



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANTAR İÇEREN POLİMER KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE
KARAKTERİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mefail KOÇAL AKTEPE
165101016**

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi H. Aylin KARAHAN TOPRAKÇI

OCAK 2020



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANTAR İÇEREN POLİMER KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE
KARAKTERİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mefail KOÇAL AKTEPE
165101016**

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi H. Aylin KARAHAN TOPRAKÇI

OCAK 2020

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 165101016 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mefail KOÇAL AKTEPE** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "MANTAR İÇEREN POLİMER KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde sunmuş ve oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

İmza / Kanaati
(Kabul/Red)

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi H. Aylin KARAHAN TOPRAKÇI** *ayly* / *Kabul*
Yalova Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Abdullah AKSU** *AKSU* / *Kabul*
İstanbul Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mithat ÇELEBİ *Çelebi* / *Kabul*
Yalova Üniversitesi

Teslim Tarihi : 26 Aralık 2019
Savunma Tarihi : 29 Ocak 2020

Sevgili eşim ve bebeğimize,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca emeklerini esirgemeyen, yol gösteren, her zaman inançla ve sabırla tez yazım aşamasına kadar geçirdiğimiz tüm bu süreçte yanımda olan sevgili danışmanım Dr. Öğr. Üyesi H. Aylin KARAHAN TOPRAKÇI'ya ve yine çalışma hayatımın yüksek temposunun yanı sıra yüksek lisans eğitimimi başarıyla tamamlayabilmem adına gerekli tüm desteği veren sevgili müdürüm, Plascam Plastik A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı Sayın Yiğit ŞEYRANLI'ya teşekkürü bir borç bilirim. Laboratuvar testlerim ve çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen sevgili meslektaşım Ayşe TURGUT'a tüm emeklerinden dolayı teşekkür ederim. Ve fedakarlık konusunda en büyük desteği veren, sevgisini paylaşan ve benim kadar emeklerinin geçtiğine inandığım sevgili ailem; biricik annem sevgili Gülümser KOÇAL'a, canım babam Yusuf KOÇAL'a ve sevgili kardeşim Sümeyye KOÇAL'a saygı ve minnetle teşekkür ederim. Birlikte bir hayat yolculuğuna başladığımız her zaman yanımda olan, beni destekleyen, yorulduğum yerde tekrardan başlama azmini aşıl原因an sevgili eşim Samet Can AKTEPE'ye ve iki kişi olarak çıktığımız bu yolda bundan sonra bize eşlik edecek olan sevgili bebeğimize şimdiden bana kattıkları için teşekkür ederim.

Ocak 2019

Mefail KOÇAL AKTEPE
(Polimer Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK BİLGİ	3
2.1 Mantarın Tanımı.....	3
2.2 Tarihi Gelişimi	4
2.3 Mantarın Dünyadaki Üreticileri	6
2.5 Mantar Meşesi Türleri ve Özellikleri.....	9
2.6 Mantarın Özellikleri	11
2.7 Mantarın Kimyasal Bileşimi	13
2.7.1 Süberin	14
2.7.2 Lignin	17
2.7.3 Lignin Olmayan Aromatikler	18
2.7.4 Polisakkaritler	18
2.7.5 Selüloz.....	19
2.8 Mantarın Uygulama Alanları	20
2.8.1 Havacılık Endüstrisi	20
2.8.2 Otomotiv Endüstrisi	21
2.8.3 Raylı Sistemler	22
2.8.4 Spor Uygulamaları	23
2.8.5 Mobilya Uygulamaları	24
2.8.6 Ayakkabı Uygulamaları	24
2.9 Mantar ile Yapılan Çalışmalar	25
3. MATERYAL VE METOD	45
3.1 Malzemeler.....	45

3.2 Yöntemler.....	45
3.2.1 Polimer Karışımların Hazırlanması.....	45
3.2.2 Kompozit Filmlerin Hazırlanması.....	46
3.2.4 Yoğunluk Testi.....	48
3.2.5 Çekme Testi	48
3.2.6 FTIR Analizi	49
3.2.7 TGA Analizi.....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
4.1 Morfoloji	51
4.2 Eriyik Akış İndeksi	54
4.3 Yoğunluk Sonuçları	55
4.4 Termal Gravimetrik Analiz.....	56
4.5 FTIR	57
4.6 Mekanik Sonuçlar	59
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	61
5.1 Sonuçlar	61
5.2 Öneriler	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

ICB	: Insulation Cork Board
YYFL	: Yüksek Yoğunluklu Fiber Levha
PVC	: Polivinil klorür
TMS	: Trimetilsilleme
GC-FID	: Trimetilsilleme
H	: p-hidroksifenil
G	: Guaiasil
S	: Şırınga
GS-lignin	: Guaiasil-şırınga lignin
G-lignin	: Guaiasil lignin
Mw	: Molekül ağırlığı
TKS	: Termal Koruma Sistemleri
KRG	: Katı Roket Güçlendiriciler
MPK	: Mantar Polimer Kompozitleri
HDF	: Yüksek Yoğunluklu Lif
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
PPgMA	: Poliproilen Graft Maleik Anhidrit
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
APK	: Ahşap-Plastik Kompozitler
PLLA	: Poli L-Laktik Asit
PHBV	: Polihidroksibütirat-ko-hidroksivalerat
PCL	: Poli-e-kaprolakton
SPCL	: Nişasta- poli-e-kaprolakton
L/D	: Uzunluk/Çap Oranı
PS	: Polistiren
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA	: Termal Gravimetrik Analiz



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2. 1 <i>Quercus Suber L.</i> mantarının monomerik bileşimi (Graça ve Pereira, 2000).....	16
Çizelge 2.2 Farklı karışım ve kompozit kompozisyonlarının proses koşulları.....	28
Çizelge 2.3 Mantar polimer kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan kompozisyonlar	32
Çizelge 2. 4 Ağırlıkça %30 mantar içeren biyo-bazlı polimer matrisli kompozitlerin proses koşulları	36
Çizelge 2.5 Mantar polimer kompozit ile takviyelendirilmiş kompozisyonlar.....	41
Çizelge 4. 1 Numunelerin MFI değerleri ve % değişimi	55
Çizelge 4.2 Numunelerin yoğunluk değerleri ve % değişimi	56
Çizelge 4.3 Numunelerin kopma dayanımı, kopma uzaması, elastik modülü ve % değişim değerleri	59



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2. 1 <i>Quercus Suber L.</i> ağacının katmanları.....	3
Şekil 2. 2 Mantarın hücresel (köpük) yapısı	4
Şekil 2. 3 Ramses mezarında bulunan bir fresk (duvar resmi), üzüm hasadı ve şarap yapımı sahnelerini gösteriyor	4
Şekil 2. 4 Amfora testi ve ayakkabı tabanı görseli.....	5
Şekil 2. 5 Doğal mantar tıplar ve üretimi	6
Şekil 2. 6 Aglomere mantar tıplar ve üretimi	6
Şekil 2. 7 Ülkelere göre yıllık mantar üretimi	7
Şekil 2. 8 Mantar türleri	8
Şekil 2. 9 Mantar tozları	9
Şekil 2. 10 Mantar meşesi	9
Şekil 2. 11 Mantar meşesinin büyümesinin şematik gösterimi.....	10
Şekil 2. 12 Mantarın hafiflik özelliğini gösteren görseller	11
Şekil 2. 13 Mantarın düşük poission özelliğini gösteren görseller	11
Şekil 2. 14 Mantarın sızdırmazlık özelliğini gösteren görseller	12
Şekil 2. 15 Mantarın yalıtım özelliğini gösteren görseller.....	12
Şekil 2. 16 Mantarın alev geciktiricilik özelliğini gösteren görseller	12
Şekil 2. 17 Mantarın aşınma ve darbe direnci özelliğini gösteren görseller	12
Şekil 2. 18 Mantarın kimyasal bileşimi	13
Şekil 2. 19 Mantar bileşimi ve mantar meşesindeki ahşabın şematik gösterimi	14
Şekil 3.1 Mantar ve saf PP.....	45
Şekil 3.2 GM Gülnar marka eş eksenli çift vidalı ekstruder.....	46
Şekil 3.3 Kovan sıcaklıkları	46
Şekil 3. 4 Kompozit filmlerin hazırlanması	47
Şekil 3.5 Isı ve basınç altında sıcak pres ile hazırlanan numuneler	47
Şekil 3.6 Ağırlıkça % 2.5, 5, 10 mantar içeren numunelerin 170°C ve 5 dakika ısıtma ile hazırlanması	47
Şekil 3. 7 Eriyik akış cihazı	48
Şekil 3.8 Yoğunluk test cihazı	48
Şekil 3.9 Devotrans DVT GPU/RD test cihazı	49



Şekil 3.10 FTIR cihazı	49
Şekil 3.11 TGA cihazı	50
Şekil 4.1 Mantara ait SEM görüntüleri (3000x büyütme oranında).....	51
Şekil 4.2 PP'ye ait SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 1000x büyütme oranı	52
Şekil 4.3 %2.5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı	52
Şekil 4.4 %5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı	53
Şekil 4.5 %10 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı	53
Şekil 4.6 Numunelerin TGA analizi.....	57
Şekil 4.7 Saf PP'ye ait FTIR analizi	58
Şekil 4.8 Mantar parçasına ait FTIR analizi	58
Şekil 4.9 Ağırlıkça %10 mantar içeren mantar/PP kompozitinin FTIR analizi.....	59
Şekil 4.10 Numunelerin gerilim-uzama grafiği	60



MANTAR İÇEREN POLİMER KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Polimer sektöründe ürünlerin hem iç hem de dış bileşenlerinde hafiflik ve maliyet azaltma ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir başka hedefi de ürünlere yeni fonksiyonlar kazandırmaktır.

Mantar, düşük yoğunluk, iyi aşınma direnci, estetik özellikleri, sayesinde en popüler doğal malzemelerinden birisidir. Bu özellikleri mantarı hem endüstriyel hem de bilimsel alanda dikkat çekici bir hale getirmektedir. Bugüne kadar inşaat, roket, gıda ve diğer alanlarda kullanılan mantarların kolay işlenebilirliği sayesinde her geçen gün uygulama alanları artmaktadır. Mantar genellikle kompozit formda kullanılmaktadır. Yani mantar ağacından elde edilen kabuk, parçalanmakta toz veya parçaçık haline getirilmekte ve uygun bir polimerik matrisle karışım haline getirilmektedir. Nihai ürünler bu karışımların uygun işleme yöntemi ile şekillendirilmesi ile elde edilmektedir.

Bu çalışmada mantar parçaçıkları içeren mantar/polipropilen karışımları hazırlanmıştır. Farklı dolgu oranlarında karışımlar hazırlanmış ve optimum ekstrüzyon koşulları belirlenmiştir. Bunun ardından, kompozit filmler farklı sıcaklıklarda hazırlanmış ve üretim koşulları optimum edilmiştir. Son aşamada ise üretilen kompozitlerin, morfolojik, reolojik, ısıl, yapısal ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: mantar, polimer, biyokompozit, otomotiv



PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CORK-POLYMER COMPOSITES

ABSTRACT

In the polymer industry, there are many studies that deal with weight and cost reduction in both internal and external components of products. Another purpose of the studies is to gain new functionalities to the products.

Cork is one of the most popular natural materials because of its low density, good abrasion resistance, and esthetical properties. Those properties made it very attractive in the industry and scientific area. Cork has been used in different industries such as construction, aerospace, food, and etc. Because of its easy processability, the number of applications is increasing day by day. Cork has been generally used in the form of composites. The bark of the cork oak is grounded in the form of powder or particles and those materials are blended with a proper polymer matrix. The final products are formed by a proper processing method.

In this study, cork/polypropylene (PP) blends were prepared. Blends were prepared at various filler ratios and optimum extrusion parameters were determined. After that, composite films were prepared at different temperatures and process conditions were optimised. Morphological, rheological, thermal, structural and mechanical properties of composites are reviewed.

Keywords: Cork, polymer, biocomposite, automotive



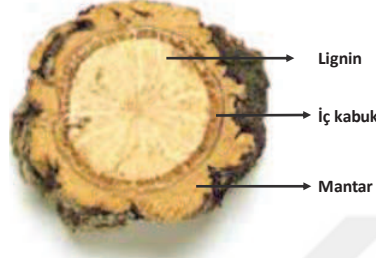
1. GİRİŞ

Otomotiv, havacılık, uzay ve savunma gibi birçok sektörde meydana gelen hızlı teknolojik gelişim ve artan rekabet yüksek performansa sahip ürünlerin tasarlanmasına, üretilmesine ve bu durumda da hafif ve yüksek mukavemetli malzemelerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Bu ihtiyaca cevap vermek üzere 1950 yılından itibaren kompozit malzemeler üretilmeye başlanmış ve gün geçtikçe kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Bunlara ek olarak mevcut kompozitlerin yanı sıra azalan petrol kaynakları göz önüne alındığında doğal malzemelere doğru bir yönelim gündeme gelmiştir. Son yıllarda biyobozunabilir polimerler ve/veya biyobozunabilir doğal dolgu malzemelerinden oluşan biyokompozitler farklı kombinasyonları sunan, daha çevreci bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyokompozitler biyobozunabilir doğasından dolayı evrensel bir önem kazanmıştır ve kapsamlı araştırmalara konu olmaktadır. Yapılan araştırmalar sırasında bu konuda mevcut özellikleri ile göze çarpan bir malzeme de doğal mantarlar olmuştur. Doğal mantarlar; hafif, elastik, yüksek sürtünme katsayısı, yalıtım özellikleri vb. yanısıra kolay işlenebilirlik avantajları ile de endüstride kendine yer edinmeyi başarmıştır. Bu çalışmada özellikle otomotiv endüstrisinde araç içi bileşenleri için kullanılması hedeflenen mantar polipropilen kompozitleri üretilmiş ve karakterize edilmiştir.

2. TEORİK BİLGİ

2.1 Mantarın Tanımı

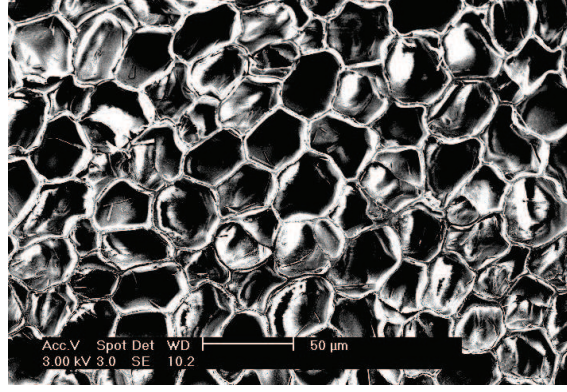
Mantarlar genellikle meşe ağacı olarak bilinen ve Şekil 2.1’de görülen *Quercus Suber L.* ağacının dışındaki kabuk katmanıdır. Bir santimetreküpde yaklaşık 42 milyon adet bulunan beş katmanlı duvar yapısında hücre öbeklerinden oluşmaktadır [1].



Şekil 2.1 *Quercus Suber L.* ağacının katmanları [2]

Mantarlar, hücreler arası boşluk olmayan, düzenli olarak sıralanmış, ince duvarlı hücrelerin homojen yapılarıdır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi hücreler genellikle petek yapısına benzer şekilde beşgen veya altıgen dikdörtgen prizmatik yapılarıdır. Mantar da odun gibi lignoselülozik bir malzemedir ve alifatik bir polyester olan suberin mantar hücre duvarının %30–50’sinin ana kimyasal bileşenidir. Mantarlar birçok farklı uygulama alanı olan doğal hammaddelerden birisidir. Hücresel olarak da kapalı hücre yapısına sahip benzersiz bir malzeme olan mantarların avantajları aşağıdaki gibidir. Mantarlar [3-11];

- hafif,
- düşük yoğunluklu,
- elastik,
- esnek,
- düşük Poission katsayısına sahip,
- yüksek sıvı ve gaz geçirgenlik bariyer özelliğine sahip,
- yüksek çürüme direnci gösteren,
- yüksek sürtünme katsayısına sahip,
- elektrik, ısı ve ses yalıtım özellikleri açısından iyi bir malzemedir.



Şekil 2. 2 Mantarın hücresel (köpük) yapısı [1]

2.2 Tarihi Gelişimi

Tersiyer dönemde (Oligosen ve Miyosen dönemleri arasında) ortaya çıkan mantar meşesini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bazı teoriler, yaklaşık 60 milyon yıl önce, Akdeniz havzasının oluşumundan bu yana mantarın varlığına işaret etmektedir. Birkaç tür Buzul dönemde yok olmuştur fakat mantar meşesi, kabuğunun yüksek termal izolasyonu sayesinde bu sürece direnmiş ve günümüze kadar varlığını sürdürmüştür. Portekiz’de mantar meşesinin antik varlığını kanıtlayan havza olan Tagus’ta bir fosil mantar parçası bulunmuştur. 13. yy’dan bu yana mantar meşesi birçok kralın hükümdarlığındaki çeşitli yasaların hedefi olmuş ve mantar ticaretine yönelik üretimi kapsamıştır. Mantarların, M.Ö. 1300 yılında Mısır’da ev aletlerinde, balıkçılıkta ve gemilerin sızdırmazlık sistemleri için kullanıldığına dair görseller Şekil 2.3’te gösterilmiştir [2].



Şekil 2. 3 Ramses mezarında bulunan bir fresk (duvar resmi), üzüm hasadı ve şarap yapımı sahnelerini gösteriyor [2]

Mantar; Şekil 2.4'te görüldüğü üzere ev eşyalarında, balık tutma ekipmanlarında, sızdırmazlık ve bariyer uygulamalarında, çatılarda ısı yalıtımında, amfora testilerin sızdırmazlığında ve ayakkabı tabanlarında kullanılmıştır.



Şekil 2.4 Amfora testi ve ayakkabı tabanı görseli [2]

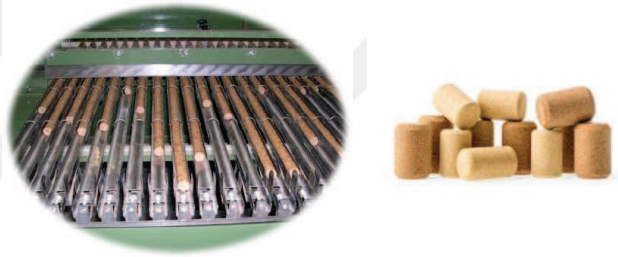
19. yüzyılın sonunda bir Amerikan can yeleşği üreticisi yanlışlıkla, yalıtım mantarı veya insulation cork board (ICB) olarak da adlandırılan kendi kendine aglomere olmuş mantar üretmenin mümkün olduğunu keşfetmiştir. Birleşik Krallık'ta da, Frederick Walton tesadüfen zemin kaplamak amacıyla muşamba icat etmiştir. Bu muşamba, oksitlenmiş keten tohumu yağınının çok ince öğütülmüş mantar atıklarıyla karıştırılıp, basınç altında şekillendirilmesiyle üretilmiştir. Bu arada İngiltere'de zemin kaplamaları için "kamptulicon" adında başka bir malzeme örtü, öğütülmüş kauçuk ve mantar zamkı karışımının, preslenmesi ile üretilmiştir. Bu fikir Charles McManus'a aittir. McManus 1909'da mantar granüllerini birbirine bağlamak için doğal yapıştırıcıları kullanmıştır [2].

Doğal mantar tıpaları, tek bir mantar şeridini delmek / kesmek suretiyle imal edilmektedir. Silindirik veya konik şekilli olmakla beraber çeşitli ebatlarda üretilmektedir. Şekil 2.5'te gösterilen doğal mantar tıpaları elde etmek için mantar işleme gelişiminin erken aşamalarından bu yana, büyük miktarda atık malzeme üretildiği ve bunların değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu kaydedilmiştir. Mantar içeren kompozit malzemeler bu ihtiyacı karşılamamanın bir yolu olarak görülmüştür [2].



Şekil 2. 5 Doğal mantar tıplar ve üretimi [2]

Aglomere mantar tıpları, doğal mantar tıplarının kesme aşamasından kalan mantar atıklarının ya da tıpa sınıflandırma aşamasında reddedilen malzemelerin kullanılması ile Şekil 2.6’da görüldüğü gibi tek tek kalıplar halinde üretilmektedir. İlk aglomere mantar tıplar 20. yüzyılın başında farklı birkaç yapıştırıcı türü (dekstrin, kazein, jelatin, üre-formaldehit) kullanılarak geliştirilmiştir ve 1968’de poliüretan kullanılmıştır [2,12].



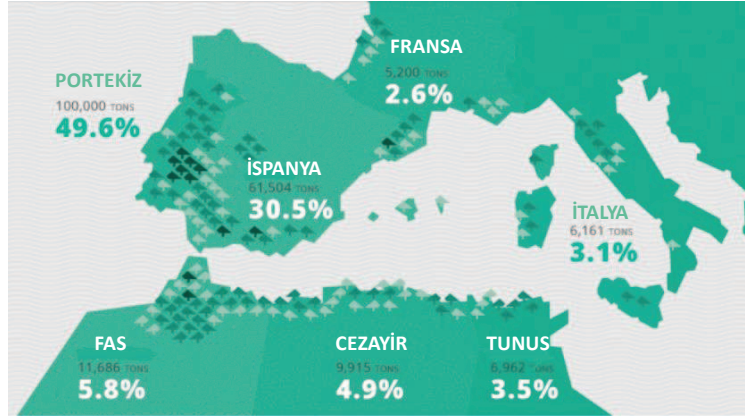
Şekil 2. 6 Aglomere mantar tıplar ve üretimi [2]

2.3 Mantarın Dünyadaki Üreticileri

Avrupa Birliği ve özellikle güney Akdeniz ülkeleri, Dünya’nın en büyük mantar üreticileridir (Şekil 2.7). Toplam mantar ağacı alanının yaklaşık %60’ına sahip olan Portekiz, dünyadaki mantar üretiminin yaklaşık %80’ini gerçekleştirmektedir. Mantar ormanları, Avrupa’nın güney yarı kurak bölgelerine son derece iyi adapte olmuş, çölleşmeyi önleyici yönü ile birlikte birçok hayvan ve bitki türü için mükemmel bir habitat oluşturmaktadır [13].

