

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAĞIT HAMURU VE SİSAL ELYAF TAKVİYELİ PLA
BİYOKOMPOZİTLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nejla DEĞİRMENCİ

Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2020

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAĞIT HAMURU VE SİSAL ELYAF TAKVİYELİ PLA
BİYOKOMPOZİTLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nejla DEĞİRMENCI
(161081904)**

Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sami İMAMOĞLU

OCAK 2020

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 161081904 numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi Nejla DEĞİRMENCİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KAGIT HAMURU VE SİSAL ELYAF TAKVİYELİ PLA BİYOKOMPOZİTLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sami İMAMOĞLU**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**

Dr. Öğr.Üyesi Hasan ÖZDEMİR
Düzce Üniversitesi

Savunma Tarihi : **10.02.2020**

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**

Bursa Teknik Üniversitesi

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Nejla DEĞİRMENCİ

İmzası :





Eşime ve çocuklarıma ithaf olur.

ÖNSÖZ

Kağıt Hamuru Ve Sisal Elyaf Takviyeli PLA Biyokompozitlerinin Özelliklerinin İncelenmesi adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez çalışmamda PLA polimeri ile kağıt içerisine eklenmiş sisal elyafının sıcak pres yöntemiyle birleştirilerek oluşturulan kompozit malzeme plakaların mekanik özellikleri (çekme, eğilme dirençleri) incelenmiş ve saf PLA plakalarının mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

172-1-04 nolu Çevreci Polimer Pla'nın, Doğal Elyaf Sisal Ve Kraft Kağıt İle Oluşturulacağı Yeşil Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi projesi Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından bilimsel araştırma projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Öncelikle tez konusunu belirlerken isteklerimi göz önünde bulunduran, yürütülmesinde ilgi, destek gösteren ve idari görevleri dolayısıyla yoğunluğunda bile zaman ayıran çok değerli hocam Prof.Dr.Sami İmamoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm evliliğimiz sürecinde yapmak istediklerimde bana destek olan sevgili eşim Darling'e , çalışmalarımı kendi okul ödevleri gibi görüp destek olan ve çalışmama fırsat veren biricik oğlum Alper ve biricik kızım Seher'e, iş hayatımla beraber yürüttüğüm okul döneminde ev hayatındaki sorumluluklarımda bana yardımcı olan kayınvalideme, manevi desteklerini esirgemeyen hayatım boyunca üzerimde çok emeği olan sevgili anneme, babama ve kızkardeşlerime sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca çalışmanın deneysel boyutunu tamamlamada yardımcı olan Arş. Gör. Emrecan Arpacı ve doktora öğrencisi Onur Aykanat'a teşekkür ederim.

Okul mezuniyetinden yıllar sonra başladığım yüksek lisans çalışma hayatım ile beraber yürütme fırsatı veren iş yerim Berteks Tekstil yürütme kurulu başkan ve eşbaşkanı çok saygı değer Berk Noyan ve Murat Erdebil'e teşekkürü bir borç bilirim. Aynı firmada beraber çalıştığım, okul ve iş hayatında her konuda bana danışmanlık yapan Kadriye Kutlay'a ayrıca teşekkür ederim.

Ocak 2020

Nejla Değirmenci

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
KISALTMALAR	vii
SEMBOLLER	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	13
1.1 Tezin Amacı	14
1.2 Kompozit Malzemeler	15
1.3 Biyokompozit Malzemeler	16
1.4 Yeşil Kompozitler	17
1.5 Termoset Yeşil Kompozitler	19
1.6 Termoplastik Yeşil Kompozitler	20
1.7 Biyobozunurluk-Atıkların Bertarafı	21
1.8 PLA	22
1.9 Sisal	25
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	28
2.1 Literatür Özeti	28
2.2 Hipotez	34
3. MATERYAL VE YÖNTEM	35
3.1 Materyal	35
3.1.1 Matris malzemesi polilaktik asit (PLA)	35
3.1.2 Takviye malzemeleri	35
3.2 Yöntem	37
3.3 Mekanik testler	44
3.3.1 Çekme testi.....	44
3.3.2 Eğilme testi	45
3.3.3 Termogravimetrik analiz (TGA).....	46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1 Çekme Testi Sonuçları	47
4.2 Eğilme Testi Sonuçları	48
4.3 TGA Analizleri.....	49
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	59

KISALTMALAR

AB	:Avrupa Birliđi
ABS	:Akrilonitril Bütadien Stiren
ASTM	:Amerikan Test ve Malzeme Derneđi
BAP	:Bilimsel Araştırma Projesi
DTG	:Diferansiyel Termogravimetri
DTA	:Diferansiyel Termal Analiz
HDPE	:Yüksek Yoğunluklu Polietilen
LDPE	:Düşük Yoğunluklu Polietilen
LLDPE	:Lineer Alçak Yoğunluk Polietilen
MFI	:Eriyik Akış İndeksi
NFC	:Doğal Elyaf Kompozit
PE	:Poli etilen
PHA	:Polihidroksialkanoatlar
PLA	:Polilaktik asit
PET	:Polietilen Tereftalat
PLA/K	:PLA Kağıt Biyokompoziti
PLA/KS	:PLA Kağıt-Sisal Biyokompoziti
PMMA	:Polimetil Metakrilat
PP	:Poli Propilen
PS	:Polistiren
PVC	:Polivinil Klorür
RH	:Bağıl Nem
TG	:Termogravimetri
WPC	:Ahşap Plastik Kompozit

SEMBOLLER

°C	:Santigrat derece
CO₂	:Karbondioksit
gr	:Gram
m²	:Metrekare
Tg	:Camsı geçiş sıcaklığı
Tm	:Erime sıcaklığı
W	:Watt
g/cm³	:Yoğunluk birimi
MPa	:Mega Pascal-Basınç Birimi
GPa	:Elastisite Modülü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Doğal elyafların bazı önemli fiziksel özellikleri.	30
Çizelge 2.2: Biyolojik esaslı polimerler.....	31
Çizelge 3.1: Takviye malzemelerinin nem değerleri.	41
Çizelge 3.2: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.....	41
Çizelge 4.1: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.....	47
Çizelge 4.2: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.....	47
Çizelge 4.3: PLA/KS biyokompozitlerinin mekanik özellikleri.....	48
Çizelge 4.4: PLA/KS biyokompozitlerinin çekme testi sonuçları.	48
Çizelge 4.5: PLA/KS biyokompozitlerinin mekanik özellikleri.....	49
Çizelge 4.6: PLA/KS biyokompozitlerinin eğilme testi sonuçları.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Kompozit malzemenin yapısı.	16
Şekil 1.2: Polilaktik asit (PLA) polimerizasyonu (Nampoothiri ve diğ., 2010).	22
Şekil 1.3: Sisal bitkisi.	25
Şekil 1.4: Sisal liflerinin kırık yüzeyleri (a,b)(Belaadi ve diğ., 2013).	26
Şekil 2.1: Doğal elyafların sınıflandırılması.	30
Şekil 3.1: PLA granür hali.	35
Şekil 3.2: Sisal.	36
Şekil 3.3: Kraft kağıt.	36
Şekil 3.4: Carver markasının 4122CE model sıcak pres cihazı.	37
Şekil 3.5: (a) Kağıtın elyaf haline gelmesi, (b) PLA ile ara yüzey olarak presslenmesi (c) kağıt elyaf görüntüsü.	38
Şekil 3.6: (a) PLA granürlerin sıcak press için kalıplanması (b) PLA saf plakalar... 39	39
Şekil 3.7: Elde edilen PLA saf plakalar.	39
Şekil 3.8: (a,b) 50 mm Sisal lifi takviyeli, (c,d) 5cm sisal lifi takviyeli PLA plakaları.	40
Şekil 3.9: Kraft kağıt takviyeli PLA plakası.	40
Şekil 3.10: Sisal içeren 100 gr/m ² 'lık kağıt numuneleri hazırlanması (a,b)	41
Şekil 3.11: Sisal içeren 100 gr/m ² 'lık kağıt numuneleri üretimi (a,b).	42
Şekil 3.12: Hazırlanan sisal içeren 100 gr/m ² 'lık kağıt numuneleri.	42
Şekil 3.13: Sisal içeren 100 gr/m ² 'lık kağıt numuneleri	42
Şekil 3.14: Yeşil kompozit numunesi.	43
Şekil 3.15: Kaya grup KG-960 lazer kesim cihazı.	43
Şekil 3.16: Yeşil kompozit numuneleri (a,b)	44
Şekil 3.17: Teste hazır yeşil kompozit numune örnekleri (a,b)	44
Şekil 3.18: Shimadzu universal test cihazı	45
Şekil 3.19: Shimadzu universal test cihazı eğilme testi aparatları.	45
Şekil 3.20: Hitachi TGA cihazı.	46
Şekil 4.1: Sisal lifinin DTG, DTA, TG eğrileri.	50
Şekil 4.2: Sisal lifinin TG eğrisi.	51
Şekil 4.3: PLA malzemesinin DTG, DTA, TG eğrileri.	51
Şekil 4.4: PLA malzemesinin TGA grafiği.	52
Şekil 4.5: Numune 2 TGA grafiği.	52
Şekil 4.6: Numune 3 TGA grafiği.	53
Şekil 4.7: Numune 4 TGA grafiği.	53
Şekil 4.8: Numune 5 TGA grafiği.	54

KAĞIT HAMURU VE SİSAL ELYAF TAKVİYELİ PLA BİYOKOMPOZİTLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Biyokompozitler, doğal elyaflarla, petrol türevi PP (poli propilen), PE (Poli etilen), epoksitler gibi biyobozunmayan polimerlerin, ya da PLA (Polilaktik asit) ve PHAlar gibi biyopolimerlerin kompozitleridir. Karbon, cam elyaf ve aramid liflerinin dezavantajları, fazla enerji tüketimi, çevresel etkisinin fazla olması, maliyeti ve ömür sonunda atık bırakmaları sebebiyle doğal fiberler (NFC) ile güçlendirilmiş polimerlerin, geniş bir alanda endüstriyel olarak da kullanılmaya başlanmasına sebep olmuştur. Petrol türevleri polimerleri güçlendirmek için doğal elyafların kullanılması özellikle otomotiv ve inşaat sektörlerinde yaygındır. Yeşil kompozitler, biyolojik esaslı bir polimer matrisinin doğal elyaflarla takviye edildiği kompozitlerdir. Yeşil kompozit sınıfı bu yeşil kompozitlerin polimer biliminde ortaya çıkan bir alanı temsil ettiği belirli bir biyokompozit sınıfıdır. Günümüzde çevre konusunda kamuoyunun endişesi ve sınırlı fosil yakıt kaynaklarının bulunması hükümetleri, şirketleri ve bilim adamlarını ham petrole alternatifler bulmaya ve yenilenebilir kaynaklardan sürdürülebilir materyaller geliştirmeye zorlamıştır. Böylelikle biyokompozit alanındaki en yeni yenilik, petrol türevi polimerlerin, yenilenebilir kaynaklardan (biyo-esaslı polimerler) elde edilen polimerler ile matris bileşeni ikame edilmesidir.

