

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKER PANCARI POSASININ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bariş GÖKDEMİR

BİYOKOMPOZİT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ŞUBAT- 2020

İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKER PANCARI POSASININ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI



YÜKSEK LİSANS TEZİ
Barış GÖKDEMİR
(Y1602020003)

Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Kutlay SEVER

ŞUBAT- 2020

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Y1602020003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi BARIŞ GÖKDEMİR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ŞEKER PANCARI POSASININ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :

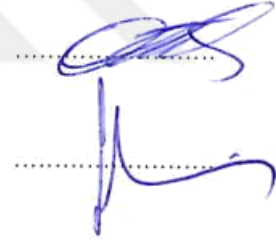
Prof. Dr. Kutlay SEVER
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi



Jüri Üyeleri :

Prof. Dr.Nilgöl ÇETİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Seçkin ERDEN
Ege Üniversitesi



Savunma Tarihi : 28/02/2020

**Eğitimim ve yaşamım adına
Mustafa Kemal Atatürk'e saygılarımla...**

1881-193[∞]

ÖNSÖZ

Ülkemizde ve dünyada odun kaynaklarının günden güne hızla azalması sonucunda bu kaynaklar yerine alternatif olarak kullanılacak tarımsal atıklar, meyve çekirdek ve kabukları, meyve ve sebze posaları üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Bu anlamda kompozitlerde sebze ve meyvelerin işlenmesi sonucu oluşan atıkların dolgu veya takviye malzemesi olarak kullanılması ile tekrar değerlendirilmesi neticesinde polimer kullanımının azaltılması amaçlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında katma değeri bulunmayan şeker pancarı posasının kurutulması, öğütülmesi neticesinde mikronize edilmesi ve günlük hayatımızda pekçok alanda kullanılan polipropilen içerisine katılması ile kompozit malzemelerin üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Yapmış olduğum tez çalışmamda bana her konuda bilgi ve birikimleri ile destek olan değerli danışmanım Prof. Dr. Kutlay Sever'e ve Araş. Gör. Metehan Atagür'e sonsuz teşekkürlerimi iletir saygılarımı sunarım.

Şubat-2020

BARIŞ GÖKDEMİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER ve DENKLEMLER.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 .Kompozit Malzemeler	1
1.1.1 Kompozitlerin sınıflandırılması	3
1.2 Biyokompozitler	5
1.2.1 Biyomalzemelerin sınıflandırılması	6
1.3 Şeker Pancarı	10
1.4 Tarımsal Atıklar	15
1.5 Literatür Araştırması	17
2. MATERYAL VE METODLAR	27
2.1 Kullanılan Materyaller	27
2.1.1 Şeker pancarı posası	27
2.1.2 Polipropilen	28
2.2 Metodlar	29
2.2.1 Kompozit üretimi	29
2.3 Malzeme Test ve Karakterizasyonları	31
2.3.1 Parçacık boyut analizi	31
2.3.2 Çekme ve eğilme testleri	31
2.3.3 Dinamik mekanik analizi (DMA)	32
2.3.4 Termogravimetrik analizi (TGA)	32
2.3.5 Diferansiyel taramalı kalorimetre analizi (DSC)	33
2.3.6 Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri (SEM)	33
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
3.1 Parçacık Boyut Analizi	34
3.2 Çekme ve Eğilme Test Sonuçları	35
3.3 Dinamik Mekanik Analizi (DMA)	42
3.4 Termogravimetrik Analizi (TGA)	45
3.5 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Analizi (DSC)	49
3.6 Taramalı Elektron Mikroskobu İncelemeleri (SEM)	50
4. SONUÇLAR	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	61

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Bölgelere Göre Şeker Pancarı Üretimi(2013) [46].....	12
Tablo 1.2. Tarımsal Atıklar ve Elde Edilen Ürünler [50].....	16
Tablo 1.3. Türkiye'nin Yıllık Biyokütle Potansiyeli [54].....	17
Tablo 1.4. Türkiye'nin Tarımsal Atık Potansiyeli [54].....	17
Tablo 2.1. Polipropilen Özellikleri [76]	28
Tablo 2.2. Kompozit İçerik Oranları.....	29
Tablo 2.3. Sıcak-Soğuk Pres Uygulaması Basınç ve Süreleri.....	30
Tablo 3.1. Çekme ve Eğilme Test Sonuçları.....	35
Tablo 3.2. PP ve Kompozitlerin DMA Sonuçları.....	42
Tablo 3.3. Saf PP ve Kompozit Numunelerin TGA Analiz Sonuçları.....	46
Tablo 3.4. SP Partiküllerin TGA Analiz Sonuçları.....	48
Tablo 3.5. PP ve Kompozitlerin DSC Analiz Sonuçları.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Takviye Şekline Göre Kompozitler [3]	4
Şekil 1.2. Kompozitlerde Farklı Düzenlemelere Göre Takviye Malzemeleri [7].....	5
Şekil 1.3. Biyokompozitlerin Sınıflandırılması [21]	7
Şekil 1.4. Doğal Lif Hücresinin Yapısal Bileşenleri [31]	8
Şekil 1.5. Selüloz Lif Mikro Yapısı [32]	9
Şekil 1.6. En Büyük Şeker Üreticisi Ülkeler ve Türkiye (2016/17) [44].....	12
Şekil 1.7. Şeker ve Şeker Pancarı Posası Üretimi Şeması [47]	13
Şekil 1.8. Şeker Pancarı Ürün Süreci.....	14
Şekil 1.9. Şeker Pancarı Posası İçerik Oranları [43]	14
Şekil 1.10. Tarımsal Atıkların Sınıflandırılması [50]	15
Şekil 2.1. Şeker Pancarı Posası [75]	27
Şekil 2.2. Mekanik Öğütücü ve Özellikleri.....	27
Şekil 2.3. Titreşimli Elek ve Şeker Pancarı Posası Partikülleri.....	28
Şekil 2.4. Polipropilen Granülleri.....	28
Şekil 2.5. Etüv Fırını ve Özellikleri.....	29
Şekil 2.6. Numune Hazırlanması ve Termokinetik Mikser.....	30
Şekil 2.7. Sıcak-Soğuk Pres.....	30
Şekil 2.8. Kesici Kalıplar ve Numuneler.....	31
Şekil 2.9. Üniversal Test Cihazı.....	31
Şekil 2.10. Dinamik Mekanik Analiz Cihazı.....	32
Şekil 2.11. Termogravimetrik Analiz Cihazı.....	32
Şekil 2.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Cihazı.....	33
Şekil 2.13. Taramalı Elektron Mikroskobu Cihazı.....	33
Şekil 3.1. 100µm Altı Partikül Boyut Analiz Sonuçları.....	34
Şekil 3.2. 100-250µm Arası Partikül Boyut Analiz Sonuçları.....	34
Şekil 3.3. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Çekme Mukavemetinin Karşılaştırılması.....	36
Şekil 3.4. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerin Çekme Mukavemetinin Karşılaştırılması.....	36
Şekil 3.5. Üretilen Kompozitlerin Çekme Mukavemetlerinin Karşılaştırılması.....	37
Şekil 3.6. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması.....	37
Şekil 3.7. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması.....	38
Şekil 3.8. Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması.....	38

Şekil 3.9. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Eğilme Mukavemetinin Karşılaştırılması.....	39
Şekil 3.10. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Eğilme Mukavemetinin Karşılaştırılması.....	39
Şekil 3.11. Üretilen Kompozitlerin Eğilme Mukavemetlerinin Karşılaştırılması	40
Şekil 3.12. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması.....	40
Şekil 3.13. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması.....	41
Şekil 3.14. Üretilen Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması.....	41
Şekil 3.15. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Depolama Modülü Değişimi.....	43
Şekil 3.16. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Depolama Modülü Değişimi.....	43
Şekil 3.17. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Kayıp Modülü Değişimi.....	44
Şekil 3.18. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Kayıp Modülü Değişimi.....	44
Şekil 3.19. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Tan Delta Değişimi	45
Şekil 3.20. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Tan Delta Değişimi.....	45
Şekil 3.21. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi	47
Şekil 3.22. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi.....	47
Şekil 3.23. SP Partiküllerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi.....	48
Şekil 3.24. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin DSC Grafiği.....	50
Şekil 3.25. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin DSC Grafiği.....	50
Şekil 3.26. Saf PP'nin SEM Görüntüleri.....	51
Şekil 3.27. PP-5SP100 (a) ve PP-5SP250 (b) SEM Görüntüleri.....	51
Şekil 3.29. PP-15SP100(e) ve PP-15SP250(f) SEM Görüntüleri.....	52

KISALTMALAR

PP-5SP100	: Ağırlıkça %5 100µm altı şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-10SP100	: Ağırlıkça %10 100µm altı şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-15SP100	: Ağırlıkça %15 100µm altı şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-20SP100	: Ağırlıkça %20 100µm altı şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-5SP250	: Ağırlıkça %5 100-250µm arası şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-10SP250	: Ağırlıkça %10 100-250µm arası şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-15SP250	: Ağırlıkça %15 100-250µm arası şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP-20SP250	: Ağırlıkça %20 100-250µm arası şeker pancarı küspesi partikülü dolgulu polipropilen matrisli kompozit
PP	: Polipropilen
SP	: Şeker Pancarı Posası
MAPP	: Maleik Anhidrid Aşılı Polipropilen
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
NaOH	: Sodyum Hidroksit
MAPE	: Maleik Anhidrid Aşılı Polietilen
PBAT-g-MA	: Polibütlen Adipat Aşılı Maleik Anhidrid
PLA-g-MA	: Polilaktikasit Aşılı Maleik Anhidrid
PLA	: Polilaktikasit
PBT	: Polibütlen Tereftalat

SEMBOLLER ve DENKLEMLER

T_c	: Kristalizasyon Sıcaklığı
T_m	: Erime Sıcaklığı
X_c	: Kristalite Derecesi
ΔH_c	: Kristalizasyon Entalpisi
ΔH_m	: Erime Entalpisi
ΔH_m⁰	: Erime Entalpi Derecesi
φ_{PP}	: %100 Kristalize Polipropilen Entalpisi
TGA	: Termogravimetrik Analizi
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Analizi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
kN	: Kilonewton
KJ	: Kilojoule
MPa	: Megapaskal
GPa	: Gigapaskal
m²	: Metrekare
cm²	: Santimetrekare
J	: Joule
X_c(%)	$= \frac{\Delta H_m / \phi_{PP}}{\Delta H_m^0} \times 100$

ŞEKER PANCARI POSASININ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Ülkemizin gelir ve üretim kaynaklarında tarımsal üretim büyük rol oynamaktadır. Buna paralel olarak önemli ölçüde tarımsal atık meydana gelmektedir. Şeker pancarından şeker üretim işlemi sırasında üretilen şeker pancarı küspesi daha çok hayvan yemi olarak kullanılmakta veya atılmaktadır. Bunun önüne geçmek ve tarımsal atık olan malzemelerin polimerler içerisinde değerlendirilmesi konusunda, günlük hayatımızda sıkça kullandığımız polipropilen ve şeker pancarı küspesi ile kompozit malzemeler üretilmiştir. Şeker üretim fabrikasından alındıktan sonra kurutulan şeker pancarı küspeleri öğütülmüştür. Öğütme işlemi sonrasında 100µm altına ve 100-250µm arasında elenerek farklı partikül boyutları oluşturulmuştur. Bu oluşturulan partiküller %5, %10, %15 ve %20 oranında dolgu maddesi olarak saf PP içerisine katılmıştır. Üretilen kompozit numuneler ve PP'den oluşturulan numunelere çekme testleri, üç nokta eğilme testleri ve termogravimetrik analizleri(TGA), diferansiyel taramalı kalorimetre analizleri (DSC), morfolojik yapısı için taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polipropilen, Şeker Pancarı Posası, TGA, DSC, DMA

INVESTIGATION OF USABILITY OF SUGAR BEET PULP IN BIOCOMPOSITE PRODUCTION

ABSTRACT

Agricultural production plays a major role in the income and production resources of our country. In parallel, significant agricultural waste is generated. Sugar beet pulp produced during the sugar production process from sugar beet is mostly used or discarded as animal feed. In order to prevent this and to evaluate agricultural waste materials in polymers, composite materials were produced with polypropylene and sugar beet pulp, which we frequently use in our daily lives. Sugar beet pulp that was dried after being taken from the sugar production factory was ground. After grinding, different particle sizes were created by sieving under 100 μ m and between 100-250 μ m. These formed particles were incorporated into pure PP as filler at 5%, 10%, 15% and 20%. Tensile tests, three-point bending tests and thermogravimetric analysis (TGA), differential scanning calorimeter analysis (DSC), and scanning electron microscopy (SEM) for morphological structure were applied to the produced composite samples and PP samples.

Keywords: Polypropylene, Sugar Beet Pulp, TGA, DSC, DMA

1. GİRİŞ

1.1 .Kompozit Malzemeler

Kompozit; kelime anlamı olarak, iki veya daha fazla materyalin makroskobik düzeyde birleşimi sonucunda daha kullanışlı yeni materyal elde edilmesidir [1]. Genel olarak, farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla bileşenden oluşan herhangi bir materyal, bir kompozit malzeme olarak adlandırılabilir. Buna paralel olarak, uzun bir evrim süreci sonucunda ortaya çıkan doğal malzemelerin çoğu, kompozit malzemeler olarak ele alınabilir [2].

Günümüzde kullanılan modern sentetik kompozitler basit olarak matris ve takviye olarak adlandırılan iki farklı materyalin birleşimi ile oluşur. Matris, istenilen ürüne şeklini vermekle birlikte takviye malzemesini kaplayarak dış ortam etkilere karşı direnç, yüzey sürtünme direnci, kimyasal dayanım vb. özelliklerde olumlu etki yapar. Takviye materyalleri arası izolasyon sağlayarak takviye fazının birbirinden bağımsız olarak davranmasını sağlar. Bu durumun yararı konusunda bir örnek vermek gerekirse; oluşabilecek bir çatlak durumda, çatlağın yavaş ilerlemesini veya durmasını sağlar. Karşılaşılan bu durum için matris-fiber uyumu, ara yüzey özellikleri, dolgu malzemeleri ve fiber uzunluğu gibi özellikleri göz ardı etmemek gerekir. Malzemeye uygulanan yükleri takviye materyaline aktararak taşıyıcı görevi üstlenir. Matris malzeme özelliklerine göre kompozitin mekanik özelliklerine ve iletkenlik özelliklerine etki eder. Örneğin sünek bir matris seçilirse oluşturulan kompozitin darbe direnci artar veya matris yalıtkan bir malzeme seçilirse, üretilen kompozit materyal yalıtkan olabilir [2].

Takviye fazı, temel görevi polimerin mekanik özelliklerini arttırmak olan materyallerdir. Takviye fazı malzemesi, elyaf, parçacık ya da pul şeklinde olabilir [3]. Elde edilen kompozit malzeme üzerinde oluşan yükü yaklaşık %76 oranında destekler. Genellikle maliyet düşürmek üzere kullanılan dolgu malzemeleri ile karıştırılmamalıdır. Doğada bulunan kompozitlere örnek vermek gerekirse odunda bulunan lignin matrisli selüloz fiberleri veya kemiğin yapısını gösterilebilir [2].

Ayrı ayrı bileşenlerle elde edilemeyen özelliklere sahip bir malzeme üretmek için birkaç bileşenin birleştirilmesi fikri, binlerce yıldır insan tarafından kullanılmıştır [2]. Bulunan en eski örneklerde İsrailîlilerin çamur ve saman karışımı yaparak kullandığı tuğlalar, bambu filizlerinin takviye malzemesi çamurun matris olarak kullanımı, saman ve at kılının, en az 5000 yıldır çamur tuğlalarını güçlendirmek (kırılma tokluğunu artırmak) için kullanımı, Mısırlılar tarafından yapıştırılmış lamine ahşap (M.Ö. 1500) ve dövme kılıçlarda lamine metaller yer almaktadır [3, 4]. 1930’lu yıllarda cam elyaf takviyeli kompozitlerin üretimi, tekne, uçak vb. kullanımı artan modern sentetik kompozitler, 1960’larda karbon ve bor liflerinin geliştirilmesiyle sivil, askeri ve havacılık uygulamalarında metallerin yerini almıştır. İleri teknoloji kompozitlerin, endüstriyel teknoloji alanlarında yapısal malzemeler olarak kullanımı hedeflenmektedir. Kompozit bilim ve teknoloji bilgisi büyüdükçe, fonksiyonel ve çok işlevli kompozitler, akıllı kompozitler ve nanokompozitler ile çok sayıda yeni malzeme ve teknoloji geliştirilebilmektedir [5]. Günümüzde karbon elyafı ile güçlendirilmiş polimerlerin yüksek mukavemetli, yüksek dayanım/ ağırlık oranı, kompozitleri havacılık ve yüksek performanslı spor ekipmanları için daha uygun hale getirmiştir. Cam elyafların çevresel etkilere karşı üstün direnci, cam elyafı ile güçlendirilmiş polimerleri, korozyon dayanımı sayesinde deniz taşıtları, kimya ve gıda endüstrilerinde kullanımını daha cazip hale getirmiştir [6].

Kompozit malzemeyi oluşturmaktaki asıl amaç, kompozit üretiminde kullanılan bileşenlerin en iyi olduğu özelliklerini kullanarak, üretilen yeni materyalde bu özelliklerinin sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Uygulama alanlarına bakıldığında kullanılan bileşenlerin en iyi özelliklerine ulaşmak en önemli etmen doğru tasarımıdır. Örneğin oluşturduğumuz fiber takviyeli kompozitinde çekme yükü ile fiberlerin yönü ile aynı doğrultuda değilse kullanılacak fiber ve matris malzemeleri ne kadar iyi olursa olsun beklenen mekanik dayanım elde edilemez. Kompozit malzemeler ile iyileştirilebilen özelliklerin bazıları [1]:

- Mukavemet
- Sertlik
- Korozyon dayanımı
- Sürünme direnci
- Düşük ağırlık
- Yorulma dayanımı
- Sıcaklığa karşı boyut istikrarı
- Termal izolasyonu
- Termal iletkenlik
- Akustik özellikler

Görüldüğü üzere bir çok avantaja sahip olan kompozit malzemelerin dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar [7]:

- Üretim maliyeti
- Yeniden kullanım
- Hasar durumunda tamir
- Doğada çözünmeme

1.1.1 Kompozitlerin sınıflandırılması

Matrislerine göre kompozitler 3'e ayrılır [8].

- Polimer matrisli kompozitler
- Metal matrisli kompozitler
- Seramik matrisli kompozitler

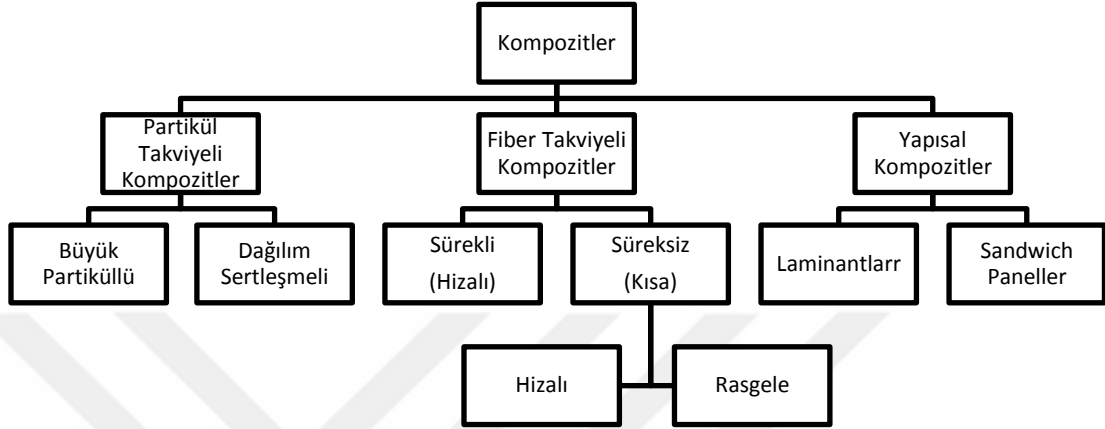
Polimer matris kompozitleri, hafiflikleri, yüksek mukavemetleri ve imalat kolaylıkları nedeniyle uygulamada en çok karşılaşılan kompozit çeşididir. Polimer matris, genellikle hidrokarbon bazlı olan bir polimer maddesidir. Takviye malzemesi sentetik elyaf, genellikle cam ya da karbon elyaf olacaktır. Bu polimerler, otomobil, havacılık, spor malzemeleri vb. mühendislik alanlarının çoğunda metallerin yerini almaktadır [9].

Metal matrisli kompozitler geleneksel metal malzemelerden daha fazla dikkat çekmekte ve hafiflikleri, yüksek mukavemeti, yüksek aşınma direnci ve özgül mekanik özellikleri nedeniyle endüstrideki birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal matris kompozitler, sıcak ekstrüzyon, soğuk ekstrüzyon, sıcak presleme ve soğuk presleme, sinterleme işlemi gibi çeşitli üretim yöntemleriyle üretilir [10]. Alüminyum [11], bronz [12], çelik [13], magnezyum, titanyum, dökme demir metal matrisli kompozit uygulamalarında karşılaşılmaktadır. Örnek olarak çeliğin, alüminyum ve titanyum gibi düşük yoğunluklu metalleri takviye ederek daha yüksek özgül dayanım ve modülü; grafit gibi düşük termal genleşme katsayısına sahip fiberlerle takviye ederek düşük termal genleşme katsayıları; ve yüksek sıcaklıklarda mukavemet gibi özelliklerin korunması gösterilebilir [2].

Seramik matrisli kompozitlerde, yüksek sıcaklık direnci, kimyasal stabilite, korozyon direnci, aşınma ve sürünme direnci, yüksek elastik modülü seramik matris kullanımı için idealdir. Uygulamalar arasında seramik disk freni, füze ucu kozalakları, jet motoru türbin kanatlarının kaplamaları, gaz türbini motor parçaları, seramik adyabatik motorlar, zırhlı savaş araçları, balistik zırhlı yelekler, bilyalı rulmanlar, ısı geri kazanım ekipmanı bileşenleri, yakıcılar, endüstriyel işleme ekipmanı, atık yakma tesisleri, ayırma ekipmanı, filtreleme sistemleri, diş implantları ve sentetik kemikler gibi önemli ve özel uygulama gerektiren yerlerde kullanılır [14].

Takviye şekline göre kompozitler 3'e ayrılır (Şekil 1.1) .