Mantar meşe ormanları, Batı Akdeniz havzasında tahmini 2,2 milyon hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Mantar kaynaklarının yaklaşık %90’ı Portekiz, İspanya, Fas ve Cezayir’de bulunmaktadır. Tüm mantar meşe ormanlarından, her yıl yaklaşık

200.000 ton mantar hasat edilmektedir. Mantar sektörü, bu ülkelerde ekonomik, sosyal ve çevresel düzeyde önemli bir rol oynamaktadır [13].



Şekil 2.7 Ülkelere göre yıllık mantar üretimi [13]

Dünyanın en büyük mantar meşesi ormanına sahip olan Portekiz’de, yaklaşık 700 şirket doğrudan bu ekonomiye bağlı bulunmaktadır. Bu sebeple 8300 doğrudan iş kolu ve binlerce dolaylı iş kolu (turizm, yemek vb.) sahası oluşmaktadır [13].

Mantar esaslı ürünler (tıpalardan üretilenin %72’si), Portekiz’in toplam ihracatının %2’sini temsil etmektedir.

2.4 Mantar Esaslı Ürünlerin Sınıflandırılması

Mantar türleri ve/veya mantar esaslı hammaddeler, ara ürünler, nihai ürünler (Şekil 2.8, 2.9) endüstride aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [14].

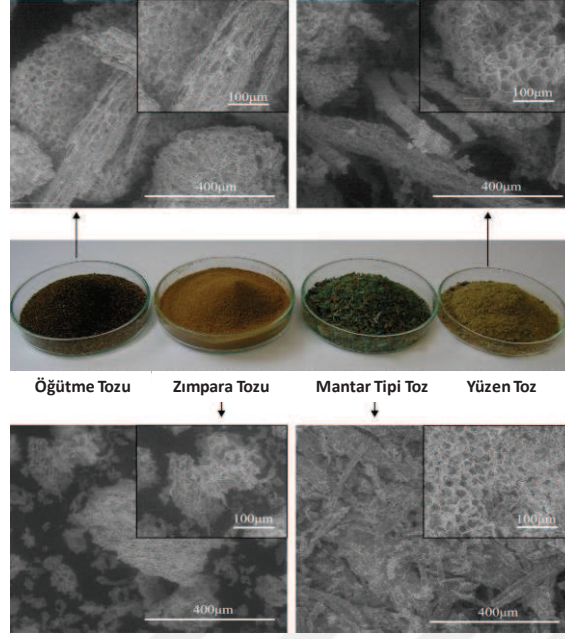
- Doğal mantarlar, mantar meşesinden elde edilen doğal mantar levhalardan tek bir mantar şeridini kesmek suretiyle elde edilen mantarlardır.
- Mantar aglomeratları, doğal mantar tıplarının kesme aşamasından kalan mantar atıklarıdır.
- Mantar granülleri, çeşitli tane boyutlarına indirgenebilen doğal mantarlardan elde edilen mantar parçacıklarıdır.
- Kompozisyon mantarı, mantar parçacıklarının farklı bağlayıcılarla (poliüretan, melamin, kauçuk vb.) bağlanması sonucu elde edilen mantar peletleri, yer döşemeleri, derzler gibi ürünlerden oluşmaktadır.



Şekil 2. 8 Mantar türleri [2]

Mantar tozları Şekil 2.9’da gösterildiği gibi, temelde öğütme tozu, zımpara tozu, mantar tipi toz ve yüzen toz olarak sınıflandırılmaktadır [15].

- Öğütme tozu, esas olarak kabuktan elde edilmektedir. Bu alt ürün yüksek yoğunluk ve koyu kahverengi rengi ile karakterize edilmektedir.
- Zımpara tozu ve dış toz, iyi kalitede ve düşük yoğunluklu mantar partiküllerinden oluşmaktadır. Aglomere yapıştırıcı ve dekoratif işlemlerden gelen yapıştırıcılardan kaynaklı düşük oranda kirlenmeler ve zımparadan bulaşan az miktarda silika içerebilmektedir.
- Mantar tipi toz da yüksek yoğunluklu fiber levhanın işlenmesi sırasında oluşmaktadır. Piyasada yüksek yoğunluklu fiber levha (YYFL) olarak bilinen ürünler malzemenin bir sentetik reçine ile ısı etkisi altında preslenmesi yoluyla üretilen yüksek yoğunluğa sahip levhalardır. Yoğunluğu aşağıda açıklanacak olan yüzen tozun değerine oldukça yakındır.
- Yüzen toz, mantar ve YYFL partiküllerinden meydana gelmektedir. Ayrıca yapısında küçük miktarlarda polivinil klorür (PVC) partikülleri de bulunmaktadır. Bazı vernikler, boya pigmentleri, reçine ve sinter bağ motifleri mevcut olabilir.



Şekil 2. 9 Mantar tozları [15]

2.5 Mantar Meşesi Türleri ve Özellikleri

Carl Linnaeus, cins ve türlerin sınıflandırılmasını sağlayan ikili taksonomi (sınıflandırma) tür tanımlama sistemini yaratarak meşe mantarının botanik isimlendirmesini belirlemiştir - *Quercus Suber L.*



Şekil 2. 10 Mantar meşesi [16]

Mantar meşesi Fagales ve Fagaceae ailesine aittir. 1753 yılında Linneo tarafından tanımlanmıştır. Mantar meşesi polimorfiktir ve ağaç formu, çiçeklenme dönemi, yaprakların şekli ve boyutu, çiçekleri ve meyveleri gibi özelliklerde farklılık gösteren farklı botanik formlar içermektedir. Şekil 2.10'da mantar meşesinin örnekleri bulunmaktadır. Gruplandırılmış 40'tan fazla çeşit içerdiği düşünülmektedir [17].

Mantar meşesi, küçük bir kısmı Avrupa ve Asya bölgesinde bulunan ve en yakın akrabaları Doğu Akdeniz Havzası'nın meşe ağacı türlerine aittir.

Mantar meşesi Akdeniz havzasının batı kesiminde yaklaşık 2 milyon hektara kadar genişleyen coğrafi dağılıma sahiptir. Ağaçlar, bölgenin yağışsız sıcak yazları, düşük

verimli ve sıg toprakları gibi zorlu ve çeşitli iklim koşulları ile yıllık yağış, sıcaklıklar ve toprak pH'larına iyi bir şekilde adapte olmuştur. Mantar meşe sağ kalmasına ilişkin ana kısıtlamalar kireçli topraklar (alkalin pH), su emme ve uzun don zamanlarıdır.

Mantar meşesi orta boy geniş yapraklı bir ağaç olup, yavaş büyüme ve uzun ömürlü olmaktadır (yaklaşık 200 yıl veya daha fazla). Şekil 2.11'de mantar meşesinin büyümesi şematik olarak gösterilmiştir. Genellikle 20 m yüksekliğe kadar büyümektedir ancak iyi koşullarda 25 m ve 1.5 m çapına ulaşabildiği görülmektedir [18-19].



Şekil 2. 11 Mantar meşesinin büyümesinin şematik gösterimi [2]

Dallarını düşük seviyelerde oluşturma eğiliminde gözlenmektedir. Bunu önlemek ve mantar üretimini en üst düzeye çıkarmak için sık sık budanmaktadırlar. Mantar meşesi monoecious rüzgarla tozlaşan bir tür olarak bilinmektedir. Çiçekler yaz boyunca Nisan ayından itibaren ortaya çıkar ve hem yıllık hem de iki yıllık meşe palamutlarını oluşturmaktadır. Türlerin uzun vadeli ekolojik başarılarına katkıda bulunan mantar meşelerinin temel özellikleri şunlardır [20]:

- Kuraklık dönemlerinde yeterli besin kaynağı sağlamak ve suyu derinlemesine alabilmek için gelişmiş kök sistemi,
- Büyüme periyodunun başlangıcından üst kabuk tabasının yenilenmesine kadar fotosentezin sürekli olmasını sağlayan uzun yaprak ömrü,
- Uzun çiçeklenme dönemi ve yıllık ve iki yıllık meşe palamudu üretimi;
- Morfolojik ve fenotipik çeşitlilik;
- Dış kabukta önemli miktarda yangına dayanıklılık sağlayan koruyucu mantar tabakasının bulunması.

Mantar meşesinin birçok çevresel avantajı bulunmaktadır. Bunlar;

- Toprak bozunmasını önlemek,

- Toprakları daha verimli hale getirmek,
- Su döngüsünü düzenlemek,
- Çölleşme ile mücadele etmek,
- Çok uzun süre karbonun tutulması ve depolanmasını sağlamak,
- Yüksek oranda biyoçeşitlilik meydana getirmek,
- İklim değişikliği ile mücadele etmek,
- Ülkede istihdam ve ekonomik değer yaratmaktır.

2.6 Mantarın Özellikleri

Mantarların hacminin %50'sinden fazlası havadır ve bu onu çok hafif kılar. Santimetreküp başına yaklaşık olarak 0.16 gram ağırlığındadır ve Şekil 2.12'de gösterildiği gibi, suya atılınca yüzebilmektedir [21].



Şekil 2.12 Mantarın hafiflik özelliğini gösteren görseller [22]

Bir taraftan sıkıştırıldığında diğer yöndeki boyutları, hacmi hemen hemen hiç artmayan tek katıdır; elastikiyetinin bir sonucu olarak, farklı koşullardan etkilenmeden değişik sıcaklık ve basınç farklılıklarına adapte olabilmektedir. Poission oranı bir malzemenin uygulanan gerilimin bir sonucu olarak birim genişliğindeki değişimin, birim uzunluktaki uzamaya göre değişme oranı olarak tanımlanmaktadır. Mantarda bu değer Şekil 2.13'de gösterildiği gibi diğer malzemelere kıyasla oldukça düşüktür [21].



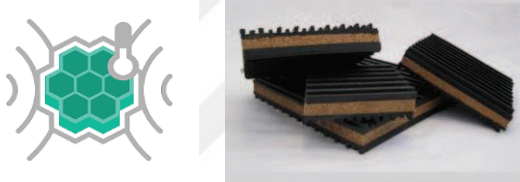
Şekil 2.13 Mantarın düşük poission özelliğini gösteren görseller [23]

Mantarlar Şekil 2.14'te gösterildiği gibi, hücre duvarlarında bulunan süberin ve seroidler sayesinde mantarlar sıvı ve gazlara karşı neredeyse sızdırmazdır. Yüksek nem direnci, bozunmadan yaşlanmasını sağlamaktadır [21].



Şekil 2. 14 Mantarın sızdırmazlık özelliğini gösteren görseller [21]

Mantarlar Şekil 2.15'te gösterildiği gibi ısı, ses ve titreşime karşı düşük iletkenliğe sahiptir. Bunun nedeni, mantar hücrelerinin içinde bulunan gaz bileşenlerinin, birbirlerinden neme dayanıklı bir madde ile izole edilmiş küçük geçirimsiz bölmelere sahip olmasıdır [21].



Şekil 2. 15 Mantarın yalıtım özelliğini gösteren görseller [21]

Mantarlar Şekil 2.16'da gösterildiği gibi, doğal bir alev geciktiricidir. Alevsiz yanar ve yanma sırasında toksik gazlar yaymazlar [21].



Şekil 2. 16 Mantarın alev geciktiricilik özelliğini gösteren görseller [21]

Mantarlar aşınmaya karşı aşırı dirençli ve yüksek sürtünme katsayısına sahiptir. Petek yapısı sayesinde darbe veya sürtünmeye karşı direnci diğer sert yüzeylerden daha fazladır [21].



Şekil 2. 17 Mantarın aşınma ve darbe direnci özelliğini gösteren görseller [21]

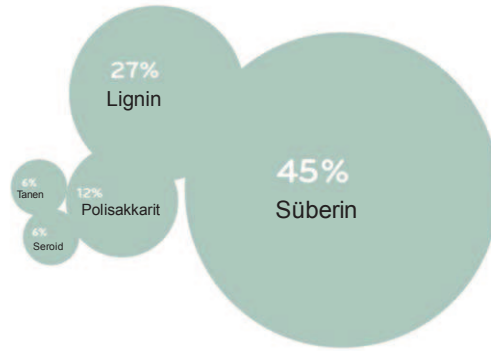
Mantarlar tozu absorbe etmediğinden alerjilere karşı korumaya yardımcı olur ve astım hastaları için risk oluşturmaz [21].

Mantarın doğal dokusu, dokunuşta yumuşaklığı ve esnekliği doğal olarak pürüzlü bir yüzey ile birleştirir. Değişken düzensizlik derecesi, kullanılan mantar türü ve seçilen yüzeye göre değişmektedir [21].

2.7 Mantarın Kimyasal Bileşimi

Mantarın kimyasal bileşimi şu şekildedir [20].

- Süberin (%45) - mantarın elastikiyetinden sorumlu hücre duvarlarının ana bileşeni;
- Lignin (%27) - yalıtıcı bileşik;
- Polisakkaritler (%12) - mantarın dokusunu tanımlamaya yardımcı olan hücre duvarlarının bileşenleri;
- Tanenler (%6) - renkten sorumlu polifenolik bileşikler;
- Seroidler (%5) - mantarın geçirimsizliğini garanti eden hidrofobik bileşikler.



Şekil 2. 18 Mantarın kimyasal bileşimi [24]

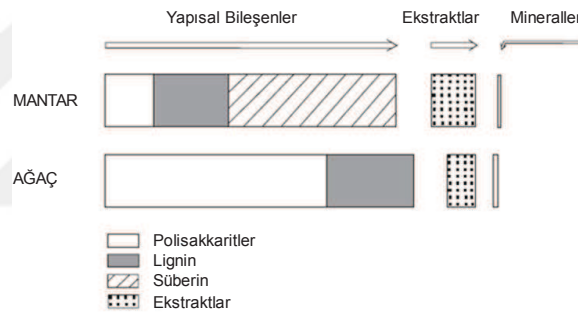
Mantarın bileşimi, bu dokunun ağaçta oynadığı role göre, diğer bitki dokularından, yani ahşaptan farklıdır: mantar, ağaç sapının canlı ve fizyolojik olarak aktif dokuları ile dış çevre arasında koruyucu bir bariyer oluşturmaktadır. Mantarın su kaybını kısıtladığı, gaz transferini kontrol ettiği ve büyük moleküllerin ve mikro organizmaların geçişine izin vermediği düşünülmektedir. Bu işlevler, sıvı değişimine ve biyolojik saldırılara karşı sızdırmazlık maddesi olarak işlev gören bir bileşik

ailesine ait olan ve mantar hücre duvarlarının ana bileşeni olan süberinden kaynaklanmaktadır [20].

Bitki hücre duvarı kimyasal olarak iki tip bileşenden oluşmaktadır [20];

- Hücre duvarını oluşturan ve yapısını tanımlayan, polimerik yapıdaki makromoleküller olan yapısal bileşenler çözünmez olup hücre yapısını ve özelliklerini etkilemeden hücre duvarından çıkarılamamaktadır.
- Yapısal olmayan bileşenler, uygun çözücüler ile çözünebilir düşük moleküllü organik bileşikler, sözde ekstratlar veya inorganik mineraller ile çözülebilen düşük molekül ağırlığındaki organik bileşiklerdir.

Mantarın hücre duvarının yapısal bileşenleri; önem sırasına göre süberin, lignin, selüloz (polisakkarit) ve hemiselülozlar olup önemli miktarda ekstratlar ve çoğunlukla lipid ve fenolik maddelerdir [20].



Şekil 2.19 Mantar bileşimi ve mantar meşesindeki ahşabın şematik gösterimi [20]

2.7.1 Süberin

Süberin, *Quercus Suber L.* peridermi mantar hücrelerinin ana yapısal bileşenidir; buradaki toplam malzemenin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Yaprak epidermisinin bir bileşeni olan, bitkinin yüzeyini kaplayan ve yağsı, mumsu yapıda olan kütin polimeri ile kimyasal ve fonksiyonel olarak yakından ilişkilidir. Süberinin monomerik bileşimi şu anda oldukça iyi bilinmektedir ve bitkiden bitkiye belirli bir ölçüde değişiklik gösterdiği bilinmektedir [20].

Monomerler arasındaki bağların altında yatan temel prensipler de bilinmektedir fakat moleküler ve supramoleküler yapılar hala büyük ölçüde bilinmemektedir ve bununla ilgili farklı hipotezler bulunmaktadır. “Süberin” teriminin kimyasal sınıflandırılması konusunda da bazı tartışmalar bulunmaktadır. Klasik olarak, süberin (kütindeki gibi),

uzun zincirli yağ asitlerine sahip bir polyester olan alifatik madde olarak tanımlanmaktadır. Bu, hala süberini tanımlamak amacıyla kullanılan en yaygın tanımdır [20].

Bununla birlikte, süberinin makromoleküler yapısı bozulurken eşzamanlı olarak hem alifatik hem de aromatik bileşenler elde edildiği için, süberinin yapısında “alifatik” bölgelere ek olarak ayrıca “aromatik” bölgelerin de olduğu bilinmektedir. Bu yüzden bazı araştırmacılar bu bölgelerin yoğunluğuna göre süberini alifatik süberin veya aromatik süberin olarak adlandırmaktadırlar [20].

Mantar hücre duvarının yapısal bir bileşeni olan süberin, duvar bütünlüğünü ve hücre formunu bozmadan uzaklaştırılmamaktadır. Süberinin kısmen çıkarıldığı mantar örnekleri üzerinde Pereira ve Marques'in yaptığı deneylerde hücresel yapının büyük ölçüde tahrip edildiği gözlenmiştir [20].

Süberin, monomerlerin arasındaki ester bağlarının parçalanması ve elde edilen kalıntıların çözünmesinden sonra kısmen uzaklaştırılmaktadır. Alkali hidrolizi (NaOH veya KOH), sodyum metoksit ile metanoliz ile alkali transesterifikasyonu ve LiAlH₄ ile hidrojenoliz gibi reaksiyonlar, sırasıyla yağ asitleri, yağ asitlerinin metil esterleri ve yağ alkolleri formundaki fragmanların serbest kalmasını sağlamaktadır. Daha sonra monomerlerin ayrılması ve tanımlanması için gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi kullanılmaktadır [20].

Süberinin depolimerizasyonu ile elde edilen monomerler, yağ asitleri, yağ alkolleri ve gliseroldür. Uzun zincirli monomerler, uzunlukları 16 ila 26 karbon arasında değişen ve asitler, diasitler ve hidroksi asitleri içeren doğrusal yapılardır. Hidroksi asitlerin bir kısmı, doymamış di-hidroksi veya epoksi grupları tarafından doyurma reaksiyonları ile fonksiyonelleştirilmektedir [20].

Süberinin bileşimi Çizelge 2.1'de yüzde kütle olarak gösterilmiş ve aynı zamanda molar yüzde olarak Graça ve Pereira tarafından hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, lentiküler kanalların ve lignin içeren bileşiklerin uzaklaştırıldığı ve sırayla diklorometan, etanol, su ve metanol kullanılarak yoğun solvent ekstraksiyonuna tabi tutulan özenle hazırlanmış mantar dokusundan elde edilmiştir. Depolimerizasyon, metanolde kuru sodyum metoksit kullanılarak transesterifikasyon ile gerçekleştirilmiş; metanolik ekstraktın analizi ve bileşenlerin analizi için standartlar

kullanılarak trimetilsilleme (TMS) türevlendirmesinden sonra gaz kromatografisiyle (GC-FID) yapılmıştır [20].

Süberin organik çözücülerde çözünmemektedir. In situ yöntemi ile monomerlerin hemen hemen tüm karboksilik grupları (Agullo and Seoane, 1982) ve hidroksiasitlerdeki tüm birincil hidroksiller de esterleştirilmektedir. (Rodriguez-Miguenes and Ribas-Marques, 1972; Agulloand Seoane, 1981). Bunun sonucu olarak, süberindeki monomerleri bir arada tutan ve birleştiren kimyasal bağ, karboksilik ve hidroksil grupları arasındaki ester bağlarıdır. Graça ve Pereira (1997), süberinin makromoleküler gelişiminin temelini, yağ asitleri ile gliserol arasındaki gliseridik bağlar olduğunu göstermiştir. Buhar osmometrisi kullanılarak süberin ekstraktlarının moleküler ağırlıklarının belirlenmesi Mn ortalama değerlerini 528-968 g /mol aralığında vermiştir [20].

