K.T.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi**, 5(2): 49-54 (2002).
14. Özen R., Kalaycıoğlu H., Güler C., "Pamuk Saplarından Üretilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri", **Fen ve Mühendislik Dergisi**, 4: 89-99 (2001).
15. Gürü M., Tekeli S., "Production of polymer matrix composite particleboard from apricot shell with fly ash addition as a flame retardent", **ICCE-12 Twelfth Annual International Conference On Composites/Nono Engineering, Univercity, Of New Orleans, Tererife, Canary Island, Spain**, (2005).
16. Çetin N.S., Özmen N., "Use of organosolv lignin in phenol-formaldehyde resins for particleboard production II. Particleboard production and properties", **International Journal of Adhesion & Adhesives**, 22: 481-486 (2002).
17. Alonso M.V., Oliet M., Perez J.M., Rodriguez F., Echeverria J., "Determination of curing kinetic parameters of lignin-phenol-formaldehyde resol resins by several dynamic differential scanning calorimetry methods", **Thermochimica Acta**, 419: 161-167 (2004).
18. Park B.D., Bernard R., Hsu E.W., Shields J., "Differential scanning calorimetry of phenol-formaldehyde resins cure-accelerated by carbonates", **Polymer**, 40: 1689-1699 (1999).
19. Shipp D.A., Solomon D.H., "Functionality in phenol-formaldehyde step-growth polymerization", **Polymer**, 38: 4229-4232 (1996).
20. Kozlowski R., Mieleniak B., Helwig M., Przepiera A., "Flame resistant lignocellulosic-mineral composite particleboards", **Polymer Degradation and Stability**, 64: 523-528 (1999).
21. Nemli G., Öztürk İ., "Influences of some factors on the formaldehyde content of particleboard", **Building and Environment**, 41: 770-774 (2006).
22. Yang T.H., Lin C.J., Wang S.Y., Tsai M.J., "Characteristics of particleboard made from recycled wood-waste chips impregnated with phenol formaldehyde resin", **Building and Environment**, in press (2006).
23. Nemli G., Kırıcı H., Serdar B., Ay N., "Suitability of kiwi (*Actinidia sinensis* Planch.) prunings for particleboard manufacturing", **Industrial Crops and Products**, 17: 39-46 (2003).

24. Yang H.S., Kim D.J., Kim H.J., " Rice straw –wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials", **Bioresource Technology**, 86: 117 –121 (2003).
25. Ntalos G.A., Grigoriou A.H., " Characterization and utilisation of vine prunings as a wood substitute for particleboard production", **Industrial Crops and Products**, 16: 59–68 (2002).
26. Zheng Y., Pan Z., Zhang R, Jenkins B.M. , Blunk S., " Properties of medium-density particleboard from saline Athel wood", **Industrial Crops and Products**, 23: 318–326 (2006).
27. TS EN 317, "Yonga ve lif Levhaları su içine daldırma işleminden sonra şişme tayini", **TSE**, Ankara (1999).
28. ASTM-D 1037, "American Society for Testing and Materials. Standard Methods of Evaluating the Properties of Wood Base Fiber and Particle Panel Materials", **West Conshohocken, Pa** (1993).
29. TS EN 310, "Ahşap esaslı levhalar, eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modülünün tayini", **TSE**, Ankara (1999).
30. ASTM-E 160-50, "American Society for Testing and Materials. Standard Methods of Evaluating the Properties of Wood Base Fiber and Particle Panel Materials", **West Conshohocken, Pa** (1993).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞAHİN, Meltem
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 09.05.1980 Kırıkkale
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 229 33 59
e-mail : meltembedirsahin@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üni./Kimya Müh. Böl.	...
Lisans	Ankara Üni./Kimya Müh. Böl.	2003
Lise	Rauf Denктаş (Yabancı Dil Ağırlıklı)	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2005	Gür Plast AŞ.	Kalite Güvence

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. "P. Putida F1 Mikroorganizmasının Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilenli (BTEx) ortamda çoğalma kinetiğinin deneysel olarak incelenmesi", XIII. Biyoteknoloji Kongresi, 25-29 Ağustos 2003, Çanakkale (Poster olarak yayınlandı).

Hobiler

Yüzme, Tenis