Bu çalışma da doğal elyaf takviyeli PLA yeşil kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiş, PLA'nın saf hali ile karşılaştırılmıştır. Doğal lif olarak sisal ve kağıt hamuru seçilmiştir. Sunulan tez 2017 BAP projesi olarak yürütülmüş ve sonuçlandırılmıştır. Gerçekleştirilen projede literatür araştırması ve numune oluşturma programlarının hazırlanması, numunelerin hazırlanması, testlerin yapılması, sonuçların analizi, raporlanması ve hazırlanacak bildirinin konferans ve seminerlere sunulması faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan bildiri Karadeniz Teknik Üniversitesi 2019 Düşünden Gerçeğine Proje Pazarında Bursa Teknik Üniversitesi ve Berteks Tekstil işbirliğinde poster olarak sunulmuştur.

190 °C de 260 gr PLA cipsleri preslenerek ara yüzeyine 100 gr/ m² kağıt takviyesinde % 0, %10, %20, %30, sisal elyafları yerleştirilerek PLA yeşil kompozitleri elde edilmiştir. % 0, %10, %20, %30 sisal bulunduran kağıt takviyeli PLA yeşil kompozit malzemelerden elde edilen plakaların mekanik özellikleri PLA hammaddeli plakanın mekanik özelliği ile karşılaştırılmıştır. Mekanik özelliklerin karşılaştırılmasında çekme direnci, eğilme direnci değerleri dikkate alınmıştır.

Yeşil kompozitler özellikle ülkemizde üzerinde çalışılan yeni bir alandır. Ülkemizin ekonomisinin gelişmesi için katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi zarureti özellikle kompozit malzemeler alanındaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Gerçekleştirilmiş BAP projesi ve yüksek lisans tezi başta ülkemiz olmak üzere literatüre katkı sağlayıp, tez ile yapılan malzeme analizleri çevreci polimer PLA ve doğal elyaf sisalin kullanım alan ve sektörlerini çeşitlendirebilecektir.

Anahtar kelimeler: Polilaktik asit PLA, Sisal, Yeşil kompozit

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF PAPER DOUGH AND SISAL FIBER REINFORCED PLA BIO COMPOSITES, KRAFT PAPER

SUMMARY

Biocomposites are composites of natural fibers with non-biodegradable polymers such as petroleum-derived PP (poly propylene), PE (Poly ethylene), epoxides, or biopolymers such as PLA (Polylactic acid) and PHAs. Disadvantages of carbon, glass fiber and aramid fibers, excessive energy consumption, high environmental impact, cost and waste disposal at the end of life have led to the use of natural fibers (NFC) reinforced polymers in a wide range of industrial applications. The use of natural fibers to reinforce petroleum derivatives polymers is becoming more common, especially in the automotive and construction sectors. Green composites are a particular class of biocomposites in which a biologically based polymer matrix is reinforced with natural fibers and represents an area emerging in polymer science. Today, public concern about the environment and the limited availability of fossil fuels have forced governments, companies and scientists to find alternatives to crude oil and develop sustainable materials from renewable sources. Thus, the most recent innovation in the field of biocomposites is the replacement of petroleum-derived polymers with their polymers as matrix components from renewable sources (bio-based polymers).

In this study, mechanical properties of natural fiber reinforced PLA green composites were investigated and compared with the pure form of PLA. In the selection of natural fibers, sisal and kraft paper, which are valuable plants, were selected. The submitted thesis was carried out as a 2017 BAP project and finalized. In this project, literature research and sample creation programs were prepared, samples were prepared, tests were performed, results were analyzed, reports and presentations were presented to conferences and seminars. The prepared paper was presented as a poster in the Project Market from Karadeniz Technical University 2019 Think to Reality in collaboration with Bursa Technical University and Berteks Textile.

PLA green composites were obtained by pressing 0%, 10%, 20%, 30%, sisal fibers on the interface by pressing 260 gr PLA chips at 190 ° C in 100 g / m² paper reinforcement. The mechanical properties of the plates obtained from paper reinforced PLA green composite materials containing 0%, 10%, 20%, 30% sisal were compared with the mechanical properties of the PLA raw material plate. When comparing mechanical properties, tensile strength and bending strength values were taken into consideration.

Green composites is a new field that is especially studied in our country. The necessity of producing products with high added value for the development of our country's economy has accelerated the work especially in the field of composite materials. The realized BAP project and master thesis will contribute to the literature, especially in our country, and material analysis made with the thesis will be able to diversify the usage areas and sectors of environmentally friendly polymer PLA and natural fiber sisal.

Key words: Polylactic acid PLA, Sisal, Green composite

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler genellikle hafif yapıdadırlar, yüksek rijitlikte (esnek olmayan- elastikiyet modülü yüksek) ve özel uygulamalar için biçimlenmiş özelliktedirler. Bu özelliklerle enerji korunumu azaltılmış doğal olarak masraflar düşürülmüş olur. Elyaf güçlendirilmiş plastik kompozitler 1908 yılında selüloz elyaf ile fenoliklerin birleştirilmesiyle başlamış, daha sonra üre ve melaminle devam etmiş, 1940larda cam elyaf kullanımı gündeme gelmiştir. Gitardan tenis raketine, arabalardan hafif uçak aksamalarına, elektronik parçalardan yapay birleştiricilere kadar, kompozitler çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek performanslı yapay karbon-aramid-cam elyafların geliştirilmesinden yıllar sonra, doğal elyaflara yeni bir ilgi doğmuştur. Mevcut veriler, doğal elyafların yalnızca yenilenemez kaynakları kurtarmak için değil, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını kontrol altında tutmanın aracı olarak muazzam bir potansiyele sahip olduklarını göstermektedir (Zini ve Scandola, 2011).

Çevreye duyarlı biyokompozitler 21.yy'ın malzemeleri olmaya adaydır ve dünyanın çevresel sorunlarına bir miktar çözüm oluşturacaklardır. Küresel ortalama yıllık %38'lik (2003'ten 2007'ye kadar) büyüme oranı ile biyo bazlı plastikler pazarında hızlı bir büyüme yaşanmıştır (Ravenstijn, 2010).

Sadece 2015 yılında Avrupa plastik endüstrisi 340 milyon Euro'yu aşmıştır. "Plastic Europe Association" tarafından yapılan uzun vadeli tahminler 2016 ve 2017 yılları arasındaki büyümenin %1,5 gibi ılımlı bir eğilimde olduğunu göstermektedir. Plastik ürünlerin üretimi her yıl artacaktır ve atık yönetimi yadsınamaz bir sorundur. Sonuç olarak, biyolojik olarak bozunabilir plastik gibi alternatif malzemelerin kullanımında giderek artan bir ilgi vardır.

Petrol türevi plastiklerin doğadaki dayanımları, depolanmaları, yok edilmeleri esnasındaki emisyon sorunları biyobozunur plastiklerin geliştirilmesine neden olmaktadır. Dünyanın en büyük kimya firmaları DuPont, Monsanto, Dow ve Cargill, standart petrokimya teknolojilerinden doğal teknolojilere yönlendiklerini duyurmuşlardır. Biyopolimerlere en iyi örneklerse: yenilenebilir kaynaklardan elde

edilen selülozik plastikler (selüloz asetat gibi,) , nişasta plastikler (nişasta esterleri gibi) ve mısırdan üretilen plastiklerdir (PLA(polilaktik asit) gibi). Geleneksel plastiklerle biyobozunur malzemeler arasındaki temel farkın, malzemelerin dizaynı sonrası, yapısal ve fonksiyonel olarak saklanabilmesi ve biyobozunmaya maruz kalmadan kullanımı, sadece çevresel zarar üretmeden atık safhasında biyobozunmasının sağlanması olarak özetlenebilir. Biyolojik olarak bozunabilir bir matriste sahip ya da biyolojik olarak parçalanabilen matrisli yeşil bileşikler prensip olarak kompostlaştırma yoluyla bertaraf edilebilir, böylece sanayileşmiş ülkeler için tipik olan atık bertarafı sorunlarının hafifletilmesine katkıda bulunur.

Yeşil kompozitler, özellikle doğal liflerin atıkları kullanılırsa, hafif, sürdürülebilir kompozitler olarak muazzam bir kalkınma potansiyeline sahiptir. Amaca ulaşmak için önemli faaliyetler, yeni biyolojik türevli polimerlerin tanımlanması, bunların ekonomik ve çevresel açıdan sağlam üretimi ve "geçici" kimyasal / fiziksel tedaviler yoluyla bileşik arayüzey özelliklerin uygulanması olacaktır.

Bu çalışmanın amacı PLA'nın saf hali ile sisal (sisal Afrikanın tropik ülkeleri, Hindistanda üretilmekle birlikte, Tanzanya ve Brezilya iki ana üretim merkezidir) ve kraft kağıt takviyeli yeşil kompozit numunelerinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Böylelikle alternatif doğal elyaf kaynaklarının potansiyelini keşfetmeye yönelik güncel bir genel bakış sunmak hedeflenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışma da doğal elyaf takviyeli PLA yeşil kompozitlerin mekanik özellikleri PLA'nın saf hali ile karşılaştırılmıştır. Doğal liflerin seçiminde, sisal ve kağıt hamuru seçilmiştir.