Çizelge 2.1 : *Quercus Suber L.* mantarının monomerik bileşimi (Graça ve Pereira, 2000)

Kimyasal Sınıf ve Bileşenler	Formül	% Ağırlık	% Mol
Glycerol	CH ₂ OHCHOHCH ₂ OH	14.2	40.8
1-Alkanols	CH ₂ (CH ₂) _n CH ₂ OH	1.1	0.8
Alkanoic acids	CH ₂ (CH ₂) _n COOH	1.1	0.7
Saturated diacids	COOH(CH ₂) _n COOH	8.7	
Hexadecanedioic acid	COOH(CH ₂) ₁₄ COOH	2.0	1.8
Octadecanedioic acid	COOH(CH ₂) ₁₆ COOH	0.5	0.4
Eicosanedioic acid	COOH(CH ₂) ₁₈ COOH	1.0	0.8
Docosanedioic acid	COOH(CH ₂) ₂₀ COOH	4.5	3.2
Tetracosanedioic acid	COOH(CH ₂) ₂₂ COOH	0.7	0.5
Substituted diacids		36.8	
8-Octadecenedioic acid	COOH(CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	6.2	5.3
9-Epoixioctadecanedioic acid	COOH(CH ₂) ₇ CHOCH(CH ₂) ₇ COOH	22.9	18.5
9,10-Dihydroxyoctadecanedioic acid	COOH(CH ₂) ₇ CHOHCHOH(CH ₂) ₇ COOH	7.7	5.9
Saturated ω-hydroxyacids	COOH(CH ₂) _n COOH	11.4	
16-Hydroxyhexadecanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₁₄ COOH	0.4	0.4
18-Hydroxyoctadecanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₁₆ COOH	0.1	0.1
20-Hydroxyeicodcanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₁₈ COOH	0.5	0.4
22-Hydroxydocosanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₂₀ COOH	7.9	5.9
24-Hydroxytetracosanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₂₂ COOH	2.4	1.7
26-Hydroxyhexacosanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₂₄ COOH	0.1	0.1
Substituted ω-hydroxyacids	COOH(CH ₂) _n COOH	14.9	
18-Hydroxy-9-octadecenoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	5.4	4.7
9-Epoxi-18-hydroxyoctadecanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₇ CHOCH(CH ₂) ₇ COOH	7.3	6.0
9,10,18-Trihydroxyoctadecanoic acid	CH ₂ OH(CH ₂) ₇ CHOHCHOH(CH ₂) ₇ COOH	2.2	1.7
Ferulic acid		0.5	0.6
Others and unidentified		12.0	
Total		100.0	100.0

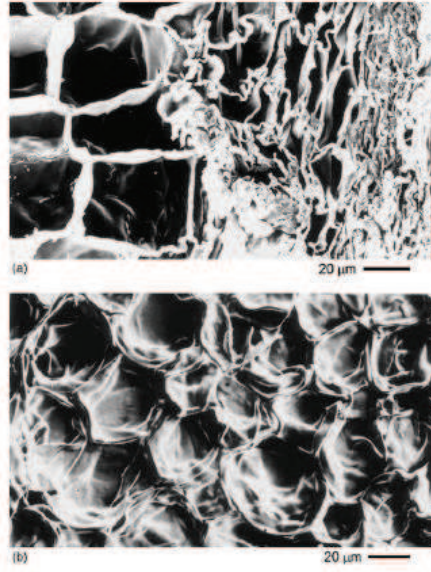
Süberinin moleküler yapısı birkaç varsayımın konusu olmuştur. Bir hipotetik model, sulatinin alifatik olmayan-aromatik bir varlık olarak kabul edildiği Kolattukudy (1977) tarafından önerilmiş ve polisakkaritler ve ekstraktlar hariç tüm süberize hücre duvarı materyalini birleştirmiştir. Model, yağ asitlerinin ve hidroksi asitlerin

esterleşmesi üzerine hipotezde bulunmuş ve bunların ferulik asit ve aromatlara ve ayrıca polisakkaritlere ester bağlanmasını içermiştir. Gliserol dahil edilmemiştir. Bu model yaygın olarak süberin üzerine yapılan yalın çalışmalardan alıntılanmıştır. [20]

Toplam yedi gliserol monomeri, mantarda bulunanlara benzer oranlarda 15 farklı yağ asidine esterlenmiş ve iki ferulik asit grubu dahil edilmiştir. Bu model yapısının üç boyutlu temsili, monomerlerin gerçek kimyasal özelliklerinin makromoleküler gelişimdeki alaka düzeyini göstermektedir. Genel bir şerit konfigürasyonunun muhtemel görünmesine rağmen, mevcut bilgi moleküler yapısını daha fazla tanımlamak için yetersizdir [20].

2.7.2 Lignin

Lignin, aromatik yapılı çapraz bağlı bir polimerdir. Toplam yapının yaklaşık %20–25'ine ulaştığı mantar hücrelerinin en önemli ikinci yapısal bileşenidir. Kimyasal yapısının bir sonucu olarak, lignin, ahşabın sıkıştırılmaya karşı direnci için hücre duvarının sertleşmesinden sorumlu ve üç boyutlu ağ olarak dağıtılan güçlü kovalent bağlara sahip rijit ve sert bir polimerdir. Çoğunlukla hidrofobiktir ve su emilimi düşüktür. Lignin ayrıca mantarın hücre duvarlarına mekanik destek ve sağlamlık kazandırmaktadır. Eğer lignin mantardan seçici olarak çıkarılırsa, hücreler tamamen çökmektedir. Şekil 2.20'de hücrelerin lignin bulunmadan nasıl düzleştiğinin görülebildiği dış kısmın delignize edildiği bir numuneden alınan görüntüleri göstermektedir. [20]Lignin, C3 ve C5: p-kumaril alkol, koniferil alkol ve sinapil alkolde metoksil süstitüsyon derecesinde farklı olan üç fenilpropan monomerinin (C9 birimleri), p-hidroksi-sinnamil alkollerin polimerizasyonu ile oluşturulan bir makromoleküldür. Bu alkollerin aromatik halkaları, farklı kimyasal lignin tiplerinin tanımlanmasına dayanan sırasıyla p-hidroksifenil (H), guaiasil (G) ve şırınga (S) olarak adlandırılır. Makromolekülün yapımına katılan monomerlerin oranı, tür ve hücrelerin tipine ve ayrıca hücre duvarındaki yerine bağlıdır. Örneğin, sert ağaçlarda esas olarak koniferil ve sinapil alkollerden (guaiasil-şırınga lignin, GS-lignin) ve koniferil alkolün yumuşak ağaçlarından (guaiasil lignin, G-lignin) oluşan bir lignin bulunmaktadır [20].



Şekil 2. 20 : Dış kısmı odunlaşmış küçük mantar küplerinin SEM mikografları (a) Çökmüş hücrelere sahip dış kısmı odunlaşmış bölümler ile iç hüresel yapısı etkilenmemiş bölümlerin karşılaştırılabildiği radyal kesit (b) Numunenin dış yüzeyinin teğet kesiti. [20]

Lignin molekülü, fenilpropanoid birimlerinin çeşitli kovalent bağlarla (C–O and C–C) bağlandığı ve farklı fonksiyonel gruplara (aromatik ve alifatik hidroksiller, benzil alkol, eter grupları, karbonil ve metoksil grupları) sahip olan dallanmış ve kompleks bir yapıdır. Metoksil grupları, başlangıçtaki yapı birimlerinden türetildikleri için ligninlerin karakteristik bir özelliğidir. Makromolekülün boyutu bir tartışma konusu olmakla birlikte büyük ölçüde izolasyon yöntemine bağlı olduğu düşünülmektedir. Ligninler, sadece 20 birimden 400 birime kadar olan moleküllere karşılık gelmekte ve ortalama molekül ağırlıkları (Mw) birkaç bin ila 80 000'den fazla olan polidispers polimerlerdir [20].

2.7.3 Lignin Olmayan Aromatikler

Bazı yazarlar, süberin ile ilişkili olarak aromatik bir bölgenin varlığına atıfta bulunmuşlardır ancak bunun feruloil tiraminde var olan kovalent olarak bağlanmış sinamik asitlerin lignin olmayan bir matrisi olduğu kanaatinde [20].

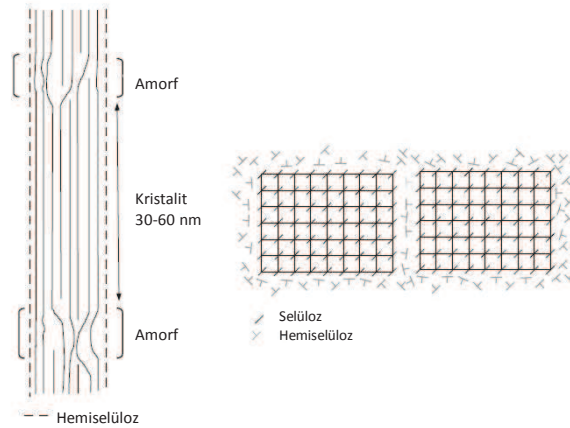
2.7.4 Polisakkaritler

Bitki hücre duvarlarının yapısal polisakkaritleri, selüloz ve hemiselülozlardır. Mantarda, toplam polisakkaritler yaklaşık %20'yi temsil etmekte ve bu da selüloz ve

hemiselülozların hücre çeperinin yapısal bileşenlerinin %70-80'ine karşılık gelen ahşaptan çok daha az olduğunu göstermektedir [20].

2.7.5 Selüloz

Selüloz, ahşabın hücre duvarı malzemesinin yaklaşık yarısını temsil ettiği ana bileşendir. Bu nedenle önemli bir bileşendir ve kimyasal özellikleri ve supramoleküler yapısı odun özelliklerinin çoğundan sorumludur. Selüloz, birkaç bin anhidro glikoz birimi içeren uzun bir zincirde glikosidik bağlarla birbirine bağlanmış glikoz moleküllerinden oluşan doğrusal bir polimerdir. Selüloz zincirleri, birbirine paralel olarak hizalanır ve bitişik monomerik birimler arasında intramoleküler H-bağları ve bitişik zincirler arasında moleküller arası H-bağlarını içeren yoğun bir şekilde paketlenmiş bir yapı oluşturur. Selülozun supramoleküler yapısı, mikrofibril adlı lifli bir çubuk yapı oluşturan, yoğun şekilde paketlenmiş moleküller ile oldukça düzenli bir düzenleme ile karakterize edilir. Selüloz moleküllerinin bu düzenli sıralanması, kristalin selüloz olarak adlandırılırken, daha az düzenli selülozik bölgeler, amorf selüloz ve hemiselülozlardır [20].

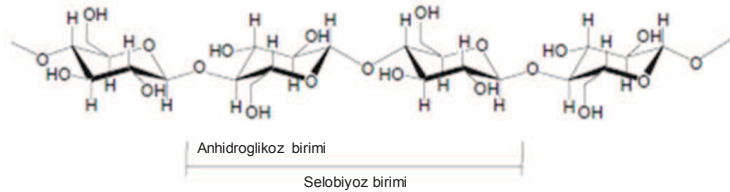


Şekil 2. 21 Selüloz mikrofibriller ve amorf ve kristalin bölgelerin şematik gösterimi [20]

Mantar hücrelerinde, selüloz birincil duvarda ve üçüncül duvarda bulunur. Hücre duvarındaki varlığı, Zetsche ve Rosenthal'in çalışmaları ile 1927'den beri bilinmektedir. Bununla birlikte, mantar selülozu hakkında çok az şey bilinmekte ve polimerizasyon derecesi, kristalinite ve zincir oryantasyonu ile ilgili detaylar

bilinmemektedir. Mantarın selüloz içeriği, hidrolizatların nötr şeker bileşimine dayanarak yaklaşık %10 olarak tahmin edilmiştir. (Pereira, 1988)

Mantar hücresi duvarındaki az miktarda selüloz, ahşapta meydana gelenin aksine, mantar özelliklerinde belirleyici bir rol oynamamaktadır. Mantarda bu durum süberin tarafından sağlanmaktadır [20].



Şekil 2. 22 Bir selüloz zincirinin yapısı [20]

2.8 Mantarın Uygulama Alanları

Düşük ısı iletkenliği uygun bir basınç dayanımıyla birleştirildiğinde, mantar ısı yalıtımı için mükemmel bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Kayma önleyici sürtünme özellikleri de yer döşemeleri, sap, kulp ve tutamaçlar için oldukça uygun görülmektedir [25-26].

Günümüzde mantar ürünleri buzdolabı ve roketlerde ısı yalıtımı için, denizaltılarda ses yalıtımı, nefesli çalgılar ve yanmalı motorlarda, contalar, döşemeler, ayakkabı, ambalajlama malzemeleri ve tabii ki tıpa olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [27].

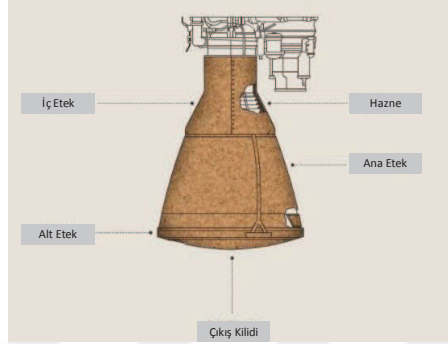
Doğal mantar tıpası üretimlerinde mantar levhanın %25'i kullanıldığı için geriye kalan malzemelerin değerlendirilmesi amacıyla yeni uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Mantar kompozitleri mevcut mantar türlerinin bir parçasıdır ve mantar teknolojisi gelişimi için en umut verici alanlardan birisidir [1].

2.8.1 Havacılık Endüstrisi

TKS markası altında (Termal Koruma Sistemleri) pazarlanan havacılık endüstrisi için yalıtım malzemeleri, insanlı olsun olmasın, tüm uzay araçlarının piyasaya sürülmesi ve işletilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bir roket veya uzay aracı uzaya fırlatıldığında, yanma riski oluşturabilecek yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Aynı durum, uzay aracının Dünya'ya dönüşünde atmosfere girer girmez de gerçekleşmektedir. TKS malzemeleri, onlarca yıl süren uzay yolculuğuna dayanan

benzersiz bir mantar bileşiminin bir sonucu olarak, kalkanların termal korunmasında öncülük etmiştir [28].

Mantarlar, uzay aracının güvenliği için genellikle burun konisi ve uzay aracına bağlı itici roketler gibi kritik bileşenlere uygulanmaktadır. Herhangi bir hata ekipman ve ekip için ölümcül olabilmekte, bu nedenle termal koruma sistemleri (TKS) ürünlerinin verimliliği için maksimum standart gerekmektedir [29].



Şekil 2.23 KRG motorlarının şematik gösterimi [29]

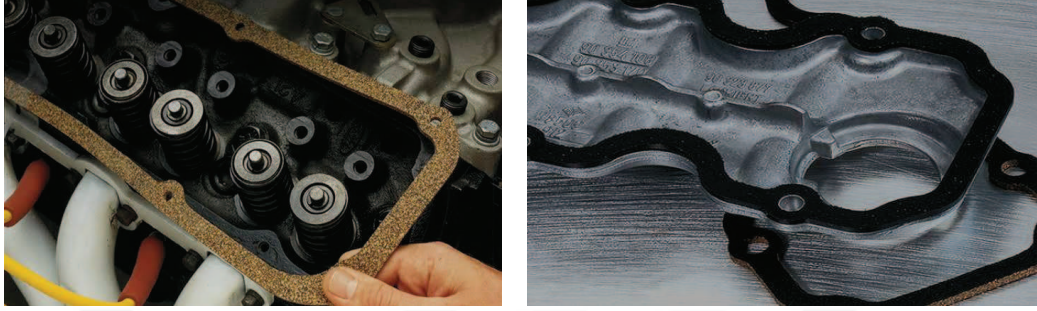
NASA'nın bu konudaki en büyük iş ortağı olan Amorim firması, KRG (katı roket güçlendiriciler) motorlarının etek kısmı, burun konisi, kesik koni, ön ve arka etek, dış tank halka kapakları, montaj ve tünel kapakları ve boşluk emniyet sistemi geçit kapakları için bir çok uygulama alanında çeşitli ürünler sunmaktadır [29].

KRG'lerin yanı sıra, yük taşıma işlemleri, uzay sondaları giriş ısı kalkanları, debriser için darbe koruması ve sıcak yapıların iç ısı yalıtımı için çözümler geliştirmektedir [29].

Mantar kompozitler sandviç bileşenler için alternatif bir malzeme olarak düşünülebilmektedir çünkü mantar, yüksek darbe toleransı, iyi termal ve akustik yalıtım kapasiteleri ve titreşimler için mükemmel sönümlenme özellikleri gibi bazı dikkate değer özelliklere sahip doğal bir malzemedir. Sandviç kompozitlerin en çok tercih edildiği alanların başında uzay endüstrisi gelmektedir. Sandviç bileşenlerinde kullanılan malzemelerin en yaygın örnekleri, farklı tiplerde düşük yoğunluklu polimerik köpükler, bal petekleri ve balsa odunlarının bir araya getirildiği polimer bazlı lif takviyeli kompozitlerdir [30].

2.8.2 Otomotiv Endüstrisi

Mantarların yukarıda belirtilen özellikleri, otomotivde sızdırmazlık uygulamalarında kullanılmasını sağlamaktadır. Piyasada mantar ve seçilen bazı kauçukların benzersiz karışımları ile yumuşak sızdırmaz contalar için, etkili bir sızdırmazlık bariyeri sağlayan ve daha yüksek sıkıştırma oranlarına sahip malzemeler üretilmektedir [31].



Şekil 2.24 Otomotiv endüstrisinde kullanılan sızdırmaz contalar [88]

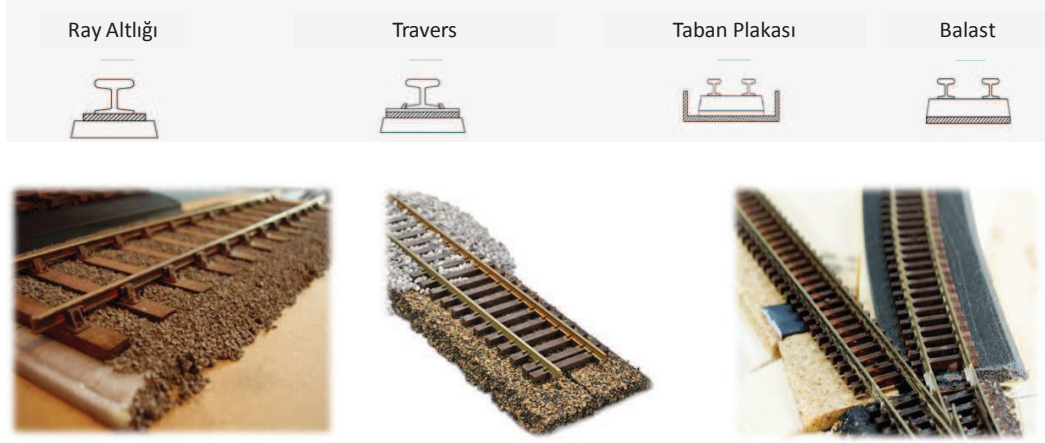
Otomotive sektöründe, Mercedes F700 prototipinin içinde, deri kadar ince bir mantar uygulaması kullanılmaktadır. Yine otobüslerin iç döşemelerinde kullanıldığı bilinmektedir [32].



Şekil 2.25 Mercedes F700 prototipi [32]

2.8.3 Raylı Sistemler

Mantar mühendislik bileşikleri, ray altlığı, taban plakası, traversler (demiryolunda rayları birleştiren ahşap ara bağlantılar) ve balast olarak kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Çok çeşitli kalınlıklarda temin edilebilen bu malzemeler, farklı derecelerde darbe sönümlemesi sağlayan hafif ve ağır raylı uygulamalar, döşeme ve balast pistleri ile çıkışlar, kavşaklar ve geçitler gibi özel pist çalışmalarında kullanılmaktadır [33].



Şekil 2.26 Raylı sistemler uygulamaları [33]

Ayrıca raylı sistem uygulamalarında [33];

- Elektrik yalıtımında,
- Kilitleme bileşenleri arasında aşınmanın önlenmesinde,
- Ray taban plakası ile travers arasındaki korozyonun azaltılmasında,
- Titreşim iletimini ve buna bağlı olarak ortaya çıkan gürültüyü azaltmak için kullanılmaktadır.

2.8.4 Spor Uygulamaları

Mantarlar spor alanında hokey topları, golf topları, beyzbol topları, raketler, masa tenisi raketleri, dart tahtaları, olimpik kayak ve sörf tahtalarının performansını en üst düzeye çıkarmaktadır. Araştırmalar sonucu bu alanda mantar kumaşı, mantar kağıdı ve mantar teli gibi her gün yeni ve şaşırtıcı kullanım alanı ortaya çıkmaktadır [34].



Şekil 2.27 Spor alanındaki bazı uygulama örnekleri [35]

Bunlara ek olarak spor yapılan yerlerin yüzeyleri, benzersiz bir esneklik seviyesi, kullanıma karşı direnç ve darbe emilimini sağlamak için farklı elastomer

bileşenlerinin kombinasyonu ile üretilmektedir. Bu yüzeylerden beklenen özellikler aşağıda verilmiştir [35].

- Kayma önleyici olması,
- Kolay bakım yapılabilmesi,
- Yüksek çizilme dayanımına sahip olması
- Uzun kullanım ömrü,
- Yüksek kararlılık,
- Darbe sönümleyici özellikleridir.

2.8.5 Mobilya Uygulamaları

Mantar, mobilya uygulamaları için doğanın bir sanatı, tasarım ve fonksiyonun zerafeti olarak algılanmaktadır. Mantarın farklı ürünlerdeki kombinasyonu mobilya endüstrisinde yaratıcılığı ortaya çıkarmış ve bu da sürdürülebilir bir görsel ve performans alanı yaratmıştır [36].

Amorim firması üç boyutlu kalıplama zorluklarına karşı özel bir mantar formülü geliştirmiş ve böylece mobilya endüstrisi için karmaşık şekillerde ürünler elde etmeyi başarmıştır. Piyasada bulunan poliester lifler, biyobazlı malzemeler ve ahşap kaplama malzemeleri ile kaplayarak mantarın farklı kombinasyonlarını kullanmışlardır [36].

Yine mantarın CNC işleme ile farklı uygulamalarını başarılı tasarımlarla ve çok eksenli CNC işlemleri ile yüksek kalitede sunmaktadırlar [36].



Şekil 2.8 Mantarın mobilya endüstrisindeki uygulama örnekleri [36]

2.8.6 Ayakkabı Uygulamaları

Özellikle sağlık için üretilen ayakkabılarda mantar, ortotik ve podiatri uygulamalarında bolca kullanılmaktadır. Ayak hastalıklarını azalttığı ve önlediği,

daha iyi bir yaşam kalitesi ile sonuçlandığı kanıtlanmıştır. Ortopedik tabanlar ve diğer bileşenlerin şeklini basınç ile ayakkabı ve ayak arasındaki ara yüzde düzeltmesi, rahatlatması ve daha iyi dağıtması amaçlanmıştır. Mantar ayrıca özel formları yeniden şekillendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Mantar tabakaları özenle seçilmiş mantar rulolarının ısı ile şekillendirme, basit ve kolay işleme yöntemleri ile şekillendirilmesiyle kullanılmaktadır [37].