- Fiber takviyeli kompozitler
- Parçacık(partikül) takviyeli kompozitler
- Yapısal kompozitler



Şekil 1.1. Takviye Şekline Göre Kompozitler [3]

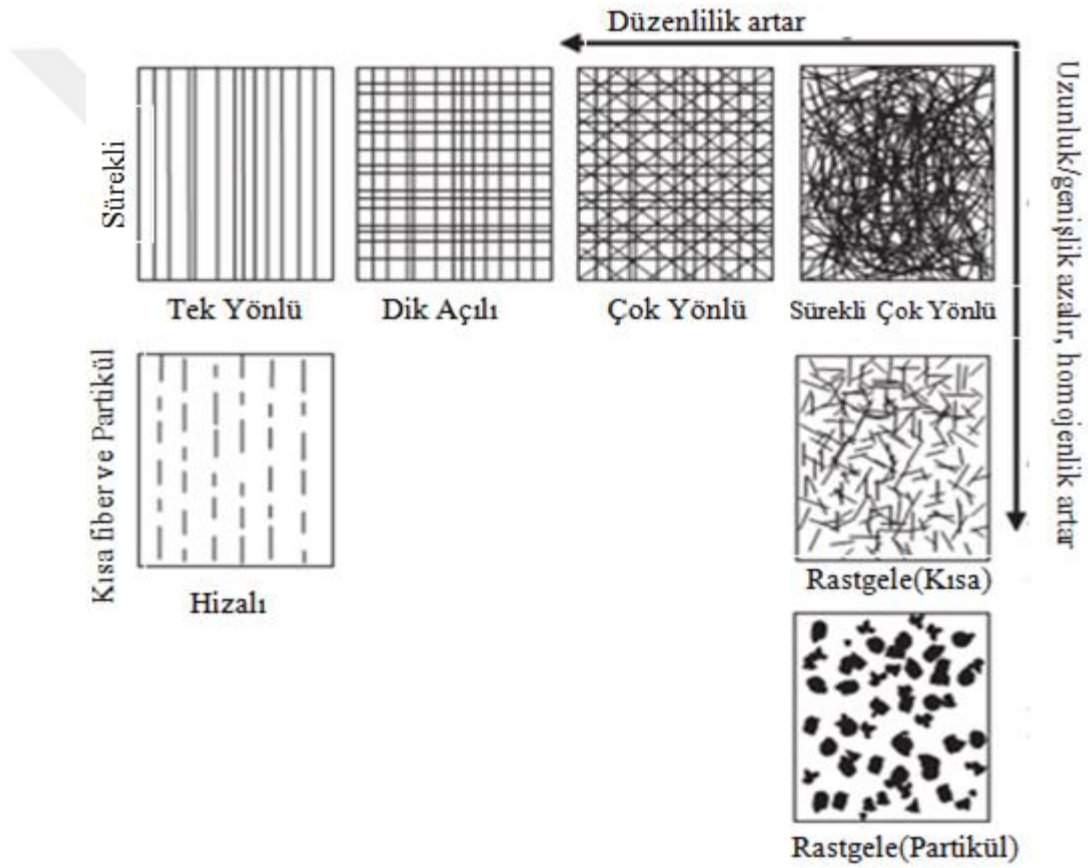
Fiber takviyeli kompozitler kısa (sürekli) veya uzun (sürekli) liflerle güçlendirilmiş matrislerden oluşur. Lifler genellikle anizotropiktir. Matris olarak polimerler, metaller ve seramikler kullanılmaktadır. Sürekli fiber matris kompozitin temel birimleri tek yönlü veya dokunmuş kumaşlardır [3]. Fiber takviyeli kompozitler, hafiflikleri ve yüksek mekanik mukavemet ve sertliklerinden dolayı yaygın olarak bisiklet çerçeveleri, araba, gemi ve uçak gövdeleri gibi yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır.

Parçacık (partikül) takviyeli kompozitler; matrislere eklenmiş parçacıklardan oluşur. Genellikle izotropiktir, çünkü parçacıklar rastgele eklenir. Parçacıklı kompozitlerin geliştirilmiş dayanıklılık, arttırılmış çalışma sıcaklığı, oksidasyon direnci, vb. avantajları vardır. Tipik örnekleri arasında kauçukta alüminyum parçacıklarının kullanılması; alüminyumda silisyum karbür partiküllerinin kullanılmasıdır. Kullanılmaların temel sebebi fiber takviyeli kompozitlere göre düşük maliyetleri ve iyi aşınma direncinde sahip olmalarıdır [3, 4].

Yapısal kompozitler farklı özelliklere sahip en az iki tabakanın kombinasyonundan oluşur. Daha yararlı bir malzeme elde etmek için tabakaların ve bağlayıcı malzemenin en iyi yönlerini birleştirmek için kullanılır [1]. Yapısal kompozit malzemeler ve yapılar, farklı malzeme özelliklerine sahip lamina

yığınlarından oluşan, yüksek özgül sertlik ve mukavemet, yüksek tokluk ve düşük özgül yoğunluk, gibi birçok önemli özelliğe sahiptir [15]. Ek olarak, yapısal kompozitler, piezoelektrik katmanların eklenmesiyle akıllı yapılar haline gelebilir. Bu benzersiz özellikler nedeniyle, lamine kompozit yapılar inşaat mühendisliği, uçak ve uzay mühendisliği, otomotiv endüstrisi, elektromekanik sistemler ve akıllı yapılar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [16, 17].

Şekil 1.2. görüldüğü gibi takviye fazında tane boyutu küçüldükçe kompozit içerisindeki homojenlik artar. Oluşan yapı daha izotropik hale gelir. Elde edilen kompozit yapı malzemenin tümünde benzer özellikler gösterir.



Şekil 1.2. Kompozitlerde Farklı Düzenlemelere Göre Takviye Malzemeleri [7]

1.2 Biyokompozitler

Son yıllarda artan endüstrileşme karbon ayak izinin artmasına sebep olmaktadır ve bu durum doğal yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle polimer kompozit malzemelerin geliştirilmesi üzerine çalışan araştırmacılar, yeni çevre

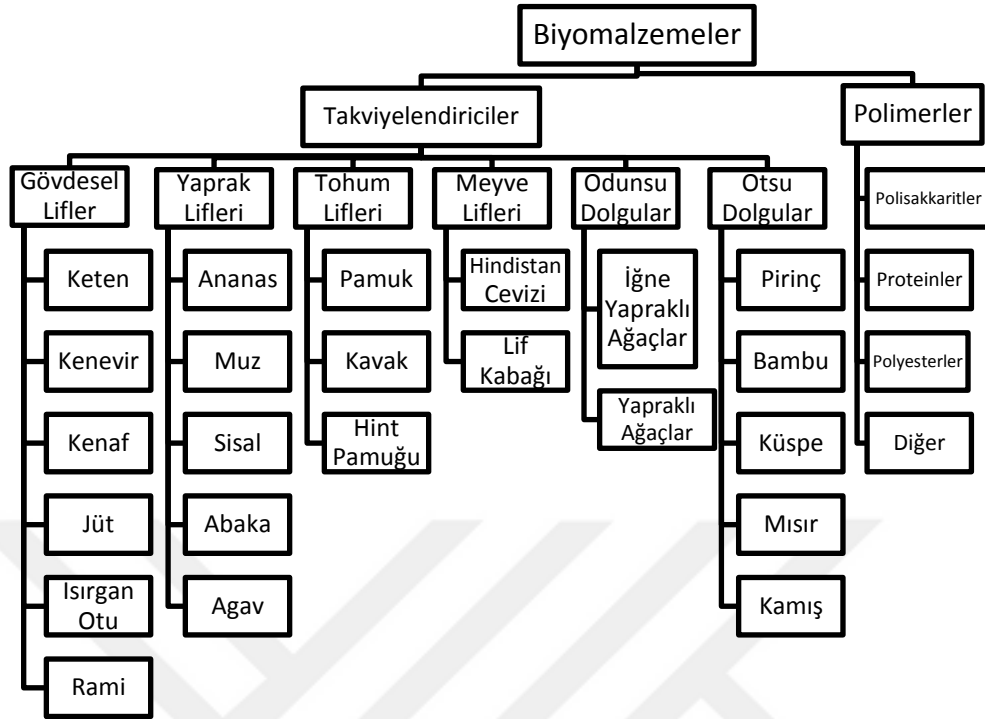
mevzuatları, petrol ve türevi kaynakların 50-60 sene içerisinde tükeneneğinin tahmin edilmesi, atmosfere CO₂ gibi gazlara neden olan sera gazı salınımının azaltılması için yapılan anlaşmalar ve fosil yakıt kullanımı azaltma konusunda artan bir bilinçlenme ve imalat sanayilerinin (özellikle otomotiv, inşaat ve paketleme) talepleri doğrultusunda cam elyafı gibi geleneksel yenilenemeyen takviye malzemelerinin yerini alabilecek yeni materyaller keşfedilmeye zorlanmışlardır [18, 19]. Bu sorun ve talepler doğrultusunda kabul edilebilir özelliklere sahip tamamen biyobozunur malzemelerin geliştirilmesi alanında yeni bir ilgiyi uyandırmıştır [20]. Bunun sonucu olarak, tüm plastik sektörleri arasında biyokompozitlerin yıllık büyüme hızı, 2007 yılı için Kuzey Amerika'da %18, Avrupa'da ise %14'tür. Biyo bazlı plastikler de aynı başarıyı yakalamıştır. 2020 yılında Avrupa Birliği'nde, biyo bazlı plastiklerin, yıllık 3.1 milyon ton ile petrol esaslı polimerler pazarının %4.4'üne sahip olacağı tahmin edilmektedir [21]. ABD Enerji Bakanlığı tüm kimyasalların 2020 yılında en az %10'unu, 2050 yılında ise en az %50'sini bitkisel kaynaklardan elde etmeyi hedeflemektedir [22]. Tüm dünyada yenilenebilir hammaddelerden yapılan malzemelerin üretiminin 2004'de %5'ten 2010'da %12'ye, 2020'de %18 ve 2030'da %25'e yükselmesi beklenmektedir. Gelecekte yenilenebilir kaynakların; yaklaşık 1,5 trilyon ABD doları olan küresel kompozit endüstrisinin üçte ikisinde kullanılacağı tahmin edilmektedir[23].

Biyokompozitler, biyolojik bir kaynaktan türetilen bir veya daha fazla materyal içeren kompozit malzemelerdir. Takviye açısından, pamuk, keten, kenevir ve benzerleri gibi bitki liflerini veya geri dönüştürülmüş ahşap veya atık kağıttan elde edilen lifleri içerebilir. Buna ek olarak bitkilerden elde edilen yan ürünler olan rejenere selüloz lifleri (viskon / suni ipek) de bu tanımlamaya dahil edilmiştir. [24].

1.2.1 Biyomalzemelerin sınıflandırılması

Biyomalzemeler temel olarak ikiye ayrılır:

- Biyotakviyelendiriciler
- Biyopolimerler



Şekil 1.3. Biyokompozitlerin Sınıflandırılması [21]

Biyotakviyelendiriciler;

Geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde, sürdürülebilir, çevre dostu ve doğada çözünebilir materyaller yapmak için bitkisel liflerin kullanımında önemli bir artış olmuştur. Polimer matris kompozitlerinde takviye olarak pamuk, kenevir, hint pamuğu, sisal, ananas, rami, bambu, muz vb. gibi bitkilerden elde edilen lifler ve ayrıca ahşap ve keten tohumları kullanılabilir [20]. Doğal lifler, esas olarak lignin matrisine gömülü selüloz fibrillerinden oluşan doğal olarak oluşan kompozitler olarak kabul edilebilir [25].

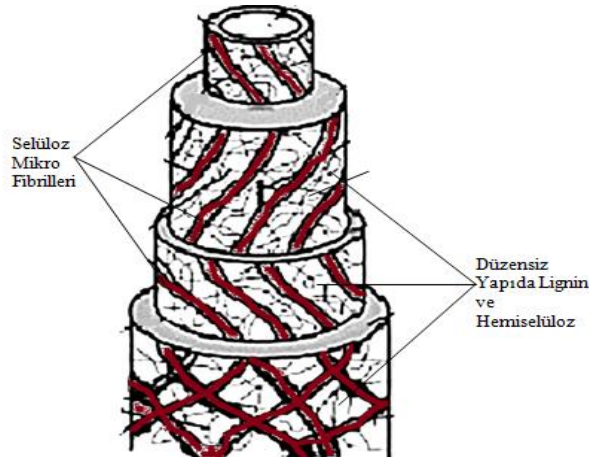
2010 yılında Avrupa Birliği'nde kullanılan biyofiber miktarı 315.000 ton olup, cam, karbon ve doğal elyaf gibi herhangi bir takviye malzemesi ile birlikte toplam kompozitin %13'ünü oluşturmaktadır. 2020 yılında yaklaşık 830.000 ton biyofiber kompozitinin tüketileceği ve toplam kompozit malzemelerin %28'ine kadar çıkacağı öngörülmektedir. Petrol bazlı ürün fiyatlarındaki artış, çevre dostu ürünlere yönelik güçlü devlet desteği, artan rekabet gücü, son kullanım endüstrilerinin pozitif büyümesi, küresel ısınmayı azaltma çabaları ve tüketiciler arasında daha fazla

kabullenme nedeniyle doğal elyaflara olan talebin artmaya devam edeceği öngörülmektedir [26].

Düşük yoğunluk, iyi mekanik performans, ürün çeşitliliği ve düşük geri dönüşüm maliyeti, üretim sırasında işlem kolaylığı nedeniyle doğal elyaflar, mevcut olan diğer elyaflara bir alternatif sunmaktadır. Özellikle, cam elyafları veya mika gibi sert inorganik dolgu maddelerine kıyasla düşük aşındırıcı özelliklerinden dolayı doğal elyaflar avantajlıdır [27, 28]. Bu ürünler için ortak uygulama alanı; otomotiv parçaları, bahçe korkulukları, çitler, peyzaj ahşapları, kapı ve pencere çerçeveleri, bina iç mekan mobilyaları, denizcilik dış mekan güverte döşemeleridir [28].

Bununla birlikte, biyofiberlerin yüksek hidroksil grubu içeriği nedeniyle hidrofilik karakteri, selüloz elyaflar ve polimer matrisler arasında zayıf arayüzey uyumu yaratır ve bu kompozitler için yetersiz mekanik özelliklere yol açar [29]. Yani, lif ve polimer matrisi arasındaki zayıf ara yüzey özellikleri, doğal liflerin hidrofilik karakterinden dolayı takviye malzemesi olarak kullanım potansiyellerini sıklıkla azaltır [30]. Doğal lifler yüksek sıcaklıklarda çok stabil değildir. Ayrıca nem emme kapasitesine sahiptirler. Bu durum nemli ortamlarda boyut kararsızlığı problemlerine de yol açar [31].

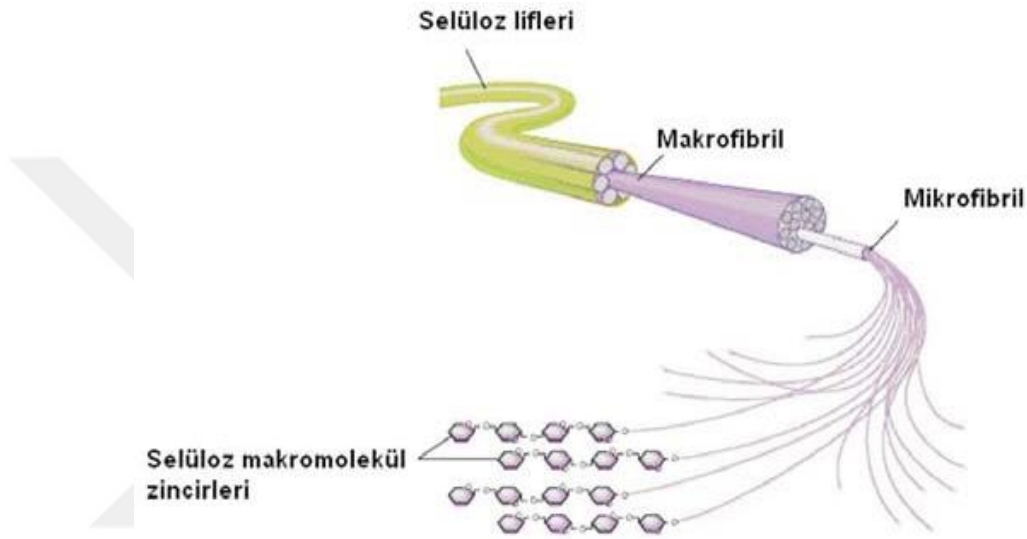
Doğal lifler, selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve balmumu malzemelerinden oluşur. Selüloz, liflere mukavemet, stabilite ve sertlik sağlayan doğal lifin ana bileşenidir. Hemiselüloz olan başka bir dallanmış polimer, fiberin primer duvarında çoğunlukla bulunur. Lignin olarak adlandırılan aromatik bir yapısal madde, doğada şekilsizdir (Şekil 1.4.). Pektin polisakkaritler ile oluşur. Bunlara ek olarak, doğal



Şekil 1.4. Doğal Lif Hücresinin Yapısal Bileşenleri [31]

elyafın renk, koku, bozulma direnci ve aşındırıcı etkisi üzerinde de az miktarda da olsa organik ve inorganik maddeler bulunur [31].

Bitkilere özgü olan en önemli bileşik selülozdur. Bitkileri oluşturan karbon miktarının yaklaşık %40'ı selülozun temel yapısından oluşmaktadır. Bu polisakkaritin kimyasal yapısı, doğrusal bir zincir oluşturmak üzere bir araya gelen β (1-4) glikoz ünitelerinden oluşur. Lineer zincir, glikosidik bağlara sahip olan bu birimlerden yüz binlerce kadar oluşturulabilir (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Selüloz Lifi Mikro Yapısı [32]

Selülozun işlevselleştirilmesinin veya modifikasyonunun, 1920'lerin başlarında olduğu belirlenmiştir. Bütün bitkilerin ortak maddesi olan selüloz, mantar ve alglerden başlayarak en gelişmiş bitkilerde farklı oranlarda bulunmaktadır. Geniş hidrojen bağı ağı, hidrofiliklik, güçlü mekanik özellikler, yüksek esneklik ve önemli yüzey tutunma kapasitesi ve şişme davranışları selüloz maddelerinin karakteristik özellikleridir [33, 34].

Hemiselülozlar ilk keşfedildiğinde selüloz biyosentezinde ara maddesi olduğu kabul edilmiştir. Günümüzde hemiselülozlar, selülozdan farklı biyosentetik yollardan oluşan bir grup heterojen polisakkaritlere ait olduğu bilinmektedir. 1891'de Schulze, hemiselüloz terimini ortaya koymuştur. Hemiselülozlar, biyolojik olarak parçalanabilirlik, biyouyumluluk, biyoaktivite vb gibi birçok önemli özelliğe sahiptir. Bu üstün özellikleri göz önüne alındığında, gıda endüstrisi gibi çeşitli alanlarda doğal

veya modifiye edilmiş olarak kullanılabilir [35, 36]. Hemiselülozlar, genellikle kuru kütlenin %20 ile 35'i arasındadır ve odunun ana bileşenlerinden biridir. Selüloz ve hemiselülozların çoğu, bitki hücresinin destekleyici yapısını (hücre duvarı) oluşturduğu için yapısal karbonhidratlardır. Hücre duvarındaki selüloz fibrilleri arasındaki matriste bulunur. Lignoselülozlardaki bileşenler sıkı bir şekilde ilişkilidir ve çeşitli işlemlerde hemiselülozun, hemiselülozu değiştirmeden lignin ve selülozdan ayrılmasının zor olduğu kanıtlanmıştır. Odunun yanı sıra, hemiselülozlar da çimler, tahıllar ve bazı ilkel bitkilerde dahi bulunur. Hemiselülozun tipi ve miktarı, bitki cinsine, doku tipine, büyüme evresine, büyüme koşullarına, depolamaya ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak büyük ölçüde değişir [37].

Lignin, gezegendeki selülozdan sonra en çok bulunan doğal bir biyopolimerdir. Lignin, tüm vasküler bitkilerde ve odunsu malzemelerde bitki hücre duvarlarında selüloz ve hemiselüloz için bir matris malzemesi olarak görev yapar [38]. Anselme Payen, 1838'de konsantre nitrik asitle işlendiğinde ahşabın bir bölümünü kaybettiğini ve selüloz adını verdiği katı ve lifli bir tortu bıraktığını gözlemlenmiştir. Daha sonra yapılan çalışmaların bir sonucu olarak, Payen tarafından izole edilen lifli malzemenin, selülozun yanı sıra başka polisakaritler içerdiği de ortaya çıkmıştır [39]. 1865 yılında F. Schulze tarafından odunun latinceyi olan Lignum ile adlandırılmış ve Lignin diye tanımlanmıştır. Lignin ne bir polisakarit, bir lipit, bir protein, ne de bir nükleotit olarak kabul edilir. Aromatik ve alifatik kısımların bir karışımı ile doğal olarak oluşan polimerler arasında en karmaşık yapıya sahiptir. Selülozlara benzer şekilde doğrusal bir yapıda değil, üç boyutlu bir ağ yapısına sahip olduğu görülmektedir [36].

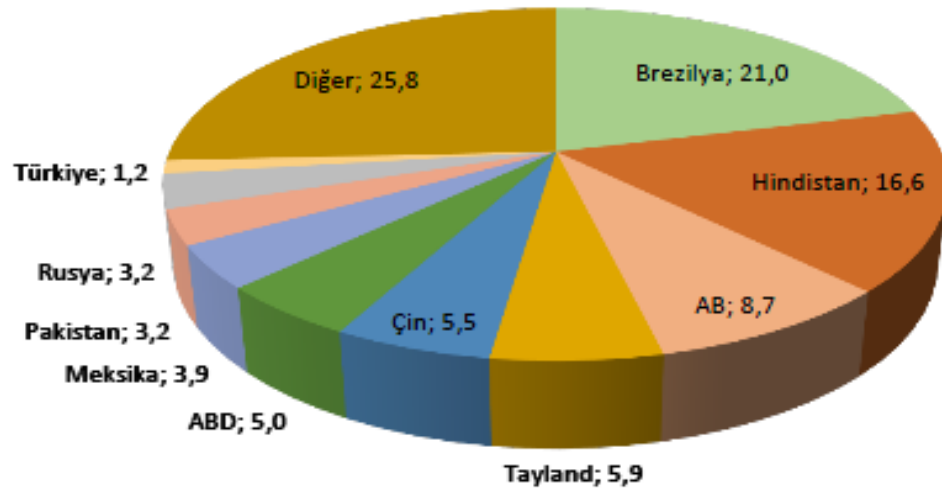
1.3 Şeker Pancarı

Şeker pancarı hakkında ilk bulgular Basra körfezinde olup yaklaşık M.Ö. 12000 yılına kadar dayanmaktadır. Buğday ve arpa ile aynı dönemde tarımsal olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Kıyı pancarı olarak bilinen bitkinin evrilmesiyle günümüzde kullanılan pancar çeşitlerinin ortaya çıktığı görülmektedir. M.Ö. 850-1000 yılları arası yaygınlaşarak Suriye, İran, Türkiye, Yunanistan ve Sicilya' da görülmektedir. Aristophanes, Euripides, Gaius, Plinius gibi Yunanlı bilim insanları

tarafından da bahsedilen şeker pancarının, Mısır piramitleri yapımında, çalışanlar tarafından gıda maddesi olarak tüketildiği belirlenmiştir. 1747 yılına kadar daha çok hayvan yemi olarak yetiştirilen şeker pancarı, daha sonra alman kimyacı Andreas Margraff tarafından şeker elde edilmesi ile şeker pancarı üretimi hızla yükselişe geçmiştir ve ilk şeker pancarı fabrikası 1802’de Silezya’da kurulmuştur [40, 41].

Şeker pancarı, yaklaşık %75 su, %18 şeker ve yaklaşık %5 hücre duvarından oluşur. Yüzyıllar boyunca, pancardaki şeker konsantrasyonu yaklaşık üçte bir oranında artmıştır. Zararlılara ve hastalıklara karşı direnç veya tolerans da artmıştır. Bitki ıslahı, işleme fabrikalarında elde edilen beyaz şeker miktarını arttırmaya yardımcı olan kök verimini ve kimyasal özelliklerini iyileştirmeye devam etmiştir. Bununla birlikte, pancarın genetik modifikasyonu Avrupa Birliği tarafından onaylanmamıştır ve ticari amaçlar için genetiği değiştirilmiş pancar yetiştirmek yasaklanmıştır [42, 43]. Bir dekarının fotosentez yoluyla havaya verdiği oksijen, 6 kişinin bir yılda tükettiği oksijene eşdeğer olup, 1 dekarlık orman alanından 3 kat daha fazla oksijen üretmektedir. Bu nedenle iyi bir çevre dostudur ve tarımının yapılması zorunluluk arz eden önemli bir endüstri bitkisidir [44].