Yeşil kompozitler özellikle ülkemizde üzerinde çalışılan yeni bir alandır. Ülkemizin ekonomisinin gelişmesi için katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi zarureti özellikle kompozit malzemeler alanındaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Fakat biyokompozitler ve özellikle yeşil kompozitler alanında ülkemizde çalışan akademisyen ve araştırmacı sayısı çok azdır. BAP kapsamında gerçekleşen proje ile hazırlanan yüksek lisans tezi başta ülkemiz olmak üzere literatüre katkı sağlayacaktır. Tüm sektörel gelişmelerin ileri ve geliştirilmiş malzemelere yöneldiği günümüzde

proje ile yapılan malzeme analizleri çevreci polimer PLA'nın, doğal elyaf sisalin, kullanım alan ve sektörlerini çeşitlendirebilecektir.

PLA esaslı yeşil kompozitler sıcak press yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için çekme direnci, eğilme direnci testleri yapılmıştır.

Tez ile saf PLA dan elde edilen malzemenin mekanik özelliklerine doğal elyaf sisalin etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çoğu plastik yeterli kuvvet, sertlik ve boyutsal kararlılığa sahip olmadığından tek başına yük taşımaya elverişli değildir. Ancak, elyaflar yüksek kuvvet ve sertlikte olsalar da elyaf yapıları sebebiyle yük taşıma gerektiren uygulamalarda kullanılamaz. Elyafı güçlendirilmiş kompozitlerde, elyaf yapıya kuvvet ve sertlik verirken, plastik de elyafı bir arada tutan bir matris görevi görür. Matris görevindeki PLA 'ya elyaf takviyesi ile mekanik özelliklerinin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Yeşil kompozit olarak PLA-sisal çiftinin saf PLA ya göre kullanılabilirlik analizinin yapılması hedeflenmiştir. Sisal elyafının mekanik özelliklerde elyaf takviyesi yapıp yapamayacağına analiz yapılması hedeflenmiştir.

1.2 Kompozit Malzemeler

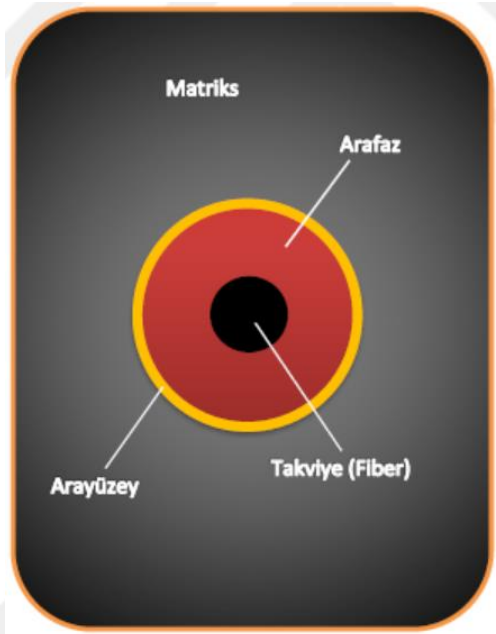
En az iki farklı malzenin bir araya getirilmesiyle oluşan ve yeni özelliklere sahip malzemelere kompozit malzemeler denir. Birbirine çözülmeyen, fakat aynı zamanda farklı veya aynı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini tek bir grupta toplamak için farklı şekil veya malzeme konsantrasyonlarına sahip iki veya daha fazla makro bileşenin bir karışımından veya kombinasyonundan oluşan yeni bir malzeme sistemidir.

Bir malzemenin kompozit sayılabilmesi için;

- Kompoziti oluşturan bileşenlerin farklı kimyasal kompozisyona sahip olmaları,
- Bileşenlerin birbiri içerisinde çözünmemeleri gerekir.

Bir kompozit malzemenin ana bileşenleri Şekil 1.1'de görülmektedir (Şekil 1.1). Matris fazı sürekli ve ana fazdır. Takviye aşaması, matris aşaması sayesinde bir arada tutulur. Takviye fazı, matris malzemesinin sertliğini ve mukavemetini arttıran

kompozit yapıdaki ikincil fazdır. Matris ve takviye fazı arasında bir arayüz fazı vardır. Arayüz fazı fiziksel, kimyasal ve mekanik yapışmayı belirler.



Şekil 1.1: Kompozit malzemenin yapısı.

1.3 Biyokompozit Malzemeler

Kompozit malzemenin içeriğini oluşturan malzemelerden en az biri doğal malzeme kökenli ise bu malzemeler biyokompozit malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Biyokompozit malzemeleri öne çıkaran özellikler biyobozunur olması, geri dönüştürülebilirliği, iyi mekanik özelliklere sahip olması ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmesidir. Biyokompozit malzemelerin üretimindeki amaçlardan biri petrol bazlı plastiklerin ve bu plastiklerden elde edilen çeşitli malzemelerin sahip olduğu özellikleri karşılayabilecek alternatif çevre dostu malzemeler oluşturmaktır (Peças ve diğ., 2018). Biyolojik bozunma, bir malzemenin güneş ve doğal olarak oluşan mikroorganizmalardan kaynaklanan basınç gibi diğer etkilerin yardımıyla karbondioksit, suya dönüştürülerek doğal döngüye katkısıdır. Özetle, birkaç mikroorganizma polimer yapısını bozar ve karbonun bir kısmını kütleye, bir kısmını da karbon dioksit dönüştürür.

Biyopolimerler canlılarda meydana gelen ve çeşitli şekillerde elde edilen bitkisel polimerlerdir. Örneğin, PLA mısır veya patates nişastasından elde edilir. Biyopolimerler aynı zamanda yeşil polimerler olarak da adlandırılır. Biyopolimerler biyolojik olarak bozunur ve ayrıştıkları için çevreyi kirletmezler.

Bir kompozitin biyokompozit sayılabilmesi için gereken en minimum şart matris ya da takviyesinden en az birisinin biyomalzemedan oluşmasıdır.

Toplam biyobozunur malzemelerin tüketiminin, ana küresel pazarlarda yıllık ortalama yaklaşık % 13 oranında artacağı tahmin edilmektedir.

1.4 Yeşil Kompozitler

Son birkaç yılda sürdürülebilir çevre dostu ve biyobozunur bir materyal yapmak için bitki liflerinin kullanılmasında dünyada çarpıcı bir artış olmuştur. Pamuk, kenevir, jüt, sisal, ananas, rami, bambu, muz, vb. bitkilerden elde edilen lifler ve ahşap mat ve keten tohumları polimer matrisli kompozitlerde takviye olarak kullanılmaktadır.

Matris malzemesi olarak biyo bazlı polimerlerin doğal liflerle takviye edildiği biyokompozitlerde “yeşil kompozit” denilmektedir. Yeşil kompozitler, hem matristen hem de takviyenin yenilenebilir kaynaklardan türetildiği biyolojik bileşimlerdir. Doğada bulunan uygun bir elyafın belirli bir polimer için takviye olarak seçilmesi, kompozit malzeme için gerekli kompozit rijitlik ve mukavemet değerlerine göre seçilir.

CO₂ gibi gazların atmosfere yayılmasıyla neden olduğu sera gazı etkisi konusunda artan farkındalık, tamamen yenilenebilir kaynaklara dayalı yeni malzemelerin geliştirilmesine yol açmaktadır. Petrol bazlı polimerlerin aşırı kullanımı, kaynakların kapasitesinin ciddi şekilde tükenmesine neden olmaktadır. Ayrıca, Avrupa hükümetlerin plastik atık kontrol mevzuatı ve kullanıcılar arasında sürdürülebilir ve çevresel açıdan artan ilgi, doğa dostu ürünlere perakendecileri ve üreticileri yönlendirmektedir. Küresel ısınmanın etkilerini hafifletmek için sürdürülebilir ısının kabul edilebilir maliyetle geliştirilmesi konusundaki yatırımlar çeşitlenmektedir. Bu nedenle, ayrıştırılmayan katı atıkların artması ve çevreye etkileri konusundaki kamuoyu farkındalığı, kabul edilebilir özelliklere sahip biyobozunur malzemeler alanına yeni bir ilgiyi uyandırmaktadır. Son zamanlarda, biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler dünya çapında büyük ilgi görmeye devam etmektedir (Ramesha ve Palanikumarb, 2017).

Bitki lifini biyobozunur polimerler ile birleştirerek yeni bir biyobozunur kompozit sınıfının geliştirilmesinde araştırma çabaları artmaktadır.

İki veya daha fazla bitki lifinin bir matristeki kombinasyonu, hibrit yeşil bir bileşik olarak bilinir. Bu kompozitlerin yüksek mekanik özellikleri, geleneksellerin dezavantajların üstesinden geldiklerinde onları materyal tasarımında popüler hale getirmiştir. Hibrit yeşil kompozitlerin istenen özelliklerini elde etmek için, elyaf ve matris arasındaki uyumluluk birinci derecede önemlidir. Genel olarak, bitki elyafının seçimi kompozitlerin son özelliklerini belirler. Kenaf, hindistan cevizi, bambu, sisal, keten, kenevir ve kenevir gibi lifler, tüketim mallarında, düşük maliyetli konutlarda ve yüksek yapısal özelliklerinden dolayı cam elyafına benzer özellikte olan yapısal parçalarda kullanılmıştır (Ramesh ve diğ., 2013).