Şekil 2.29 Moda ve sağlık sektörü için ayakkabı uygulama örnekleri [37]

Mantarlar ayakkabılarda sağlık uygulamalarının yanı sıra moda endüstrisinin de dikkatini çekmeyi başarmıştır. Mantarlar ayakkabı tasarımında yeniliğe öncülük eden çekici bir görünüme sahip doğal malzemelerdir. Mantar bileşenleri hafif ve rahat bir malzemeye dayanan yenilikler sunmak için birçok ünlü marka tarafından kullanılmaktadır [37].

Yine Amorim firması tarafından moda taleplerine son derece bağlı olarak, mantar giyim eşyalarını dolgu topuklar için geliştirilmiştir. Döşemelik eşyalarda, deri eşyalarda, çanta, kemer, evrak çantası vb. aksesuarlarda da kullanılmaktadır [37].

Bunlara ilave olarak köprülerin, otoyolların, enerji santrallerinin, demir yollarının, barajların ve havaalanlarının yapımında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca kirlilik kontrolünde de kullanılmaktadır. Özellikle yağ, hidrokarbon veya organik çözücü emen sistemlerle birleştirilebilir. Heykel veya anıt gibi tarihi eserlerin renovasyonunda veya binaların cephe çalışmalarında sıkıştırılmış hava ile granül haline getirilerek de kullanılmaktadır [37].

2.9 Mantar ile Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde son yıllarda geliştirilen ve henüz piyasada bulunmayan yeni mantar kompozitleri incelenecektir. Mantar polimer kompozitleri (MPK); mantarın akustik, ısı yalıtımı, enerji emici özellikleri veya estetik uygulamalar için sağlayabileceği avantajlardan yola çıkılarak yeni form ve şekillerde ürünlerin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu doğal malzemenin benzersiz avantajlarını ortaya çıkarmak için

genellikle polimerler ve uygun işleme ve şekillendirme teknolojileri kullanmaktadır. MPK'lar yıllardır doğal malzemeler sektöründe yaygın olarak kullanılan selüloz esaslı malzemelerin yerine kullanılabilme potansiyeline sahiptir.

Mantar-polimer kompozit (MPK) malzemeleri, mantarın akustik, ısı yalıtımı, darbe emme veya estetik uygulamalar için sağlayabileceği faydalardan yola çıkılarak yeni ürünler geliştirmek için termoplastikler ile uygun eriyik bazlı teknolojilerle işlenmektedir. Mantar bu sektörde, ekstrüzyon gibi eriyik bazlı teknolojilerde rahatlıkla kullanılacak bir malzeme ve ahşap yerine kullanılacak en uygun malzemelerden birisi olarak görülmüştür [38].

Emanuel M. Fernandes ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmanın temel amacı mantar alt ürününü yüksek değerli bir kompozit ürüne dönüştürmektir. Ürünün gerçek değeri, mekanik performansına bağlıdır. Bu nedenle mantar içeren termoplastik kompozitlerde karışma ve özellikle de arayüzeyin iyileştirilmesi oldukça önemli bir konudur. Matris ve dolgu malzemesi arasındaki etkileşim (afinite), bileşenlerden birinin yüzeysel modifikasyonu veya birleştirme ajanları kullanılarak büyük ölçüde artırılabilir. Bu çalışmada farklı termoplastik malzemelerle ve farklı mantar tozları kullanılarak, eriyik işleme teknolojileri ile kompozitler üretilmiş ve karakterize edilmiştir.

Bu çalışmada polimer olarak;

- MFI değeri 8,2 g /10 dak (190°C, 2.16 kg) olan polietilen (PE),
- MFI değeri 20.8 g /10 dak (200°C, 2.16 kg) olan polipropilen homopolimeri (PP),
- MFI değeri 2.4 g/10 dak (190°C, 2.16 kg) olan geri dönüştürülmüş poliolefinlerin öğütülmüş formunda bir karışımı,
- Maleik anhidrit bazlı iki farklı bağlama maddesi kullanılmıştır. Bunlar, polipropilen için Po 1020 K1, polietilen için 102-1 K1 MDEX .

Amorim Revestimentos firmasından mantar işleme aşamalarından elde edilen yoğunluk aralığı 157 ila 400 kg/m³ olan doğal mantar tozları temin edilmiştir.

- Öğütme tozu esas olarak dış kabuktan oluşmaktadır. Bu alt ürün, ahşap kabuğuna benzer şekilde görsel açıdan benzeyen yüksek yoğunluklu ve koyu

kahverengi renktedir. Ayrıca bu toz, geri dönüşüm için malzemelerin dahil edilmesinden dolayı zımpara kağıdı, reçineler, vernik ve boya pigmentlerinden kaynaklanan kontaminasyonlar içerebilmektedir.

- Zımparalama tozu / harici toz esas olarak iyi kalitede ve düşük yoğunluklu mantar parçacıklarından oluşmaktadır.
- Corkstyle tozu (mantar tipi toz), daha fazla miktarda YYFL tozu ile, mantarın işlenmesi sırasında oluşan yüksek yoğunluklu fiber levhadan oluşmaktadır. Yoğunluk değeri yüzen toz ile kıyaslandığında çok benzerdir.
- Yüzen toz ise içinde küçük miktarlarda polivinil klorür (PVC) parçacıkları bulundurmaktadır. Bazı vernikler, boya pigmentleri, reçine ve sinter yapıştırma motifleri içerebilmektedir.

İki fazın ara yüzey özelliklerini ve son ürünün performansını geliştirmek amacıyla ağırlıkça %2 oranında maleik anhidrit bazlı çapraz bağlayıcı ajan kullanılmıştır. Maleik anhidrit bazlı bağlayıcılar gerilme direncini başarıyla geliştirirken mantar tozu sertlikte önemli bir rol oynamıştır.

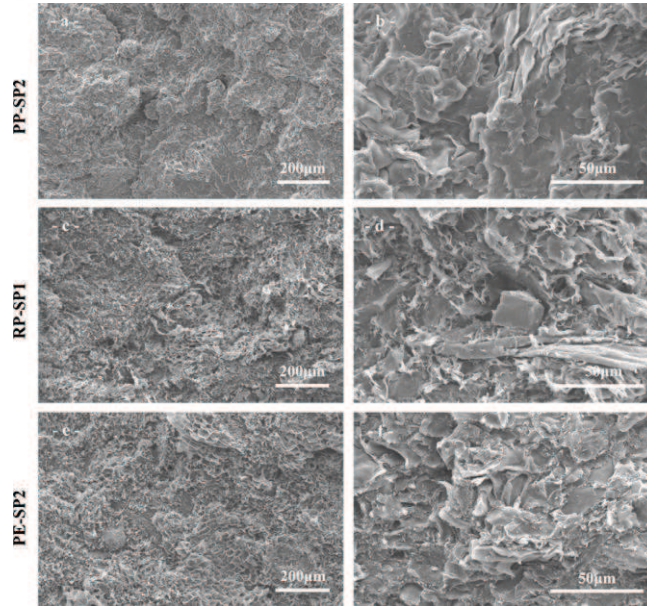
Farklı mantar tozları termoplastiklerle ağırlıkça %50-%50 oranında kuru formda karıştırılmış ve mantar-polimer kompozit peletleri elde etmek için endüstriyel bir pultrüzyon sisteminde karıştırılmıştır. Bu peletler, yüksek ölçüsel kararlılık elde etmek için basınç altında kalıplanmıştır. İki farklı kimyasal birleştirme ajanının düşük bir yüzdeye (ağırlıkça %2) sahip olan maleik anhidrit etkisi analiz edilmiştir.

Ekstrüzyonda karıştırma işleminden önce, bütün hammaddeler mantar tozlarını nem içeriği açısından stabilize etmek için gece boyunca 70°C'de kurutulmuştur. Hazırlanan bileşikler ve proses metodları Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. 2 : Farklı karışım ve kompozit kompozisyonlarının proses koşulları [15]

Kod	Mantar tozu	Polimer	Çapraz Bağlayıcı Ajan (%wt)	Kompozit (%wt)	Pultruzyon Koşulları Sıcaklık (°C)	Pultruzyon Koşulları	
						Motor (A)	Peletlerin Nemi (%)
PP-GP ₁	Grinding	PP	-	50-50	160	150	0.90
PP-GP ₂	Grinding		2	49-49	160	150	1.00
PP-SP ₁	Sanding		-	50-50	170	120	0.20
PP-SP ₂	Sanding		2	49-49	170	120	0.50
PP-EP ₁	External		-	50-50	150	120	0.20
PP-EP ₂	External		2	49-49	150	120	0.20
PP-CSP ₁	Cork style		-	50-50	160	130	0.50
PP-CSP ₂	Cork style		2	49-49	165	130	0.30
PP-FP ₁	Floating		-	50-50	150	120	0.20
PP-FP ₂	Floating		2	49-49	160	120	0.20
RP-SP ₁	Sanding	Recycled HDPE	-	50-50	150	130	0.35
PE-SP ₁	Sanding		-	50-50	150	135	0.20
PE-SP ₂	Sanding		2	49-49	140	120	0.20
PE-EP ₁	External		-	50-50	135	130	1.01
PE-EP ₂	External		2	49-49	135	130	0.35
PE-CSP ₁	Cork style		-	50-50	140	130	0.30
PE-CSP ₂	Cork style		2	49-49	130	125	0.30
PE-FP ₁	Floating		-	50-50	130	130	0.35
PE-FP ₂	Floating		2	49-49	130	125	0.40

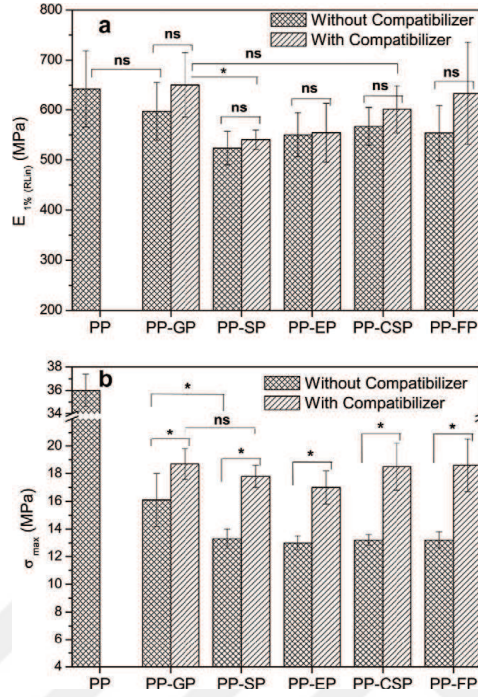
Bundan sonraki adımda, farklı bileşimlerden 3 mm kalınlıkta levhalar üretmek için, bir hidrolik pres kullanarak elde edilen peletlerin basınç altında kalıplanması yapılmıştır. Kalıp sıcaklığı, termoplastik matrise bağlı olarak 150-170°C civarında değişmiş ve basınç 1.42 MPa olarak belirlenmiştir. Bu levhalardan CNC makinesi ile çekme numuneleri imal edilmiştir.



Şekil 2. 30 Mantar polimer kompozitlerinin gerilme-kırılma yüzey morfolojisi [15]

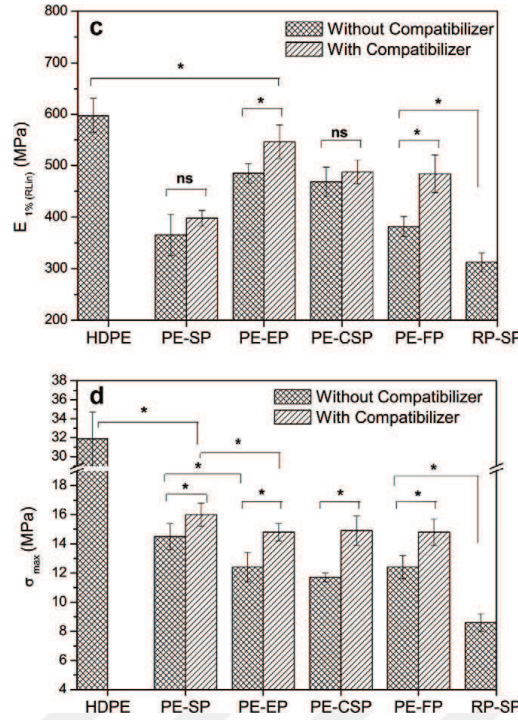
Şekil 2.30'da gösterilen SEM görüntülerine bakıldığında farklı termoplastikler ile mantar tozlarının iyi dağılım gösterdiği görülmektedir. Yüksek büyütme oranlarında

ağırlıkça %2 maleik anhidrit, PP ve zımpara tozunun yüzey kırıklarının morfolojisi incelendiğinde her iki faz arasında yapışmanın çok iyi olduğu gözlenmiştir [15].



Şekil 2. 31 PP matrisli farklı mantar polimer kompozitlerinin gerilme özellikleri [15]

Çekme testinin sonuçlarını gösteren Şekil 2.31 ve Şekil 2.32'e bakıldığında her iki matris arasında PP'nin daha iyi bir mekanik özellik sergilediği görülmektedir. PP matrisli numuneler arasında ise zımpara tozu içeren MPK'in daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Bu durumu iki sebep ile açıklanabilmektedir. Bunlardan ilki saf PP'nin mekanik özelliklerinin saf PE'den daha iyi olması iken ikinci sebep ise zımpara tozunun daha yoğun olması ve mantarın dış kabuğundan elde edilmiş olmasından kaynaklı ahşap özelliklerini taşıyor olmasıdır [15].



Şekil 2.32 PE ve geri dönüştürülmüş polimer matrisli farklı mantar polimer kompozitlerinin gerilme özellikleri [15]

Genel olarak PP kompozitleri, kullanılan mantar tozunun tipine bağlı olarak, ortalama gerilme modülü ve maksimum gerilme değerlerini sırasıyla [523.6-650.5] MPa ve [13.0-18.7] MPa aralıklarında sergilemişlerdir. Bileşimlerin çoğuna ağırlıkça %50 mantar tozu ilave edilmesi, özellikle kompozitler için nihai ürünün elastik modülünü önemli ölçüde etkilememiştir. Bununla birlikte mekanik dayanımda %50'den fazla bir azalma gözlenmiştir. Beklendiği gibi, az miktarda (ağırlıkça %2) birleştirme ajanının eklenmesi, mekanik performansta önemli bir iyileşme ile sonuçlanmıştır [15].

Yapılan bir başka çalışmada ise mantarın sentetik polimerlerle birleştirilmesi, yeni sürdürülebilir malzemeler geliştirmek için etkili bir yaklaşım olarak görülmüştür. Sara P. Magalhães da Silva ve arkadaşları tarafından üç farklı mantar granülü ile takviyelendirilmiş mantar-polipropilen kompozitleri (MPK) çalışılmıştır. MPK'nin işlenebilirliğini değerlendirmek için mantar ağırlık oranını sabit tutup, mantar dağılımı değiştirerek reolojik analizler yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan malzemeler sırasıyla,

- Polimer matris olarak Total Petrokimyasallar'dan temin edilen bir homopolimer PP'dir. MFI değeri 35g/10dak (230°C, 2.16 kg) ve erime noktası 165°C'dir.
- Üç farklı mantar granülü kullanılmış olup mantarlar Portekiz menşeli bir mantar üreticisinden temin edilmiştir. Numuneler Retsch marka bir elekten fraksiyonlanmış ve ortalama partikül ebadı belirlenmiştir.
- Çapraz bağlayıcı olarak ağırlıkça %0.5-1.0 polipropilen graft maleik anhidrid (PPgMA) içeren Exxon Mobil tarafından temin edilen Exxelor™ PO 1020 kullanılmıştır. MFI değeri 430g/10dak (230°C, 2.16 Kg) ve erime noktası 162°C'dir.

Kompond öncesinde mantar parçacıkları, nem içeriğini stabilize etmek için vakumlu fırında 24 saat boyunca 70°C'de kurutulmuştur. Mantar yapısının ve bileşiminin 250°C'ye kadar önemli değişikliklere uğramadığı bilinmektedir. MPK'lar bir Brabender tipi iç karıştırıcıda hazırlanmıştır. İlk olarak, PP peletleri 2 dakika boyunca 180°C'de ve dakikada 40 devirde eritilmiştir. Daha sonra mantar parçacıkları eklenmiş ve sistem 8 dakika daha karıştırılmıştır. Aynı matris / mantar ağırlık oranı (85/15) tüm deneyler boyunca sabit tutulmuştur. Birleştirme ajanının varlığında MPK'nın hazırlanması için, mantar tanecikleri ile birlikte PPgMA eklenmiştir. Mevcut PPgMA miktarı aynı zamanda tüm formülasyonlarda (ağırlıkça %4) sabit tutulmuştur. PP matrisindeki PPgMA'nın bireysel etkisini değerlendirmek için bir PP / PPgMA (PPg) formülasyonu hazırlanmıştır [39].

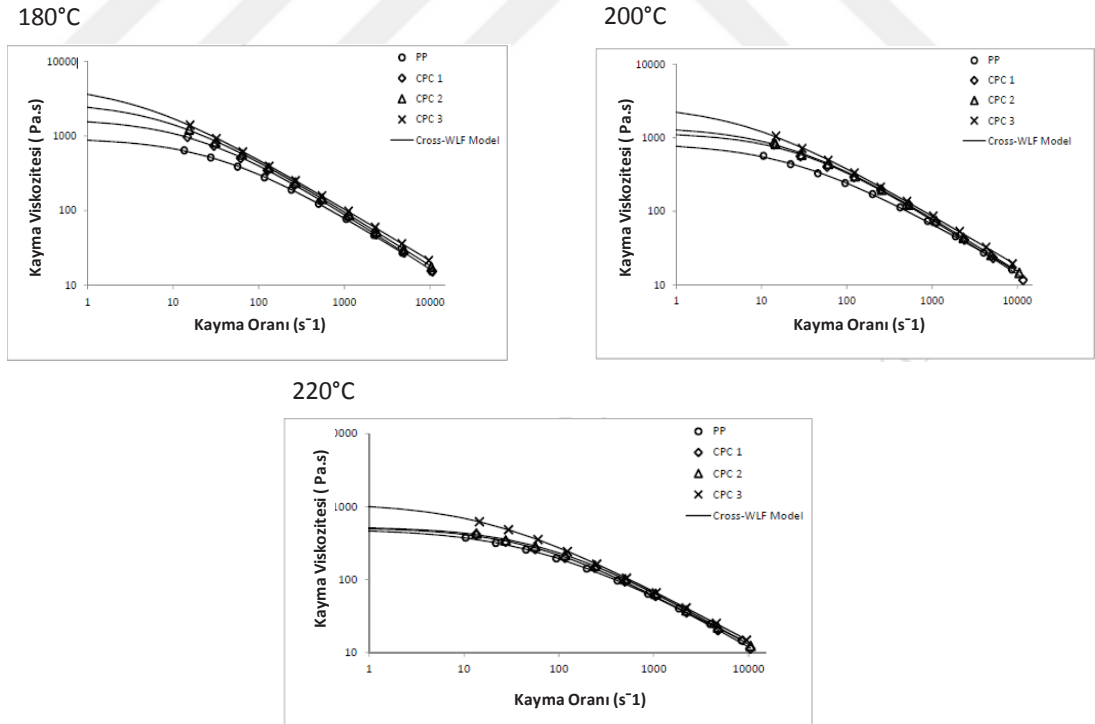
Üç farklı mantar granülünün, sıcaklık ve bir çapraz bağlayıcı madde olan polipropilen graft maleik anhidridin (PPgMA) etkileri analiz edilmiştir. Bütün kompozitler non-Newtonian , psödoplastik davranış sergilemişlerdir. Mantar ilavesi ile PP'nin viskozitesinde artış gözlenmiştir [39].

Elde edilen numunelere ait bilgiler aşağıdaki Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2. 3 : Mantar polimer kompozitlerin hazırlanmasında kullanılan kompozisyonlar [39]

Numune Kodu	Bileşenler									
	PP		Mantar				PPgMA			
	% wt	% vt	596 μm		276 μm		70 μm		% wt	% vt
PPg	100	100							4	5
CPC 1	85	43	15	57					-	-
CPC 2	85	42			15	58			-	-
CPC 3	85	39					15	61	-	-
CPC 4	85	43	15	57					4	2
CPC 5	85	42			15	58			4	2
CPC 6	85	39					15	61	4	2

Mantar mevcudiyeti ve mantar parçacıklarının boyut dağılımının çeşitli sıcaklıklarda MPK'nın viskozitesi üzerindeki etkisi Şekil 2.33'te gösterilmektedir. Mantarın saf PP'ye eklenmesi viskozitenin artmasına neden olduğu görülmektedir. Mantarın eklenmesi, akış direncini artırarak PP'nin akışkanlığını azaltmakta ve sonuç olarak viskozitede bir artış elde edilmektedir [39].