Türkiye, iklim koşulları dolayısıyla yalnızca şeker pancarından, şeker üretimi yapan ülkeler arasındadır. Dünyada 55 ülkede şeker pancarı üretilmekte olup Türkiye %6.2’lik pay ile Rusya, Fransa, ABD ve Almanya’nın ardından 5’inci sırada yer almaktadır [44]. Yılda yaklaşık 16 milyon ton şeker pancarı üretilmektedir. Ancak şekerin maaliyet ve şeker kamışına göre verim düşüklüğünden dolayı sadece %22’si şeker pancarından üretilmektedir. Bunun sonucu olarak şeker üretiminde Türkiye %1.2’lik payla 17. sırada yer almaktadır. Diğer ülkeler arasında, dünyanın en büyük şeker üreticisi Brezilya olup, dünya üretimindeki payı 2016/17 döneminde %21’dir. Bu ülkeyi %17’lik pay ile Hindistan ve %9’luk pay ile AB ülkeleri takip etmektedir.



Şekil 1.6. En Büyük Şeker Üreticisi Ülkeler ve Türkiye (2016/17) [44]

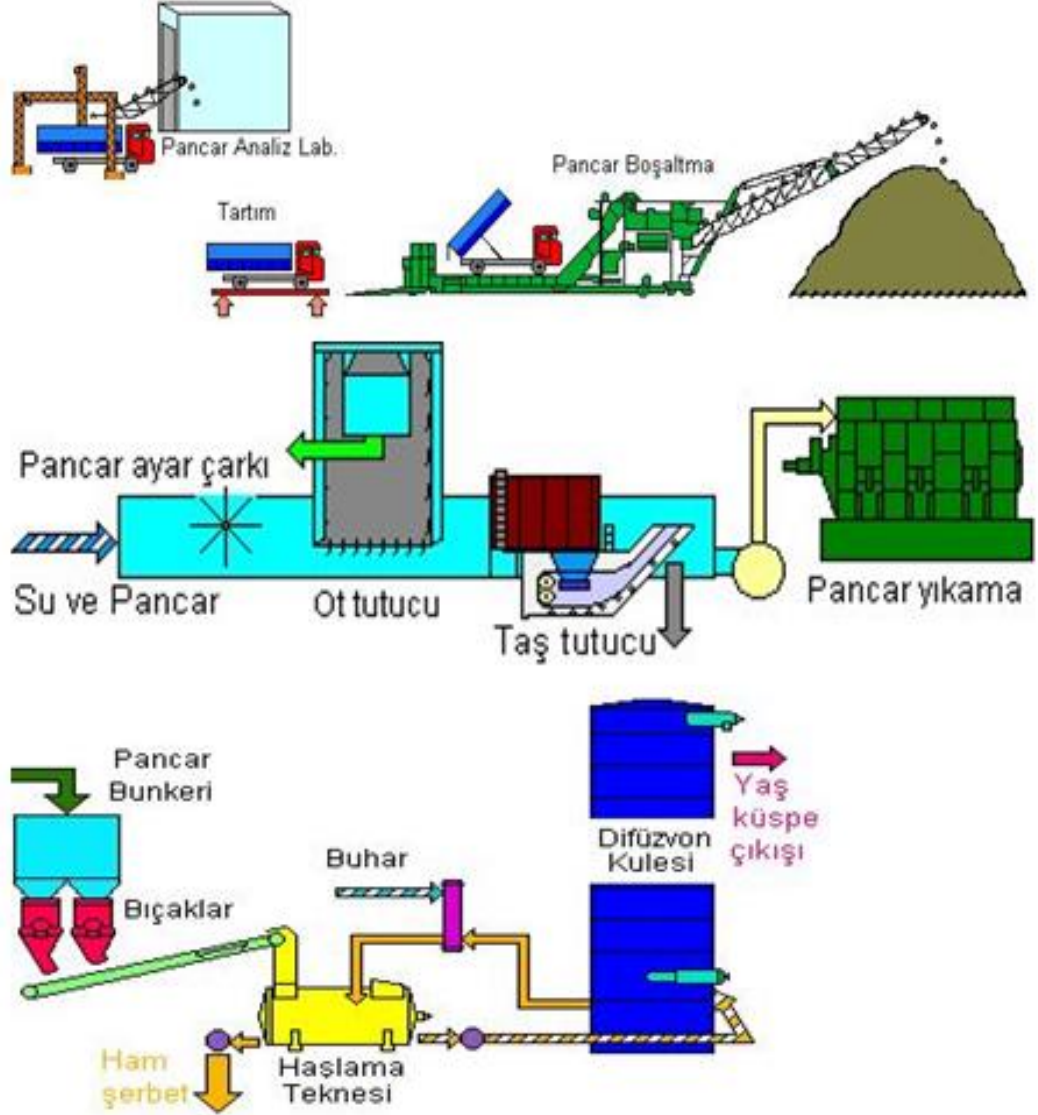
Türkiye’de şeker pancarı en fazla İç Anadolu Bölgesinde yetiştirilmektedir. Ege ve Güneydoğu bölgeleri de şeker pancarı üretiminde önemli derecede rol almaktadır. Ancak toprak verimi ve maddi sebeplerden dolayı en çok üretim İç Anadolu Bölgesi’ndedir. Türkiye’de en fazla şeker pancarı üretiminin yapıldığı il Konya’dır. Yozgat, Eskişehir, Aksaray, Kayseri, Afyonkarahisar başta olmak üzere 50’yi aşkın ilde şeker pancarı üretimi gerçekleştirilmektedir (Tablo 1.1.) [45, 46]. Ülkemizde yetişen şeker pancarı bitkisinin içerisindeki şeker verimi %15 oranındadır.

Tablo 1.1. Bölgelere Göre Şeker Pancarı Üretimi(2013) [46]

Bölgeler	Ekim Alanı (Hektar)	Üretim (Ton)	Payı (%)
Orta Anadolu	1.894.045	1.538.270	70,1
Ege	274.611	1.349.405	8,1
Doğu-Güneydoğu	297.559	1.273.195	7,8
Karadeniz	255.868	1.196.390	7,1
Akdeniz	15.1571	902.889	5,5
Marmara	39.628	223.159	1,4
Türkiye	2.913.282	16.483.308	100

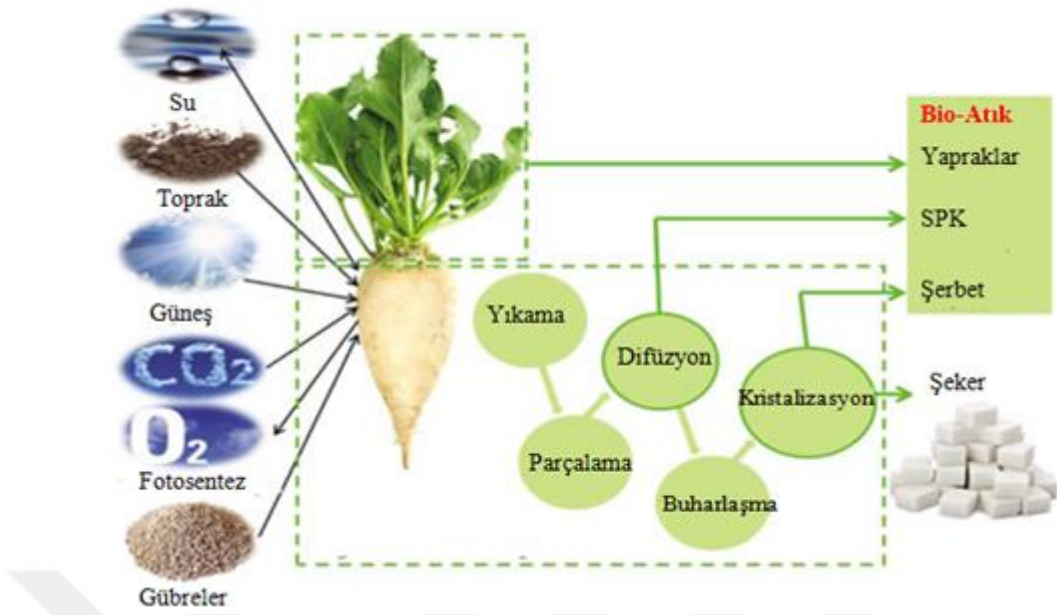
Ülkemizde şeker pancarları karayolu ile taşındıktan sonra, fabrikada kalite ölçümleri yapılır. Uygun kalitede olan pancarlar toprak, ot, taş gibi maddelerden tutucular yardımı ile ayrıştırılarak temizlenir. Özel tasarlanmış bıçaklar yardımı ile mekanik olarak kesilir ve haşlama teknesine yönlendirilir. Sıcaklık değişimleri, karbonatlama ve en son işlem olan şerbeti kaynatma yöntemi ile şeker elde edilir. Bu

işlem sıralaması sonrasında atık malzeme olarak pancar yaprakları, pancar küspesi ve atık şerbet elde edilir (Şekil 1.7.). Yapraklar ve küspe daha çok hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. 2019 yılında metrik tonu 200TL olarak satılmaktadır.



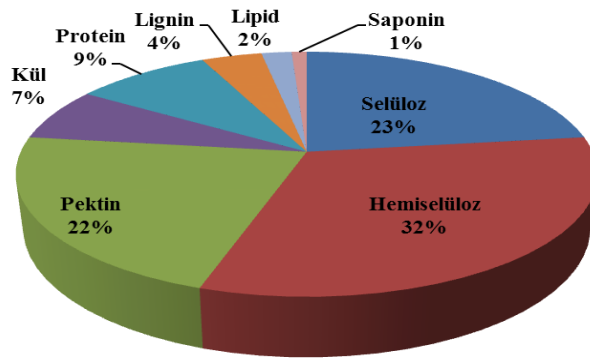
Şekil 1.7. Şeker ve Şeker Pancarı Posası Üretimi Şeması [47]

Şeker pancarı küspesi (SP), şeker çıkarma işleminin bir yan ürünüdür (Şekil 1.8.) Kuru bazda %20-25 selüloz,%25-35 hemiselüloz, %22-32 pektin, %10-15 protein ve %1-3 çözünmez ligninden oluşur (Şekil 1.9.) [43].



Şekil 1.8. Şeker Pancarı Ürün Süreci

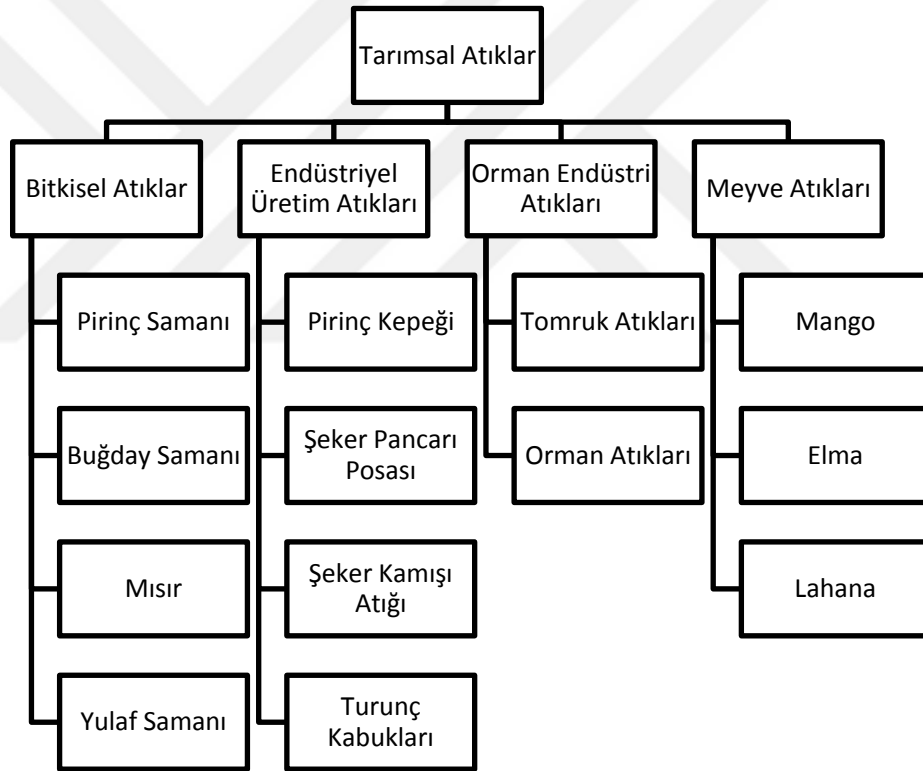
Çoğunlukla hücre duvarı polisakkaritlerinden oluşur: Arabinanlar ve arabinoksilatlar hemiselülozlar, yüksek oranda metillenmiş ve asetillenmiş pektinler ve selüloz mikrofiberler bulunmaktadır. Bu tür bir bileşime bağlı olarak, yalnızca hayvan yemi için bir gıda tamamlayıcısı olarak kullanılır. Bununla birlikte, pahalı kurutma işlemi, düşük protein içeriği ve yüksek miktarda mevcut olması, bu malzeme için bazı alternatif kullanımlar bulmak için araştırmalara neden olmuştur [48]. Posa, şeker pancarı köklerinde şeker ekstraksiyonu süresince çözilemeyen %22-28 oranındaki kuru maddeyi temsil etmektedir. Biyokütleden şeker elde edilmesi düşünüldüğünde posanın büyük bir kısmı selülozik biyoyakıtların üretimi için hammadde olarak kullanılabilir [49].



Şekil 1.9. Şeker Pancarı Posası İçerik Oranları [43]

1.4 Tarımsal Atıklar

Tarımsal atıklar, yapraklar, bitki kabukları, bitki artıkları gibi tarımsal faaliyetlerden yan ürünler tüm organik malzemeleri ifade eder. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, her yıl tarımsal (ve odun) hasat ve işleme faaliyetlerinin yan ürünleri olarak büyük miktarlarda tarımsal atık üretilmektedir [50]. Bu organik atıkların bir termoset veya termoplastik kompozit matris içine dahil edilmesi, nihai ürünün fiyatının önemli ölçüde azaltılmasına ve mekanik, termomekanik, fiziksel ve termal bir modifikasyonuna olanak sağlar [51]. Genel olarak tarımsal atıklar dört ana kategoriye ayrılır. Bunlar; bitki atıkları, endüstriyel üretim atıkları, orman atıkları ve meyve atıklarıdır (Şekil 1.10.).



Şekil 1.10. Tarımsal Atıkların Sınıflandırılması [50]

Tarımsal atık içeren kompozitler için farklı uygulama alanları önerilmektedir. Daha çok bitki taşımacılığındaki biyoçözünür kaplamalarda, çit ve ahşap yapılarda kullanılma potansiyeline sahiptir.

Tüm dünyada lignoselülozik biyokütle için tahmin edilen tarımsal atık miktarı yaklaşık olarak $1,5 \cdot 10^{11}$ milyon ton olarak belirlenmiştir. Bu devasa üretimden sonra ortaya çıkan biyokütle atığının, sadece çok küçük miktarı büyük ölçekli endüstrilerde

ve çeşitli işletmelerde farklı uygulamalar için kullanılmaktadır. Tarımsal biyokütle atığının yaklaşık %10'u, daha yüksek performansa sahip ürünler elde etmek için ham biyomateriyale dönüştürülmektedir [50, 52]. Biyokütlenin kendisi üç ana kaynaktan elde edilir; bunlar, tarımsal ürünler, orman atıkları ve biyogenik atıklardır. Genel olarak tarımsal ürünler yağ ve şeker içeren bitkilerden, ormancılık ürünleri olan ağaç, ağaç kabuğu, dallar ve kütüklerden oluşur. Biyogenik atıklar tarımsal, ticari ve sağlık sektörlerinden elde edilir [50]. Tablo 1.2.'de biyoatıklar ve elde edilen ürünlerden bazıları görülmektedir.

Tablo 1.2. Tarımsal Atıklar ve Elde Edilen Ürünler [50]

Biyoatıklar	Ürünler
Ananas yaprakları ve şeker kamışı kalıntıları	Hayvan yemi, endüstriyel darbe emiciler, içecek ve biyokompozitler
Buğday samanı	Hayvan yemi, gübre
Pirinç kabuğu	Silika, metal kaplama, suda çözünür yağ ve sentetik yağlayıcı madde
Abaca yaprakları	İp, tekstil ve kumaşlar, kağıt hamuru ve özel kağıtlar
Palmiye yağı meyve artıkları	Biyobozunur ambalaj malzemeleri, inşaat, kağıt hamuru ve kağıt, otomotiv parçaları

Günümüzde Türkiye'de yaklaşık 180 milyon ton bitkisel atık ürün oluşmaktadır. Bu atıkları %82'si tarlada yetişen bitkilerden, %12'si sebze atıkları, %6'sı meyve atıklarından oluşmaktadır. Bu üretim-atık miktarı artışı, üretimde teknolojik sebeplerden dolayı verim yükselişi vb durumlar sebebi ile artış göstermektedir. Biyokütle: kentsel çöpler, endüstriyel artıklar, tarımsal artıklar, odun, ormancılık artıkları, etanol, biodiesel vb. ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz gibi yakıtların tümüne verilen addır [53]. Örneğin 2008 yılında yapılan bir araştırmaya göre Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli ve tarımsal atık potansiyeli sırasıyla Tablo 1.3. ve Tablo 1.4.'de verilmiştir [54].

Tablo 1.3. Türkiye'nin Yıllık Biyokütle Potansiyeli [54]

Biyokütle	Yıllık(Milyon Metrik Ton)
Yıllık bitkiler	55
Çok yıllık bitkiler	16
Orman atıkları	18
Tarım endüstrisi atıkları	10
Odun endüstrisi atıkları	6
Diğer	7
Toplam	112

Tablo 1.4. Türkiye'nin Tarımsal Atık Potansiyeli [54]

Türkiye'nin Lif Kaynakları	Yıllık(Milyon Metrik Ton)
Buğday samanı	26.4
Arpa samanı	13.5
Mısır sapı	4.2
Pamuk çiçeği kabuğu	2.9
Ayçiçeği kabuğu	2.7
Şeker kamışı atığı	2.3
Fındık kabuğu	0.8
Yulaf samanı	0.5
Çavdar samanı	0.4
Pirinç kabuğu	0.4
Meyve kabukları	0.1
Asma çubuğu	0.6
Toplam	55

Tablo 1.3. ve Tablo 1.4.'de görüldüğü üzere ülkemizde çok fazla miktarda biyokütle potansiyeli olmasının yanında bu atıklardan katma değeri düşük şekilde yararlanılmaktadır. Ülkemizde bu atıklar genellikle ürün alındıktan sonra tarlada bırakılır. Kullanılan atıklar daha çok hayvan yemi ve ısınma gereksimi için kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde yaklaşık %40 olan atık kullanım miktarı ülkemizde %15'dir. Bu konuda çalışmalar sürdürülmektedir.

1.5 Literatür Araştırması

Küçükdoğan Ö. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada asma çubuğu/HDPE biyokompozit araştırmasında; atık asma çubuğu ve yüksek yoğunluklu polietilenden kompozit malzeme numuneleri üretilmiştir. Asma çubuğu oranı ağırlıkça %10, %20,

%30, %40 ve %50 olarak katılmıştır. Üretilen bu malzemenin termal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Asma çubuğu oranı arttıkça Young's Modülü değerleri artış göstermiştir. Buna sebep olarak lignoselülozik malzemelerin sağlamış olduğu modül artışına etkisi olduğu belirtilmiştir. %20 asma çubuğu oranına sahip numunelerde, diğer kompozit numunelere göre, saf HDPE'ye göre çekme dayanımında %11 oranında azalma meydana gelmesine rağmen, kompozitler arasında en yüksek çekme dayanımı olan 22.14MPa elde edilmiştir. TGA analizinde en fazla kütle kaybı 342⁰C'de selüloz ve hemiselülozun bozunmaya uğradığı durumda oluşmuştur [18].

Yoldas S. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yerel çakşır otu ya da şeytan otu bitkisinin fiber özellikleri incelenmiştir. Bu bitkinin incelenmesinin en dikkat çekici noktası, lif dayanımı 475.6MPa çekme değeri ile kullanımı konusunda önemli potansiyel içerdiği kanıtlanmış olmasıdır. Çekme modülü değeri 52.7GPa'dır. %53.3 selüloz, %8.5 hemiselüloz, %1.4 lignin, %36.8 ekstraktif madde içerdiği belirlenmiştir [19].

Sullins T. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, PP ve ağırlıkça %15 ve %30 olan kenevir fiberleri ile biyokompozit numuneler üretilmiştir. Her iki oranda kullanılacak numunelerde; kenevir fiberlere %5 NaOH işlemi, kenevir/PP numunelerine %5 MAPP işlemi, kenevir fiberlerine %10 NaOH işlemi, kenevir/PP numunelerine %5 NaOH + %5 MAPP işlemi yapılmıştır. Kompozitlerin SEM incelemeleri yapılmış ve mekanik olarak test edilmiştir. Mekanik özellikleri bakımından çekme ve eğilme sonuçlarında saf PP'ye göre önemli gelişimler kaydedilmiştir. Çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve çekme modülünde en iyi sonuç %15 kenevir/PP bulunan numunelerde ve %5 MAPP katılması sonucunda elde edilmiştir. Eğilme modülünde en iyi sonuç ağırlıkça %15 kenevir, %5 NaOH işlemi, %5 MAPP bileşiminden elde edilmiştir [26].

Demir A. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 1, 3, 6 dakika boyunca 60W, 90W ve 120W plazma işlemi ile jüt kumaşı işlem görmüştür. Daha sonra jüt kumaşı ve polyester matris olarak kullanılarak kompozit plakalar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların mekanik testleri yapılarak karşılaştırması yapılmıştır. En iyi çekme testi sonucu, işlem görmemiş jüt/polyester kompoziti ile karşılaştırıldığında, %61 artış ile 1dakika boyunca 120W plazma işlemi görmüş numuneden elde edilmiştir. En iyi

eğilme testi sonucu işlem görmemiş jüt/polyester kompozitine kıyasla 3 dakika boyunca 60W plazma işlemi görmüş numunelerden elde edilmiştir. Uzun süreli plazma işlemine maruz kalmış fiberlerde zayıflama olduğu belirlenmiştir [27].

Karakus K. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, ağırlıkça %20, 40 oranında şeker pancarı küspesi (SP) ve ağırlıkça %2, 4 oranlarında maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) içeren düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) kullanılarak kompozitler oluşturulmuştur. Bu kompozitlerin mekanik, termal analizleri ve çürüklük testi yapılmıştır. Şeker pancarı küspesi miktarı arttıkça çekme dayanımları düşmüştür. Kompozit numuneleri arasında en yüksek çekme dayanımı %40 şeker pancarı küspesi ve %4 MAPE katılması ile elde edilmiştir. Beyaz çürüklük mantarı (*T. versicolor*) ve kahverengi çürüklük mantarına (*C. Puteana*) karşı %2 kayıp yaşayarak çok dayanıklı malzeme özelliği olduğu kanıtlanmıştır [28].