Tarihsel olarak, ilk yeşil kompozitin bir ticari üründe kullanımı bir otomobilin yedek lastik örtüsünde, Toyota Raum'da 2003 yılında oldu. Toyota'da kullanılan biyoplastik PLA Eco-Plastic'ı kenaf fitiller ile takviye edildi. Otomotiv uygulamaları doğal elyaf takviyeli plastikler için en iyi fırsata sahip alanı temsil etmektedir, çünkü düşük yoğunlukları otomotiv uygulamalarında yakıt ve maliyet tasarrufu avantajı ile hafif malzemeler üretmeye olanak tanır. Cam elyaflarına kıyasla, doğal fiberler daha iyi çarpışma emilimi ve daha iyi akustik ve ısı yalıtımı sağlamaktadır ve bu da otomotiv sektöründe önemli özelliklerdir. Bu alanda potansiyel uygulamalar iç yapılardır (koltuk sırtlığı astarı, paket raflar, koltuk altları, koltuk sırtlığı minderleri, baş destekleri, alt gövde panelleri, kapı paneli ara parçaları, kol dayanakları vb.). Termoplastik yeşil kompozitler ile oyuncaklar, paketleme (kutular), müzik aletleri ve elektronik cihazlar için kutular gibi çok çeşitli alanlarda da uygulama yapabilir. İkinci örnek, 2006'da UNITIKA LTD ve NEC CORPORATION tarafından kenaf lifleri ile takviye edilmiş PLA'dan üretilen bir cep telefonudur. Cep telefonu üretiminde uygulanan kompozit, yaklaşık% 90 biyobaz içeriğine ulaşmıştır. Yapılarda kullanılan termoset yeşil kompozitleri, özellikle takviye olarak ahşap içeren uygulamalar için önemli ve genişleyen bir uygulama alanıdır (Carus ve Gahle, 2008). Teras döşeme, dış mekan zemin kaplaması, pencere ve kapı çerçeveleri, hem iç mekan hem dış mekanlar için paneller ve bir dizi yapısal binalardaki parçalarda da kullanılabilir. WPC'lerin kullanımında önemli bir artışın, IKEA gibi bazı önemli şirketlerin halihazırda WPC (Ahşap Plastik Kompozit) den yapılmış sandalyeleri ve rafları ticarileştirdiği mobilya endüstrisinde de yeşil kompozit kullanımının olması beklenmektedir (Fowler ve diğ., 2006). Yeşil kompozitlerin kullanım ömrünün sona erdirilmesi ile ilgili olarak biyolojik esaslı bir malzemenin biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte olmadığına,

yani biyo bazlı ve biyolojik olarak bozunabilir özelliklerin bağımsız olduğuna işaret etmek gerekir. Biyo-bozunabilirlik, EN 13432 gibi bir dizi uluslararası norm tarafından tanımlanan ve plastik ürünlerin biyolojik olarak bozunabilir ve kompostable olması gerekliliğini gösteren bir özellik olan biyolojik temelli konseptin çevreye duyarlı orijini. Dolayısıyla, yeşil bileşiklerde doğal elyaf bileşeni özünde biyolojik olarak bozunabilir olmasına rağmen, biyo-esaslı polimer matris ya biyolojik olarak parçalanabilir ya da olmayabilir. Biyolojik olarak bozunabilir bir matriste sahip ya da biyolojik olarak parçalanabilen matrisli yeşil bileşikler prensip olarak kompostlaştırma yoluyla bertaraf edilebilir, böylece sanayileşmiş ülkeler için tipik olan atık bertarafı sorunlarının hafifletilmesine katkıda bulunur.

Kompozit bertaraf etme seçenekleri, yakma veya toprak doldurma ile sınırlandırılmıştır. Biyolojik bozunabilirlik, örneğin dayanıklı kompozitlerin gerekli olduğu uzun süreli bina uygulamalarında olduğu gibi yeşil kompozitlerde daima gerekli olmayan bir özelliktir. Geri dönüştürülmüş ve / veya biyo bazlı ürünlerin kullanımını teşvik eden politikalar birçok gelişmiş ülkede aktiftir.

Yeşil kompozitler, özellikle doğal liflerin atıklarından uygulanırsa, hafif, sürdürülebilir kompozitler olarak muazzam bir kalkınma potansiyeline sahiptir. Amaca ulaşmak için önemli faaliyetler, yeni biyolojik türevli polimerlerin tanımlanması, bunların ekonomik ve çevresel açıdan sağlam üretimi ve "geçici" kimyasal / fiziksel tedaviler yoluyla bileşik arayüzey özelliklerin uygulanması olacaktır (Park ve Xanthos , 2009).

1.5 Termoset Yeşil Kompozitler

Doğal yağlardan (soya fasulyesi, kastor, keten tohum vb.) gelen reçinelerin, doymamış poliesterler, vinil esterler ve epoksi reçineleri gibi petrokimyasallardan türetilen ısıyla sertleşen reçinelerin yerini alması için kullanılabilmesi bilinmektedir. Doğal yağlar ucuz, bol ve yenilenebilirdir. Yağ asitlerinin trigliseridlerine dayanırlar ve kimyasal işlevleri aktif bölgelerine eklendiğinde polimerize olabilirler (çift bağlar, allil karbonlar, ester grupları ve ester gruplarına alfa karbonları).

En çok kullanılan reçineler epoksitlenmiş doğal yağ, anhidritlerle çapraz bağlıdır ve doğal poliollerden poliüretanlar ve petrokimya hammaddelerinden diizosiyanatlardır.

Epoksitlenmiş doğal yağlar akrilik asit tepkimesi ile akrilat epoksitlenmiş yağlar oluşturmak üzere modifiye edilebilir, bu yağlar da kompozitlerin hazırlanması için kullanılırlar.

Termoset biyokompozitlerin üretim teknikleri, geleneksel kompozit endüstrisinde olduğu gibi aynı "kapalı kalıp" teknikleridir (örn. Reçine transferi kalıplama, vakum infüzyonu ve sıkıştırma kalıplama). Reçine formülasyonu ilk önce kalıp sertleştikten sonra sıkıştırma kalıplama veya alternatif olarak bir vakum uygulanarak seçilen sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bu kompozit üretim teknikleri, sertleşmeden önceki reçine formülasyonunun düşük viskozitesi sayesinde yüksek lif yüküne izin verir.

Bu alandaki yüksek bilimsel ilgiye rağmen, piyasadaki uygun biyo-esaslı termosetlerin azlığı nedeniyle termoset oluşturan yeşil kompozitler önemli miktarda üretim hacmi kazanamamıştır. Şu an piyasada soya yağı bazlı reçine içeren yeşil kompozitler piyasaya çıkmıştır (Zini ve Scandola, 2011).

1.6 Termoplastik Yeşil Kompozitler

En çok incelenen ve geniş ölçüde ticarileştirilmiş biyolojik esaslı termoplastik polimerlerden biri, monomerinin nişasta fermantasyonundan türetildiği PLA'dır. Bir dizi çalışma, PLA'nın NFC'lerde matris olarak uygunluğunu göstermiştir.

Termoplastik kompozitlerin aksine, termoplastik yeşil kompozitlerin sadece sınırlı yüklerle (maksimum% 50 w / w) elde edilebileceği açıktır. Bu, termoplastik kompozit imalatı için, elyaf içeriği % 50'den yüksek olduğunda yüksek viskoziteli bir matriste iyi bir lif dağılımını engelleyen tekniklerden kaynaklanmaktadır.

Termoplastik yeşil bileşikler, plastik imalatı için kullanılan bileşik ve enjeksiyon kalıplama gibi standart ve ekonomik ekipmanlarla işlenebilir. Bununla birlikte, bu teknikler, yalnızca nispeten kısa lifler (sınırlı takviye etkisi kazandıran) kullanılabilir. Daha uzun lifler dahil edilecekse, sıkıştırma kalıplama yöntemleri kullanılmalıdır.

Şu ana kadar, bir dizi kompozit üreticisi, doğal lifler ile takviye edilmiş PLA kompozitleri ürün yelpazesinde kullanıma sunmuştur.

Akademik seviyedeki yoğun araştırmalara rağmen, yeşil kompozitlerin büyük ölçekli ticarileştirilmesi, esas olarak biyolojik esaslı matrislerin daha yüksek maliyetlerinden dolayı yağ türevi polimerler içeren biyokompozitlerin büyük bir hacmine kıyasla henüz erken aşamdadır (Fowler ve diğ., 2006).

1.7 Biyobozunurluk-Atıkların Bertarafı

Yeşil kompozitlerin kullanım ömrünün sona erdirilmesi ile ilgili olarak biyolojik esaslı bir malzemenin biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte olmadığına, yani biyo bazlı ve biyolojik olarak bozunabilir özelliklerin bağımsız olduğuna işaret etmek gerekir.

Biyobozunabilirlik maddelerin uygun koşullar altında makul bir sürede mikroorganizmalar ya da enzimler aracılığı ile çeşitli bileşenlere ayrışabilmesidir. EN 13432 gibi bir dizi uluslararası norm tarafından tanımlanmaktadır.

Biyolojik olarak bozunabilir bir matriste sahip ya da biyolojik olarak parçalanabilen matrisli yeşil bileşikler prensip olarak kompostlaştırma yoluyla bertaraf edilebilir, böylece sanayileşmiş ülkeler için tipik olan atık bertarafı sorunlarının hafifletilmesine katkıda bulunur.

- Kompozit bertaraf etme seçenekleri, yakma veya toprak doldurma ile sınırlandırılmıştır

Biyolojik bozunabilirlik, örneğin dayanıklı kompozitlerin gerekli olduğu uzun süreli bina uygulamalarında olduğu gibi yeşil kompozitlerde daima gerekli olmayan bir özelliktir.

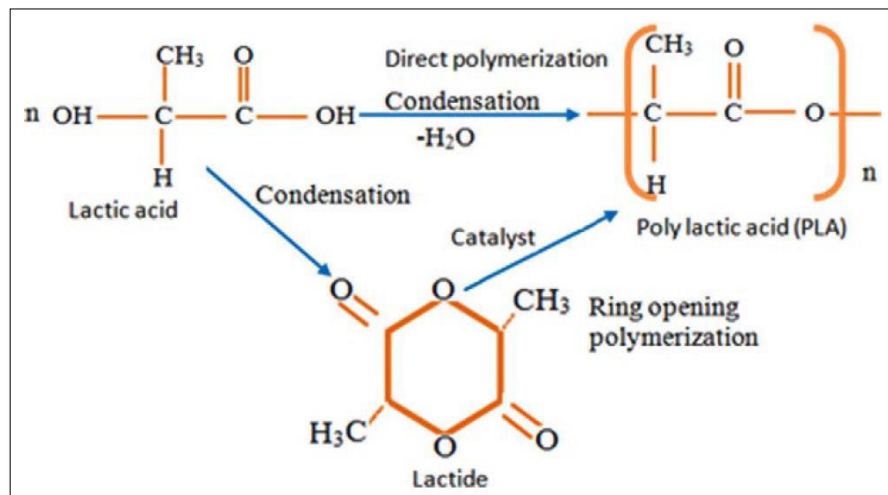
Üreticilerin tüm yaşam döngüsü boyunca ürünlerinin sorumluluğunu üstlenmesini gerektiren "üretici öder" ilkesini de zorlayan otomotiv sektörü için 2000/ 533/ EC sayılı AB direktifi gibi bazı eylemler ve denizcilik sektörü için 2009 Uluslararası Denizcilik Örgütü Konferansı Gemilerin Güvenli ve Çevresel Olarak Geri Kazanılması Konvansiyonu, insan sağlığı ve güvenliği veya çevre için risk içermeyen uçtan ömür ve geri dönüşüm / atma konularında teşvik etmektedir. Söz konusu direktiflerin ardından, otomobil üreticileri, cam gibi geleneksel takviye liflerinin yerini almış doğal liflerle değiştirildiği otomobil iç mekanlarında biokompozit materyalleri kullanmaya başladı. Bu bağlamda, bazı araştırma grupları tamamen biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir, bitki esaslı malzemelerden yapılmış otomobil üretme imkânını keşfetmiştir.