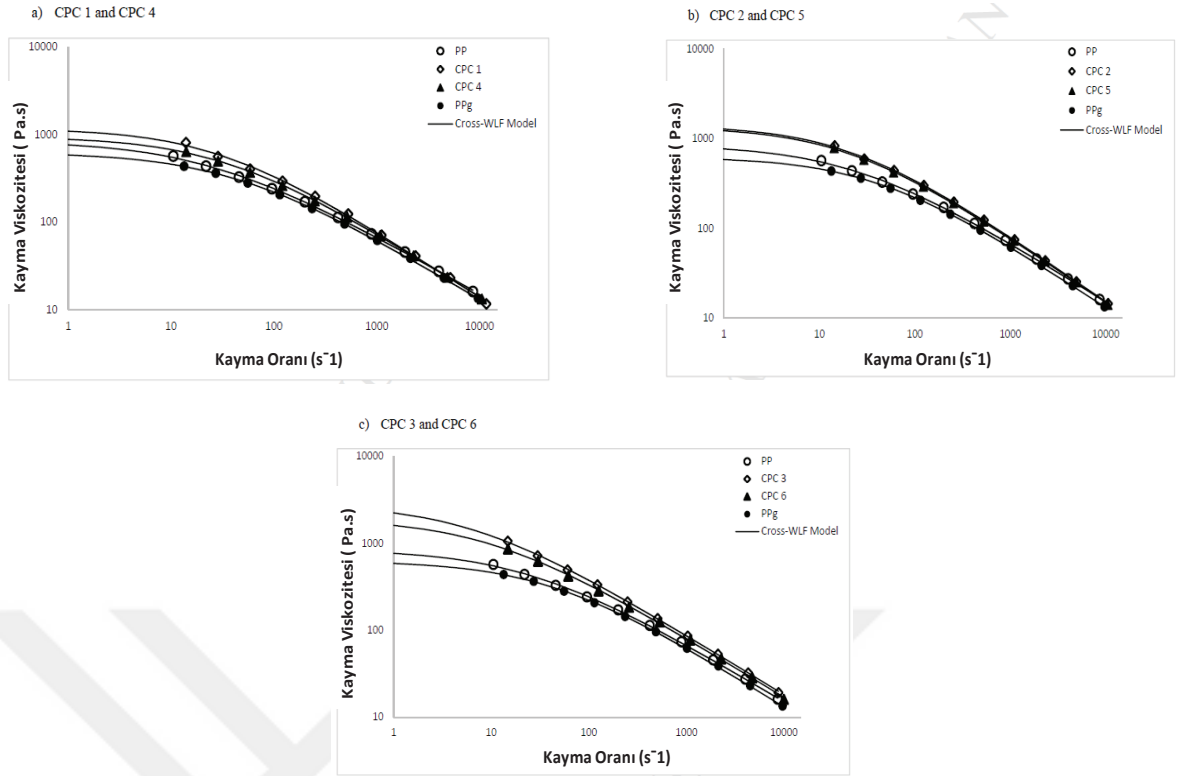


Şekil 2. 33 Mantar polimer kompozitlerinin 180°C, 200°C ve 220°C'deki viskozite eğrileri [39]

Mantar ilavesinin, saf PP'nin karakteristik psödoplastik davranışını değiştirmediğine dikkat etmek önemlidir. Çünkü bu, enjeksiyon kalıplama işlemi için MPK'nın gelişiminde önemli bir faktördür. Parçacıkların reolojik davranış üzerindeki boyut etkisi ile ilgili olarak, daha küçük mantar parçacıklarına (70 μm) sahip kompozitler, büyük boyutlu parçacıklara (596 ve 276 μm) sahip polimerlerden daha yüksek bir viskozite sergilemektedir. Daha geniş spesifik yüzey alanı nedeniyle daha küçük mantar parçacıklarının daha iyi bir ıslanma sergilediği ve bunun da viskozitenin artışına sebep olduğu bilinmektedir [39].

Diğer taraftan PPgMA ilavesi MPK viskozitesinde bir azalmaya neden olmuştur. Deney sonuçları, zaman-sıcaklık süperpozisyonu ilkesi tarafından elde edilen bir viskozite ana eğrisi ile Cross-WLF Modeline yerleştirilmiştir. Bu çalışma, mantarın enjeksiyon kalıplama teknolojisi için sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesinde dikkate alınabileceğini göstermiştir. Polimer matrisleri ve lignoselülozik malzemeler arasında genellikle uyumluluğu arttırmak için çapraz bağlayıcı ajanlar kullanılmıştır. PPgMA, en çok kullanılan bağlayıcı ajanlarından biridir. PPgMA maleik gruplar ve doğal liflerin hidroksil grupları arasındaki etkileşimler, her iki malzeme arasındaki arayüzey yapışması daha iyi bir mekanik performansın göstergesidir. Yapışmanın iyileştirilmesinin bir başka yolu da mantar yüzeyinin silanizasyon, alkali çözeltiler, sıcak su ve plazma işlemleriyle değiştirilmesidir. Eriyik reolojisinin incelenmesi, enjeksiyon kalıplama teknolojisine dayalı kaliteli ürünlerin geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu teknolojide temel amaç, yeterli mukavemet ve sertliğe sahip yüksek kaliteli ürünlerin imalatıdır. Bu nedenle, bu eriyiğin kalıba kolayca akmasını ve artık gerilmelerin olmamasını gerektirir [39].

Üç farklı mantar granülozetresinin MPK'nin reolojik özellikleri ve bir çapraz bağlama ajanının eklenmesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Mantar boyutuna bağlı olmaksızın tüm karışımlarda viskozitenin arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında Şekil 2.34'te görüldüğü gibi daha küçük granül boyutuna sahip mantar parçacıklarının daha fazla viskozite artışına neden olduğu gözlenmiştir [39].



Şekil 2. 34 Mantar polimer kompozitlerinin 180°C, 200°C ve 220°C’deki viskozite eğrileri [39]

Yapılan bir başka çalışma ise farklı biyobozunur alifatik polyesterlerin mantarla (ağırlıkça %30) birleştirilmesinden oluşan biyokompozitlerin hazırlanmasına yöneliktir. Bu çalışmanın amacı poli (L-laktik asit) (PLLA), poli hidroksibutirat-ko-hidroksivalerat (PHBV); poli-ε-kaprolakton (PCL) ve nişasta-poli-ε-kaprolakton (SPCL) gibi yenilenebilir kaynaklardan farklı matrisler ile granül mantarın birleştirilmesiyle hazırlanan birkaç biyokompozit üretmek ve karakterize etmektir.

Bu çalışma için mantar bazlı biyokompozitlerin hazırlanmasında kullanılan polimerler aşağıda listelenmiştir [40],

- %99.6 oranında L-laktit içeriği ve bir molekül ağırlığı (Mw) 69,000 g/mol olan PLLA (Cargill Dow LLC; ABD)
- %12 HV içerikli ve Mw değeri 425,692 g/mol olan PHBV polimeri, PHB (Industrial Serrana, Brezilya)
- Mw değeri 125,000 g/mol olan PCL reçinesi (TONE 787, Union Carbide Chemicals and Plastics Division, New Jersey, ABD)

- Ağırlıkça yaklaşık %63 PCL, ağırlık olarak %27 mısır nişastası ve ağırlıkça %10 doğal plastikleştirici içeren PCL (SPCL) ile bir mısır nişastası karışımı (Novamont, İtalya). Bu karışımda bulunan PCL'nin Mw'si yaklaşık 118,000 g/mol'dür.
- Mantar granülleri ise Amorim Revestimentos S.A tarafından tedarik edilmiş olup ortalama partikül ebadı 0.5-1 mm, spesifik ağırlığı 166 ± 21 kg/m³ ve nem içeriği %7.5 oranındadır [40].

Kompond işleminden önce, tüm hammaddeler sırasıyla 40°C (yani PCL ve SPCL) ila 70°C (yani PLLA; PHBV ve mantar) arasında nem içeriği stabilizasyonu için 24 saat kurutulmuştur. Bu işlemden sonra bütün polimerler, Retsch marka bir ultrasantrifüj değirmeninde 0.5 mm'den daha küçük bir tanecik boyutuna küçültülmüştür [40].

Hammaddeler önceden karıştırılmış ve ayrıca vida çapı 16 mm, uzunluk / çap oranı (L / D) 25 ve tek bir kafa çapı 3 mm olan bir Rondol SCF marka modüler eş eksenli çift vidalı ekstruder içinde kompond haline getirilmişlerdir.

Karışım, besleme hunisine yerleştirilmiş ve SHINI Plastic marka otomatik olarak hacimsel dozajlama ünitesiyle sabit bir oranda beslenmiştir [40].

Enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile 60 mm uzunluğunda, enine kesiti 2 mm olan 4 mm²'lik sabit bir dikdörtgen ve 20 mm uzunluğunda ASTM 638'e göre çekme test çubukları imal edilmiştir. Üretilen örnekler polietilen plastik torbalara yerleştirilmiş ve laboratuvar koşullarında şartlandırılmıştır [40].

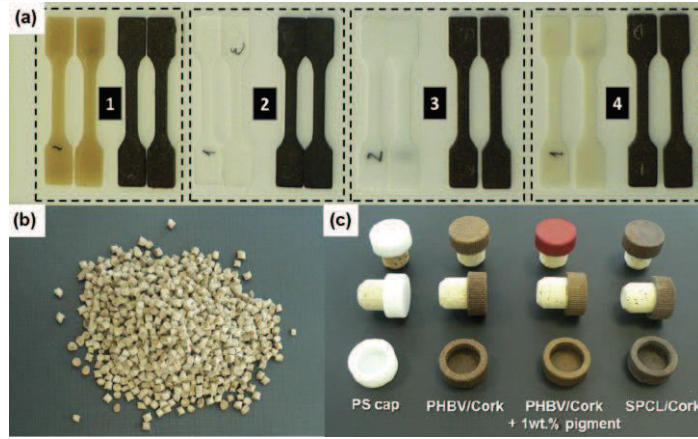
Enjeksiyonla kalıplanmış biyo-bazlı numunelerin yoğunluğu sıvı propanol kullanılan daldırma kabı için sabit bir desteğe sahip bir analitik terazi kullanılarak, standart ASTM D 792'ye göre saptanmıştır [40].

Bu çalışmada kapalı hücreli yapıya sahip lignoselülozik biyokütle, poli (L-laktik asit) (PLLA), polihidroksibütirat-ko-hidroksivalerat (PHBV), poli-ε-kaprolakton (PCL) ve nişasta-poli-ε-kaprolakton (SPCL) karışımı çift vidalı bir ekstruder ile karıştırılmış, bundan sonra enjeksiyonla kalıplama ile çekme test numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler ve bileşimlere ait bilgiler Çizelge 2.4'te verilmiştir [40].

Çizelge 2. 4 : Ağırlıkça %30 mantar içeren biyo-bazlı polimer matrisli kompozitlerin proses koşulları [40]

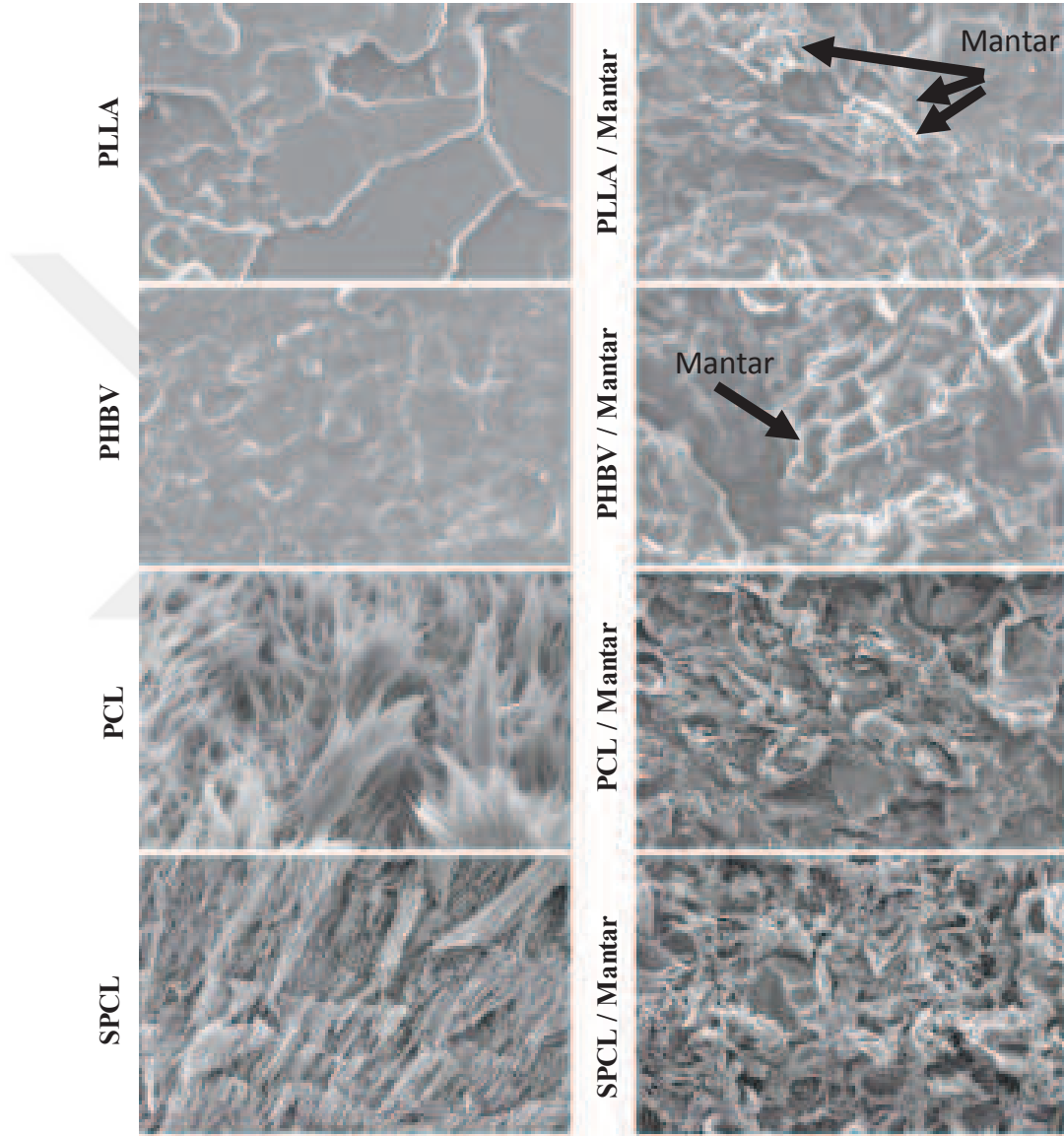
Numune Kodu	MPK Kompozisyonu (%wt)		Ekstrüzyon	Enjeksiyon Kalıplama
	Polimer	Mantar	Sıcaklık Profili (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)
PLLA	100	0	110; 160; 175; 175; 170	170
PLLA/Cork	70	30		175
PHBV	100	0	110; 150; 175; 175; 180	175
PHBV/Cork	70	30		180
PCL	100	0	40; 60; 70; 75; 80	90
PCL/Cork	70	30		
SPCL	100	0	30; 60; 70; 75; 80	90
SPCL/Cork	70	30		

Bu çalışma mantar ilavesinin PLLA ve PHBV matrislerini kullanarak hafif malzemeler üretmeye katkıda bulunduğunu ve PCL'nin sertliğinde ve kristalinitesinde artış sağladığını göstermektedir. Elde edilen bulgular mantar-polimer biyokompozitlerinin otomotiv iç parçaları ve şarap şişeleri tıparları gibi daha sürdürülebilir kompozit malzemeler geliştirmek için uygulanabilir bir alternatif olduğunu göstermiştir. Şekil 2.35'te hazırlanan test numuneleri ve tıparlar gösterilmektedir [40].



Şekil 2.35 (a) Ağırlıkça %30 granül mantar içeren biyo-kompozitleri ve enjeksiyonla kalıplama sonrası biyo-bazlı polyester numuneleri (b) Ekstrüzyondan sonra SPCL/mantar biyo-kompozit peletleri (c) Enjeksiyonla kalıplanmış şarap şişeleri için biyobozunur mantar kompozit tıparları [40]

Biyokompozitler, geleneksel polistiren (PS) kapaklarla karşılaştırıldığında mantarın sahip olduğu iyi estetik özellikler ve ayrıca pigmentlerle renklendirilebilme olasılığına karşı ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, biyo-bazlı matrislerle birleştirilmiş mantar, karmaşık tasarımlar için %100 doğal yeni bir çözüm olarak görülmüştür [40].



Şekil 2. 36 Çekme testi sonrası enjeksiyon kalıplama numunelerinin morfolojik özellikleri [40]

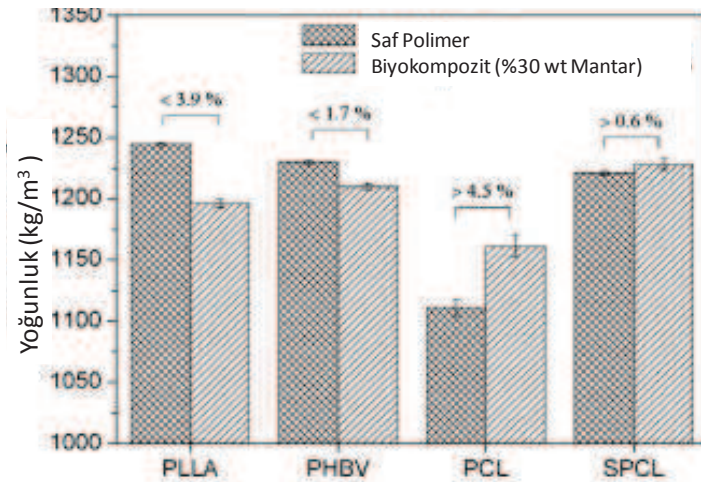
Yüksek büyütme oranlarında elde edilen ve Şekil 2.36'da verilen SEM görüntülerinde, iki farklı davranışı gözlemlemek mümkündür. PCL ve SPCL sünek bir kırılma gösterirken, PLLA ve PHBV polyesterleri gevrek bir kırılma

göstermektedir. PLLA ve PHBV matrislerine dayanan biyokompozitlerle ilgili SEM görüntülerinde ise mantar kırıkları ve boşlukları veya boşlukların yokluğu, yük uygulandığında matristen etkili stres transferini göstermektedir [40].

Bu nedenle sonuçlar, çapraz bağlayıcı ajan veya kimyasal işlem uygulamadan mantar ve farklı biyo-bazlı polyesterler arasında iyi bir fiziksel bağlanma olduğunu göstermektedir. Bu sonuç aynı zamanda, biyokompozitlerde ağırlık açısından gözlenen azalmanın, biyo-bazlı matristeki boşlukların mevcudiyeti ile değil, enjeksiyon kalıplama işleminden sonra kompozit bileşenler arasında elde edildiğini de teyit etmektedir [40].

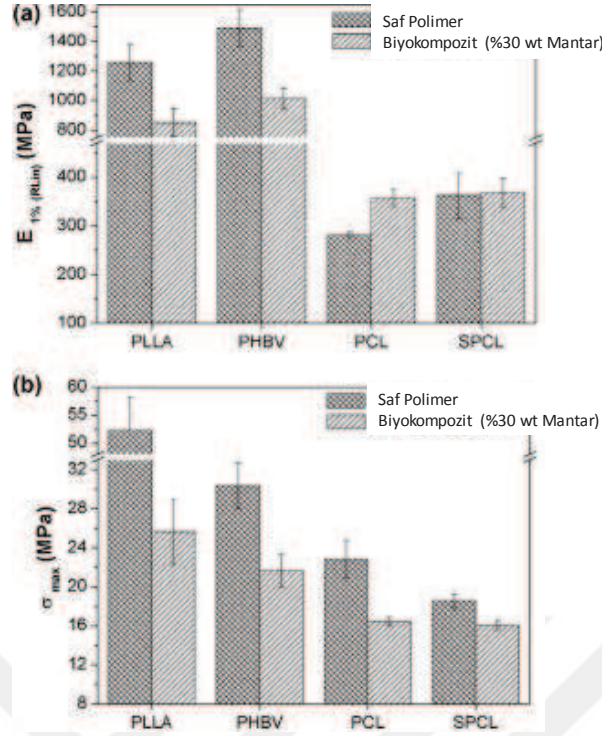
Nişasta içeren SPCL matrisinin mantarla birleştirilmesi çok daha karmaşık bir biyokompozit olarak sonuçlanmıştır [40].

Şekil 2.37'de gösterildiği gibi, mantar ilavesi, PLLA ve PHBV ile hazırlanan biyokompozitlerin yoğunluğunda sırasıyla %3.9 ve %1.7 oranında bir düşüş göstermiştir. Bu davranış, kullanılan matrislere kıyasla daha düşük mantar yoğunluğundan kaynaklanmıştır. (yani $166 \pm 21 \text{ kg/m}^3$). Mantar dolgulu biyo-kompozitlerin düşük yoğunluğu, spesifik mekanik özelliklerin artmasına (özellik / yoğunluk) neden olabilir [40].



Şekil 2.37 : Ağırlıkça %30 mantar içeren biyo-bazlı polimer matrisli kompozitlerin yoğunlukları [40]

Enjeksiyonla kalıplanmış biyobozunur alifatik polyesterlerin ve biyobozunmadan önceki biyo-kompozitlerin çekme özellikleri Şekil 2.38'de gösterilmiştir.



Şekil 2.38 Saf polimer ve biyokompozitlerin gerilme yükü altındaki mekanik özellikleri (a) elastik modül (MPa), (b) maksimum gerilme dayanımı (MPa) [40]

Mekanik özellikler, mantar kullanımının çekme yükü altındaki son özelliklerden önemli ölçüde ödün vermediğini ve morfolojisinin mantarın biyo-bazlı polyester matrislere iyi bir fiziksel bağlanma gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Şekil 2.38’de görüldüğü gibi, tüm polimerlerde mantar katkısı ile mekanik dayanım azalmıştır. Elastik modül ise, PCL ve SPCL için artarken; PLLA ve PHBV için azalmıştır [40].