Yoldas S. ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, 30W, 60W, 90W plazma güçlerinde radyo frekansı "RF" ve düşük frekanslı "LF" plazma reaktörleri jüt kumaşına oksijen plazma işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonrasında jüt/polyester kompozitler oluşturulmuştur. Elde edilen kompozit malzemelere mekanik deneyler yapılarak karşılaştırılmıştır. Çekme ve eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde en iyi sonuçlar 90W/RF plazma işlemi uygulanmış jüt/polyester kompozitinde elde edilmiştir. İşlem görmemiş olan jüt/polyester kompozitinin çekme dayanımı 52.6MPa elde edilirken, 90W/RF plazma işlemi sonucunda 85.7MPa'ya yükselmiştir. İşlem görmemiş jüt/polyester kompozitinin eğilme dayanımı 81.3MPa iken 90W/RF plazma işlemi görmüş jüt fiberleri bulunun numuneler 143.6MPa olarak elde edilmiştir. Bu artışların sebebi ara yüzey özelliklerinde iyileşme olması gösterilmiştir [29].

Bulut Y. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada doğal malzemelerin takviye malzemesi olarak kullanımı hakkında derleme araştırılması yapılmıştır. Doğal takviye malzemesinin üretim teknikleri, arayüzey ve arayüzey iyileştirici yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir [32].

Dungani R. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tarımsal atıkları sınıflandırarak selüloz liflerinin nano boyutta incelenmesi yapılmıştır. Bu derleme çalışmada

tarımsal atıkların kullanım alanı olarak paketlenme, medikal uygulamaları, otomotiv uygulamaları ve diğer uygulama alanları hakkında bilgiler verilmiştir [50].

Barczewski M. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tarımsal atık olan; ağırlıkça %15, 25 ve 35 ceviz kabuğu , fındık kabuğu ve ayçiçeği kabuğu, epoksi matris ile karıştırılarak kompozit malzemeler elde edilmiştir. Nem içeriği %3.83 ile nem tutma kapasitesi en çok fındık kabuğunda belirlenmiştir. Çekme ve eğilme modüllerinde, saf epoksi numunelerine göre fındık kabuğu/epoksi kompozitinde en fazla artış sırasıyla %35 ve %18 artış ile görülmüştür. Numuneler arasındaki kıyaslamada en yüksek eğilme mukavemeti ağırlıkça %15 fındık kabuğu/epoksi kompozitinde görülmüştür. Çekme mukavemetinde en yüksek değer fındık kabuğu/epoksi kompozitlerde elde edilirken en fazla azalma ay çiçeği kabuğu/epoksi kompozitlerinde görülmüştür. Saf epoksiye göre, biyomateryallerin kullanılması ile elastisite modülü artmış ve % uzama oranı azalmıştır [51].

Altuntaş E. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada polimer olarak polipropilen kullanılmış ve dolgu malzemesi olarak pirinç sapı kullanılmıştır. Ağırlıkça %30, 40, ve 50 pirinç sapı unu/polipropilen kompozit numuneleri oluşturulmuştur. Ek olarak ağırlıkça %50 pirinç sapı, %48 polipropilen ve ara yüzey uyumlaştırıcısı olarak %2 MAPP ile kompozit malzeme üretilmiş ve su almaya etkisi incelenmiştir. Çekme deneyi sonuçlarına göre ağırlıkça %30 oranında pirinç sapının kullanıldığı numunelerde ortalama 17.54 MPa ile en iyi sonuç elde edilmiştir. İçerik olarak pirinç sapı unu arttıkça çekme dayanımında azalma görülmüştür. Ara yüzey uyumlaştırıcısı kullanılmasına rağmen %50 tarımsal atık içerikli numunelerde çekme dayanımında artış görülmemiştir [54].

Akbaş S. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada fındık kabukları un haline getirilerek ağırlıkça %30, 40, 50 oranında polipropilen ile karıştırılarak biyokompozit numuneleri elde edilmiştir. Çekme, eğilme, darbe direnci, kalınlığına şişme ve su alma değerleri incelenmiştir. En iyi mekanik artış, ağırlıkça %30 fındık kabuğu unu/PP kompozitinde görülmüştür. Bütün mekanik özellikler % fındık kabuğu unu miktarı arttıkça azalmıştır. Kalınlık artışı ve su alma testlerinde 4 hafta sonunda ağırlıkça %50 fındık kabuğu unu/PP numunelerinde maksimum artışlar görülmüştür [55].

Zhan P. tarafından yapılmış olan tezde polilaktik asit ile şeker pancarı küspesi kullanılarak biyokompozit elde edilmiştir. Ağırlıkça %40 oranında şeker pancarı küspesi sabit tutulmuş olup ara yüzey uyumlaştırıcılar değiştirilerek morfolojik ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. En iyi çekme dayanımı ağırlıkça %3 PBAT-g-MA katılması ile 33.1MPa'lık çekme dayanımı belirlenmiştir. PLA-g-MA kullanılan kompozitlerde elde edilen çekme dayanımını 31.7 MPa olarak belirlenmiştir [56].

Sarikanat M. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada hatmi otu bitkisinin fiber malzemesi olarak kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. 415.2 MPa olarak elde edilen çekme dayanımı ile çok önemli bir potansiye olduğu belirlenmiştir. Bozunma başlama sıcaklığı 220⁰C olarak belirlenmiştir. Yaygın kullanımı olan jüt fiberi ile yapılan karşılaştırmada TGA analizi sonucu jüt fiberlerin termal özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmesine rağmen hatmi otu bitkisinin mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir [57].

Islam M.R., Beg M.D.H. yaptığı çalışmada ağırlıkça %10, 20, 30, 40 ve 50 kenaf fiberleri ve geri dönüştürülmüş polipropilen kullanılarak kompozit malzemeler üretilmiştir. Elde edilen numunelere çekme deneyleri yapılmıştır. En yüksek çekme dayanımı ağırlıkça %40 kenaf/PP içeren numunelerde belirlenmiştir. Ağırlıkça %3 oranında ara yüzey uyumlaştırıcısı kullanılarak, ağırlıkça %10, 20, 30, 40, 50 olan kenaf/polipropilen numuneleri elde edilmiştir. Uyumlaştırıcı, MAPP kullanılan numuneler ile kullanılmayan numunelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Uyumlaştırıcı kullanılması ile tüm biyokompozit çekme değerlerinde, aynı kenaf içerik oranına sahip uyumlaştırıcı kullanılmamış numunelere göre yaklaşık 10MPa artış görülmüştür [58].

Kaewkuk S. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ağırlıkça %10, 20, 30 sisal fiberler, PP içerisine katılarak kompozitler üretilmiş ve mekanik, termal, morfolojik ve su emme özellikleri karakterize edilmiştir. Fiber işleminin (alkalizasyon ve ısıtma işlemi) ve MAPP ilavesinin PP kompozitlerin özellikleri üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Numuneler içerisindeki fiber oranı arttıkça, saf PP ye göre çekme değerlerinde artış görülmüştür. En iyi mekanik değerler ağırlıkça %30 oranında, ısıtma işlemi uygulanmış ve ara yüzey uyumlaştırıcısı eklenmiş olan sisal/polipropilen kompozitte elde edilmiştir. Ağırlıkça %30 fiber

bulunan numuneler en düşük bozunma sıcaklığına sahiptir. Su alma özellikleri incelendiğinde sadece ısıtma işlemi uygulanmış kompozit malzemenin su alma oranının en yüksek olduğu görülmüştür [59].

Kaya N. yaptığı çalışmada farklı miktarlarda, çentik kabukları, fındık kabukları, odun talaşı aynı anda kullanılarak, matris oranı ağırlıkça %35 sabit tutularak fenol formaldehit, melamin-üre formaldehit ile kompozit malzemeler oluşturulmuştur. Kompozitlerin su tutma ve hacimsel genişleme özelliklerinin yanı sıra mekanik testlere de tabi tutulmuştur. Yüksek oranda fındık kabuğu kullanıldığında içerisindeki lignin oranına bağlı olarak kompozit malzemenin elastisite modülünün azaldığı görülmüştür. Fındık kabuğunda ki lignin oranına bağlı olarak malzemenin su tutma özelliğinde azalma görülmüştür. En yüksek eğilme mukavemeti 29 MPa ile ağırlıkça %10 fındık kabuğu, %10 çentik kabuğu, %45 odun talaşı, %35 fenol formaldehitin bulunduğu kompozit numunede elde edilmiştir. Su alma testi sonucu en düşük hacimsel genişleme %5.5 oranında olup ağırlıkça %15 fındık kabuğu, %50 odun talaşı ve %35 fenol formaldehit bulunan kompozit numunede tespit edilmiştir [60].

Seki Y. ve arkadaşları tarafından yapılmış olan araştırmada ıhlamur (*Tilia rubra* DC. subsp. *Caucasica*) bitkisinin takviye malzemesi olarak kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. TGA analizinde bozunma başlangıç sıcaklığı 243°C olarak elde edilmiştir. Fiber çekme mukavemeti testi sonucunda 675 MPa değeri elde edilerek, kenevir fiberine yakın mekanik özellikler elde edilmiştir. Yüzde uzama miktarı yaklaşık %3'tür. [61].

Kılınç A.C. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ağırlıkça %5, 10, 20 asma sapı takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kompozit malzemeler üretilmiştir ve mekanik, termal özellikleri araştırılmıştır. Kompozitlerin çekme ve eğilme testleri sonucunda en iyi değerler ağırlıkça %10 asma sapı içeren kompozit numunelerde elde edilmiştir. TGA analizi sonucunda en yüksek sıcaklık dayanımı yine ağırlıkça %10 asma sapı/HDPE kompozitinde elde edilmiştir [62].

Hamidona M.H. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kenaf fiberine sırasıyla %2, 4, 6, 8'lik kimyasal alkali NaOH çözeltisi uygulamasından sonra, fiberlere çekme testleri uygulanmış ve en iyi sonuç %6 alkali çözeltisi uygulamasında elde edilmiştir

ve çekme mukavemeti yaklaşık 268 MPa bulunmuştur. %8 alkali NaOH çözeltisi uygulaması ile çekme fiber dayanım değeri %6 çözeltisi uygulanmasına göre yaklaşık 3 kat azaldığı görülmüştür [63].

Luhar S. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada bambu, buğday, arpa, zeytin, mısır, muz, sisal, fil otu, palmiye bitkilerinin atıklarının kimyasal birleşenleri ve SEM analizleri incelenmiştir. Buna ek olarak istiridye kabuğu, deniz kabuğu ve salyangoz kabuklarının içyapıları incelenmiş ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Derlenen veriler sonucunda araştırması yapılan atık materyalin kullanım potansiyeli ve kullanım alanları hakkında eşleştirme yapılmıştır [64].

Muthuraja R. V. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada pirinç kabuğu, buğday kabuğu, odun atığı ve tekstil fiber atıkları ve PLA ve PBT birleşimi olan polimer ile kompozit numuneler üretilmiştir. Bu üretilen numunelere mekanik olarak basma ve eğilme testleri uygulanmıştır. Morfolojik analiz ve su absorpsiyon testlerinin yanı sıra, termal özellikleri incelenmiş ve termal iletkenlik vb. değerleri karşılaştırılmıştır. Tekstil fiberleri ve odun atıklarının bulunduğu kompozit numuneler, tarımsal atık (pirinç kabuğu ve buğday kabuğu) kompozitlere göre daha iyi mekanik özellikler göstermiştir [65].

Li M. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, şeker pancarı küspesinde bulunan selüloz, kimyasal işlemler uygulanarak nano fibril boyutuna indirgenmiştir. Bu fibriller üzerinde morfolojik ve termal analizler yapılmıştır. İşlem görmemiş şeker pancarı küspesinin %45 selüloz, %25 hemiselüloz %11 lignin içerdiği belirlenmiştir. Sodyum hidroksit uygulanmış şeker pancarı küspesinin %71 selüloz, %9 hemiselüloz %9 lignin içerdiği, ağartma işlemi yapılan şeker pancarı küspesinin ise %83 selüloz, %7 hemiselüloz içerdiği belirlenmiştir. TGA analizleri sonucu işlem görmemiş fiberlerin, maksimum bozunma başlangıç sıcaklığı 224°C dir. En yüksek bozunma başlangıç sıcaklığı nano fiber boyutuna indirilmiş numunelerde olup 273°C olarak belirlenmiştir [66].

R.A. Ibrahim yapmış olduğu çalışmada kurutulmuş mango yaprakları, palmiye yaprakları, polyester matrisli kompozit üretiminde kullanılmıştır. Mango yaprakları ve palmiye yaprakları 0.5mm, 3mm boyutlarına öğütülmüştür. Öğütülmüş olan numuneler ağırlıkça %50 oranında polyester içerisine katılarak, saf polyester

numunelerine göre aşınma ve sürünme dirençleri karşılaştırılmıştır. Polyester matrisli kompozitin sürünme katsayısı, palmiye partiküllerinin artmasıyla artmıştır. Palmiye/polyester kompozitinde palmiye oranının artması ile aşınma oranları azalmıştır. Mango/polyester kompozit içerisinde 0.5mm boyutundaki mango yaprağı partikülleri kullanıldığında kompozitin sürünme katsayısını azalmıştır. Magno/polyester kompozit içerisinde 3mm boyutundaki partiküller kullanıldığında kompozitin sürünme katsayılarını artmıştı. Mango/polyester kompozitin aşınma oranı, kompozit içindeki 0.5mm boyutundaki mango yaprak parçacıklarının artmasıyla azalmıştır [67].

Ashori A. ve Nourbakhsh A.'nın yapmış olduğu çalışmada, ağırlıkça %30 ay çiçeği sapı, mısır sapı ve şeker kamışı atık liflerini polipropilen ile karıştırarak odun plastik kompozitlere alternatif oluşturulması amaçlanmıştır. Ara yüzey uyumlaştırıcı olarak ağırlıkça %0.5, 1.5 ve 2.5 oranında iki farklı maleik anhidrid aşılı polipropilen (Eastman G-3003 ve G-3216) kullanılmıştır. Çekme ve eğilme mukavemeti testleri yapılmış ve morfolojik yapısı incelenmiştir. En yüksek çekme mukavemeti 33MPa ve eğilme mukavemeti 79.1MPa ile %2.5 MAPP (G-3216) uyumlaştırıcılı şeker kamışı atığı/PP kompozitinde elde edilmiştir. En kötü mekanik değerler mısır sapı/PP kompozitlerinde elde edilmiştir [68].

Mohammed A. Binhussain ve Maher M. El-Tonsy yapmış olduğu çalışmada, ağırlıkça %50 kuru palmiye yaprakları ve atık polikarbonat, atık polisitren ve atık polivinir klorür ile kompozit numuneler oluşturulmuştur. Kompozitlere mekanik testler(çekme, eğilme, darbe), su verme, yanma testleri ve TGA, DSC analizleri yapılmıştır. En yüksek çekme dayanımı 4.82 MPa, eğilme modülü 1.91 GPa ile palmiye yaprağı/polisitren, en yüksek darbe dayanımı 1.95 KJ/m² ile palmiye yaprağı/polikarbonat kompozitinde incelenmiştir. Palmiye yaprağı/polivinir klorür kompoziti 626 saniye ile en uzun süre yanan kompozit olmuştur. En düşük yoğunluk 0.87g/cm³ ve su emme oranı %9.9 ile palmiye yaprağı/polisitren kompozitinde tespit edilmiştir. [69].

Yeng-Fong Shih tarafın yapılan çalışmada ağırlıkça %10 su bambusu kabuğu/ epoksi kompozit numuneleri üretilmiştir. İki farklı tip silan (Z6020 ve Z6040) kullanılarak ara yüzey iyileştirilmesi yapılmıştır. TGA analizine göre, saf epoksi ile

karşılaştırıldığında tüm kompozitlerde kül miktarı daha fazladır. Silan işlemi yapılmamış numunelerde %10.1, Z6020 silan kullanılan numunelerde %12.8, Z6040 silan kullanılan numunelerde %13.6 kül oluşmuştur. DMA analizi sonucunda en yüksek depolama modülü değerleri Z6040 silan kullanılan numunelerde, en düşük depolama modülü değerleri işlem görmemiş su bambusu kabuğu/epoksi kompozitinde görülmüştür [70].

Ayrılmış N. ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, ağırlıkça % 40, 50 ve 60 talaş, pirinç sapı unu ve geri dönüşünden elde edilen polietilen alüminyum kullanılarak kompozit numuneler elde edilmiştir. Uyumlaştırıcısı olarak tüm kompozitlerde %3 MAPE kullanılmıştır. En yüksek çekme mukavemeti sonuçları, ağırlıkça dolgu malzemesinin %50 olduğu numunelerde görülmüştür. En yüksek çekme mukavemeti 28.1 MPa ile ağırlıkça %50 talaş/polietilen alüminyum kompozitinde elde edilmiştir. En yüksek eğilme mukavemeti 42.6 MPa ile ağırlıkça %40 talaş/polietilen alüminyum kompozitinde elde edilmiştir. Dolgu miktarı arttıkça eğilme mukavemetlerinde azalma görülmüştür [71].

Ahmed M. Youssef ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, mısır sapı fiberleri 125µm boyutunda elenmiş ve ağırlıkça %5, 10 15 ve 20 oranında düşük yoğunluklu polietilen ile karıştırılarak kompozit numuneler elde edilmiştir. Kompozitlere çekme testi yapılmış, en yüksek mukavemet değeri 24.7 MPa ve en yüksek Rockwell sertlik değeri 4.54 KP/mm² ile ağırlıkça %5 mısır sapı/polietilen kompozitinde elde edilmiştir. Su emme testi sonucunda, en yüksek su emme kapasitesi %20 mısır sapı/polietilen kompozitinde elde edilmiştir [72].

Yeng-Fong Shih ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada ananas yaprağı lifi, muz lifi ve geri dönüşümlü tek kullanımlık yemek çubuk liflerini yaklaşık 2.3-3.9mm aralığına getirilerek, 3-aminopropiltrietoksisilan ile modifiye edilmiştir. Ağırlıkça %20 dolgu maddesi ve epoksi kullanılarak kompozit numuneler elde edilmiştir. Modifiye edilmiş tüm kompozitlerin mekanik ve termal değerlerinde, işlem görmemiş durumlarına göre artış elde edilmiştir. Saf epoksi ile karşılaştırıldığında çekme mukavemeti 47.5MPa ile modifiye edilmiş yemek çubuklarında görüşmüştür ve mukavemet artış oranı %117'dir. Depolama modülü ve

kayıp modülü değerlerinde, saf epoksiye göre sırasıyla %70 ve %87 oranında artış ile modifiye edilmiş yemek çubuklarında görüşmüştür [73].

Neeraj Bishta ve Gopea P. C. yapmış olduğu çalışmada, pirinç kabuğu oranını ağırlıkça %20 sabit tutularak %0, 2, 4, 6, 8 ve 10 NaOH çözeltisi ile pirinç kabukları yüzey işlemine tabi tutulmuştur. Alkali işlemi sonucunda epoksi ile karıştırılarak kompozit malzeme üretilmiştir. Kompozit numuneler arasında en yüksek çekme mukavemeti sonucu %8 alkali işlemi uygulanmış pirinç kabuğu/epoksi numunesinde görülmüştür. Saf epoksiye göre çekme mukavemeti 46 MPa ve artış oranı %27.81'dir. Alkali işlemi uygulanmasıyla çekme mukavemet değerlerinde yaklaşık %30 artış elde edilmiştir. En yüksek eğilme mukavemeti ve darbe dayanımı sırası ile 88 MPa ve 2.6 KJ/m² ile %8 alkali işlemi uygulanmış pirinç kabuğu/epoksi numunesinde görülmüştür [74].

2. MATERYAL VE METODLAR

2.1 Kullanılan Materyaller

2.1.1 Şeker pancarı posası

Konya Şeker Fabrikası'ndan 2017 yılı Mart ayında alınmış olan atık şeker pancarı posaları yaklaşık 20 gün bekletilerek, güneşte kurutulmuştur (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Şeker Pancarı Posası [75]

Şeker pancarı posası tamamen kuruduktan sonra bıçaklı tip mekanik öğütücü(Mertest Lab. Tipi Mekanik Öğütücü LB160) yardımı ile öğütülmüştür. Mekanik öğütücü Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Mekanik Öğütücü ve Özellikleri

Öğütme işlemi sonrası Retsch AS200 marka titreşimli elek yardımı ile 100µm altı ve 100-250µm arası partiküller elde edilmiştir (Şekil 2.3.).



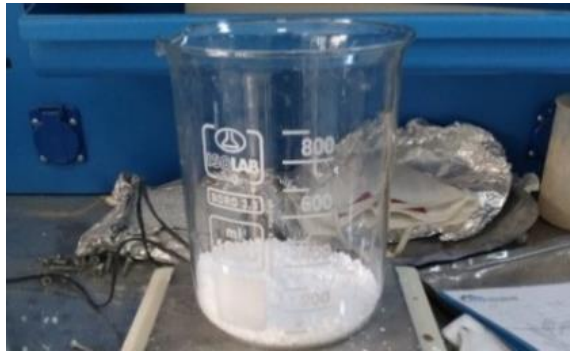
Şekil 2.3. Titreşimli Elek ve Şeker Pancarı Posası Partikülleri

2.1.2 Polipropilen

Üretilen biyokompozit numunelerinde matris malzemesi olarak yoğunluğu 0.91g/cm³ olan kopolimer polipropilen (LG M1500 PP)(Tablo 2.1.) granülleri kullanılmıştır (Şekil 2.4.).

Tablo 2.1. Polipropilen Özellikleri [76]

PP Özellikleri	Test Metodu	Birim	Değer
Yoğunluk	ASTM D1505	g/cm ³	0.9
Eriyik Akış Hızı (230°C, 2.16Kg)	ASTM D1238	g/10min	16
Çekme Dayanımı	ASTM D638	Mpa	25
Kopma Uzaması	ASTM D638	%	300
Eğilme Modülü	ASTM D790	Mpa	1200
Darbe Dayanımı (23°C)	ASTM D256	J/m	107
Sertlik (R-scale)	ASTM D785	-	90
Yumuşama Sıcaklığı	ASTM D1525	°C	150



Şekil 2.4. Polipropilen Granülleri

2.2 Metodlar

2.2.1 Kompozit üretimi

Etüv kullanılarak şeker pancarı posası partikülleri 60°C’de 24 saat bekletilerek içerisindeki nemi giderilmiş ve partiküller kompozit malzeme üretimi için hazır hale getirilmiştir. Etüv fırını Şekil 2.5.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Etüv Fırını

Nemi giderilmiş şeker pancarı posası partikülleri ve polipropilen ile kompozit numuneler üretmek için toplam 70 gram olacak şekilde ağırlıkça %5, %10, %15, %20 SP ve PP karıştırılmıştır (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. Kompozit İçerik Oranları

Dolgu Oranı	%0	%5	%10	%15	%20
PP(gr)	70	66.5	63	59.5	56
100µm Altı(gr)	0	3.5	7	10.5	14
PP(gr)	70	66.5	63	59.5	56
100-250µm(gr)	0	3.5	7	10.5	14

Mikserin besleme haznesine kompozit olacak SP ve PP materyal beslemesi yapılmıştır, malzeme besleme bölümü kapatılmıştır ve Lab. tipi termokinetik mikser (Gülner Plastik) (Şekil 2.6.) çalıştırıldıktan sonra üzerindeki kontrol göstergesinde oluşan değişim sonucunda malzemenin jel kıvamına geldiği anlaşılmıştır.