Mevcut çevresel açıdan sürdürülebilir teknolojileri tamamen temel alan bir " yeşil araba " ilk prototipi, 2009 yılında Warwick Üniversitesi'ni geliştiren Dünya İlk Formula 3 yarış otomobiliydi.

Denizcilik sektöründe de çevreye duyarlı gemilere yönelik yeni bir ilgi hem akademik hem de endüstriyel düzeyde ortaya çıkmaya başlamıştır. Bir örnek, küçük eğlence gemilerinde kullanılmak üzere yüksek performanslı yeşil kompozitler üretmek olan şirketler ve araştırma merkezleri ile birlikte PoleMer Bretagne (Fransa) tarafından geliştirilen NavEcoMat projesidir. Deniz suyundaki dayanıklılığının test edildiği keten lif ile takviye edilmiş PLA'dan yapılmış bir kayak prototipi imal edilmiştir. (Duigou ve diğ., 2009).

1.8 PLA

Polilaktik asit (PLA), biyoyumumluluğu/biyobozunurluğu ve mekanik direnci sebebiyle biyomedikal alandaki uygulamaları iyi bilinen bir polimerdir. PLA üretimi için hammadde kaynağı, şeker veya mısır/nişasta gibi neredeyse tüm tarımsal malzemelerdir veya tarımsal üretimden kaynaklanan atık maddeler de kullanılabilir. Bu temel maddeler, PLA üretimi için gerekli olan temel kimyasalların bakteriyel fermantasyonu işlemi ile laktit monomer ve izomerleri elde edilir (Şekil 1.2). Safleştirilen/izole edilen laktit monomerleri alifatik termoplastik polyesterler üretmek üzere kullanılır. PLA şu an için 3D yazıcılarında filament olarak, bir takım biyobozunur şişe ve paketlerde, tarımda, medikal alanlarında ve birçok farklı uygulamada kullanılmakta, gelecekte de daha geniş alanlarda kullanılması beklenmektedir (Nampoothiri ve diğ., 2010).



Şekil 1.2: Polilaktikasit (PLA) polimerizasyonu (Nampoothiri ve diğ., 2010).

PLA, 60-70°C aralığında bir camsı geçiş sıcaklığına (Tg) ve 160-180°C civarında bir erime sıcaklığına (Tm) sahip olan yarı kristal bir polimerdir. PLA, sırasıyla 3.2-3.7 GPa ve 55-60 MPa aralığında elastik modül ve gerilme mukavemeti olan, iyi mekanik özelliklere sahip bir polimerdir. PLA oldukça kırılğan ve sert bir polimerdir. Plastikleştiriciler plastik polimerlerin işlenebilirlik ve esnekliklerini geliştirmek için plastik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Laktit monomerin PLA için mükemmel bir plastikleştirici olduğu genel bir bilgidir, ancak malzeme yüzeyinde hareket etmeye başlar, bu da yüzeyin çamurlaşmasına neden olur. Plastikleştirici kaybının bir sonucu olarak, polimer giderek katılaştır (Baiardo ve diğ., 2003). PLA'nın düşük Tg'sini ve kırılğanlığını iyileştirmek için çalışmalar devam etmektedir.

Şeker kamışı, patates ve mısır nişastası gibi bitkisel ürünlerden yapılır. Bu nedenle biyopolimer veya yeşil polimer de denir. Diğer polimer türlerine kıyasla, doğada daha yüksek biyobozunurluğa sahiptir ve çevreye zarar vermez. Genellikle gıda endüstrisinde ambalaj malzemesi olarak kullanılır.

Olumlu tarafı;

- Ekolojik bir malzemedir.
- Pürüzsüz ve parlak bir yapıya sahiptir.
- ABS'den daha iyi kokuyor
- Yazdırma sırasında çevreyi kirletmez.
- Daha hızlı yazdırabilir.

Olumsuz taraflar;

- Güneş ve sıcaklık altında bozunabilir ve deforme olabilir.
- ABS'den daha kırılğan bir yapıya sahiptir.

PLA ve PET-A çok benzerdir ve aynı işlemde (üfleme kalıplama, kalıplama ve derin çekme) de işlenebilir. Enjeksiyon kalıplama imalat sürecinde kolayca kullanılabilir. Polistiren (PS) yerine de kullanılabilir. Daha yüksek MFI sınıfları da vardır. Bu biyoplastik, polipropilen (PP) yerine kullanılabilen lif ekstrüzyonu için de çok uygundur.

PLA belirli koşullar altında biyolojik olarak parçalanabilir. PLA (Polaktik Asit) ürünleri, sıcaklığı (70 ° C veya daha fazla) ve nemi (en az% 70 bağıl nem) kontrol edebilen sanayi şirketlerinde üretilebilir. Malzeme higroskopiktir ve çoğu durumda işlemden önce önceden kurutulmalıdır. Tüm tipler için tamamen biyolojik olarak bozunur bir sertifikaya sahiptir.

Malzemenin özelliklerini geliştirmek için karışımlarda, karışımlarda ve bileşiklerde yaygın olarak kullanılır. Standart PLA tipleri şeffaftır ve yüksek parlaklığa sahiptir.

PLA'nın (polilaktik asit) uygulama alanları:

- Elyaf ekstrüzyonu: çay poşetleri, giysiler.
- Bileşikler için: ahşap, PMMA.
- Termoform: kovalar, bardaklar.
- Enjeksiyon kalıplama: mücevher kutuları.
- Şişirme: karbonsuz su şişeleri, kozmetik şişeleri ve meyve suları.

Matris veya takviye malzemesi polimer degradasyonu temel olarak, zincirleri veya makromoleküllerin yan zincirlerini kesmek suretiyle oluşmaya başlar. Doğada, polimer parçalanması, termal aktivasyon, hidroliz, biyolojik (yani enzimler), oksidasyon, fotoliz veya radyoliz ile indüklenir (Muller, 2008).

Biyotik ve biyotik olmayan işlemlerin bir arada bulunması nedeniyle, polimer bozunma mekanizmasının tamamı, çoğu durumda, çevresel bozunma olarak da adlandırılabilir. PLA degradasyonunun moleküler ağırlık, kristallik, saflık, sıcaklık, pH, uç karboksil veya hidroksil gruplarının varlığı, suda geçirgenlik ve katalizör olarak rol oynayan katkı maddeleri, bakteri veya inorganik dolgu maddeleri gibi bir dizi faktöre bağlı olduğu bilinmektedir (Park ve Xanthos , 2009)

PLA bir termoplastik olarak birçok gereksinimi karşılamaktadır ve genel paketleme uygulamaları için önerilmektedir. Kendi monomerleri ile plastikleştirildiğinde PLA, esnek bir hale gelir, böylece PVC, LDPE, LLDPE, PP ve PS'yi taklit edebilecek sürekli bir ürün serisi hazırlanabilir. Artan plastikleştirici ile bozulma artar ve plastikleştirici içeriği veya oryantasyonu azaltarak raf ömrü uzatılır. Biyobozunur olduğu için, gevşek dolgulu ambalaj, kompost torbaları, gıda ambalajı üretmek için yararlı olan biyoplastiklerin hazırlanmasında da kullanılabilir. PLA ayrıca döşeme, tek kullanımlık giysiler, tenteler, kadın hijyen ürünleri ve bebek bezleri gibi birçok potansiyel kullanıma sahiptir. Polilaktik asit (PLA) biyolojik olarak parçalanabilir ve ilaç verme mikroküresi ve doku mühendisliği dahil olmak üzere biyomedikal alanlarda geniş uygulamalara sahiptir. Aynı zamanda, kolay işlevselleştirilmiş yapıya sahip, biyolojik olarak parçalanabilen önemli bir malzemenin başka bir türü olarak, poli (fosfat ester), ilaç dağıtım malzemesi de dahil olmak üzere, biyomedikal alanlarda yaygın olarak uygulanmıştır (Nampoothiri ve diğ., 2010).

1.9 Sisal

Bitkisel liflerin bol miktarda bulunabilirliği ve erişilebilirliği, sürdürülebilir teknolojiye yeni başlayan ilginin ana nedenleridir. Kompozit malzemelere odaklanırken, dikkat edilmesi gereken ana hususlar, yüksek özelliklere sahip, çevre dostu ve hafif olmasıdır. Bu yüzyıl, yüksek performansın gelişmesiyle, malzeme bilimi alanında yeşil teknolojiye olağanüstü başarılarla tanık olmuştur.

Doğal kaynaklardan yapılan malzemeler dünya çapında artmaktadır. Bitki lifleri, doğa ve insan yaratıcılığıyla binlerce yıldır yenilenen bir tür yenilenebilir kaynaktır.

Sisal lifi, sisal bitkisinin yapraklarından elde edilen sert bir elyafıdır. Yerli, tropikal ve alt tropikal kuzey ve Güney Amerika'ya rağmen, sisal tesisi şimdi Afrika, Batı Hint Adaları ve Uzak Doğu gibi ülkelerde yaygın olarak yetiştiriliyor. Bir sisal bitkisi yaklaşık 200 yaprak üretir ve her yaprak, % 4 lif, % 0.75 kütikül, % 8 kuru madde ve % 87.25 sudan oluşan yaklaşık 1000 lif içerir. Bu nedenle normal olarak yaklaşık 600 g ağırlığındaki bir yaprak, ağırlıkça yaklaşık % 3 oranında elyaf verir (Ramesh ve diğ., 2013).