Mantar polimer kompozitleri için yapılan bir başka çalışmada, doğal lifler düşük maliyet, düşük yoğunluk, özgül mukavemet, iyi ısı yalıtımı özellikleri, düşük kalıp aşınması, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir olması gibi birçok avantaj sebebi ile tercih edilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, ağırlıkça %50-50 HDPE/mantar içeren malzemeye ağırlıkça %5 ve %10 hindistan cevizi lifleri ile ağırlıkça %2 oranında çapraz bağlayıcı ajan ilave edilmiş ve çapraz bağlayıcı ajan ilave edilmemiş kompozitleri ekstrüzyon yöntemi ile hazırlamaktır. Mantar işleminin en önemli alt ürünü olan mantar tozu, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) gibi termoplastik matrislerle birleştirilerek, katma değeri yüksek olan yeni bir mantar-polimer kompozit (MPK) malzeme sınıfı sunmaktadır. Bu nedenle, özellikle formülasyona yüksek miktarda mantar tozu eklendiğinde, mekanik performansı arttırmak için farklı takviye stratejileri dikkate alınmalıdır. Hindistan cevizi liflerinin düşük yoğunluk,

yenilenebilir kaynak olması, düşük maliyeti ve biyobozunurluk gibi çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bu liflerin MPK'nin güçlendirilmesinde kullanılması, yalnızca mekanik performansın artırılmasını değil aynı zamanda son bileşimde mevcut olan doğal bileşen miktarının artırılmasını da sağlamaktadır. Ek olarak hindistan cevizi lifleri gibi selülozik lifler, termoplastik malzemelere kıyasla daha yüksek bir modüle sahiptir. Böylece bu tip lifler, kompozitin dayanımı ve sertliğini arttırmak için de kullanılabilir [41].

Bu çalışmada kullanılan malzemeler aşağıdaki şekilde listelenmiştir [41].

- Erime noktası 136.6°C ve MFI değeri 8 g/10 dak olan yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) Exxon Mobil tarafından temin edilmiştir.
- Parçacık büyüklüğü < 500 µm ve yoğunluğu 157±2 kg/m³ olan zımparalama işleminden elde edilen mantar tozu Amorim Revestimentos S.A. tarafından tedarik edilmiştir.
- Ortalama çapı 277.4±38.8 µm ve yoğunluğu 845 ± 46 kg /m³ olan kahverengi hindistan cevizi lifleri, Amorim Isolamentos, S.A tarafından sağlanmıştır.
- Kullanılan çapraz bağlayıcı ajan, A. Schulman GmbH tarafından temin edilen maleik anhidrid 102 - 1 K1 MDEX'tir.

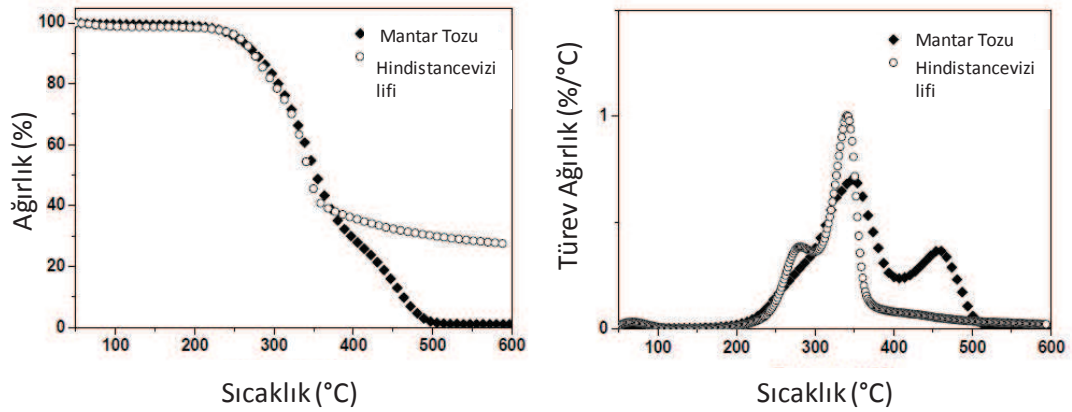
Mantar tozu ve hindistan cevizi lifleri, nem içeriğini azaltmak için gece boyunca 80°C'de kurutulmuştur. 130°C ila 155°C arasındaki bir sıcaklık profiline ve 30 rpm'lik bir vida hızına sahip, ters dönen bir çift vidalı ekstruderde farklı bileşimler bir araya getirilmiştir. Hammaddeler (HDPE ve mantar tozu) toz formunda ve tüm hindistancevizi lifleri 20 mm'den küçük bir boyuta sahip olarak kullanılmıştır.

Ekstrüzyondan önce, tüm bileşenler Çizelge 2.5'te listelenen formülasyonlara göre uygun oranlarda önceden karıştırılmıştır. Hidrolik pres yardımı ile 5 mm'den küçük bir uzunluktaki peletler kullanılarak baskı ile kalıplanan kompozitler üretilmiştir. Kompozit numuneleri, 8 dakikalık bir süre boyunca 150°C ve minimum 2 dakika boyunca 1.42 MPa basınç altında 3 mm kalınlığında hazırlanmıştır [41].

Çizelge 2. 5 : Mantar polimer kompozit ile takviyelendirilmiş kompozisyonlar [41]

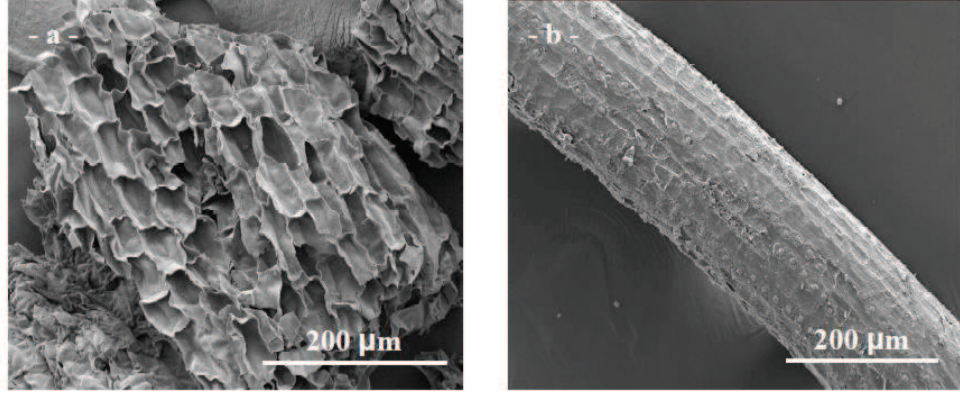
Numune Kodu	HDPE+Mantar (%wt)	Hindistan Cevizi Lifi (%wt)	Çapraz Bağlayıcı Ajan (%wt)	Doğal Bileşen (%wt)
CPC (50-50)	50 - 50	0	0	50
CPC + 5% CF	50 - 50	5	0	53.5
CPC + 5%CF + MA	50 - 50	5	2	52.5
CPC + 10% CF	50 - 50	10	0	55
CPC + 10%CF + MA	50 - 50	10	2	54

Her iki doğal malzemenin termogravimetrik analizleri (TGA), termal stabilitesini ve ağırlık kaybı sonuçlarını değerlendirmeyi amacıyla gerçekleştirilmiş ve sonuçları Şekil 2.39'da verilmiştir. Hem mantar tozu hem de hindistan cevizi lifleri için, 200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda ağırlık kaybı açısından önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Yaklaşık 100°C civarında, beklenildiği gibi elyaftan nem tahliyesine karşılık gelen hafif bir azalma gözlemlenmiştir [41].



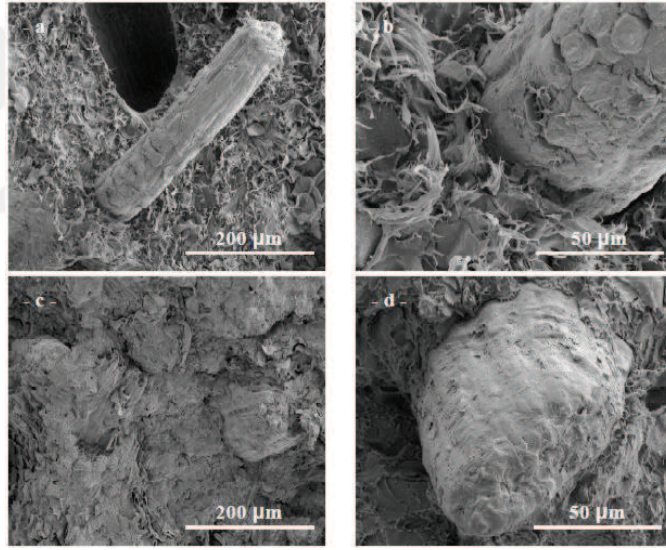
Şekil 2. 39 Doğal malzemelerin TGA grafikleri [41]

200°C'den yüksek sıcaklıklar için hindistan cevizi lifleri daha iyi termal stabilite göstermiştir. Türev eğrilerinden, hindistancevizi lifinin bileşiminde mevcut olan kimyasal bileşenlerin bozulmasına karşılık gelen 282°C ve 341 °C'de iki bozunma sıcaklığına sahip olduğunu gözlemlenmektedir. Mantar tozunda ise bozunma iki aşamada gerçekleşmekte ancak sıcaklıklar daha yüksek ve sırasıyla 348°C ve 458 °C'dir [41].



Şekil 2.40 SEM görüntüleri (a) mantar tozu (b) hindistancevizi lifi [41]

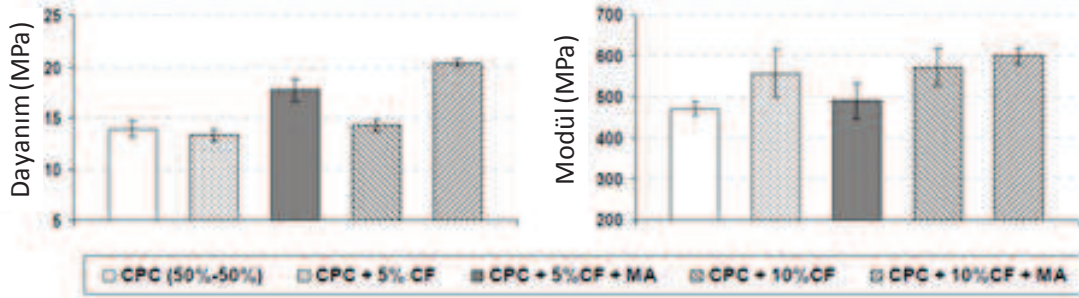
Şekil 2.40 (a)'da kapalı hücreli yapıya sahip ve küçük bir alanda yüksek miktarda hücre içeren <500 µm çapında bir mantar granülünün tipik morfolojisini gözlemlenmektedir. Şekil 2.40 (b)'de ise yaklaşık olarak 200 µm çapında bir hindistancevizi lifinin tipik yüzeyi gösterilmiştir [41].



Şekil 2.41 (a, b) Ağırlıkça % 5 hindistancevizi lifi ve çapraz bağlayıcı ajan içermeyen mantar polimer kompozitleri (c, d) Ağırlıkça % 5 hindistancevizi lifi ve ağırlıkça %2 çapraz bağlayıcı ajan içeren mantar polimer kompozitleri [41]

Çekme testlerinden sonra elde edilen farklı kompozitlerin kırılma yüzey morfolojisine ait SEM görüntüleri Şekil 2.41'de gösterilmektedir. Yüksek büyütme oranlarında (Şekil 2.41, b), hindistancevizi lifi ile mantar-polimer fazı arasında küçük bir boşluk fark edilmiştir. Her iki koşul da hindistan cevizi lifinin polimerik matrise yapışmasının daha düşük olduğunu göstermiştir. Şekil 2.41, c ve Şekil 2.41, d ağırlıkça %2 oranında maleik anhidrit bazlı çapraz bağlayıcı ajan varlığında önceki

sistemin kırılmasını göstermektedir. Bu durumda yüzey kırılımı ile aynı düzlemde var olan fiberin kırılımı ve polimerik fazın gerilmesi gözlenmemiştir. Ayrıca hindistan cevizi lifi ve mantar-polimer fazı arasında gelişmiş bir yapışma olduğu gözlenmiştir [41].



Şekil 2.42 Mantar polimer kompozitlerinin mekanik özellikler (ağırlıkça %50-%50) ve hindistancevizi lifi ile takviyelendirilmiş kompozitler (ağırlıkça %2 çapraz bağlayıcı ajan içeren ve içermeyen) [41]

Farklı kompozit formülasyonların gerilme özellikleri, gerilme mukavemeti ve gerilme modülü, Şekil 2.42'de sunulmuştur. Bileşiklerin gerilme mukavemetinin, ağırlıkça %5 veya %10 hindistancevizi lifleri içeren her iki durumda gözlemlendiğinde önemli bir gelişmeye rastlanmamıştır. Bununla birlikte, elastik modülde belirgin bir artış gözlenmiştir. Ayrıca, ağırlıkça %2 oranında maleik anhidrit kullanıldığında, ilave edilen hindistan cevizi liflerinin miktarıyla orantılı olarak önemli bir artış gözlenmiştir. Çapraz bağlayıcı ajan ile birlikte ağırlıkça %10 hindistan cevizi lifi kullanılması gerilme mukavemetini %41 arttırmıştır. Çapraz bağlayıcı ajanının varlığında ağırlıkça %5 ve %10 hindistan cevizi lifi içeren numunelerin modüllerinde gelişme gözlenmiştir. Son durumda, sertlikte %27'lik bir gelişme meydana gelmiştir [41].



3. MATERYAL VE METOD

3.1 Malzemeler

Bu çalışmada mantar kompozitlerinin karışımlarının hazırlanması, film prosesleri, karakterizasyonu ile ısıl, yapısal, termal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Kullanılan malzemeler sırasıyla, saf PP ve mantardır. Bu çalışma için kullanılan PP (polipropilen), Repsol firmasından temin edilen Isplen PP 070 G2M'dir. Eriyik akış indeksi (MFI) 12 g/10 dak'dır. Yoğunluğu 0,905 g/cm³'tür. Çalışmada kullanılan mantar Amorim Revestimos firmasından temin edilmiştir. Mantarın parçacık boyutu 0.5-1 mm ve yoğunluğu 0,750-0,850 g/cm³'tür. Rengi açık kahverengi olarak gözlenmekte ve %100 geri dönüştürülebilmektedir. Ağırlıkça %2.5, %5 ve %10 mantar içeren mantar/PP karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlardan kompozit filmler üretilmiş ve karakterize edilmiştir.



Şekil 3.1 Mantar ve saf PP [42]

3.2 Yöntemler

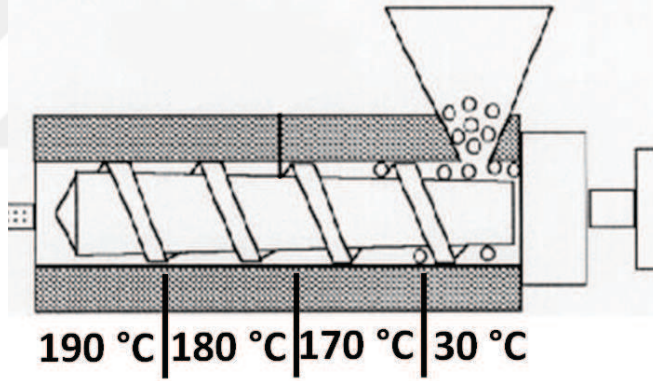
3.2.1 Polimer Karışımların Hazırlanması

İlk aşamada mantar ve PP 60°C 'de 12 saat boyunca Daihan Wisd marka vakum etüvde kurutulmuştur. Bunu takiben mantar ağırlıkça %2.5, 5, 10 oranlarında Radwag marka hassas terazide tartılıp PP granülleri ile bir kap içinde manuel olarak kuru bir şekilde karıştırılmıştır. Bunun ardından elde edilen bu karışımlar Şekil 3.2'de görülen L/D oranı 25, vida çapı 16 mm olan GM Gülnar marka eş eksenli çift vidalı ekstruderde karışım haline getirilmiştir.



Şekil 3.2 GM Gülnar marka eş eksenli çift vidalı ekstruder [43]

İşlem koşulları her üç karışım için de Şekil 3.3'te verildiği gibidir : kovan sıcaklıkları besleme bölgesinden başlayarak sırasıyla 30°C - 170°C - 180°C - 190°C, kafa basıncı 7.6 bar, vida devir hızı 250 rpm'dir. Numunelerin ekstruderin içinde kalma süreleri %2.5, 5 ve 10 için ortalama 105 saniyedir. Ekstruderden çıkan filamentler 30°C'lik soğuk su banyosunda soğutulduktan sonra kesici bıçaklar yardımıyla granül haline getirilmiştir.



Şekil 3.3 Kovan sıcaklıkları [44]

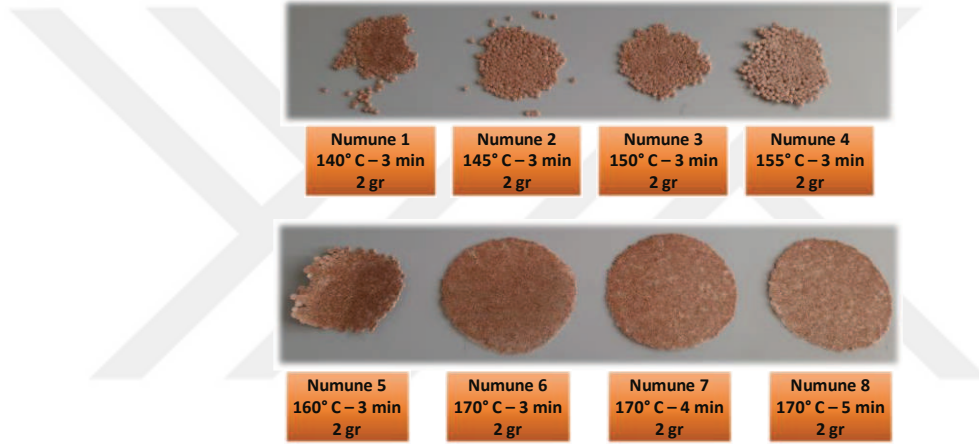
3.2.2 Kompozit Filmlerin Hazırlanması

Kompozitler 3 aşamada hazırlanmıştır. İlk adımda hazırlanan karışımlar Daihan Wisd marka etüvde 60°C'de 12 saat boyunca kurutulmuştur. Polipropilenin ve mantar tozunun proses sıcaklıkları göz önüne alınarak, karışım granülleri 140°C-170°C arasındaki sıcaklıklarda 5°C'lik artışlarla ısı ve basınç altında sıcak pres ile Şekil 3.4'te görüldüğü gibi film haline getirilmiştir.



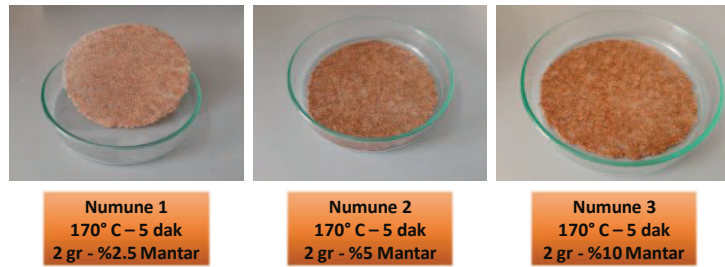
Şekil 3.4 Kompozit filmlerin hazırlanması

Tüm numuneler, Radwag marka hassas terazide 2 gram tartılıp, sıcaklık süresi sırasıyla 3, 4 ve 5 dakika olarak uygulanmıştır. Sıcak pres sonrası soğutma süresi 3 dakika olarak optimize edilmiştir.



Şekil 3.5 Isı ve basınç altında sıcak pres ile hazırlanan numuneler

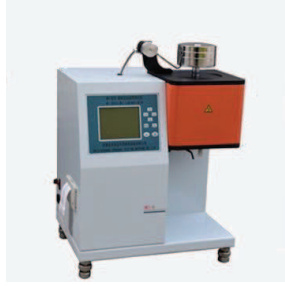
Bu proses ile en uygun film yapısı farklı konsantrasyonlardaki numuneler için 170°C'de 5 dakika ısıtma ile elde edilmiştir.



Şekil 3.6 Ağırlıkça % 2.5, 5, 10 mantar içeren numunelerin 170°C ve 5 dakika ısıtma ile hazırlanması

3.2.3 Eriyik Akış İndeksi (MFI)

Malzemelerin eriyik akış indekslerini incelemek için Omega Plastik Laboratuvar Ekipmanları markalı MFI cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 2.16 kg ağırlık ile 210°C’de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 7 Eriyik akış cihazı [45]

3.2.4 Yoğunluk Testi

Eriyik akış testi sonrası elde edilen numunelerin yoğunlukları Gibitra Instruments marka yoğunluk test cihazı ile yapılmıştır. Granül halindeki tüm numuneler eriyik akış testi sonrasında yoğunluk cihazında ölçülebilir boyuta getirilmiştir. Ardından hazırlanan numuneler Gibitra Instruments marka yoğunluk test cihazı ile test edilmiştir. Elde edilen numuneler numune tutucuya sabitlenir ardından numune tutucu manyetik kısıkaca tutturulur. Ardından test başlatılır ve hacmi ve yoğunluğu ölçmek için referans sıvıyı içeren beher yukarı doğru hareket eder. Ve cihaz sonuçları otomatik olarak kaydeder.

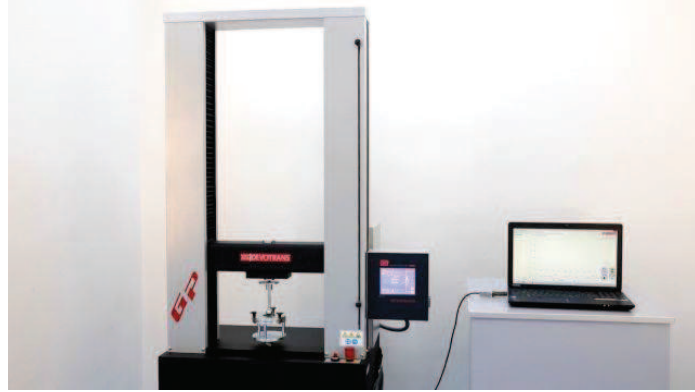


Şekil 3.8 Yoğunluk test cihazı [46]

3.2.5 Çekme Testi

Kompozit filmlerin mekanik analizi Şekil 3.9’da görülen Devotrans, DVT GPU/RD marka test cihazı ile 50 mm/dak çekme hızında yapılmıştır. Çeneler arası mesafe 20 mm’dir. Numunelerin genişliği 5 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Film kalınlığı

Mitutoyo dijital mikrometre kullanılarak ölçülmüştür ve ortalama film kalınlığı 350-400 mikron arasındadır.