Şekil 2.6. Numune Hazırlanması ve Termokinetik Mikser

Jel kıvamındaki kompozit sıcak-soğuk pres (Şekil 2.7.) konulmuş ve 150mm * 150mm * 1mm ölçülerinde plakalar haline getirilmiştir.

Tablo 2.3 Sıcak-Soğuk Pres Uygulaması Basınç ve Süreleri

Uygulanan İşlem	Basınç(bar)	Süre(Saniye)
Sıcak Pres (180°C)	40	90
	70	60
	120	30
Soğuk Pres (Oda Sıcaklığı)	120	120

Bu plakalardan kesici kalıplar yardımı ile test standartına uygun numuneler çıkartılmıştır (Şekil 2.8.).



Şekil 2.7. Sıcak-Soğuk Pres



Şekil 2.8. Kesici Kalıplar ve Numuneler

2.3 Malzeme Test ve Karakterizasyonları

2.3.1 Parçacık boyut analizi

100 μ m altı ve 100-250 μ m arası elenen şeker pancarı küspesi partiküllerinin boyut analizi, Malvern Mastersizer 3000 cihazı kullanılarak partiküllerin ortalama boyutları kuru dispersiyon yöntemi ile belirlenmiştir.

2.3.2 Çekme ve eğilme testleri

Üretilen kompozit numunelerinin çekme ve eğilme özelliklerini tespit etmek için 5kN yük hücreğine sahip universal test cihazı (Shimadzu AG-IC markalı test cihazı) kullanılmıştır. ASTM D638 ve ASTM D790 standartlarına uygun olarak çekme ve eğilme testleri yapılmıştır. Çekme test numuneleri için çene hareket hızı 50mm/dk ve eğilme test numuneleri için çene hareket hızı 1mm/dk'dır (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Universal Test Cihazı

Mekanik testler sonucunda üretilen PP-SP kompozit malzemelerin eğilme modülü, eğilme dayanımı, elastisite modülü, çekme dayanımı ve standart sapmaları gibi mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

2.3.3 Dinamik mekanik analizi (DMA)

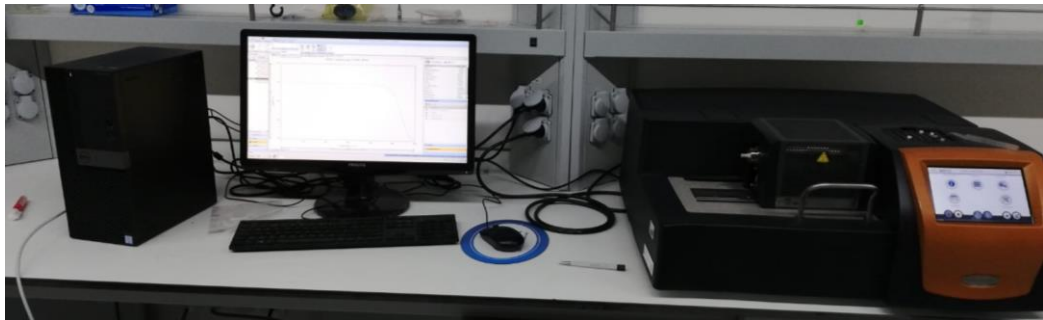
TA Instruments DMA Q800 markalı cihaz ile üretilen kompozit numunelerinin depolama modülü ve kayıp modülü, ve tan delta özellikleri tespit edilmiştir. Cihazda numune analizleri single cantilever (tek noktalı tutucu) ile 40-140°C sıcaklık aralığında ve 3°C /dk ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.10.)



Şekil 2.10. Dinamik Mekanik Analiz Cihazı

2.3.4 Termogravimetrik analizi (TGA)

Üretilen biyokompozit numunelerinin TGA analizleri yapılarak bozunma sıcaklık değerleri bulunmuştur. TGA analizlerinde TA Instruments, SDT Q650 markalı STA cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.11.). TGA analizleri numuneleri azot gazı atmosferinde 30°C-600°C aralığına 10°C/dk ısıtma hızında ısıtılması ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.11. Termogravimetrik Analiz Cihazı

2.3.5 Diferansiyel taramalı kalorimetre analizi (DSC)

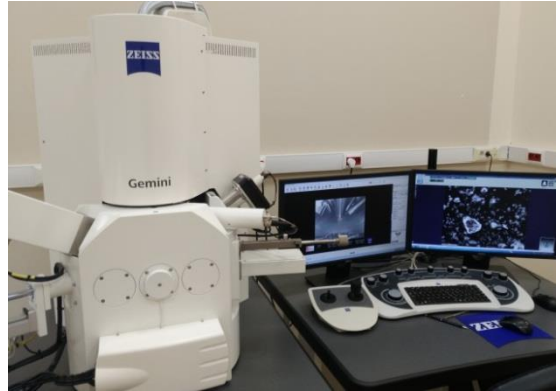
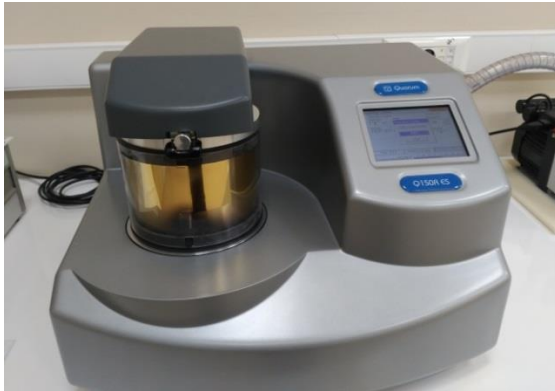
Biyokompozit numunelerin erime sıcaklığı, kristalizasyon sıcaklığı, erime entalpisi, kristalizasyon entalpisi gibi termal özelliklerini belirlemek için azot gazı atmosferinde TA Instruments, DSC 250 markalı analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir(Şekil 2.12.). Numuneler ilk olarak 20 °C'den 200°C'ye 10°C/dk ısıtma hızında ısıtılmış ve 3 dakika bekletildikten sonra numuneler 10°C/dk soğutma hızında 20°C'ye soğutulmuş ve tekrar 20°C'den 200°C'ye 10°C/dk ısıtma hızında ısıtılmıştır ve DSC sonuç verileri elde edilmiştir.



Şekil 2.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Cihazı

2.3.6 Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri (SEM)

Şeker pancarı küspesi/polipropilen kompozit numunelerin çekme testleri sonrasında kopma yüzeyleri Carl Zeiss 300VP markalı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. SEM cihazına uygun numuneler hazırlamak için QUORUM Q150 RES markalı plazma kaplama cihazı ile numunelerin yüzeyleri eşit kalınlıkta altın kaplanmıştır (Şekil 2.13.).

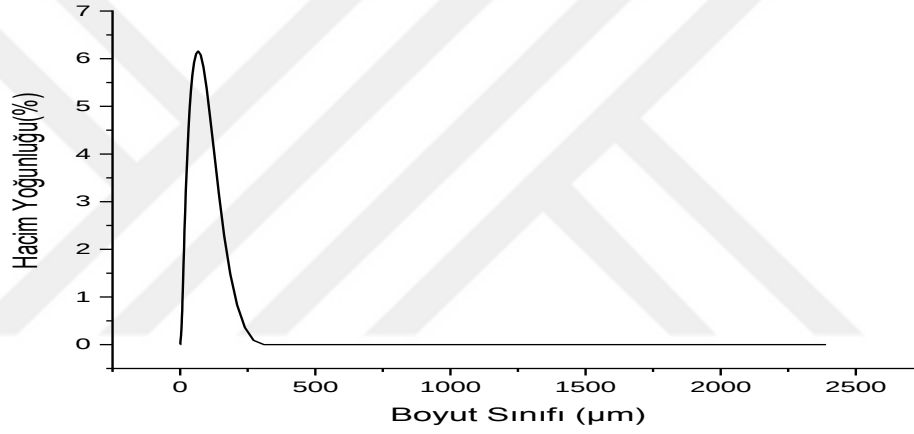


Şekil 2.13. Taramalı Elektron Mikroskobu Cihazı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

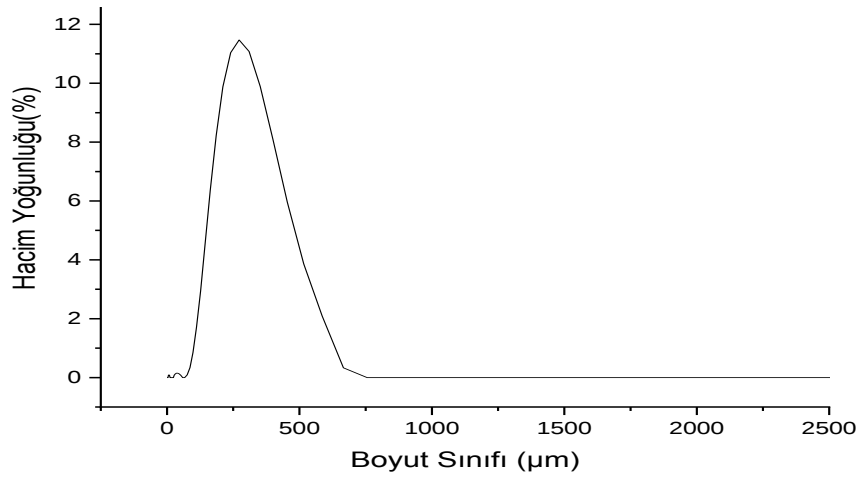
3.1 Parçacık Boyut Analizi

100µm altı SP için elde edilen değerler, ortalama değer olarak Dv50 değeri için 54.6µm, Dv10 değeri 15.5µm, Dv90 değeri değeri 136µm olarak belirlenmiştir. (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. 100µm Altı Partikül Boyut Analiz Sonuçları

100-250µm SP için elde edilen değerler, Dv50 değeri için 261µm, Dv10 değeri 156 µm, Dv 90 değeri 476µm değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. 100-250µm Arası Partikül Boyut Analiz Sonuçları

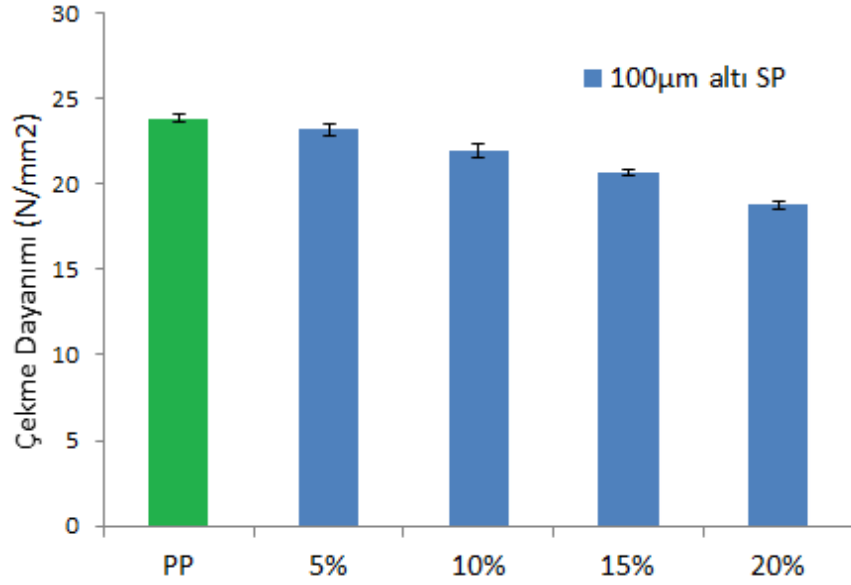
3.2 Çekme ve Eğilme Test Sonuçları

Tablo 3.1.'de saf PP, SP/PP kompozitlerinin çekme ve eğilme mukavemetleri, elastisite modülü ve eğilme modülü değerleri verilmiştir.

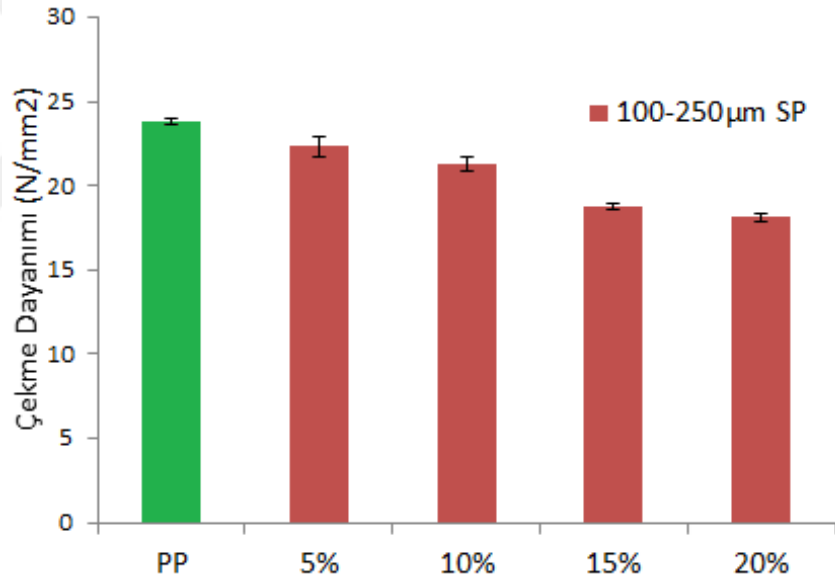
Tablo 3.1. Çekme ve Eğilme Test Sonuçları

Numune Adı	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Eğilme Modülü (MPa)
PP	23.85±0.2	979.44±53.4	38±0.96	1244.98±38
PP-5SP100	23.18±0.35	1075.16±42.14	32.58±0.39	1096.38±16.73
PP-10SP100	21.96±0.45	1099.78±57.7	30.58±0.59	1094.78±23.4
PP-15SP100	20.68±0.14	1206.23±58.4	30.11±0.23	1165.43±7.79
PP-20SP100	18.77±0.26	1213.66±19.46	27.29±0.27	1179.24±28.48
PP-5SP250	22.35±0.6	1103.73±56.15	30.7±0.56	1062.74±21.51
PP-10SP250	21.30±0.4	1132.28±28.11	29.03±0.34	1043±26.46
PP-15SP250	18.75±0.2	1135.86±24.16	28.85±0.9	1050.47±29.62
PP-20SP250	18.12±0.3	1150.16±35.13	25.68±0.77	1100.55±16.21

Elde edilen veriler sonucunda üretilmiş olan bütün kompozit malzemelerin çekme ve eğilme mukavemetleri saf PP nin çekme ve eğilme mukavemetlerinden daha düşüktür. Bunun başlıca nedeni hidrofobik ve hidrofilik malzemeler arasındaki ara yüzey uyumsuzluğudur. Bu temel sebepten dolayı kompozit materyal içerisindeki SP miktarı arttıkça çekme mukavemetinde azalma görülmüştür. Kompozit içerisindeki SP partiküllerinin köşelerinin düzenli olmayışı ve kenar yapılarının PP üzerinde ek gerilmeler oluşturması çekme mukavemetinin azalmasında etken olabilir [62]. Ayrıca içerik olarak SP miktarı arttıkça kompozitlerin sünekliği ve çekme mukavemetleri azalmıştır [28]. Maksimum azalma miktarı PP-20SP250 numunesinde görülmüştür (Şekil 3.4.). Çekme mukavemetinde bu azalma PP-20SP100 numuneleri için yaklaşık %21 (Şekil 3.3.), PP-20SP250 numuneleri için %26 oranındadır.

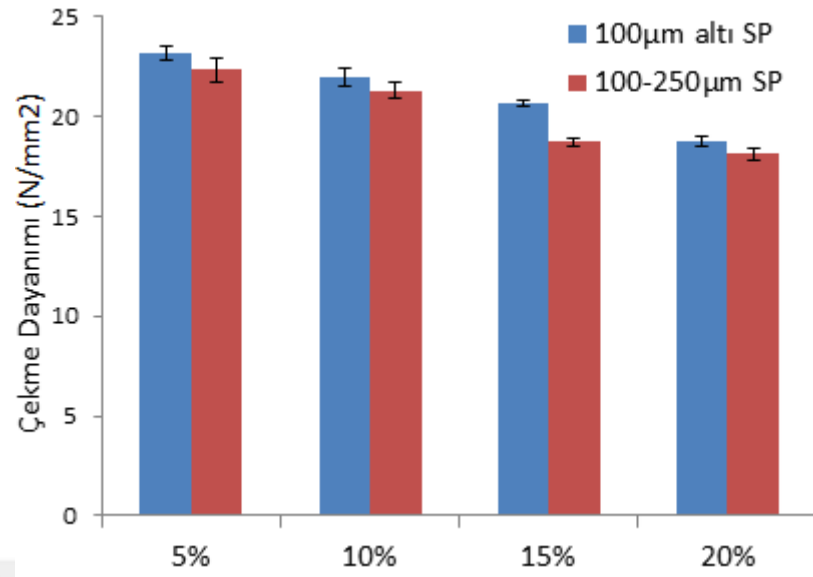


Şekil 3.3. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Çekme Mukavemetinin Karşılaştırılması



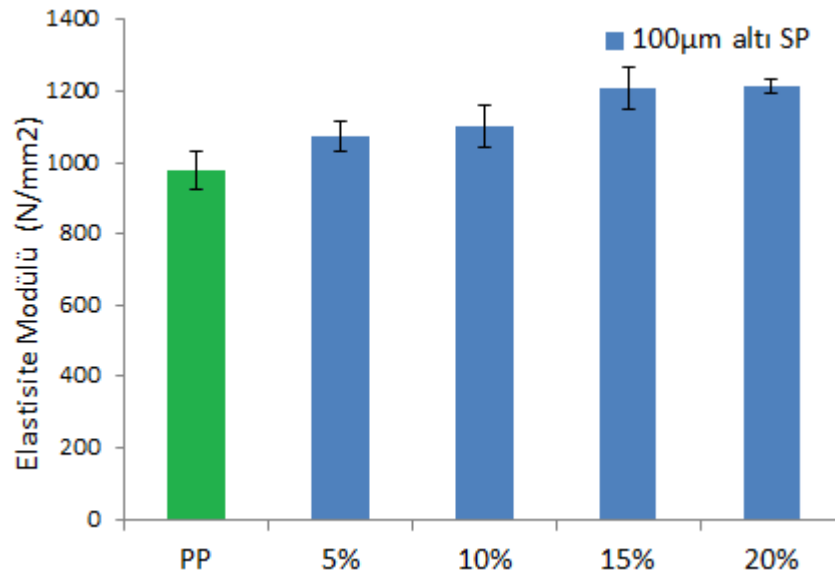
Şekil 3.4. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerin Çekme Mukavemetinin Karşılaştırılması

SEM analizi ile kırılma yüzeyleri incelendiğinde ara yüzeyde tam yapışma meydana gelmediği için 100-250µm arası partikül içeren kompozit numunelerin kopma yüzeyinde daha büyük boşluklar oluşmuştur. Bu boşlukların oluşması sonucunda 100µm altı partikül içeren numunelerin, 100-250µm arası partikül içeren kompozit numunelere göre çekme mukavemetleri yaklaşık %5 fazladır. (Şekil 3.5.).

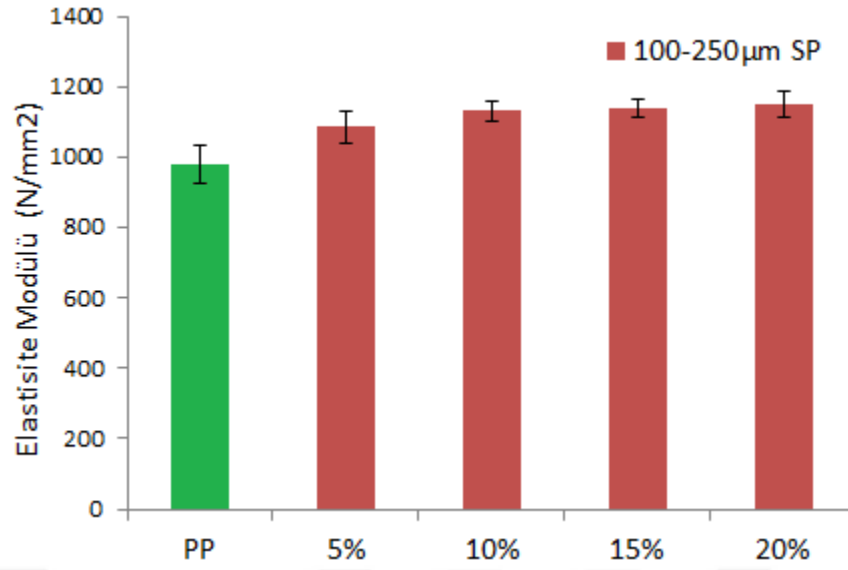


Şekil 3.5. Üretilen Kompozitlerin Çekme Mukavemetlerinin Karşılaştırılması

SP dolgulu kompozitlerde SP miktarı arttıkça elastisite modüllerinde artış olduğu belirlenmiştir. PP-20SP100 kompozitinde yaklaşık %24 (Şekil 3.6.), PP-20SP250 kompozitinde %17 (Şekil 3.7.) oranında elastisite modülünde artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın ana sebebi lignoselülozik materyallerin, polimere ile karşılaştırıldığında daha rijit yapıda olmasından kaynaklanmaktadır [18].

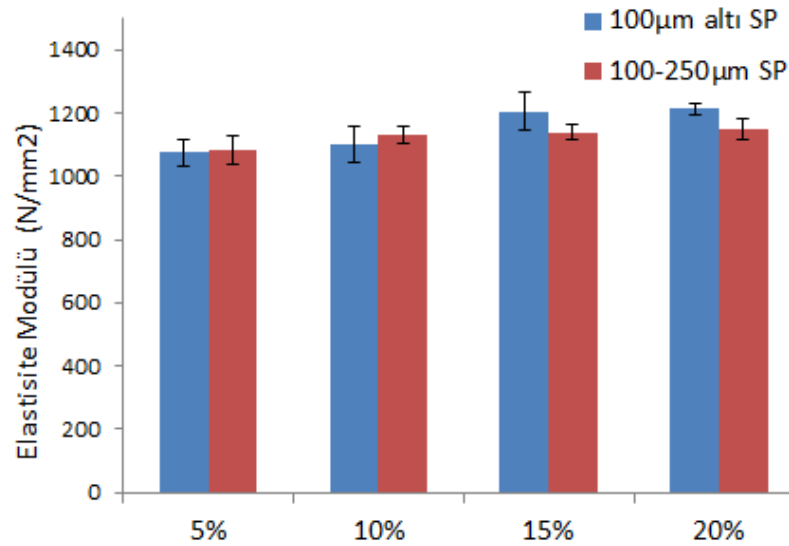


Şekil 3.6. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması



Şekil 3.7. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması

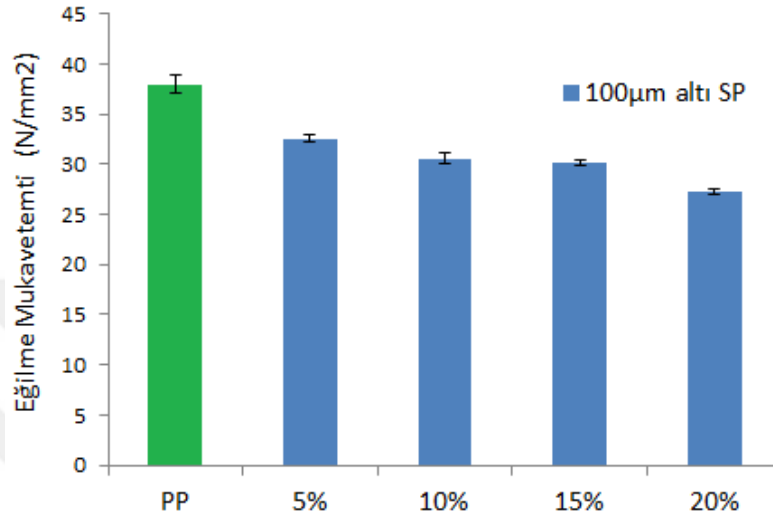
Partikül boyutsal farklılığı üzerinden kompozitlerin elastisite modülleri karşılaştırılırsa %5 ve %10 dolgu oranı için 100-250µm SP/PP kompozitlerin elastisite modüllerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. %15 ve %20 dolgu oranı için 100µm altı SP/PP kompozit numunelerin daha yüksek elastisite modülleri olduğu görülmektedir (Şekil 3.8.). Genel olarak kompozitlerin elastisite modülünde, dolgu maddesinin boyutunun önemli bir fark yaratmadığı belirtilebilir.