Sisal bitkisinin görünümü Şekil 1.3'de verilmiştir (Şekil 1.3).

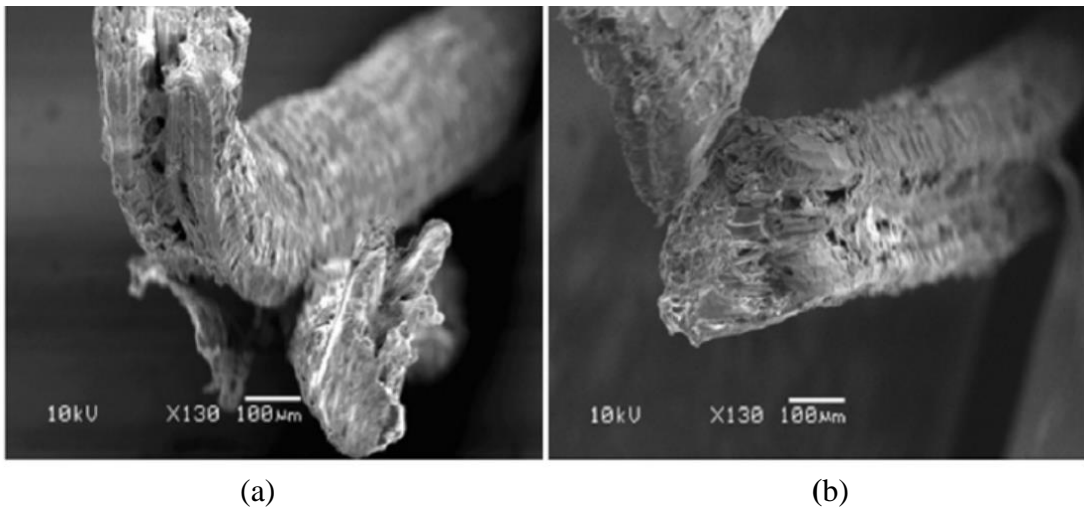


Şekil 1.3: Sisal bitkisi.

Sisal (*Agave sisalana*), Agavaceae ailesinin zor coğrafi koşullarını seven, keneviri andıran ve güçlü ve dayanıklı elyafı ile tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir bitki türüdür. Sıcak ve nemli iklimlerde yetişir, iyi nem emme ve genleşme özelliklerine sahiptir ve bu nedenle tekne halatlarının imalatında, tarımda ve denizcilikte kullanılır.

Sisal bitkisi sıcak ve nemli bir iklimde yetişir. Levhadan elde edilen elyaf sınıfında, elyafların çoğu sisalden yapılıdır. Sisal bitkisi, Amerika kıtasında soğuk rüzgar, verimsiz toprak ve sıcak güneş ile büyür. Çoğu türün yapraklarının uçları sivri dikenlere sahiptir. Yapraklar çok liflidir ve örme için kullanılır. Kordon ve güçlü halatlar bu yaprakların liflerinden dokunmuştur. Lifinin değeri nedeniyle, bu bitki daha verimli topraklarda yetiştirilir. Brezilya, Afrika ve Endonezya'da yetişen sisal tesisi 7 ila 8 yıl arasında lif üretimi için kullanılabilir. Uzun, kalın ve etli yaprakların % 80 ila 85'i sudur. Taze yaprakları çürüterek% 3-4 lif alabilirsiniz. Sisal lifler yapışmış hücre demetleri şeklindedir. Elyaf uzunluğu 100 cm'ye kadar ulaşır. Rengi beyazdan sarıya ve kahverengiye değişir. % 65 ila 72 selüloz içerir. Lifte küçük gözeneklere sahip olduğundan, nem emme fonksiyonu yüksektir. Gücü ve tuzlu suya direnci oldukça yüksektir. Ayrıca diğer kalın liflere kıyasla iyi esnekliğe sahiptir. Bu nedenle; ayrıca kumaşlarda, gemi halatlarında, tarımda ve denizcilik endüstrisinde dokuma malzeme olarak kullanılır.

Claramunt ve diğ., Nano-fibrilatlanmış elyaf içeren kompozitlerin, geleneksel sisal elyaf ile güçlendirilmiş kompozitlere kıyasla daha yüksek bükülme mukavemeti, daha yüksek bükülme modülü ve azaltılmış kırılma enerjisi kaydettiğini gözlemlemiştir (Claramunt ve diğ., 2011). Sisal mikrofiber takviyeli kompozitlere kıyasla Ardanuy ve ark., sisal nano liflerle takviye edilmiş kompozitlerde, eğilme dayanımı ve eğilme katsayısında% 36 ve% 71 oranında bir artış bildirmişlerdir (Ardanuy ve diğ., 2012). Sisal liflerinin kırık yüzeyleri Şekil 1.4 (a), (b) (Belaadi ve diğ., 2013) 'de sunulmuştur.



Şekil 1.4: Sisal liflerinin kırık yüzeyleri (a,b)(Belaadi ve diğ., 2013).

Sisal elyaf, düşük maliyeti, düşük yoğunluğu, yüksek özgül gücü ve katsayısı, sağlık riski olmaması, bazı ülkelerde kolay bulunabilirliği ve yenilenebilirliği nedeniyle

kompozitlerde kullanım için umut verici bir güçlendiricidir. Son yıllarda, geleneksel olarak halatlar, paspaslar, halılar, fantezi eşya ve diğerleri yapmak için kullanılan sisal elyaf takviyeli kompozitler için yeni uygulamalar bulma konusunda artan bir ilgi vardır (Yan ve diğ., 2000).



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Literatür Özeti

Kompozit malzemeler, avantajları ve çeşitliliği nedeniyle birçok teknik uygulamada önemli bir rol oynamaktadır. Son zamanlarda, farklı tip ve oranlarda tekstil elyafı uygulanarak belirli fiziksel ve / veya kimyasal özelliklere tepki veremeyen taşıyıcı polimerlerden dolayı istenen özellikleri sağlayabilen kompozit yapıların elde edilmesi yaygın olmuştur.

Kullanım yerine bağlı olarak, teknik malzemeler dayanıklılık, esneklik, hafiflik, çevresel etkilere karşı direnç (örn. nem, güneş ışığı), zaman, darbe direnci ve dayanıklılık ile ilgili direnç ve yorulma mukavemeti için tasarlanmıştır. Eğilme mukavemeti, kimyasal direnç ve benzer değerlerin uygunluğu da bakılmaktadır. İstenen özelliklerin tümünü bir malzeme bulmak son derece nadirdir. 1950'lerden beri alternatif malzeme olarak yapılan kompozitler farklı özelliklere sahip malzeme sağlama sorununu çözmektedir. Elyaf takviyeli polimer karışımlarına ilgi, yüksek özgül mukavemetleri ve modül özellikleri nedeniyle son yıllarda giderek artmıştır.

Kompozitler, kural olarak, polimerik malzemelerin görünümünü, yapışmasını ve fiziksel özelliklerini yüksek mekanik ve fiziksel özellikleri ile birleştiren elyaf takviyeli polimerlerden yapılmış hibrit malzemelerdir. Özellikleri kompozit malzemelerden farklı olan kompozit malzemeler olan kompozit malzemeler, genellikle takviye ve bir matris olmak üzere en az iki malzemenin oluşur.

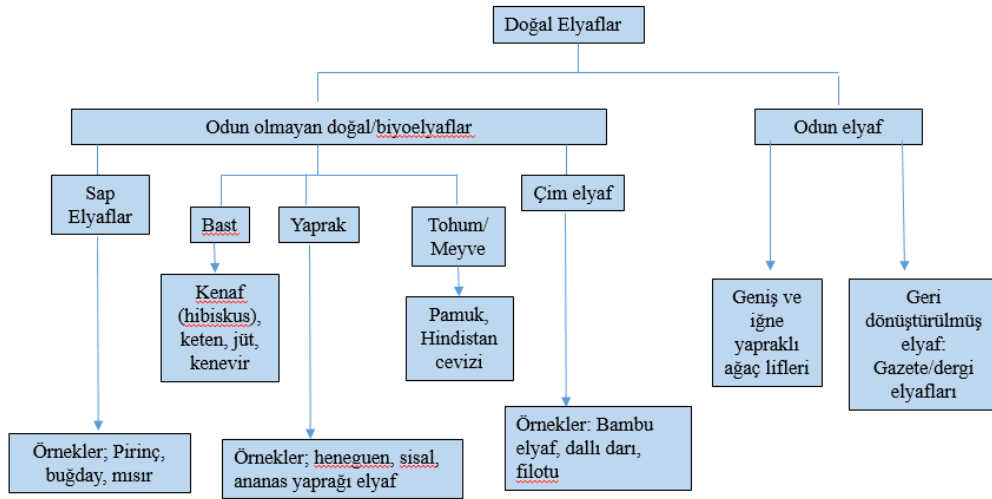
Tekstil elyaflarının kompozit malzemelerde takviye elemanı olarak tercih edilmesinin en önemli nedeni, kompozit malzemeye yüksek mukavemet ve modül değerleri vermektir. Kompozit yapılarda; hafiflik, mukavemet ve modül, yorulma direnci, elektriksel ve termal iletkenlik ve ekonomi gibi faktörler takviye malzemesi seçiminde rol oynar. Matris malzemesini seçme kriteri, lifler arasındaki gerilim transferini, liflerin korozyondan, oksidasyondan, çevresel etkilere ve etkilere korunmasını sağlamaktır. Kompozit malzemelerin avantajı, bileşenlerinin en iyi özelliklerini birleştirmeleridir.

Kompozit malzemeler otomotiv, elektronik, havacılık, spor malzemeleri ve inşaat gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin üretiminde temin ettikleri yüksek mukavemet ve modül nedeniyle, cam, karbon gibi inorganik elyaflar veya aramid ve HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) gibi yüksek performanslı sentetik elyaflar tercih edilir.