Şekil 3.9 Devotrans DVT GPU/RD test cihazı [47]

3.2.6 FTIR Analizi

ATR-IR spektroskopik ölçümleri Şekil 3.10’da verilen ATR kristaline sahip bir Perkin Elmer spektrum 100 IR cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm ATR-IR spektrumları 4 cm^{-1} çözünürlükte 4 tarama ile hesaplanmıştır. FTIR spektrası 650 ve 4000 cm^{-1} olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10 FTIR cihazı [48]

3.2.7 TGA Analizi

Termogravimetrik analiz (TGA) Şekil 3.11’de verildiği gibi Seiko TG/DTA 6300 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Numuneler azot gazı ortamında 30°C - 600°C aralığında dakikada 10°C derece ısıtma hızında test edilmişlerdir.



Şekil 3.11 TGA cihazı [49]

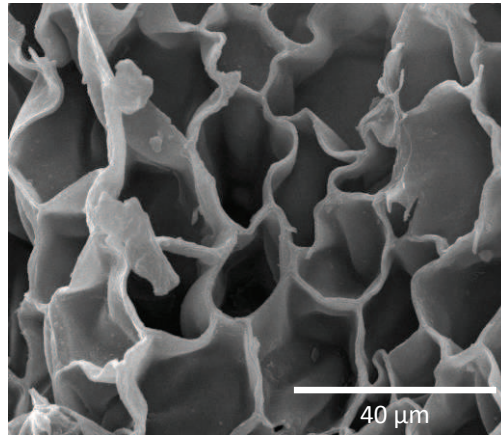
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada mantar içeren polimer kompozitleri üretilmiş ve bunların morfolojik, reolojik, ısıl, yapısal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. 60°C’de kurutulan PP ile mantar granülleri ağırlıkça %2.5, 5 ve 10 oranlarında kuru bir şekilde manuel olarak karıştırılmıştır. Bunun ardından GM Gülnar marka eş eksenli çift vidalı ekstruderde karışım haline getirilmiş ve granül boyutunda kesilmiştir. Daha sonra saf PP ile elde edilen mantar/PP karışımları ısı ve basınç altında sıcak pres ile film haline getirilmiştir. İlk başta tüm numuneler için belirlenen sıcaklık aralığı 140°C-170°C’dir. Elde edilen filmlerin incelenmesi sonucu en uygun sıcaklık değerinin 170°C olduğu saptanmıştır. Isıtma süresi ile ilgili olarak ise sırasıyla 3, 4 ve 5 dakika denenmiş olup 170°C’de 5 dakika ısıtma ile en optimum film hazırlama parametresi olarak kayıt altına alınmıştır. Daha sonra hazırlanan filmler için aşağıda belirtilen testler uygulanmıştır. MFI testi ekstrüzyon işleminden elde edilen granüller üzerinde yapılırken, bunun dışındaki tüm testler filmler üzerinde yapılmıştır.

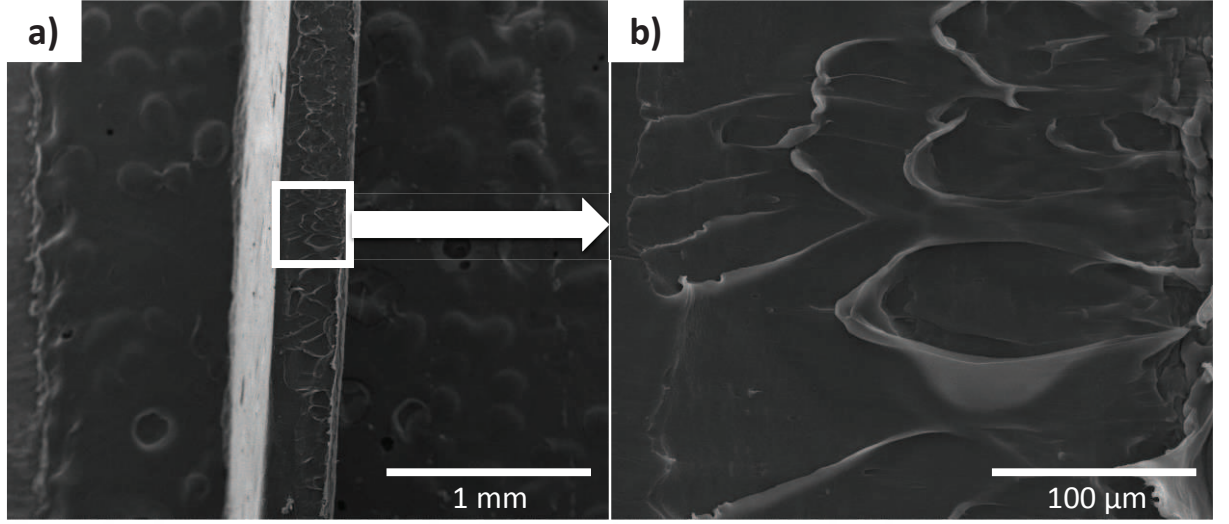
4.1 Morfoloji

Üretilen kompozitlerin morfolojik analizi dolgu malzemesinin matriste dağılımı, dolgu-matris arayüzey özelliklerinin açıklanmasında ve kompozit morfolojisinin diğer özelliklere (mekanik özellikler, yoğunluk vb.) olan etkisinin açıklanmasında önem taşımaktadır.

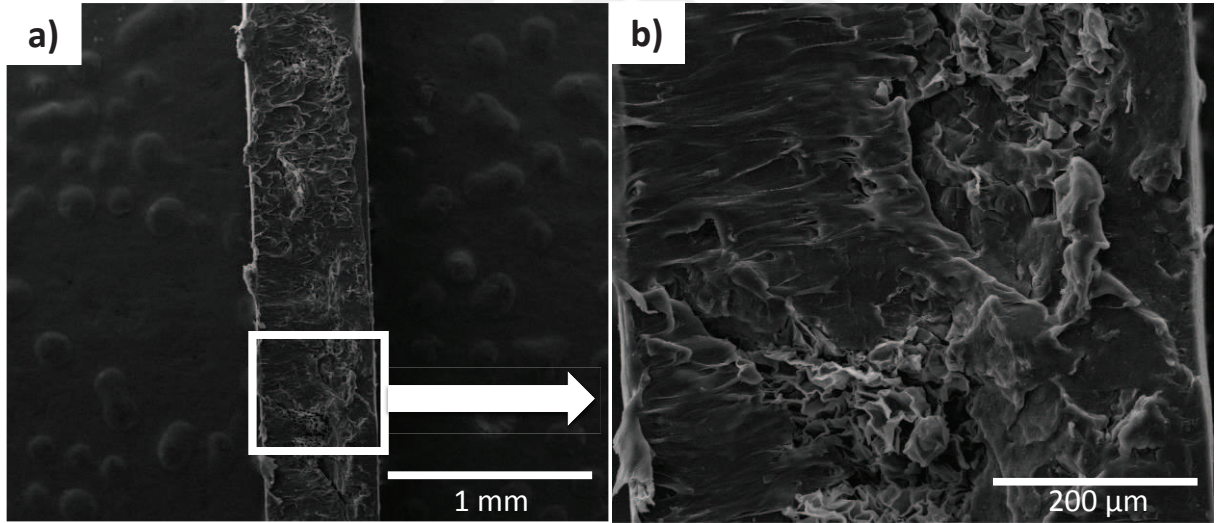
Şekil 4.1’de bu çalışmada kullanılan mantar malzemesine ait SEM görüntüleri bulunmaktadır. Literatürde verilen SEM görüntüleri ile karşılaştırıldığında mantarın gözenekli ve kapalı hücreli yapısı açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.1 Mantara ait SEM görüntüleri (3000x büyütme oranında)



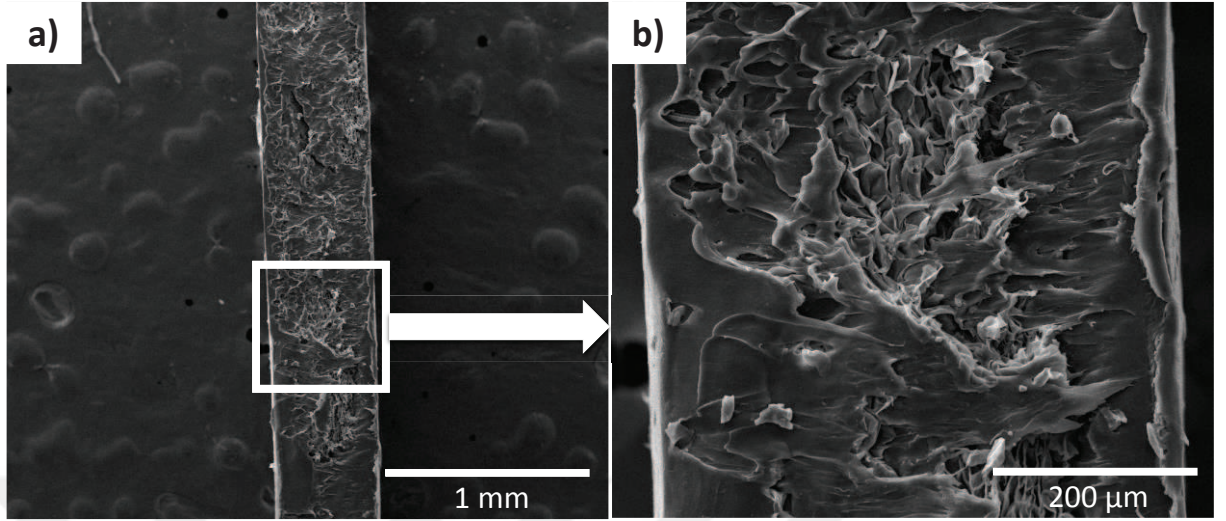
Şekil 4.2 PP'ye ait SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 1000x büyütme oranı
Şekil 4.2'de saf PP'ye ait SEM görüntüleri verilmektedir. 170°C ve 5 dakika ısıtma süresinde tamamen eridiği bu görüntülere bakılarak yorumlanabilmektedir.



Şekil 4.3 %2.5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı

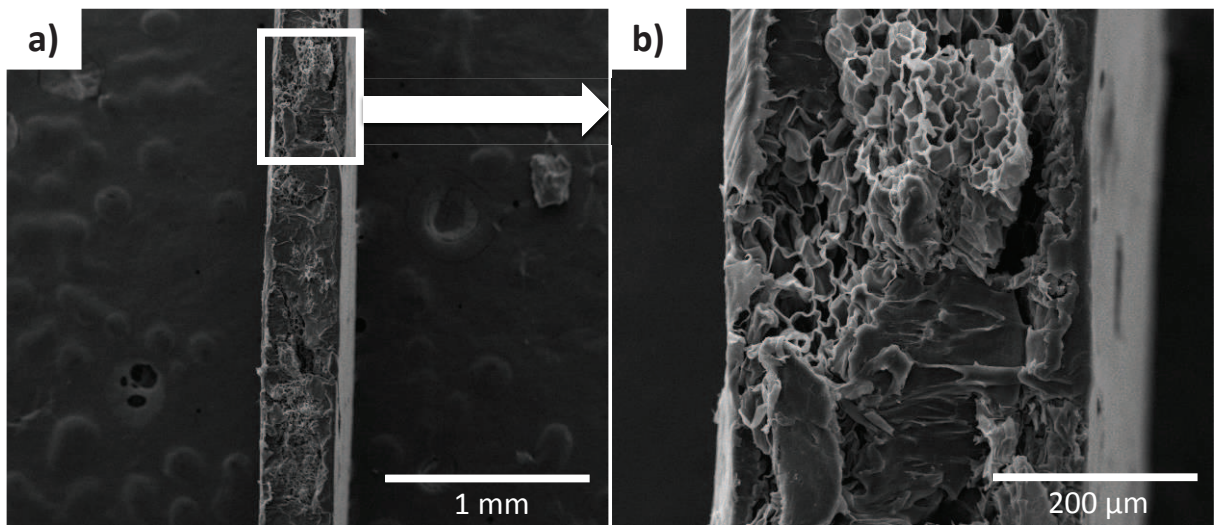
Şekil 4.3'te %2.5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının enine kesitinin SEM görüntüleri verilmektedir. Şekil 4.3(a) 100x, Şekil 4.3(b) ise 500x büyütme oranında elde edilmiştir. Şekil 4.3(a) mantarın matris içindeki dağılımını incelemek amacıyla, Şekil 4.3(b) ise, dolgu-matris arasındaki etkileşimi incelemek amacıyla gereklidir. Şekil 4.3(a) incelendiğinde, mantarların polimer matris içerisinde homojen bir

şekilde dağılımı net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.3(b) incelendiğinde ise ara yüzey özelliklerin iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4 %5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı

%5 oranında mantar içeren mantar/PP karışımına ait SEM görüntüleri ise Şekil 4.4'te verilmektedir. Bu kompozite ait enine kesit incelendiğinde (Şekil 4.4(a)), mantarların polimer matris içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Ayrıca, %2.5 mantar içeren numuneye kıyasla (Şekil 4.3(a)) daha fazla mantar bulunduğu net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.4(b) incelendiğinde ise ara yüzey özelliklerin iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5 %10 oranında mantar içeren mantar/PP karışımının SEM görüntüleri a) 100x büyütme oranı b) 500x büyütme oranı

%10 oranında mantar içeren mantar/PP karışımına ait SEM görüntüleri Şekil 4.5'te yer almaktadır. Bu kompozite ait enine kesit incelendiğinde (Şekil 4.5(a)), mantarların polimer matris içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı görünmektedir. Bunun yanında diğer iki kompozite kıyasla kesitte daha fazla mantar bulunduğu görülmektedir. Yani tüm SEM görüntüleri incelendiğinde mantar konsantrasyonu arttıkça PP matris içerisinde mantarın kapladığı hacmin arttığı görülmüştür. Ara yüzey özellikleri diğer kompozitlerle kıyaslandığında, %10 mantar konsantrasyonuna sahip numunede mantar miktarının artması ile dolgu-matris ara yüzey oranının arttığı ve bu durumun mekanik özelliklerde gerilemeye sebep olabileceği düşünülmektedir.

4.2 Eriyik Akış İndeksi

Eriyik akış indeksi özellikle işlenebilirlik ve malzemenin akış özellikleri ve işleme sırasında kalıbı doldurması gibi parametreler açısından önem taşımaktadır. Tüm numunelerin MFI değerleri 2.16 kg ağırlık ve 210°C koşullarında ölçülmüştür. Saf PP için MFI değeri 8.064 g/10dak olarak ölçülmüştür. %2.5 mantar içeren PP/mantar karışımının MFI değeri 7.8 g/10 dak olarak ölçülürken, %5 mantar içeren PP/mantar karışımının MFI değeri 7.6 g/10 dak ve %10 mantar içeren PP/mantar karışımının MFI değeri 7.3 g/10 dak olarak ölçülmüştür.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere mantar konsantrasyonunun artması ile eriyik akış indeksinde azalma meydana gelmektedir. Bu durum daha önce başka araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. [50-52] Bilindiği gibi mantar parçacıkları sıcaklık etkisi altında erimemekte ve reolojik özellikleri PP'de olduğu gibi değişmemektedir. Bu durum da eriyik halde bulunan PP'nin hareketini ve dolayısı ile akış oranını azaltmaktadır.

Yüzde değişim değerlerinden de görüldüğü gibi hem PP'nin akış indeksinin çok yüksek olmaması hem de mantar oranının çok yüksek olmaması sebebiyle eriyik akış indeksindeki azalma çok fazla değildir.

Çizelge 4. 1 : Numunelerin MFI değerleri ve % değişimi

Numune Adı	MFI Değeri (g/10 dak)	% Değişim
Saf PP	8.06	-
%2.5 Mantar / PP	7.8	-3.2
%5 Mantar / PP	7.6	-5.7
%10 Mantar / PP	7.3	-9.4

4.3 Yoğunluk Sonuçları

Saf PP için yoğunluk değeri 0.9 g/cm^3 olarak otomatik hesaplanırken, %2.5, 5 ve 10 mantar içeren mantar/PP karışımlarının yoğunluk değerleri sırasıyla 0.87 g/cm^3 , 0.86 g/cm^3 ve 0.82 g/cm^3 olarak ölçülmüştür. Yüzde değişim değerlerine bakıldığında %2.5 oranında mantar içeren karışımlarda yoğunluk %3.3 oranında azalırken, %5 mantar içeren karışımlarda bu oran %4.4 iken %10 mantar içeren karışımda ise %8.8'lik bir azalma gözlenmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında mantar konsantrasyonunun artışı ile yoğunluk değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Bu durum saf mantarın yoğunluğunun PP'ye göre çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Saf mantar kapalı hücreli köpük yapısı sebebiyle düşük yoğunluğa sahiptir.

Çizelge 4.2 : Numunelerin yoğunluk değerleri ve % değişimi

Numune Adı	Yoğunluk (g/cm ³)	% Değişim
PP	0.9	-
Mantar	0.75-0.85	
%2.5 Mantar / PP	0.87	-3.3
%5 Mantar / PP	0.86	-4.4
%10 Mantar / PP	0.82	-8.88

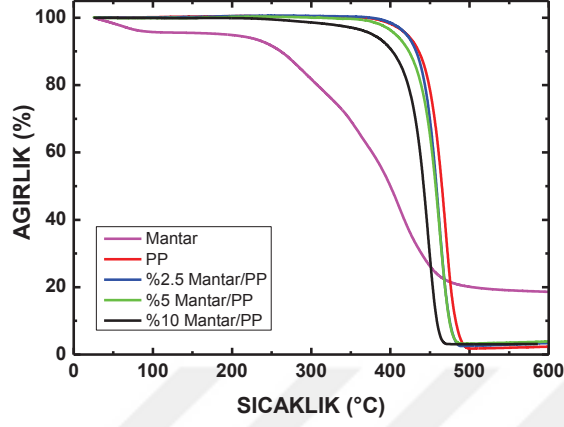
4.4 Termal Gravimetrik Analiz

Aşağıda Şekil 4.6’da verilen grafik incelendiğinde tüm numuneler için tek aşamalı bir bozunma gözlenmiştir. PP şekilden de görüldüğü gibi 420°C noktasında bozunmaya başlamış, bu noktadan sonra hızlı bir kütle kaybı gözlenmiştir. Mantar parçacıkları incelendiğinde ise 100°C’de nem çıkışı, 200°C’de ise bozunma başlamaktadır.

Literatürde de görüldüğü üzere mantarın bozulması büyük oranda sıcaklığa bağlıdır ve kütle kayıpları 200°C’de belirgin hale gelmekte olup, 300°C’de renk koyu kahverengiden siyaha dönmeye başlamaktadır [53-54].

Kompozitlerin termal bozunma davranışına bakıldığında bozunmada ağırlıkça yüksek olan faz PP matristeki bozunma davranışı gözlenmiştir. Bunun yanında mantar konsantrasyonu arttıkça bozunmaya başlama sıcaklığının azaldığı gözlenmiştir. PP , mantar, % 2.5, 5 ve 10 mantar içeren kompozitlerde bozunmaya başlama sıcaklığı sırasıyla 410°C, 400°C, 380°C’dir. Buradan da görüldüğü gibi mantar konsantrasyon arttıkça ısıl dayanım azalmaktadır. Çünkü mantarın ısıl dayanımı PP’nin ısıl dayanımından küçüktür.

Özetlemek gerekirse mantara ait eğri incelendiğinde 300°C'nin altındaki bir sıcaklıkta kütle kaybı gözlenirken, PP ile yapılan karışımlarda bu sıcaklığın 400°C'nin üzerinde olduğu görülmektedir.



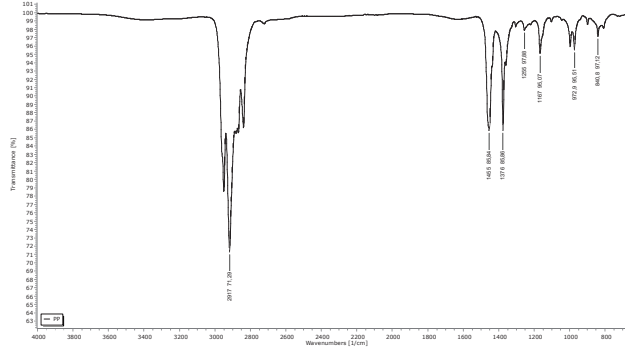
Şekil 4.6 Numunelerin TGA analizi

4.5 FTIR

Şekil 4.7-4.9'da saf PP, mantar ve % 10 mantar içeren polimer kompozitlerin FTIR grafikleri görülmektedir.

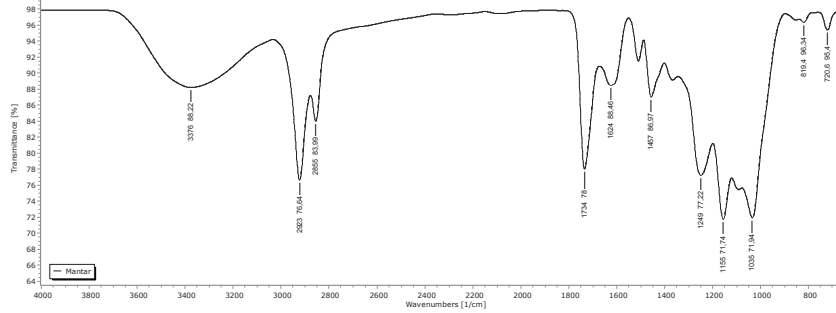
Saf PP'ye ait FTIR spektrumunda (Şekil 4.7) 2917 cm^{-1} olarak görülen tepe PP ana zincirindeki CH_2 gruplarını temsil etmektedir. PP spektrumunda 2800-3000 cm^{-1} dalga boyunda 3 farklı tepe gözlenmektedir. Bu tepeler sırasıyla 2917-3000 cm^{-1} arasında CH_3 gruplarının simetrik ve asimetric gerilme titreşimlerini, 2917-2800 cm^{-1} arasında CH_2 gruplarının asimetric ve simetrik gerilme titreşimlerini simüle eder [55-56].