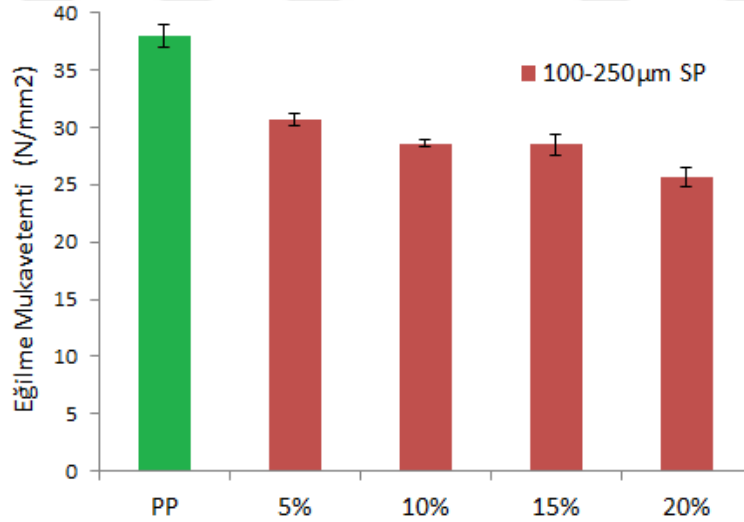
Şekil 3.8. Kompozitlerin Elastisite Modüllerinin Karşılaştırılması

Eğilme mukavemetleri incelendiğinde, çekme mukavemetlerinde olduğu gibi ara yüzey uyumsuzluğu sebebi ile partikül boyutu önemli olmaksızın, dolgu maddesi

miktarı arttıkça saf PP ye göre eğilme mukavemeti değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Örneğin ağırlıkça %20 oranında 100µm altı SP partikül boyutuna sahip kompozitlerin eğilme mukavemetlerinde yaklaşık %27 (Şekil 3.9.), 100-250µm arası SP partikül boyutuna sahip kompozitlerin eğilme mukavemetlerinde yaklaşık %31 (Şekil 3.10.) oranında düşüş gözlenmiştir.



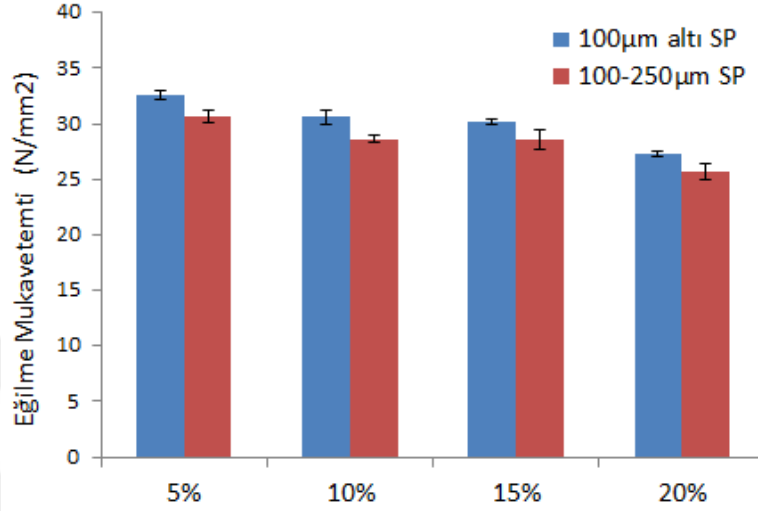
Şekil 3.9. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Eğilme Mukavemetinin Karşılaştırılması



Şekil 3.10. Saf PP ve 100-250µm Arası SP/PP Eğilme Mukavemetinin Karşılaştırılması

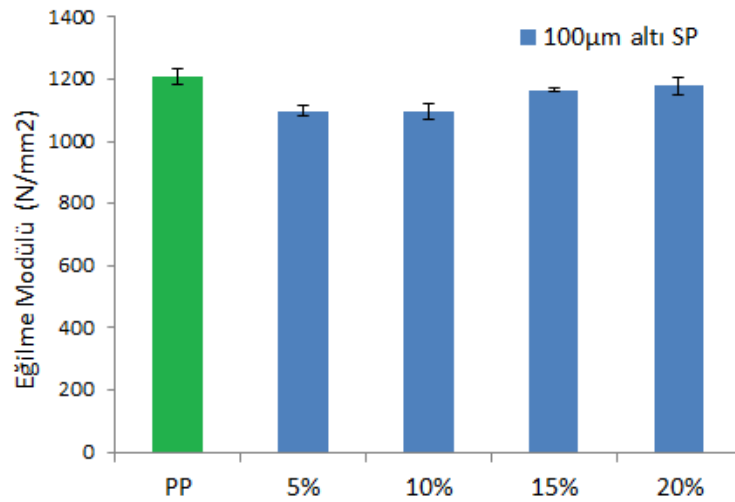
100µm altı SP/PP kompozit numunelerinin eğilme dayanımı sonuçlarına göre, 100-250µm SP/PP kompozit numunelerinden daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ağırlıkça %20 oranında 100µm altı SP içeren kompozit numunesi, 100-250µm SP/PP kompozit numunesine göre %6 daha fazla eğilme mukavemetine

sahiptir (Şekil 3.11.) Bu farkın sebebi, üretim sırasında termokinetik mikserin daha küçük partikülleri polimer içerisinde daha kolay dağıtmasından kaynaklanabilir. Buna ek olarak arayüzey kaynaklı sebepler de dikkate alınmalıdır. Ancak hata payları göz önüne alındığında elde edilen veriler büyük bir fark teşkil etmemektedir.



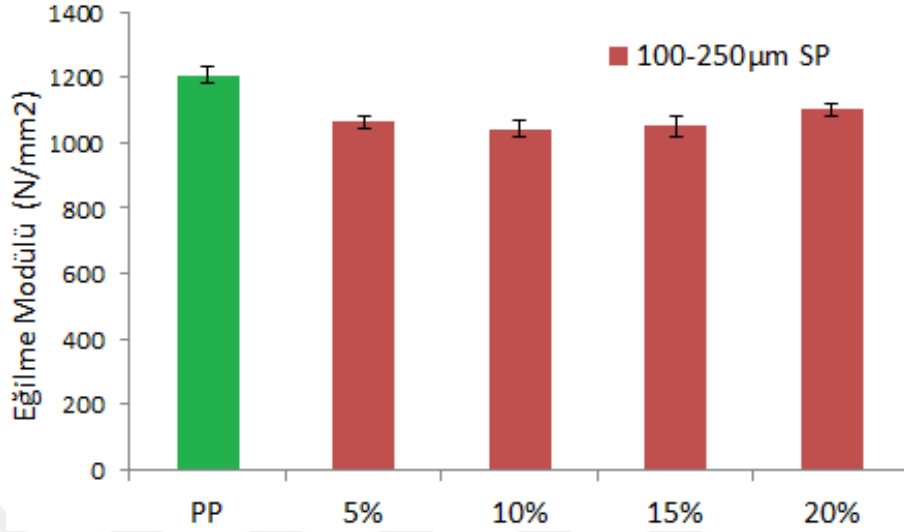
Şekil 3.11. Üretilen Kompozitlerin Eğilme Mukavemetlerinin Karşılaştırılması

Numunelerin eğilme modülleri incelendiğinde, PP-5SP100 ve PP-10SP100 kompozit numunelerin eğilme modülü değerleri birbirine çok yakın olarak belirlenmiştir. Saf PP ile karşılaştırıldığında yaklaşık % 12 oranında azalma incelenmiştir. PP'ye göre PP-10SP100 numunesinin eğilme modülü değerinde %7, PP-20SP100 numunesinin eğilme modül değerinde %5 azalma belirlenmiştir (Şekil 3.12.).



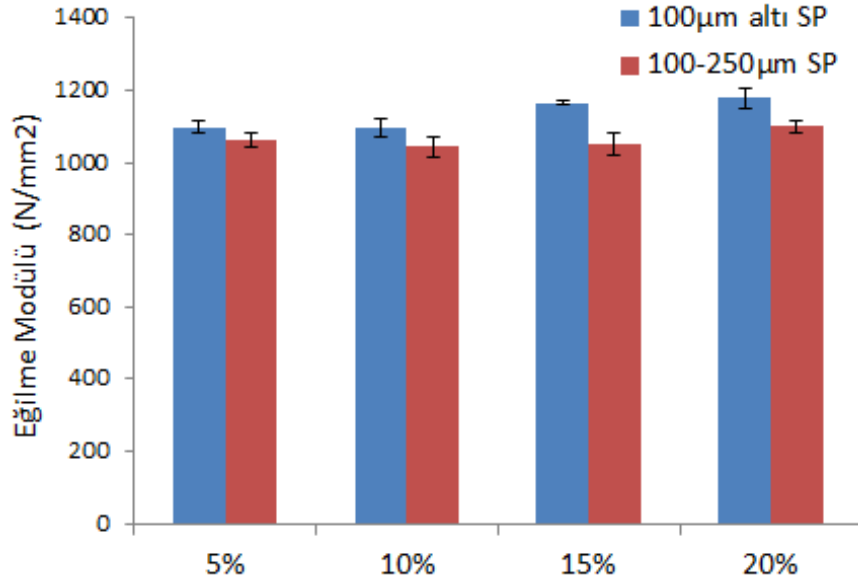
Şekil 3.12. Saf PP ve 100µm Altı SP/PP Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması

100-250 μ m arası SP/PP kompozit numunelerinin eğilme modülü değerleri incelendiğinde, eğilme modüllerinde %13-15 arası azalma görülmüştür (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Saf PP ve 100-250 μ m Arası SP/PP Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması

Aynı dolgu maddesi oranına sahip kompozitler karşılaştırıldığında 100 μ m altı SP/PP numunelerinin 100-250 μ m SP/PP numunelere göre eğilme modüllerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PP-20SP100 ve PP-20SP250 numuneleri arasında en büyük fark görülmüştür (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Üretilen Kompozitlerin Eğilme Modüllerinin Karşılaştırılması

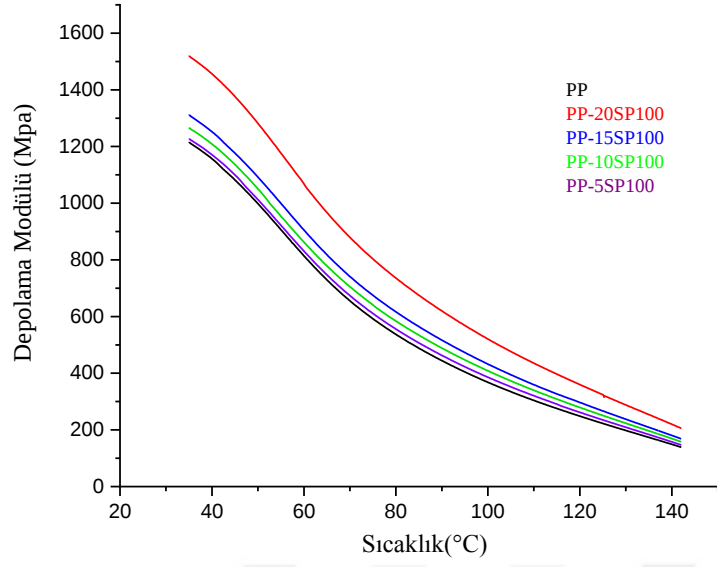
3.3 Dinamik Mekanik Analizi (DMA)

Tablo 3.2.'de saf PP ile 100 μ m altı SP, 100-250 μ m arası SP partikülleri ile dolgulu biyokompozitlerin 35°C, 60°C, 90°C, 120°C ve 140°C' deki depolama modüllerinin değişimleri görülmektedir. Sıcaklık arttıkça bütün depolama modülü değerlerinde düşüş görülmüştür. Bunun sebebi matrisin yumuşaması ve gevşeme işleminin başlaması olabilir (Tablo 3.2.) [77].

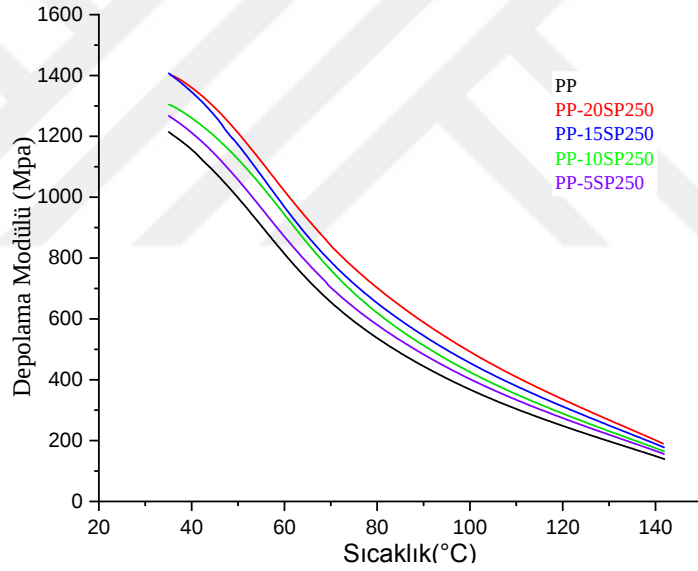
Tablo 3.2. PP ve Kompozitlerin DMA Sonuçları

Numune Adı	Depolama Modülü (MPa)				
	35°C	60°C	90°C	120°C	140°C
PP	1216,69	812,15	443,15	247,74	149,39
PP-5SP100	1228,35	828,48	461,41	260,95	157,83
PP-10SP100	1266,66	860,729	487,41	278,38	169,72
PP-15SP100	1312,85	900,771	514,06	295,12	179,92
PP-20SP100	1520,84	1065,64	617,99	358,78	220,17
PP-5SP250	1269,46	867,63	481,42	272,92	166,14
PP-10SP250	1306,07	939,414	510,36	287,47	174,98
PP-15SP250	1409,54	964,788	542,80	310,74	189,08
PP-20SP250	1400,98	1021,08	588,59	335,52	202,62

Tablo 3.2.'de bulunan değerler incelendiğinde biyokompozit malzeme içerisindeki SP miktarı arttıkça sıcaklığa bağlı depolama modüllerinin arttığı görülmüştür [77]. Bu artış miktarı en iyi %20 dolgulu PP kompozitlerde görülmüştür. 35°C'de saf PP' ye göre PP-20SP100'nin yaklaşık %25, PP-20SP250'nin %15 oranında arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzeri şekilde 140°C'de saf PP'ye göre PP-20SP100'nin yaklaşık %40, PP-20SP250'nin %35 oranında arttığı belirlenmiştir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16.).



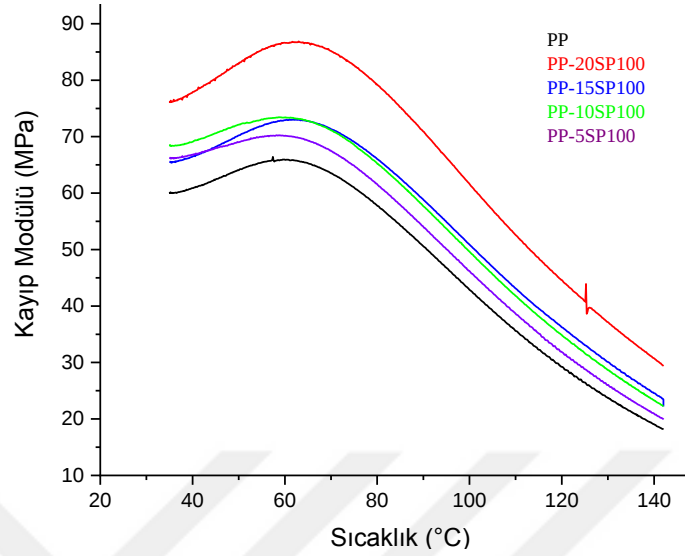
Şekil 3.15. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Depolama Modülü Değişimi



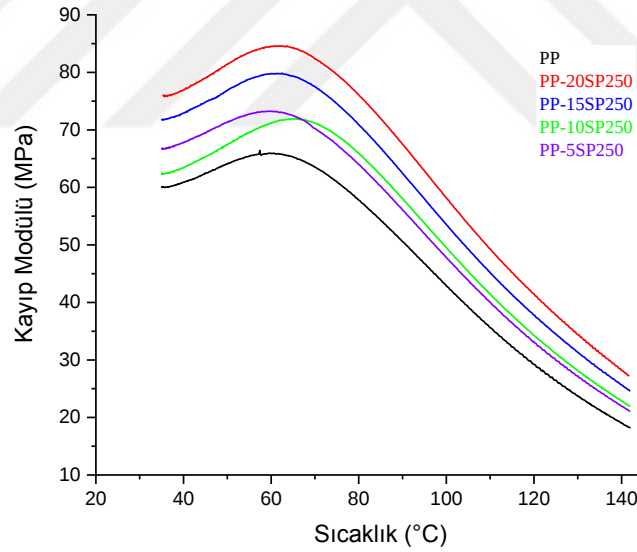
Şekil 3.16. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Depolama Modülü Değişimi

Üretilmiş olan kompozit numunelerin kayıp modüllerinin, numune içerisindeki ağırlıkça SP miktarı arttıkça saf PP'ye göre arttığı görülmüştür. Kayıp modül değerlerinin 60-70°C aralığında maksimuma ulaşip azalmasının temel nedeni ise PP'nin polimer zincirlerindeki gevşemeden ve polimer zincirlerinin serbest hareketinden kaynaklanmaktadır [78]. SP miktarının artışına bağlı olarak kompozit numunelerin kayıp modülünde de düzenli bir artış görülmeme sebebi üretilmiş olan

numunelerde SP'nin PP içerisinde homojen olarak dağılmaması ihtimal dahilindedir (Şekil 3.17. ve Şekil 3.18.).



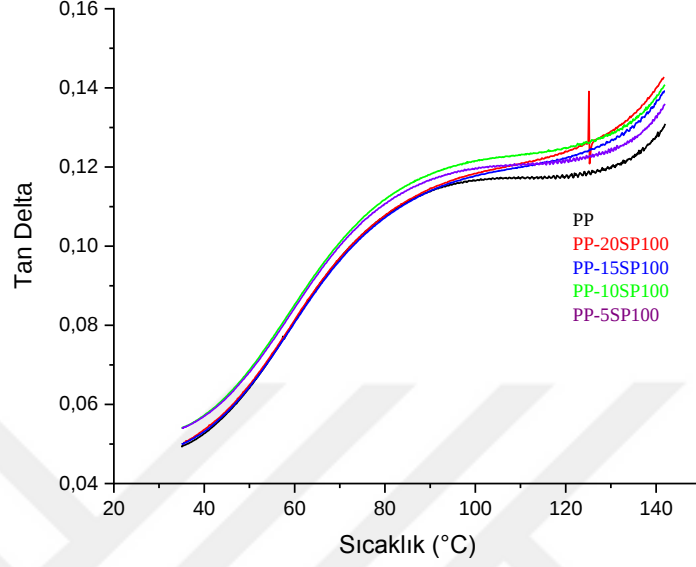
Şekil 3.17. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Kayıp Modülü Değişimi



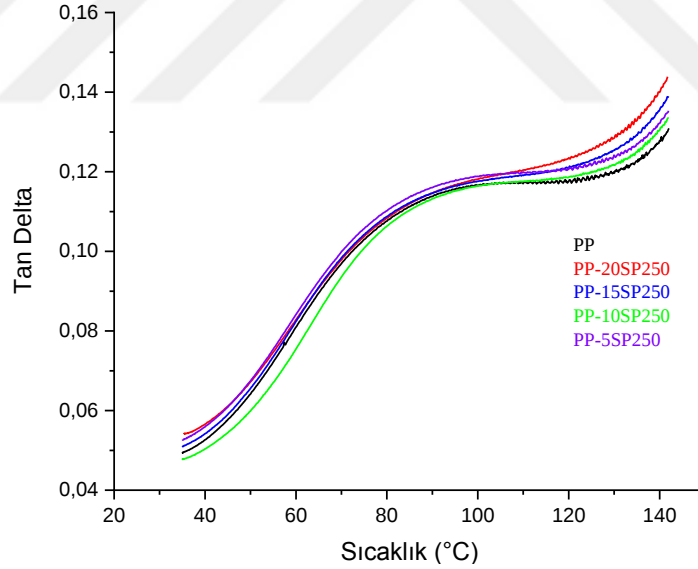
Şekil 3.18. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Kayıp Modülü Değişimi

Numunelerin sıcaklığı bağlı tan delta değişimlerini incelersek; SP ile PP polimeri ara yüzeyi arasında hidrofofik ve hidrofilik malzemelerden beklendiği gibi iyi bir birleşim elde edilememe sebebi ile içerik miktarına bağlı olarak değerlerde düzenli artışlar elde edilememiştir. Ancak maksimum sıcaklık olan 140°C ağırlıkça içerik olarak sırası %20, %15, %10, %5 ve saf PP sıralaması net bir şekilde

görülmektedir. Bunun sebebi zayıf arayüzeyde daha çok enerji dağılımı olması ve buna bağlı dolgu miktarı artışı ile tan delta miktarının da artmasıdır [79]. Şekil 3.19. ve Şekil 3.20.'de ilgili grafikler görülmektedir.



Şekil 3.19. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Tan Delta Değişimi



Şekil 3.20. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Tan Delta Değişimi

3.4 Termogravimetrik Analizi (TGA)

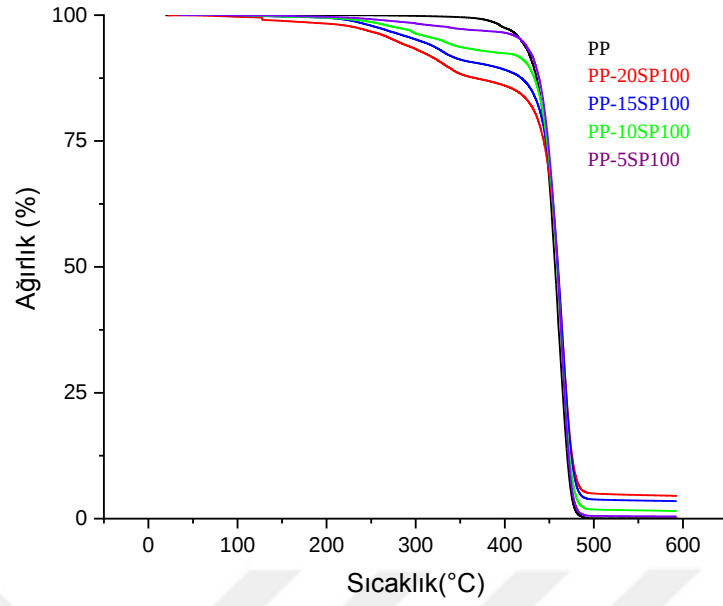
Termogravimetrik analiz; sıcaklığa bağlı olarak kazanılan veya kaybedilen kütle kaybını belirlemek amacı ile yapılır. Saf PP ile farklı oran ve boyutlardaki SP/PP kompozit numunelerinde elde edilen değerler Tablo 3.3.'de gösterilmiştir. Yapılan

bu analizde saf PP ve SP/PP kompozitlerinin bozunmaya başlangıç sıcaklığı olan $T_{baş}$, maksimum bozunma sıcaklığı olan T_{max} , kütle değişiminin stabil hale geldiği T_{bit} sıcaklıkları ve kütle değişim oranları verilmiştir. Bu analizde ek olarak saf SP kullanılmış olup ilgili değerler Tablo 3.4.'de gösterilmiştir. Bu çalışmalarda, başlangıç bozunma sıcaklığı toplam ağırlık kaybının %5'ine karşılık gelen sıcaklık olarak kabul edilmiştir.