Bununla birlikte, çevre koruma ve kimyasal standartlar konusunda artan bir farkındalıkla, cam, karbon veya aramid ile güçlendirilmiş epoksi, polyester, poliüretan veya fenolik bileşiklerin üretimi ve kullanımı ile ilgili sorunlar gündemdedir. Kompozitlerin en büyük olumsuz özelliklerinden biri, bileşen elemanlarının ve matrisin güçlü bağlantısı nedeniyle bileşenlerin ayrılması ve işlenmesinden kaynaklanan zorluktur. Bu sorunları çözmek ve malzemeleri çevreye uyarlamak için artan talep nedeniyle, keten, kenevir, jüt, rami ve sisal gibi doğal lifler tarafından desteklenen "doğal liflerle takviye edilmiş kompozitlerin" üretimi ve kullanımı bugün yaygın hale gelmiştir. Bu nedenle, son yıllarda, doğal elyaflarla güçlendirilmiş bir kompozit malzemenin üretim yöntemleri ve kompozit malzemenin nihai özellikleri, kompozit malzemedeki bileşenlerin davranışı ve farklı tip ve oranlarda kullanılmasının etkisi hakkında çok araştırma yapılmıştır (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Doğal elyafların gruplandırılması Şekil 2.1 de verilmiştir (Şekil 2.1). Doğal lifler, Şekil 1'de gösterildiği gibi bitki esaslı ve hayvan temelli lifler olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.1 de görüldüğü gibi Fiber mekanik özellikleri karşılaştırıldığında, doğal liflerin yoğunluğunun cam, karbon ve aramid liflerinden daha düşük olduğu açıktır (Çizelge 2.1). Bununla birlikte, eğer farklı yoğunluk dikkate alınırsa, doğal liflerin spesifik mekanik özellikleri sentetik fiberlere daha yakınlaşır. Doğal liflerin kompozitlerdeki diğer avantajları yenilenebilirlik, biyolojik olarak bozunabilirlik, toksisite olmaması, iyi izolasyon özellikleri, düşük makine aşınması vb. (John & Thomas , 2008).



Şekil 2.1: Doğal elyafların sınıflandırılması.

Atık maddelerin alternatif potansiyel kaynakları, yün tekstil endüstrisindeki yan ürünler (eğirme için uygun olmayan düşük kaliteli çığ yünler), saç ve tüy gibi hayvan kaynaklı protein atıklarıdır. Özellikle, tavuk tüyü lifleri, her yıl kümes hayvancılığı endüstrisi tarafından yılda dört milyon ton atığın üretilmesinden elde edilebilir. Tavuk tüyü liflerinin (keratin fiberler) PE ve poli (laktik asit) (PLA) takviyesi olarak kullanımı Barone ve ark. tarafından bildirilmiştir (Barone ve diğ., 2005).

Çizelge 2.1: Doğal elyafların bazı önemli fiziksel özellikleri.

Lif Cinsi	Yoğunluk (g/cm ³)	Uzama (%)	Gerilme direnci (MPa)	Su absorpsiyonu (%)
Cam	2,5	2,5	2000-3500	–
Aramid	1,4	3,3-3,7	3000-3150	–
Karbon	1,4	1,4-1,8	4000	–
Keten	1,5	1,2-3,2	345-1500	7
Pamuk	1,5-1,6	3,0-10,0	287-800	8-25
Jüt	1,3-1,5	1,5-1,8	393-800	12
Kenevir	1,5	1,6	550-900	8
Sisal	1,3-1,5	2,0-2,5	511-635	11
Hindistan cevizi lifi	1,2	15-30	131-220	10
Tavuk tüyü	0,89	–	100-200	–

Keratin liflerinin boşluk yapısı, otomotiv uygulamaları için hafif malzemeler elde etmek için kullanılabilir son derece düşük bir lif yoğunluğuna sahiptir (Cheng ve diğ., 2009). Bir başka potansiyel uygulama alanı, tavuk tüyü liflerinin düşük dielektrik sabitinden yararlanarak ve polimer olarak bir soya fasulyesi esaslı reçinenin

kullanılmasıyla, elektronik uygulamalara uygun, düşük-k dielektrik kompozit geliştiren Hong ve Wool tarafından araştırılmıştır (Hong & Wool, 2005). Genel olarak, atıklardan (tarımsal yan ürünler veya kuş tüyleri) elde edilen liflerin biyo-kompozitlerde takviye olarak kullanılması, atık bertarafı için düşük maliyetli ve çevre dostu bir çözüm sunar ve çiftçilerin veya kümes hayvanları üreticilerinin atıklardan kazanç sağlamaktadır.

Biyolojik esaslı polimerler Çizelge 2.2’de verilmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2:Biyolojik esaslı polimerler.

Polimer	Biyobazlı polimer fraksiyonu	Biyo-bazlı içerik(%)
Polihidroksialkanoatlar (PHA'lar)	Bütün polimer	100
Polilaktik asit (PLA)	1-laktik asit	max 100
Poli(trimetilen tereftalat (PTT)	1,3-propandiol	30
Poliakrilik asit	3-Hidroksipropionik asit	100
Poli(etilen (PE)	Etanol	100
Polibütülen süksinat (PBS)	Süksinik asit	54
Polivinilklorür (PVC)	Etanol	100
Poliamid 11 (PA11)	Ricinoleik asit	100
Cellulosics	Selüloz	max 100
Termoplastik nişasta (TPS) ve nişasta türevleri	Nişasta	max 100
Polyisoprene	isopren	100
Polyester	1,3-propandiol, yağ asitleri	max 70
Poliüretanlar (PU)	Yağ asitleri	max 70
Epoksi reçineleri	Trigliserid	max 100
Furan reçineleri	Ksiloz	max 100
Poliamid 6/10	Ricinoleik asit	66

Yeşil bir kompozit, matrisin biyolojik esaslı bir polimer olduğu doğal elyaf takviyeli bir biyo-kompozittir. Biyo-esaslı polimerler, plastik ve fiber uygulamalar için biyolojik kaynaklardan üretilen insan yapımı veya insan-işlenmiş organik makromoleküller olarak tanımlanmıştır (Shen ve diğ., 2009). Günümüzde birçok biyo-bazlı termoset ve termoplastik polimer geliştirilmiştir. Biyoplastik ürünlerle ilgili yakın tarihli bir araştırma, petrol fiyatlarının yükselmeye devam etmesi ve biyolojik esaslı polimerlerin bir takım uygulamalarda varolan polimerlerin yerini alması için potansiyele sahip olması durumunda biyoplastikler petrol bazlılara göre ekonomik açıdan avantajlı olabileceğini göstermektedir (Ravenstijn, 2010).

Her komponentin (elyaf ve matrisin) öz nitelikleri yanında, kompozitin mekanik özelliklerinin, fiber en-boy oranı, hacim fraksiyonu ve yönlendirmesine ve fiber-matris arayüzünde yapışmasına bağlı olması beklenir (Talreja & Manson , 2001). Fiber en boy oranı, liflerin ekstraksiyonu ve işlenme şekli etkilenir. Dahası, kompozit imalat, kompozisyonun mekanik özelliklerinin buna göre etkilenmesi için hem en / boy oranını hem de fiber yönünü büyük oranda etkiliyor olabilir. Bununla birlikte, yüksek performanslı kompozitler için önemli bir husus, sürekli fazdan yük taşınması gereken liflere iyi stres transferini sağlayan iyi bir arayüzey elyaf / matris adezyonudur. Genel olarak, doğal elyafların hidrofilikliği, kompozit matris olarak kullanılan esasen hidrofobik polimerlere yapışmayı desteklemez; bu nedenle işlem esnasında zayıf fiber ıslatma, matriste ve örgü oluşumunda liflerin düzensiz dağılımına neden olur (La Mantia, 2011; Bledzki, 1999) . Polar hidroksillerin apolar gruplarla ikame edilmesiyle fiber yüzeyin kimyasal modifikasyonlarının, doğal elyaf kompozitlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için başarılı bir yol olduğu gösterilmiştir (Escamilla, 1999). Piyasadaki uygun biyo-esaslı termosetlerin azlığı nedeniyle termoset oluşturan yeşil kompozitlerde önemli miktarda üretim hacmi kazanılmamıştır. Şu an piyasada soya yağı bazlı reçine içeren yeşil kompozitler mevcuttur. Örneğin, Jakob Winter (Almanya), epoksitlenmiş doğal yağ reçinelerine gömülü keten ve kenevir lifleri ile yapılan bir ürün serisi olan Green LinE'i geliştirdi. Kompozitler, doğal lif parçalarını reçineye batırarak ve ardından basınçla kalıplama ile imal edilir. Üreticiye göre, bu biyolojik bileşimler cilalanabilir ve lamine edilebilir.

En çok incelenen ve geniş ölçüde ticarileştirilmiş biyolojik esaslı termoplastik polimerlerden biri, monomerinin nişasta fermantasyonundan türetildiği PLA'dır. Bir dizi çalışma, PLA'nın NFC'lerde matris olarak uygunluğunu göstermiştir ve PLA yeşil kompozitleri üzerine yapılan çalışmalar kısa bir süre önce Graupner ve diğerleri tarafından gözden geçirilmiştir (Graupner ve diğ., 2009).

PLA'lar, yarı kristal veya amorf bir yapıya sahip sert termoplastik ve alifatik polimerlerdir. PLA'nın yoğunluğu 1.21 g / cm³, erime sıcaklığı 177 ila 180 ° C arasında ve çekme mukavemeti 45 MPa, çekme elastik modülü 2800 MPa'dır. Kopma uzaması% 3'tür.

Termoplastik yeşil bileşikler, plastik imalatı için kullanılan bileşik ve enjeksiyon kalıplama gibi standart ve ekonomik ekipmanlarla işlenebilir. Bununla birlikte, bu teknikler, yalnızca nispeten kısa fiberler (sınırlı takviye etkisi kazandıran)

kullanılabilir. Daha uzun lifler dahil edilecekse, sıkıştırma kalıplama yöntemleri kullanılmalıdır. Örneğin, otomotiv endüstrisinde, uzun doğal bağlayıcılar, genellikle, termoplastik polimerlerin fiberleriyle birlikte karıştırılarak, dokunmamış bir tabaka oluşturulur; bu da, termoplastik plakların erimesini hızlandırmak için sıcak preslenir (Mohanty ve diğ., 2005).