Saf PP filmin ATR-FTIR spektrumu, 840-1495 cm^{-1} dalga boyunda çok sayıda küçük tepe noktası bulunmaktadır. 1167 cm^{-1} 'deki tepecik C-C bağlarını göstermektedir [56].



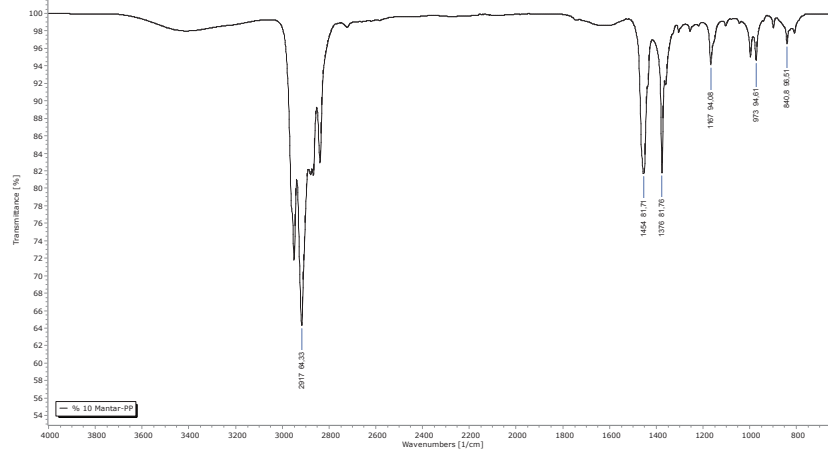
Şekil 4.7 Saf PP'ye ait FTIR analizi

Mantar parçacığına ait FTIR spekturumunda (Şekil 4.8) 1378 cm^{-1} 'de gözlenen tepecik CH_3 gruplarının simetrik deformasyonundan kaynaklanmaktadır. Üst üste gelen spektrum sinyalleri çok daha şiddetli görülebilmektedir. Bu sinyallerde suberin 2923, 2855 ve 1734 cm^{-1} dalga boylarında, lignin 1513, 858 ve 818 cm^{-1} dalga boylarında, polisakkaritler 1155 ve 1035 cm^{-1} ve ekstraktlar 1624 ve 1457-1249 cm^{-1} dalga boylarındaki geniş bantlarda gözlenmektedir [57-60].



Şekil 4.8 Mantar parçacığına ait FTIR analizi

Ağırlıkça %10 mantar içeren mantar/PP filminin FTIR spekturumunda ise mantar ve PP piklerinin 2917 ve 2855 cm^{-1} dalga boylarında çakıştığı görülmektedir. 2923 ve 1734 cm^{-1} piklerine gözlenen süberin ana bileşeninin mantar/PP karışımında 2917 ve 1454 cm^{-1} dalga boylarına kaydığı görülmektedir. 818 cm^{-1} dalga boylarında gözlenen lignin bileşeninde ise piklerinin PP fazına doğru 840 cm^{-1} dalga boyunda pik yaptığı görülmektedir [57].



Şekil 4.9 Ağırlıkça %10 mantar içeren mantar/PP kompozitinin FTIR analizi

Özetlemek gerekirse, literatürde de verildiği gibi mantar ve PP'ye ait tüm pikler FTIR analizlerinde açıkça görülmüştür.

4.6 Mekanik Sonuçlar

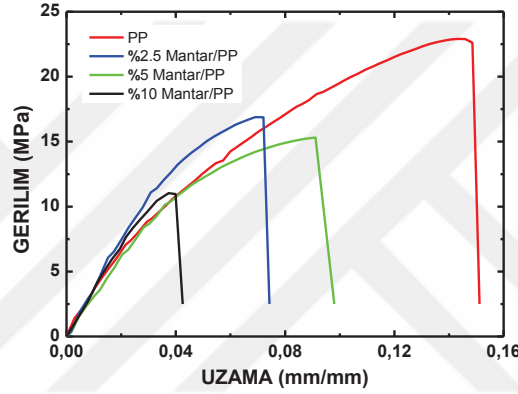
Çekme testi sonucu elde edilen gerilim- uzama grafiğindeki eğriler incelendiğinde mantar takviye edilen mantar-polimer karışımının mekanik özelliklerinde azalma olduğu gözlenmiştir. PP'de kopma dayanımı 22.9 MPa iken %2.5, 5 ve 10'da sırasıyla 16.8 MPa, 15.3 MPa ve 11 MPa'dır. Yüzde değişim oranına bakıldığında ise (Çizelge 4.3), %2.5, 5 ve 10 mantar içeren numunelerin değerlerinin sırasıyla saf PP'ye göre %26.63, %33.18 ve %56.33 oranında azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.3 : Numunelerin kopma dayanımı, kopma uzaması, elastik modülü ve % değişim değerleri

Numune Adı	Kopma Dayanımı (Mpa)	% Değişim Kopma Dayanımı	Kopma Uzaması (%)	% Değişim Kopma Uzaması	Elastik Modül (MPa)	% Değişim Elastik Modül
Saf PP	22.9	-	14	-	303.12	-
%2.5 Mantar/ PP	16.8	-26.63	6	-57.14	355.58	+17.36
%5 Mantar/ PP	15.3	-33.18	9	-35.71	362.49	+19.58
%10 Mantar/ PP	10	-56.33	3	-78.57	353.04	+16.46

Kopma uzaması için değerlere bakıldığında ise saf PP için kopma uzaması %14 iken, %2.5, 5 ve 10 mantar içeren biyokompozitlerde sırasıyla %6, %9, %3'tür. Buna bağlı olarak saf PP'ye göre yüzde değişim değerleri %2.5, 5 ve 10 için sırasıyla %57.14, %35.71 ve %78.57 azalma olarak hesaplanmıştır.

Elastik modül değerleri incelendiğinde saf PP için 303.12 MPa olarak ölçülürken, %2.5, 5 ve 10 mantar içeren biyokompozitlerde sırasıyla 355,58 MPa, 362.49 MPa ve 353.04 MPa'dır. Yüzde değişim değerlerine bakıldığında %2.5, 5 ve 10 için sırasıyla %17.36, %19.58 ve %16.46'lık bir artış gözlenmiştir.



Şekil 4.10 Numunelerin gerilim-uzama grafiği

Özetlemek gerekirse, buradaki en önemli faktör ise literatürde de belirtildiği gibi kullanılan mantarın, mantar meşesinin dış kabuğundan elde ediliyor oluşu ve yapısal olarak ahşaba benziyor olmasından kaynaklıdır. Ayrıca mantarın köpük gibi gözenekli yapısı mekanik özelliklerde bir azalmaya sebebiyet vermektedir. Bunara ek olarak farklı tip mantarların kullanılması, bunların parçaçık boyutu ve dağılımı da literatür örneklerinde olduğu gibi mekanik özellikleri etkilemektedir. Yine yapılan çalışmalar neticesinde bir çapraz bağlayıcı ajan olmadan yapılan kompozitlerde mantar ile PP'nin arayüzey özelliklerindeki uygunsuzluk mekanik özelliklerdeki azalmayı açıklamaktadır. SEM görüntülerinde de görüldüğü üzere artan topaklaşma ve ara yüzey özelliklerindeki zayıflık mekanik özelliklerde azalmaya sebep olmuştur [15].

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada mantar içeren polimer kompozitler üretilmiş ve karakterize edilmiştir. Yapılan çalışma sonrasında üretilen kompozitlerin morfolojik özellikleri incelendiğinde elde edilen SEM görüntülerine göre mantarın polimer matris içerisindeki dağılımı homojen olup, mantar oranının artması ile polimer matris hacmindeki artış ve mantarın kapalı hücre yapısı net bir şekilde gözlenmiştir.

Eriyik akış testi sonuçlarına bakıldığında ise artan mantar konsantrasyonu ile birlikte saf PP'ye göre eriyik akış değerlerinin küçük bir oranda azaldığı gözlenmiştir.

Bununla birlikte yoğunluk değerlerine bakıldığında mantar oranı arttıkça kompozitin yoğunluğu azalmıştır. Bunun sebebi mantarın yoğunluğunun kapalı hücreli yapısı yüzünden saf PP'nin yoğunluğuna göre daha düşük olmasıdır.

Mantar polimer kompozitlerinin termal özellikleri incelendiğinde ise mantarın ısı dayanımının saf PP'nin ısı dayanımından düşük olması sebebi ile mantar konsantrasyonu arttıkça termal bozunma sıcaklığının azaldığı böylelikle termal özelliklerde azalma olduğu gözlenmiştir.

Mantar polimer kompozitlerinin karakterizasyonu için FTIR sonuçları incelendiğinde mantar ve saf PP polimerine ait tüm piklerin grafiklerde detaylı bir şekilde görüldüğü saptanmıştır.

Elde edilen kompozitlerin mekanik özellikleri incelendiğinde mantar konsantrasyonunun artışı ile mekanik özelliklerde azalma gözlenmiştir. Mantarın parçacık boyutu, polimer matris içindeki dağılımı, gözenekli yapısı, mantar-polimer etkileşiminin iyi olmaması gibi sebepler dolayısı ile bu azalmanın gerçekleştiği düşünülmektedir.

5.2 Öneriler

Yapılan çalışma sonrası elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde mantar polimer kompozitlerinin havacılık, otomotiv iç döşemeleri, raylı sistemler, mobilya, moda vb. alanlarda kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu alanda kullanılan saf polimerlere kıyasla mantar polimer kompozitlerinin özelliklerinde ciddi bir kayıp olmadığı ve bu sebeple biyokompozit olarak ağırlık azaltma, maliyet, estetik özellikler, yalıtım gibi uygulama alanlarında kullanıma açık olduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] Luís Gil, Cork composites : A Review .
- [2] Amorim Revestimentos S.A, Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A. · The art of cork · Porto, 2nd edition: July 2014.
- [3] Silva SP, Sabino MA, Fernandes EM, Correlo VM, Boesel LF, Reis RL. Cork:properties, capabilities and applications. Int Mater Rev 50(6) (2005) 345–65.
- [4] Pereira H, Rosa ME, Fortes MA. The cellular structure of cork from *Quercus suber* L.. Iawa Bull 8(3) (1987) 213–8.
- [5] Gil L, Moiteiro C. Cork. Ullmann’s encyclopedia of industrial chemistry. Weinheim: Willey-VCH; 2002.
- [6] Pereira H. Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L.. Wood Sci Technol 22(3) (1988) 211–8.
- [7] Holloway PJ. Some variations in the composition of suberin from the cork layers of higher plants. Phytochemistry 22 (1983) 495–502.
- [8] Vaz MF, Fortes MA. Friction properties of cork. J Mater Sci 33(8) (1998) 2087–93.
- [9] Gibson LJ. Cellular solids: structure and properties. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1997.
- [10] Fortes MA, Nogueira MT. The Poisson effect in cork. Mater Sci Eng A Struct 122(2) (1989) 227–32.
- [11] Gil, L.; Moiteiro, C. Cork. In Ullmann’s Encyclopedia of Chemical Technology, 6th ed.; Wiley-VCH: Verlag, Germany, 2003.
- [12] Gil, L. *História da Cortiça*; APCOR: Santa Maria de Lamas, Portugal, 2000.
- [13] <https://www.amorim.com/en/why-cork/cork-oak-forest-area/>
- [14] Gil, L.; Silva, P. Cork Composites. In ECCM9-Composites: From Fundamentals to Exploitation, Brighton, UK, 2000.
- [15] Emanuel M. Fernandes, Vitor M. Correlo, Jose A.M. Chagas, Joao F. Mano, Rui L. Reis, Cork based composites using polyolefin’s as matrix: Morphology and mechanical performance

- [16] <https://www.rainforest-alliance.org/tags/cork-oak>
- [17] Pereira Coutinho, 1939; Natividade, 1950; Vicioso, 1950.
- [18] L. Gil, M. C. Varela, EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*) (Bioversity International, 2008).
- [19] A. Praciak, et al., The CABI encyclopedia of forest trees (CABI, Oxfordshire, UK, 2013)
- [20] Helena Pereira, Cork Biology, Production and Uses _ Elsevier 2007.
- [21] <https://www.amorim.com/en/why-cork/key-characteristics/>
- [22] <https://azquestion.com/science/why-does-cork-float-on-water>
- [23] <http://daekwonpark.com/portfolio/poisson-distribution/>
- [24] <https://amorimcorkcomposites.com/en/why-cork/facts-and-curiosities/about-cork/>
- [25] Farag MM. Quantitative methods of materials substitution: application to automotive components. Mater Des 29(2) (2008) 374–80.
- [26] Matos MJ, Simplicio MH. Innovation and sustainability in mechanical design through materials selection. Mater Des 27 (2004) 74–8.
- [27] Improvements in or relating to extrudable compositions. GB 657 813 A, Armstrong Cork Co.; 1951.
- [28] <https://www.amorim.com/en/for-your-business/Aerospace/39/>
- [29] <https://amorimcorkcomposites.com/en-us/materials-applications/aerospace/>
- [30] Exploring the use of Cork Based Composites for Aerospace Applications
- [31] <https://amorimcorkcomposites.com/en-us/materials-applications/automotive/techseal/>
- [32] <https://www.apcor.pt/en/portfolio-posts/mercedes-with-cork/>
- [33] <https://amorimcorkcomposites.com/en/materials-applications/construction/materials-applications/railway/>
- [34] <https://www.amorim.com/en/why-cork/main-applications/>

- [35] <https://amorimcorkcomposites.com/en/materials-applications/sport-surfaces/sport-floor/>
- [36] <https://amorimcorkcomposites.com/en-us/materials-applications/furnishing/>
- [37] <https://amorimcorkcomposites.com/en/materials-applications/footwear/materials-applications/health-orthopaedic/>
- [38] Improvements in or relating to extrudable compositions. GB 657 813 A, Armstrong Cork Co.; 1951.
- [39] Sara P. Magalhães da Silva, Paulo Silva Lima, José Martinho Oliveira, Rheological behaviour of cork-polymer composites for injection moulding.
- [40] Emanuel M. Fernandes, Vitor M. Correlo, João F. Mano, Rui L. Reis, Cork-polymer biocomposites: Mechanical, structural and thermal properties.
- [41] Emanuel M. Fernandes, Vitor M. Correlo, João F. Mano, and Rui L. Reis, Natural Fibres as Reinforcement Strategy on Cork-Polymer Composites.
- [42] <http://www.qualitybaits.co.uk/bait-ingredients/185-cork-dust.html>
- [43] <https://www.gulnarmakina.com/>
- [44] https://www.researchgate.net/figure/Schematic-structure-of-the-different-zones-of-the-extruder_fig8_304998960
- [45] <http://tr.chinatestingequipment.com/tests-on-plastic-raw-materials/melt-flow-index-tester/mfi-melt-flow-indexer-mfr-mvr-test-method.html>
- [46] https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=DensPc
- [47] <https://devotrans.com/cekme-basma-test-cihaz-dvt-gp-d-nn.html>
- [48] <https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-routine-spectrometers/alpha/overview.html>
- [49] https://www.researchgate.net/figure/Picture-of-EXSTAR6000-TG-DTA6300_fig6_327113524
- [50] M. Soleimani, L. Tabil, S. Panigrahi, A. Opoku, The effect of Fiber pretreatment and compatibilizer on mechanical and physical properties of flax fiber-polypropylene composites, J. Polym. Environ. 16 (2008) 74–82.

- [51] Y. Kanbur, U. Tayfun, Investigating mechanical, thermal, and flammability properties of thermoplastic polyurethane/carbon nanotube composites, *J. Thermoplast. Compos. Mater.* 31 (2018) 1661–1675.
- [52] J.C. Caraschi, A.L. Leão, Woodflour as reinforcement of polypropylene, *Mater. Res.* 5 (2002) 405–409.
- [53] Pereira H. The thermochemical degradation of cork. *Wood Sci Technol* 26(4) (1992) 259–69.
- [54] Rosa ME, Fortes MA. Temperature-induced alterations of the structure and mechanical-properties of cork. *Mater Sci Eng* 100 (1988) 69–78.
- [55] Sciarratta V, Vohrer U, Hegemann D, Muller M, Oehr C. *Surf. Coat. Technol.* 174 (2003) 805.
- [56] Socrates G. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies – Tables and Charts* (3rd edn). John Wiley & Sons: West Sussex, 2001.
- [57] Pascoal Neto, C.; Rocha, J.; Gil, A.; Cordeiro, N.; Esculcas, A. P.; Rocha, S.; Delgadillo, I.; Pedrosa de Jesus, J. D.; Ferrer Correia, A. J. *Solid State Nucl Magn Reson* 4 (1995) 143–151.
- [58] Gil, A. M.; Lopes, M.; Rocha, J.; Pascoal Neto, C. *Int J Biol Macromol* 20 (1997) 293–305.
- [59] Lopes, M. H.; Sarychev, A.; Pascoal Neto, C.; Gil, A. M. *Solid State Nucl Magn Reson* 16 (2000) 109–121.
- [60] Lopes, M. H.; Barros, A. S.; Pascoal Neto, C.; Rutledge, D.; Delgadillo, I.; Gil, A. M. *Biopolymers* 57 (2000) 344–351.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mefail KOÇAL AKTEPE

Doğum Yeri ve Tarihi: Tuzla / 30.10.1991

E-Posta: mefailkcl@gmail.com

Lisans: Yalova Üniversitesi – Polimer Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

(2015 /-) - Plascam Plastik A.Ş / Proje Mühendisi

Kazanımlar

Ford, Jaguar-Land Rower, Aston Martin ve Tesla gibi otomotiv sektörü OEM'lerine plastik parça tedarigi yapan firmada proje mühendisi olarak görev yapmaktadır. Ford müşterisine ait devam etmekte olan running change takibi ile yeni proje devreye alma sürecini takip etmektedir. Başta İngiltere olmak üzere Almanya ve Türkiye'ye mühendislik desteği verilmesini sağlamaktadır. B460, B460 MCA, V362 MCA, V363 MCA ve V710 projeleri olmak üzere 2017.5 -2019 model yılı Ford projelerinin devreye alınmasında APQP ve VPP güncellemelerinin yapılması, DFMEA

çalışmaların yapılması, ürün fizibilitelerinin yapılması, ürün detay parçalarının(BOM) siparişlerinin verilmesi, MSA-SPC-IMDS-ÜBO-FMEA dokümanlarının hazırlanması, kalıp tasarım takibinin yapılması, kalıp imalatının takibinin yapılması, kontrol ve montaj fikstürlerinin imalatının takibinin yapılması, deneme üretimlerinin planlanması, PFUS formları ile parça doğrulama takibinin yapılması, parça desen ve boya işlemlerinin planlanması, paketleme onaylarının yapılması ve tüm PPAP dokümanlarının tamamlanması ile projelerin devreye alınmasında görev almıştır. Aynı zamanda Avrupa Birliği Projesi kapsamında Naturtruck projesinin firma içinde tanıtımı, organizasyonu ve projenin yürütülmesinde görev almıştır.

Projeler

Ford Motor Company B460, B460 MCA, V362 MCA, V363 MCA, V710 Projeleri devreye alma

(2017, Ocak) – Tübitak Projesi

(2016, Ekim, Galicia) - Naturtruck Avrupa Birliği Projesi (Plascam Plastik)

(2016, Mayıs, Brüksel) – Naturtruck Avrupa Birliği Projesi (Plascam Plastik)

(2016, Mart, Valencia) - Naturtruck Avrupa Birliği Projesi (Plascam Plastik)

Kurs / Seminer / Sertifikalar

(2011, Mayıs) - Marmara Üniversitesi Mühendislik Kariyer Günü Semineri

(2011,Mayıs)- PAGEV Tanıtım Semineri

(2011, Haziran) – PAGEV Plastik Sektöründe Çevre Atık Yönetimi Semineri

(2011, Aralık) - PAGEV İnovasyon ve Girişimcilik Semineri

(2012, Ocak) - Plastik İşlem Teknolojileri Engel Enjeksiyon Makineleri Semineri

(2012,2015) - Yalova Üniversitesi Polimer Günleri 1-2-3

(2015,Mayıs) -Yalova Üniversitesi Polimer Çalıştay

(2015, Mayıs) - Autodesk Semineri

(2015, Mayıs)- KOSGEB Girişimcilik Sertifikası

- (2015, Ekim) - Otomotiv Sektörüne Proje Mühendisi Yetiştirme Eğitimi
- (2015, Ekim) - Kalite Fonksiyonları Dağılımı Eğitimi (QFD)
- (2015, Kasım) - Hata Türleri ve Etki Analizi Eğitimi (FMEA)
- (2015, Kasım) – İstatistiksel Proses Kontrol Eğitimi (SPC)
- (2015, Kasım) - Ölçüm Sistemleri Analizi Eğitimi (MSA)
- (2015, Kasım) - İleri Ürün Kalite Planlaması ve Üretim Parçası Onay Prosesi Eğitimi (APQP, PPAP)
- (2016, Nisan) - ISO: 14001-2015 Geçiş Eğitimi
- (2016,Nisan) - ISO:14001-2015 Eğitimi ve İç Denetçilik Sertifikası
- Ford Eğitimleri (IMDS, FMEA, AAR)
- (2016, Haziran) - Kobi Geliştirme ve İnovasyon
- (2017, Ocak) – MARKASEM TEYDEB 1507-1501 Proje Yazma Eğitimi
- (2017), Hexagon Studio – DFMEa Eğitimi
- (2018), Ford Müşteri Özel İstekleri Eğitimi
- (2018), 6 Panel Eğitimi
- (2018), Ford CAR 5.6 Eğitimi

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Koçal Aktepe Mefail, Karahan Toprakçı Hatice Aylin (2019). Production of Cork Polymer Composites, International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 1(1), 77-77. (Özet Bildiri/Poster)