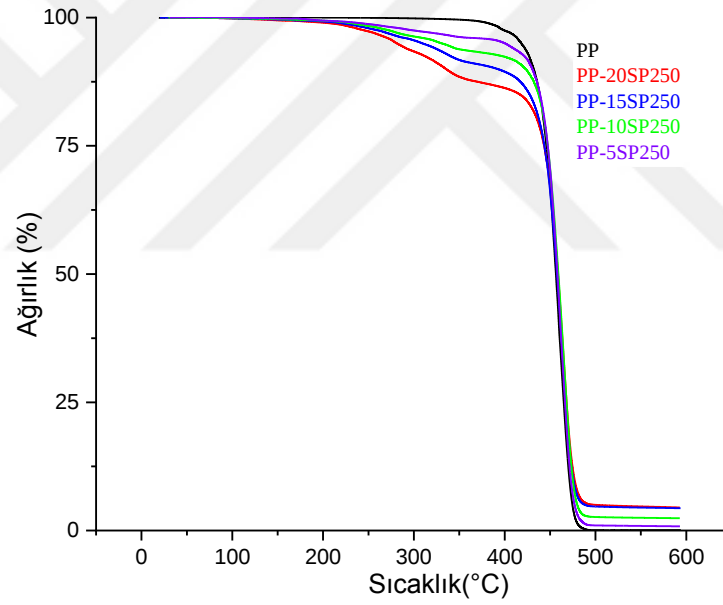
Tablo 3.3. Saf PP ve Kompozit Numunelerin TGA Analiz Sonuçları

Numune Adı	$T_{baş}$ (°C)	Kütle kaybı (600 °C) (%)	T_{bit} (°C)	Kalan Kütle (%)	T_{max} (°C)
PP	418.32	99.06	586.18	0.04	460.33
PP-5SP100	418.69	99.50	538.1	0.50	463.34
PP-10SP100	329.13	98.29	518.77	1.73	463.51
PP-15SP100	302.72	96.35	582.68	3.51	464.68
PP-20SP100	275.65	95.22	576.05	4.59	464.43
PP-5SP250	400.11	99.04	560.86	0.87	460.98
PP-10SP250	330.21	97.45	526.96	2.53	464.98
PP-15SP250	309.1	95.47	583.83	4.38	463.20
PP-20SP250	281.05	95.26	584.62	4.53	463.32

Elde edilen veriler incelendiğinde beklendiği gibi saf PP' nin termal özellikleri daha iyi olmakla birlikte, kompozit malzeme içerisindeki SP miktarı arttıkça $T_{baş}$ sıcaklığı düşmüştür. Bunun nedeni SP'nin PP'ye göre termal bozunma sıcaklığının daha düşük olmasıdır [59]. Bununla birlikte biyomalzeme olan SP'nin kalan kül (karbon) atığı miktarında artış görülmüştür. SP'nin boyutsal özellikleri kontrol edildiğinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Yani kompozit malzeme içerisindeki SP'nin boyutsal farklılıkları TGA analizinde önemli bir etki oluşturmamıştır (Şekil 3.21. ve Şekil 3.22.). T_{max} sıcaklıkları tüm numuneler için 460-465°C arasındadır. Saf SP ve kompozit malzemeler arasında yapılan TGA karşılaştırma analizde elde edilen T_{max} sıcaklıkları arasında yaklaşık 130°C fark bulunmaktadır [59]. Bunun nedeni PP ye göre, SP içerisinde bulunan C-C ve C-O bağlarının daha düşük sıcaklıkta bozunmaya başlamasıdır [61].



Şekil 3.21. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi



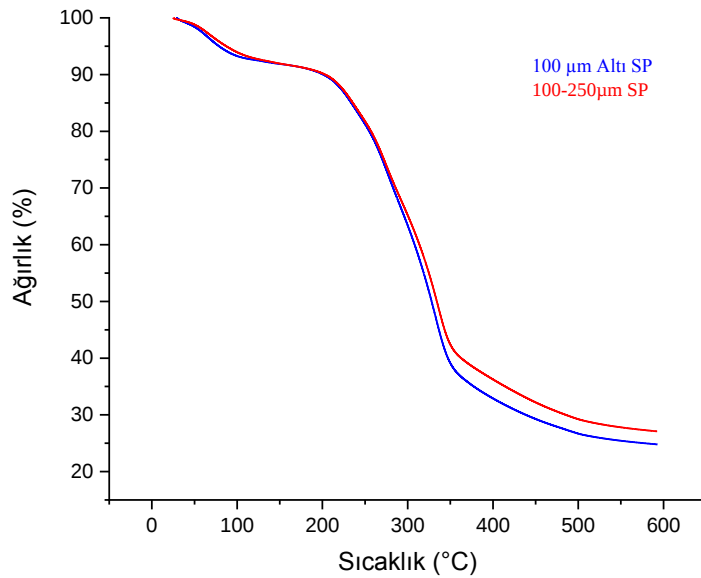
Şekil 3.22. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi

100µm altı SP ve 100-250µm arası SP partiküllerinin TGA analizinden elde edilen veriler Tablo 3.4.'de gösterilmiştir. İki aşamalı sıcaklığa bağlı bozunma elde edilmiştir.

Tablo 3.4. SP Partiküllerin TGA Analiz Sonuçları

Numune Adı	T _{baş} (°C)	T _{on1} (°C)	Kalan Kütle (%)	T _{on2} (°C)	Kalan Kütle (%)	T _{bit} (°C)	Kütle kaybı (600°C) (%)	T _{max} (°C)
100µm Altı SP	78.8	277	72.16	290	67.3	592.3	75.2	332.62
100-250µm SP	87.3	274	74.16	292	67.7	585.3	72.8	335.66

Toplam ağırlık kaybının %5'i olarak kabul edilen başlangıç bozunma sıcaklığı T_{baş} sıcaklıkları 100µm altı SP için 78.8°C, 100-250µm arası SP için 87.3°C olarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerler en yakın kompozit numuneler ile karşılaştırıldığında %20 SP katkıda 100µm altı SP için 275.65°C, 100-250µm arası SP için 281.05°C olarak belirlenmiştir. Şeker pancarı küspesi yaklaşık %20-25 selüloz,%25-35 hemiselüloz,%22-32 pektin,%10-15 protein ve %1-3 çözünmez ligninden oluşmuştur [28, 43]. 100µm altı SP için 277°C (T_{on1}) de pectin ve 290°C (T_{on2})'de hemiselüloz bozunmaya başlamıştır. T_{max} sıcaklığı olan 332.62°C ise şeker pancarı küspesinde bulunan selüloz ve lignin bozunmuştur. 100-250µm SP için 274°C (T_{on1}) de pektin, 292°C (T_{on2})'de hemiselüloz bozunmaya başlamıştır [62, 73]. T_{max} sıcaklığı olan 335,66°C ise şeker pancarı küspesinde bulunan selüloz ve lignin bozunmuştur [43]. Kalan kütleler incelendiğinde 100µm altı SP için test sonunda kütlece % 25, 100-250µm SP için kütlece %27 oranında kül kalmıştır (Şekil 3.23.).

**Şekil 3.23.** SP Partiküllerinin Sıcaklığa Bağlı Ağırlık (%) Değişimi

3.5 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Analizi (DSC)

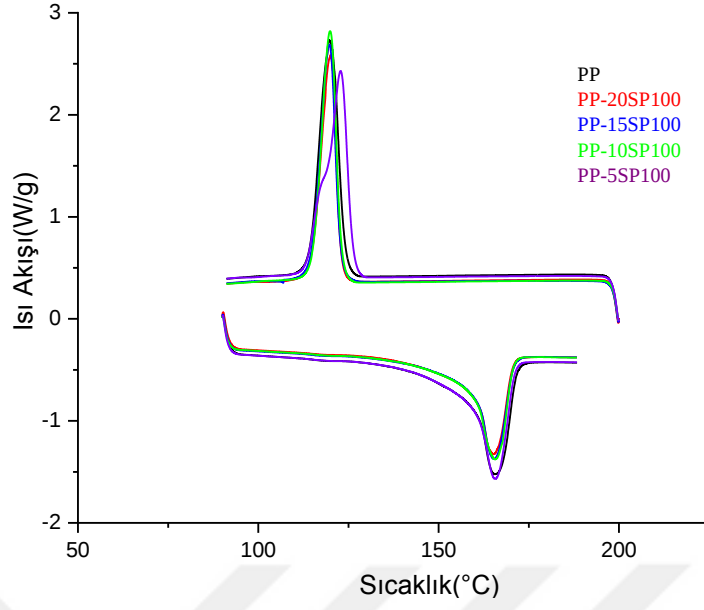
Kompozit numunelerin DSC analizleri sonucunda; numunelerin erime sıcaklığı (T_m), kristalizasyon sıcaklığı (T_c), erime entalpisi (ΔH_m), kristalizasyon entalpisi (ΔH_c) elde edilmiştir. Kristalite derecesi (X_c) bu değerler ilgili formülde kullanılarak belirlenmiştir. %100 kristalize polipropilen için erime entalpisi 209J/g olarak alınmıştır. Elde edilen veriler Tablo 3.5.'de gösterilmiştir.

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_m / \varphi_{PP}}{\Delta H_m^0} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

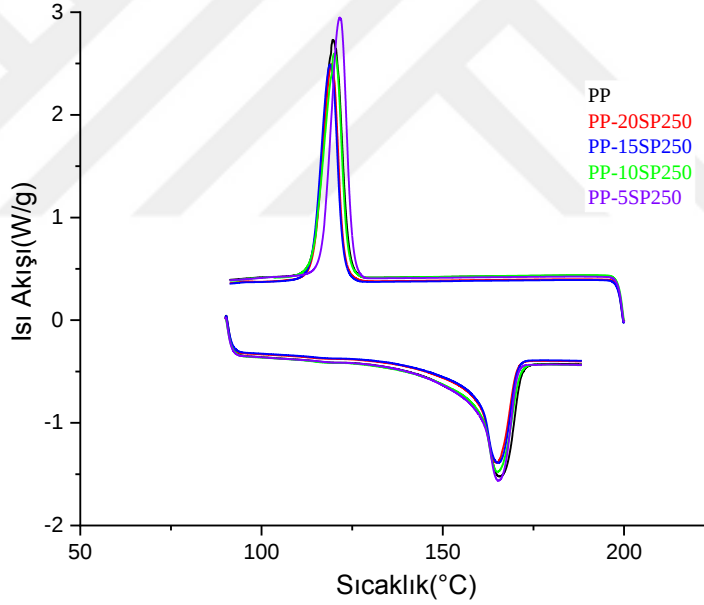
Tablo 3.5. PP ve Kompozitlerin DSC Analiz Sonuçları

Numune Adı	T_m (°C)	T_c (°C)	ΔH_m (J/g)	ΔH_c (J/g)	X_c (%)
PP	165.62	123.98	83	86.96	41.6
PP-5SP100	165.68	122.81	80.18	85.73	40.38
PP-10SP100	165.58	119.91	70.02	74.75	37.22
PP-15SP100	165.42	119.66	66.78	71.52	37.59
PP-20SP100	165.23	120.00	64.59	69.04	38.63
PP-5SP250	165.31	121.53	79.26	82.67	39.91
PP-10SP250	165.12	120.12	78.43	79.28	41.69
PP-15SP250	165.24	118.92	68.85	71.20	38.75
PP-20SP250	164.91	119.31	64.41	68.78	38.52

Bu veriler incelendiğinde dolgu maddesi olarak kullanılan şeker pancarı küspesi partiküllerinin erime sıcaklığı üzerinde etkisi olmamıştır. Erime sıcaklıkları(T_m), saf PP ve bütün kompozit numuneler için yaklaşık 165°C olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte numunelerin saf PP' ye göre kristalizasyon sıcakları (T_c) 1-4°C arasında düşüş göstermiştir. Kristalite derecesi (X_c) farkları saf PP ile kompozit numuneler arasında maksimum %4 azalma ile PP-10SP100 kompozitinde oluşmuştur. Parçacık boyut farklılıkları termal analizlerde önemli değişimler oluşturmamıştır. Numunelerin DSC grafikleri 100µm altı SP/PP kompozitlerin Şekil 3.24.' de, 100-250µm arası SP/PP kompozitlerin Şekil 3.25.'de gösterilmiştir.



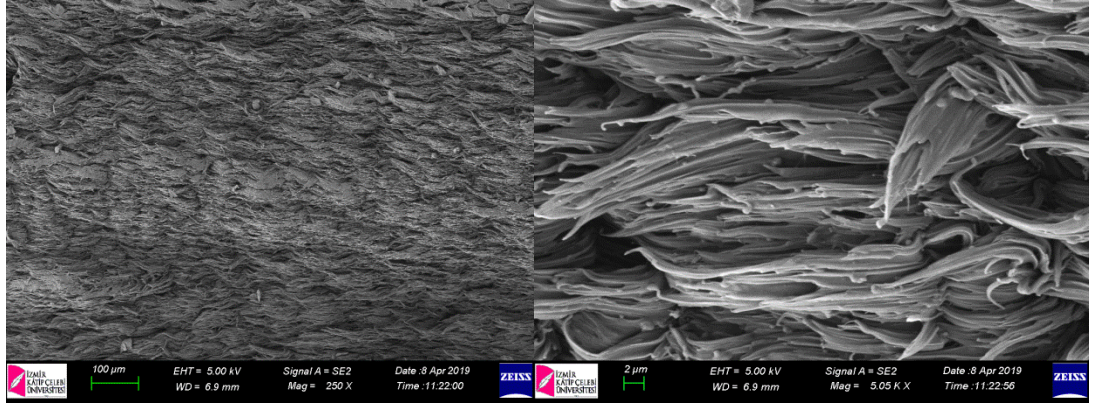
Şekil 3.24. 100µm Altı SP/PP Kompozitlerinin DSC Grafiği



Şekil 3.25. 100-250µm Arası SP/PP Kompozitlerinin DSC Grafiği

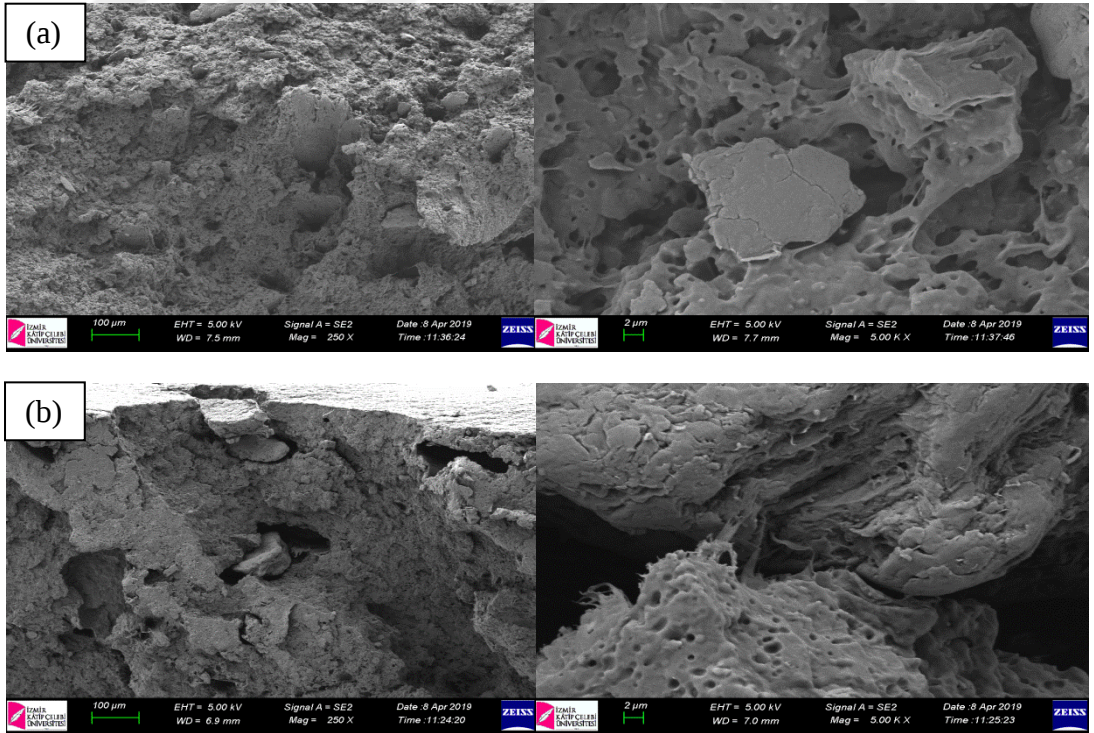
3.6 Taramalı Elektron Mikroskobu İncelemeleri (SEM)

Polipropilen ve kompozitlerin çekme deneyi sonucu kırılma veya kopma yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Şekil 3.26.'da görülen saf PP yüzeyinde çekme sonucu iplikçikler oluşmuş ve sünek bir yapı göstermiştir. Düzenli kopma yüzeyi ve yüzeyde boşluklar görülmüştür.

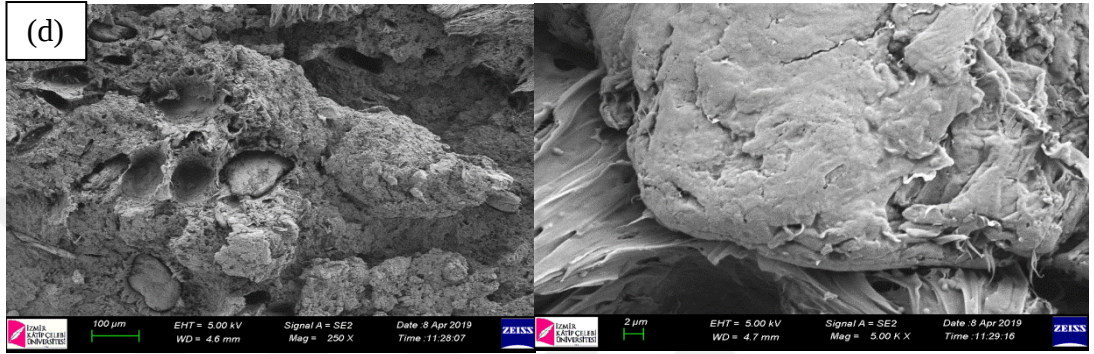
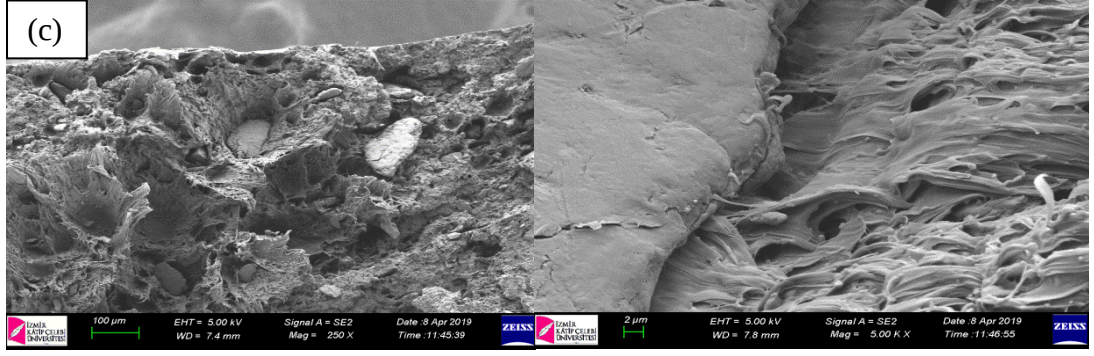


Şekil 3.26. Saf PP'nin SEM Görüntüleri

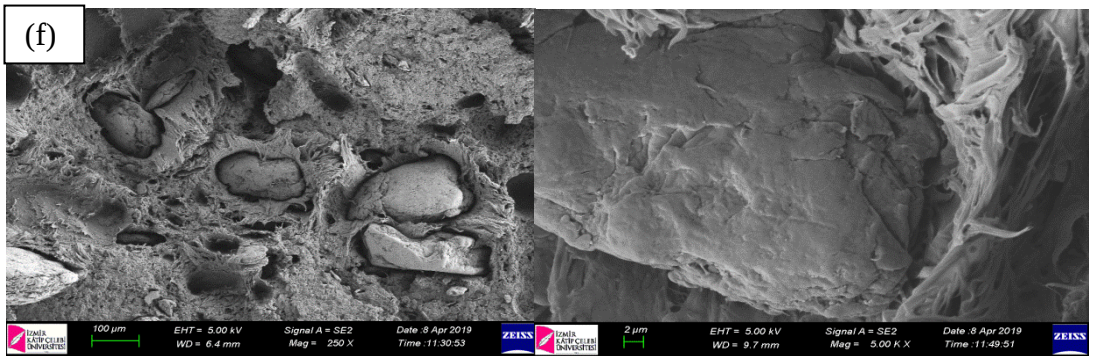
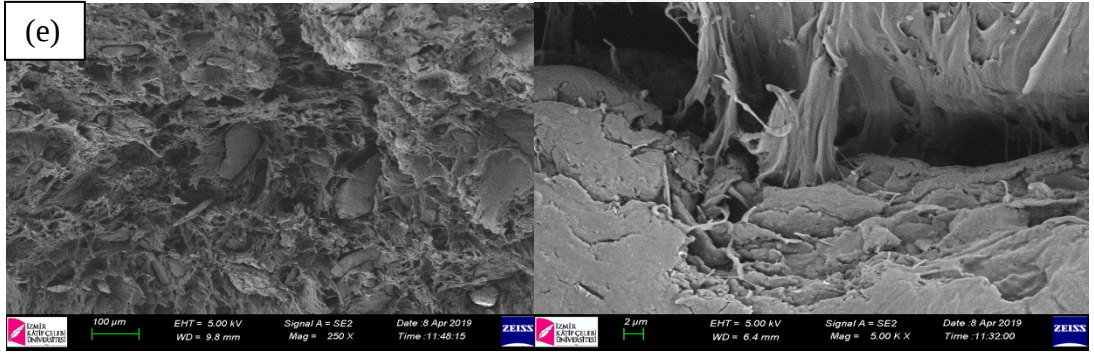
Üretilmiş olan kompozit malzemelerin çekme deneyi sonucu yüzey kırılmaları incelenmiştir. Elde edilen görüntülerde, hidrofilik ve hidrofobik malzemeler arasında kötü bir ara yüzey oluştuğu ve malzemeler arası yapışmanın olmadığı görülmüştür. Keskin köşe ve kenarlar dolgu miktarı arttıkça dayanımda azalmayı açıklar niteliktedir. Bu keskin köşe ve kenarlarda gerilme yığılmaları oluşmaya müsaittir. Üretilmiş olan biyokompozitlerin 250 ve 5000 defa büyütülmüş görüntüleri aşağıda görülmektedir.



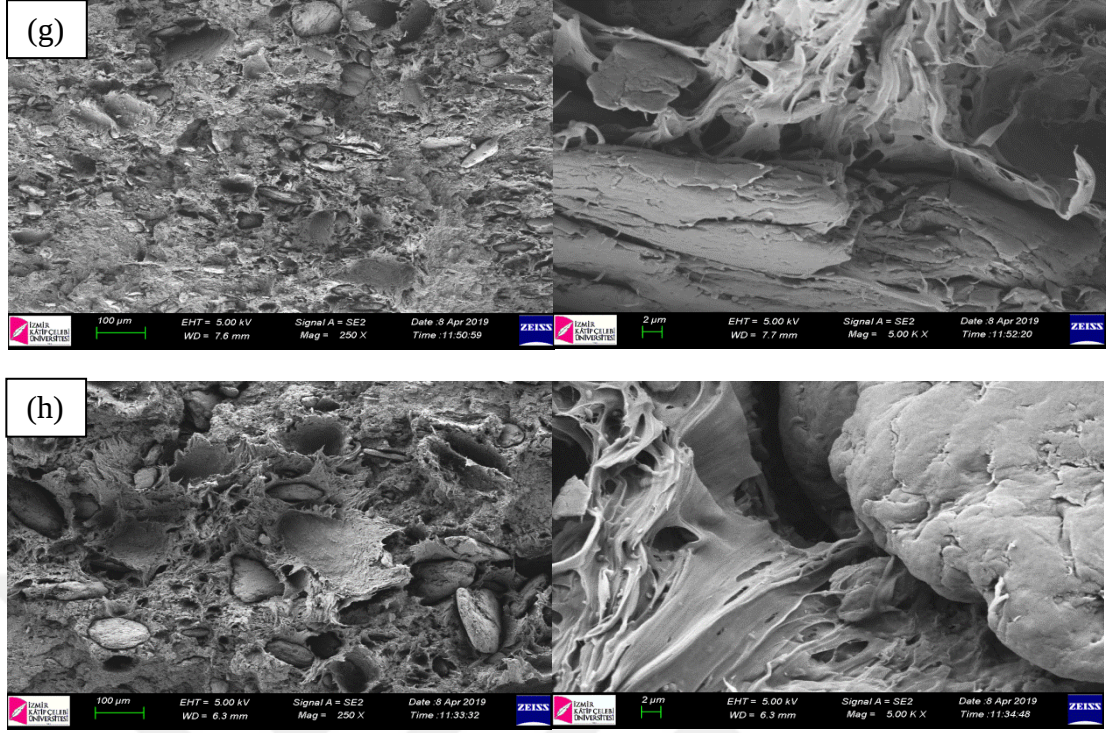
Şekil 3.277. PP-5SP100 (a) ve PP-5SP250 (b) SEM Görüntüleri



Şekil 3.28. PP-10SP100(c) ve PP-10SP250(d) SEM Görüntüleri



Şekil 3.29. PP-15SP100(e) ve PP-15SP250(f) SEM Görüntüleri



Şekil 3.30. PP-20SP100(g) ve PP-20SP250(h) SEM Görüntüleri

4. SONUÇLAR

Tez çalışmasında tarımsal atık olan şeker pancarı posası, kurutulup öğütülerek 100µm altı ve 100-250µm arası boyutlarına getirilerek, polipropilen matrisli kompozitler üretilmiştir. Bu kompozitlerin mekanik ve termal sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Çekme testleri sonuçlarına göre; saf PP'ye katılan SP miktarı arttıkça çekme dayanımlarında azalma görülmüştür. Saf PP'nin çekme dayanımı ile karşılaştırıldığında, PP-5SP100'de %3, PP-10SP100'de %8, PP-15SP100'de %13 , PP-20SP100'de %21 azalma görülmüştür. PP-5SP250'de %6, PP-10SP250'de %11, PP-15SP250'de %21, PP-20SP250'de %24 azalma görülmüştür. Elastisite modülleri incelenirse; numune içerisindeki SP miktarı arttıkça elastisite modülü artmaktadır. Saf PP elastisite sonuçlarına göre, PP-5SP100'de %10, PP-10SP100'de %12, PP-15SP100'de %23, PP-20SP100'de %24 artış görülmüştür. 100-250µm partikül boyutunda PP-5SP250'de %12 artış, PP-10SP250'de %15 artış, PP-15SP250'de %16 artış, PP-20SP250'de %17 artış elde edilmiştir.
2. Eğilme testleri sonuçlarına göre; saf PP içerisinde SP miktarı arttıkça eğilme dayanımlarında azalma görülmüştür. Saf PP ile karşılaştırıldığında eğilme dayanımlarında, PP-5SP100'de %13, PP-10SP100'de %20, PP-15SP100'de %21 , PP-20SP100'de %29 azalma görülmüştür. 100-250µm partikül boyutunda PP-5SP250'de %20 azalma, PP-10SP250'de %24 azalma, PP-15SP250'de %25 azalma, PP-20SP250'de %32 azalma belirlenmiştir. Eğilme modülleri incelenirse; saf PP' ninine göre, PP-5SP100'de %12, PP-10SP100'de %13, PP-15SP100'de %7, PP-20SP100'de %5 azalma görülmüştür. 100-250µm arası partikül boyutunda PP-5SP250'de %15 , PP-10SP250'de %17, PP-15SP250'de %16, PP-20SP250'de %12 azalma belirlenmiştir.
3. DMA sonuçlarına göre; saf PP ile karşılaştırıldığında sıcaklığa bağlı depolama modülünde en yüksek artış oranları PP-20SP100'de olup 35°C, 60°C, 90°C,

120°C, 140°C için sırasıyla %25, 31, 40, 45, 47 olarak görülmüştür. Saf PP numunesine göre sıcaklığa bağlı depolama modülünde en yüksek artış 35°C'de PP-15SP250'de olup %15'dir. 35°C, 60°C, 90°C, 120°C, 140°C için PP-20SP250'de artış oranı sırasıyla %26, 33, 35, 36 olarak görülmüştür.

4. TGA sonuçlarına göre saf PP bozunma başlangıç sıcaklığı 418.32°C olarak belirlenmiştir. Saf PP bozunma başlangıç sıcaklığına karşılaştırıldığında 100µm altı partikül boyutu için PP-5SP100'de bozunma başlangıç sıcaklığında kayda değer azalma görülmemiştir. PP-10SP100'de için 89.19°C, PP-15SP100'de için 115.6°C, PP-20SP100'de için 142.67°C azalma belirlenmiştir. Saf PP bozunma başlangıç sıcaklığına karşılaştırıldığında 100-250µm partikül boyutunda PP-5SP250'de 18.21°C, PP-10SP250'de 88.11°C, PP-15SP250'de 109.22°C, PP-20SP250'de 137.27°C azalma olarak tespit edilmiştir. Maksimum bozunma sıcaklıkları PP-5SP100'de 538°C, PP-10SP100'de 518°C, PP-15SP100'de 582°C, PP-20SP100'de 576°C olarak belirlenmiştir. PP-5SP250'de 560°C, PP-10SP250'de 526°C, PP-15SP250'de 583°C, PP-20SP250'de 584°C olarak tespit edilmiştir. Saf PP 586°C, saf SP 100µm altı partikül boyutu için 592°C, 100-250µm partikül boyutunda 585°C tespit edilmiştir.
5. DSC analiz sonuçlarına göre; saf PP ile karşılaştırıldığında, 100µm altı ve 100-250µm numunelerin kristalizasyon sıcaklığı (T_c) azalmaktadır. Kompozitlerin erime entalpileri (ΔH_m) değerleri azalmaktadır. Erime entalpileri (ΔH_m) PP-5SP100'de %4, PP-10SP100'de %16, PP-15SP100'de %20, PP-20SP100'de %22 oranlarında azalma belirlenmiştir. Erime entalpilerinde (ΔH_m) PP-5SP250'de %5, PP-10SP250'de %7, PP-15SP250'de %17, PP-20SP250'de %23 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Kompozitlerin kristalizasyon entalpileri (ΔH_c) azalmaktadır ve kristalizasyon entalpilerinde (ΔH_c) PP-5SP100'de %2, PP-10SP100'de %14, PP-15SP100'de %18, PP-20SP100'de %21 oranlarında azalma görülmüştür. PP-5SP250'de %5, PP-10SP250'de %9, PP-15SP250'de %19, PP-20SP250'de %21 oranlarında azalma belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Jones RM. Mechanics of Composite Materials Secont Edition Virginia: Taylor and Francis; 1999.
2. Kaw AK. Mechanics of Composite Materials: Taylor and Francis; 2006.
3. Vasiliev VV, Morozov EV. Mechanics and Analysis of Composite Materials Moskow: Elsevier; 2001.
4. Yi XS, Du S, Zhang L. Composite Materials Engineering, Volume 1 Xi'an: Chemical Industry Press; 2006.
5. Peters ST. Handbook Of Composites California: Chapman and Hall; 1998.
6. Choo VKS. Fundamentals of Composite Materials Delaware: Knowen Academic Press; 1990.
7. Sheikh-Ahmad JY. Machining Of Polymer Composites Abu Dhabi: Springer Science+Business Media; 2009.
8. Askeland DK, Wright WJ. The Science and Engineering Materials Boston: Global Engineering; 2016.
9. Westman MP, Laddha SG, Fifield LS, Kafentzis TA, Simmons KL. Natural Fiber Composites: A Review. Washington;; 2010 March.
10. Aslan A, Güneş A, Salur E, Şahin ÖS, Karadağ HB, Akdemir A. Mechanical Properties and Microstructure of Composites Produced by Recycling Metal Chips. International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials. 2018; 9(25): p. 1070-1079.
11. Chiba R, Nakamura T, Kuroda M. Solid-state Recycling of Aluminium Alloy Swarf Through Cold Profile Extrusion and Cold Rolling. Journal of Materials Processing Technology. 2011; 11(211): p. 1878-1887.
12. Karadağ H. Production and Mechanical Properties of Steel/Bronze Chips Composite. 2014..
13. Barbosa PA, Bobrovnichii GS, Skury AL, da Silva G, Filgueira M. Structure Microstructure and Mechanical Properties of PM Fe–Cu–Co Alloys. 2010; 1(31): p. 522.
14. Kalemtaş A. Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler. Bursa: Researchgate; 2015.
15. <https://www.ceyrekmuhendis.com/kompozit-malzeme-nedir/>. [Online].; 2019 [cited 2019 11 14. Available from: <https://www.ceyrekmuhendis.com/kompozit-malzeme-nedir/>.
16. Zhang Z, NG TY, Meguid SA. Three-dimensional Modelling of Elastic Bonding in Composite Laminates Using Layerwise Differential Quadrature. International Journal of Solids and Structures. 2013; 40(7): p. 1745-1764.
17. Liew KM, Zhang JJ, Ng TY, Reddy JN. Dynamic Chareascteristics of Elastic Bonding in Composite Laminates: A Free Vibration Study. Journal of Applied Mechanics. 2003; 860(70): p. 70.
18. Küçükdoğan Öztürk , Sever , Sütçü M, Seki Y, Seydibeyoğlu , Sarıkanat. Tarımsal Atık il Katkılanmış Yüksek Yoğunluklu Polietilen Kompozitlerin Fiziksel, Termal ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi. In XIX. Ulusal

- Mekanik Kongresi; 2015; Trabzon: XIX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ.
19. Yoldas S, Sarikanat M, Sever K, Durmuşkaya C. Extraction and Properties of *Ferula Communis* (chakshir) Fibers as Novel. Composites: Part B. 2012 Mar 29; p. 517–523.
 20. Ramesha M, Palanikumar K, Reddy KH. Plant Fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green. Composites: Part B. 2017 Mar 29; p. 517–523.
 21. Mutlay İ. Yeşil Malzemeler Sinai Değerlendirme Raporu. Ankara.
 22. Mohanty AK, Misra M, L. T. Drzal. Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World. *Journal of Polymers and the Environment*. 2002; 40: p. 1-2.
 23. Gurunathan T, Mohanty S, Nayak SK. A Review of the Recent Developments in Biocomposites Based on Natural Fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2015; 77: p. 1-75.
 24. Kozłowski R, Władysław-Przybylak M. Flammability and Fire Resistance of Composites Reinforced by Natural Fibers. *Polym. Adv. Technol*. 2008; 19: p. 446–453.
 25. Fowler PA, Hughes JM, Elias RM. Biocomposites: Technology, Environmental Credentials and Market Forces. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006; 86: p. 1781-1789.
 26. Sullins T, Pillay S, Komus A, Ning H. Hemp Fiber Reinforced Polypropylene Composites: The Effects of Material Treatments. *Composites Part B*. 2017 Feb 06: p. 15-22.
 27. Demir A, Sek Y, Bozaci E, Sarikanat M, Erden S. Effect of the Atmospheric Plasma Treatment Parameters on Jute Fabric: The Effect on Mechanical Properties of Jute Fabric/Polyester Composites. 2011..
 28. Karakus K, Birbilen Y, Mengeloğlu F. Assessment of Selected Properties of LDPE Composites Reinforced With Sugar Beet Pulp. *Measurement*. 2016 Mar 28: p. 137-146.
 29. Seki Y, Sarikanat M, Sever K, Erden S, Gulec HA. Effect of the Low and Radio Frequency Oxygen Plasma Treatment of Jute Fiber on Mechanical Properties of Jute Fiber/Polyester Composite. *Fibers and Polymers*. 2010; 11(8): p. 1159-1164.
 30. Li X, Tabil LG, Panigrahi S. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*. 2007; 15(1): p. 25-33.
 31. Sood M, Dwivedi G. Effect of Fiber Treatment on Flexural Properties of Natural Fiber Reinforced. *Egyptian Journal of Petroleum*. 2017.
 32. Bulut Y, Erdoğan ÜH. Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı. *Tekstil ve Mühendis*. 2011; 18(82).
 33. Pilla S. *Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications* Madison: John Wiley & Sons; 2011.
 34. Thomas S, Joseph K, Malhotra SK, Goda K, Sreekala MS. *Polymer Composites* Weinheim: Wiley-VCH; 2014.
 35. Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G. *Pulp and Paper Chemistry and Technology Wood Chemistry and Wood Biotechnology* Stockholm: Walter de Gruyter; 2009.

36. Peng F, Peng P, Xu F, Sun RC. Fractional Purification and Bioconversion of Hemicelluloses. *Biotechnology Advances*. 2012 Jan 27: p. 879-903.
37. Peng P, She D. Isolation, Structural Characterization, and Potential Applications of Hemicelluloses From Bamboo: A Review. *Carbohydrate Polymers*. 2014 Jul 1: p. 701–720.
38. Uysalman T. Environmentally-Friendly, High Strength Lignin Filled Polypropylene Composites. 2015..
39. Sjöström E. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications* Espoo: Academic Press; 1993.
40. Biancardi E, Campbell LG, Skaracis GN, Biaggi MD. *Genetics and Breeding of Sugar Beet* Plymout: Science Publishers; 2005.
41. Joanna B, Michal B, Piotr D, Agnieszka W, Dorota K, Izabela W. Sugar Beet Pulp as a Source of Valuable Biotechnological Products. In *Advances in Biotechnology for Food Industry Handbook of Food Bioengineering*. Lodz: Academic Press; 2018. p. 359-392.
42. Kettlewell PS. Sugar Beet. *The Journal of Agricultural Science*. 2007; 145.
43. Martínez CM, Cantero DA, Cocero MJ. Production of Saccharides From Sugar Beet Pulp by Ultrafast Hydrolysis. *Journal of Cleaner Production*. 2018 Oct 10: p. 888-895.
44. Tosun F. *Şeker Pancarı*. Ankara:; 2017.
45. *Şeker Pancarı Raporu*. ; 2018.
46. Odası ZM. Türkiye' de Şeker Pancarı ve NBŞ Üretimi. [Online].; 2015 [cited 2019 11 14. Available from: http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23142&tipi=38&sube=0.
47. AŞ TŞF. Şeker Üretimi Teknolojisi. [Online]. [cited 14 11 2019. Available from: <http://www.turkseker.gov.tr/sekeruretimi.aspx>.
48. Rouilly A, Geneau-Sbartai C, Rigal L. Thermo-mechanical Processing of Sugar Beet Pulp. III. Study of Extruded Films Improvement with Various Plasticizers and Cross-linkers. *Bioresource Technology*. 2009 Feb 20: p. 3076–3081.
49. Altunbay SG, Kangal A, Gürel S. Şeker Pancarından Biyoetanol Üretimi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2016; 25(2): p. 334-339.
50. Dungani R, H.P.S. AK, Aprilia NAS, Sumardi I, Aditiawati P, Darwis A, et al. Bionanomaterial From Agricultural Waste and Its Application. In *Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites.: Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering*; 2017. p. 45-88.
51. Barczewski M, Sałasińska K, Szulc J. Application Of Sunflower Husk, Hazelnut Shell And Walnut Shell As Waste Agricultural Fillers For Epoxy-Based Composites: A Study Into Mechanical Behavior Related To Structural And Rheological Properties. *Polymer Testing*. 2019 Jan 22: p. 1-11.
52. Lopa Pattanaik FP, Saxena DK, Naik SN. Biofuels From Agricultural Wastes. In *Second and Third Generation of Feedstocks*. Delhi; 2019. p. 103-142.
53. Çolak B. *Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri*. 2018..
54. Altuntaş E, Alma M, Salan T, Karaoğut E. Polipropilen (PP) Ve Atık Pirinç

- Saplarından Üretilen Kompozitlerin Bazı Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. In Uluslararası Katılımlı 3. Ulusal Mobilya Kongresi; 2015; Konya.
55. Akbaş S, Güleç T, Tufan M, Taşcıoğlu C, Peker H. Fındık Kabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 2013; 14(1): p. 50-56.
56. Zhan P. Investigation Of Poly(lactic Acid) (Pla)/Sugar Beet Pulp Bioplastics: Processing, Morphology, Properties And Foaming Application. 2012..
57. Sarikanat M, Seki Y, Sever K, Durmuşkahya C. Determination Of Properties Of *Althaea Officinalis* L. (Marshmallow) Fibres As A Potential Plant Fibre in Polymeric Composite Materials. Composites: Part B. 2013 Sep 25; p. 180-186.
58. Islam MR, Beg MDH. Effect Of Coupling Agent On Mechanical Properties Of Composite From Kenaf And Recycled Polypropylene. In National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies; 2010; Pahang Darul Makmur.
59. Kaewkuk S, Sutapun W, Jarukumjorn K. Effects Of Interfacial Modification and Fiber Content on Physical Properties of Sisal Fiber/Polypropylene Composites. Composites: Part B. 2012 Aug 17; p. 544-549.
60. Kaya N. Fındık ve Çeltik Kabukları ve Odun Talaşı İle Takviye Edilmiş Termoset Kompozitlerde Reçine Türünün Fiziksel Özelliklere Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2017; 17: p. 1076-1087.
61. Seki Y, Seki Y, Sarikanat M, Sever K, Durmuşkahya C, Bozacı E. Evaluation of Linden Fibre as A Potential Reinforcement Material for Polymer Composites. Journal of Industrial Textile. 2016; 45(6): p. 1221-1238.
62. Kılınç AC, Atagur M, Özdemir O, Sen I, Kucukdogan N, Sever K, et al. Manufacturing and Characterization of Vine Stem Reinforced High Density Polyethylene Composites. Composites Part B. 2016 Aug 01; p. 267-274.
63. Hamidona MH, Sultana MTH, Ariffina AH, Shaha AUM. Effects Of Fibre Treatment On Mechanical Properties of Kenaf Fibre Reinforced Composites: A Review. 2019 Apr 1.
64. Luhar S, Cheng TW, Luhar I. Incorporation of Natural Waste From Agricultural and Agricultural Farming as Supplementary Materials with Green Concrete: A Review. Composites Part B. 2019.
65. Muthuraja R, Lacoste C, Lacroix P, Bergereta A. Sustainable Thermal Insulation Biocomposites From Rice Husk, Wheat Husk, Wood Fibers And Textile Waste Fibers: Elaboration and Performances Evaluation. Industrial Crops & Products. 2019; p. 239-245.
66. Li M, Wang Lj, Li D, Cheng YL, Adhikari B. Preparation and Characterization of Cellulose Nanofibers From de-pectinated Sugar Beet Pulp. Carbohydrate Polymers. 2013 Nov 25; p. 136-143.
67. R.A.Ibrahim. Tribological Performance of Polyester Composites Reinforced. Tribology International. 2015 Feb 22; p. 463-466.
68. Ashori A, Nourbakhsh A. Bio-based Composites From Waste Agricultural Residues. Waste Management. 2009 Sep 8; p. 680-684.

69. Binhussain A, El-Tonsy M. Palm Leave and Plastic Waste Wood Composite for Out-door Structures. *Construction and Building Materials*. 2013 Jul 17: p. 1431–1435.
70. Shih YF. Mechanical and Thermal Properties of Waste Water. *Materials Science and Engineering*. 2006 Aug 20: p. 289–295.
71. Ayrlmis N, Kaymakci A, Akbulut T, Mertoglu Elmas. Mechanical Performance of Composites Based on Wastes of Polyethylene. *Composites: Part B*. 2012 Nov 24: p. 150–154.
72. Youssef A, El-Gendy A, Kamel S. Evaluation of Corn Husk Fibers Reinforced Recycled Low Density Polyethylene Composites. *Materials Chemistry and Physics*. 2014 Dec 5: p. 1-8.
73. Shih YF, Cai JX, Kuan CS, Hsieh CF. Plant Fibers and Wasted Fiber/epoxy Green Composites. *Composites: Part B*. 2012 May 3: p. 2817-2821.
74. Neeraj Bisht , P C Gope. Effect of Alkali Treatment on Mechanical Properties of Rice Husk Flour Reinforced Epoxy Bio-Composite. *Materials Today: Proceedings* 5. 2018: p. 24330–24338.
75. Briggs K. Feeding Beet Pulp. [Online].; 1999 [cited 2020 03 10. Available from: <https://thehorse.com/14439/feeding-beet-pulp/>.
76. LG Chem. SÉETEC M1500. 2014..
77. Kaya N, Atagur M, Akyuz O, Seki Y, Sarikanat M, Sutcu M, et al. Fabrication and Characterization of Olive Pomace Filled PP Composites. *Composites Part B*. 2017 Oct 1: p. 277-283.
78. Junior HLO, Zattera AJ, Amico SC. Dynamic Mechanical Properties and Correlation With Dynamic Fragility of Sisal Reinforced Composites. *POLYMER COMPOSITES*. 2015: p. 161-165.
79. Mohanty , Verma SK, Nayak SK. Dynamic Mechanical and Thermal Properties of MAPE Treated. *Composites Science and Technology*. 2005 Aug 25: p. 538-547.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad

Barış Gökdemir

Doğum Tarihi /Yeri

25.06.1992 / Eskişehir

E-posta

bagkdmr@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU

Lisans

Süleyman Demirel Üniversitesi
Makine Mühendisliği

2009-2014

Lise

Şirinyer Lisesi

İŞ ve STAJ DENEYİMLERİ

İzmir Metro AŞ
(Mekanik Bakım Mühendisi)

İzmir/Turkey
2016-...

Siemens (Staj)
Efe Endüstri (Staj)

Krefeld/Germany
İzmir/Turkey

YABANCI DİL

İngilizce:

Okuma: İyi
Yazma: İyi
Anlama: İyi