Hindistan cevizi, jüt ve sisal elyaf kompozitler de kullanılmaktadır. Aynı koşullar altında % 15 ağırlıkta lif yüklemesi ile mekanik dayanımlar tespit edilmiştir. Borassus meyve lifi / PP kompozitlerinin mekanik dayanımı, jüt / PP, sisal / PP'ye eşdeğer ve hindistan / PP kompozitlerinden daha üstündür. Jüt / PP ve sisal / PP kompozitler, borassus meyve lifi / PP ve hindistan / PP kompozitlere göre daha yüksek su emme göstermiştir. Fiberin yönünü değiştirerek, malzeme özellikleri dış yüklerle göre değiştirilebilir. Sisal, kenevir, Hindistan cevizi, kenaf ve jüt takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Çekme mukavemeti ve modülü, artan elyaf hacmi kesimi ile artar. Test edilen tüm elyaf kompozitleri arasında, hindistan cevizi elyafı kompozitleri en düşük mekanik özellikleri kaydederken kenevir elyafı takviyeli kompozitler en yüksek olanı göstermiştir. Sisal liflerle güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik özellikleri Silika mikro parçacıklar eklenerek önemli ölçüde geliştirilmiştir. Silika parçacıkları arasındaki etkileşim, çekme dayanımı ve elastikiyet modülü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Silika ilavesi, bükülme mukavemetini etkilemezken, elyaf ve silika parçacıklarının fraksiyonları arasındaki etkileşim bükülme modülünde önemli rol oynar. Polimerik kompozitlerin fiziksel yapışmasını geliştirmek için silika mikro partikülleri eklenir ve bunun mekanik özellikler üzerindeki etkisini araştırır .

Scarpa ve diğ. çekme ve yorulma deneyi yaptı sisal liflerinin davranışı ve kompozitleri. Çapı, genç 15 farklı numunede modül, kuvvet ve gerilme gücü ölçülmüş ve açık literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır (Belaadi ve diğ., 2013).

Brunner ve ark., yorulma yükleme koşulları altında ileri kompozitlerde laminar arası delaminasyon yayılımının karakterizasyonu için standart bir prosedür geliştirdiler. Delaminasyon tayini için üç farklı yaklaşım karşılaştırılmıştır. Uygulanabilirlik sınırlarını tanımlayan standart bir test prosedürüdür (Brunner ve diğ., 2009). Silva ve diğ. daha sonra doğal elyaf / hint yağı poliüretan kompozitleri geliştirmiş ve kırılma tokluğunu test etmiştir. Sisal elyaf kompozitler için en iyi kırılma tokluğu performansını elde etmişlerdir (Silva ve diğ. , 2006).

Venkateswaran ve diğ., muz / sisal elyaf takviyeli kompozitlerin mekanik ve su emme özelliklerini inceleyerek elyafın uzunluğunu ve ağırlık yüzdesini almaktadır. Araştırma sonucunda sisal fiberin muz / epoksi kompozitlere dahil edilmesinin ağırlıkça% 50'ye varan oranda mekanik özellikler arttırdığını ve su emme özelliklerini azalttığını buldular (Venkateshwaran ve diğ., 2011).

2.2 Hipotez

Bu çalışmada, iki hipotez test edilecektir

Hipotez 1. PLA / Sisal kompoziti mekanik özellikler açısından PLA polimerinden daha dayanıklıdır.

Hipotez 2: PLA / kağıt / sisal bileşiği mekanik özellikler açısından PLA polimerinden daha dayanıklıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu kısımda çalışmada kullanılan malzemeler tanıtılmış ve elde edilen yeşil kompozitlerin üretim aşamaları, kullanılan yöntemler aktarılmıştır. Üretilen malzemelerin özelliklerini belirlemek için yapılan test ve analizler anlatılmıştır. Bu çalışmada temel olarak üç farklı malzeme PLA, sisal ve kraft kağıt kullanılmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Matris malzemesi polilaktik asit (PLA)

Saf ve granül halde 180 °C erime sıcaklığına sahip 1.21 g / cm³ yoğunlukta PLA temin edilmiştir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1: PLA granül hali.

3.1.2 Takviye malzemeleri

Takviye malzemesi olarak sisal kullanılmıştır. Sisal lifler birbirine yapışan hücre demetleri biçimindedir. Liflerin uzunluğu 100 cm'ye kadar ulaşır, rengi beyazdan sarıya ve kahverengiye değişir. % 65 ila 72 fiber içerir. Lifte küçük gözeneklere sahip olduğu için nem emme fonksiyonu yüksektir. Gücü ve tuzlu suya direnci oldukça yüksektir. Ayrıca diğer kaba liflere göre iyi esnekliğe sahiptir. Bu nedenle; Aynı zamanda triko, gemi halatları, tarım ve denizciler için örme malzemesi olarak da kullanılır. Sisal elyaf, düşük maliyeti, düşük yoğunluğu, yüksek özgül gücü ve katsayısı, sağlık riski olmaması, bazı ülkelerde kolay bulunabilirliği ve

yenilenebilirliği nedeniyle kompozitlerde kullanım için umut verici bir güçlendiricidir. Son yıllarda, geleneksel olarak halatlar, paspaslar, halılar, fantezi eşya ve diğerleri yapmak için kullanılan sisal elyaf takviyeli kompozitler için yeni uygulamalar bulma konusunda artan bir ilgi vardır (Yan ve diğ., 2000). Temin edilen sisal lifi Şekil 3.2 de gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Sisal.

Sisalin homojen dağılımını sağlamak ve PLA ile ara yüzey oluşturması amacıyla kağıt hamuru kullanılmıştır. Kağıt hamuru eldesi kraft kağıttan yapılmıştır. Takviye malzemesi olarak kullanılan kraft kağıt Şekil 3.3 de gösterilmiştir (Şekil 3.3).



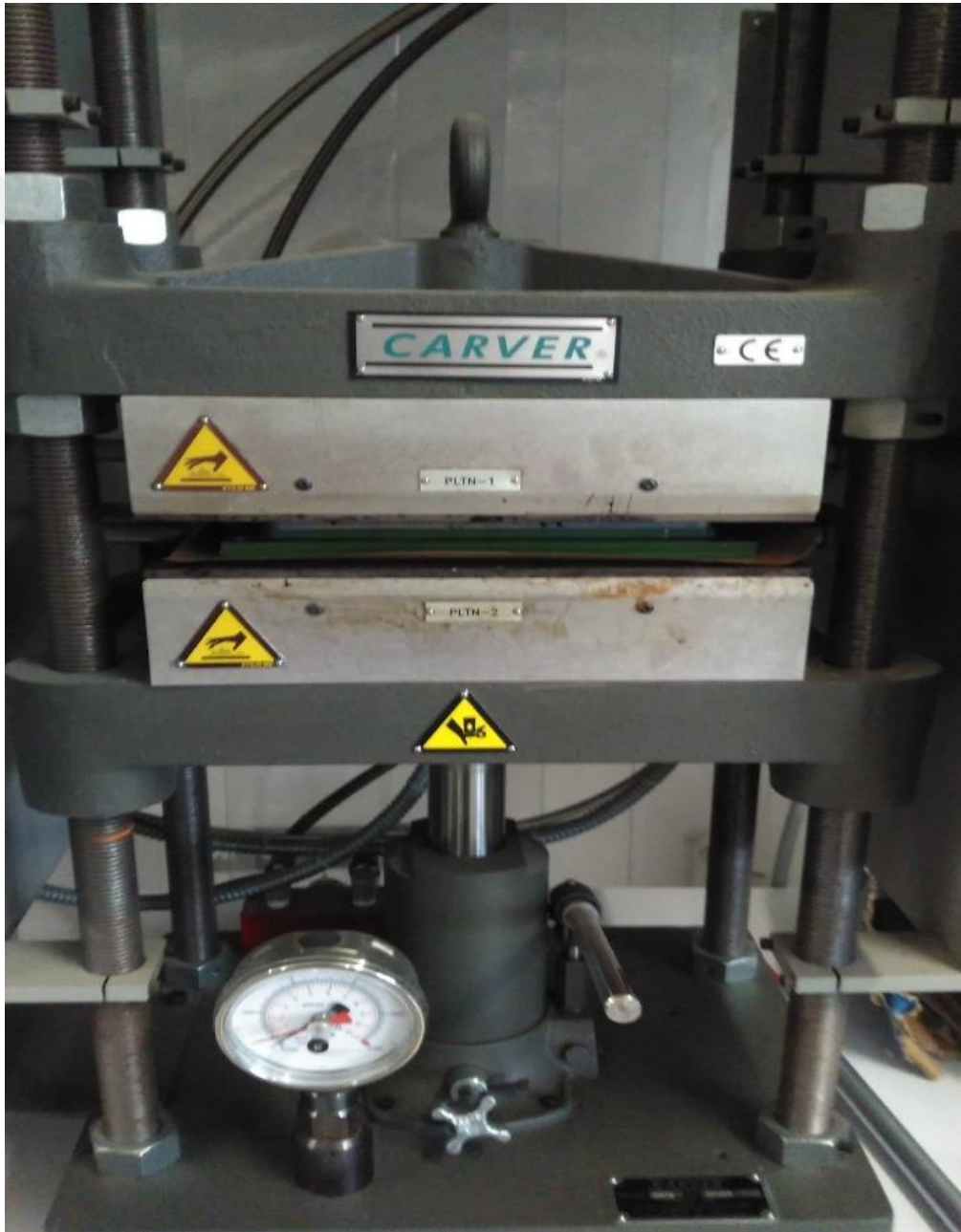
Şekil 3.3: Kraft kağıt.

3.2 Yöntem

Yöntem bölümünü 2 kısma ayırabiliriz.

- Biyokompozit Üretimi
- Üretilen Biyokompozitin Mekanik Testleri

Biyokompozitlerin üretilmesinde, pres ile kalıplama yapılarak kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Hot press prosesi için Carver marka 4122 CE model hot press cihazı kullanılmıştır ve cihazın görüntüsü Şekil 3.4’de sunulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Carver markasının 4122CE model sıcak pres cihazı.

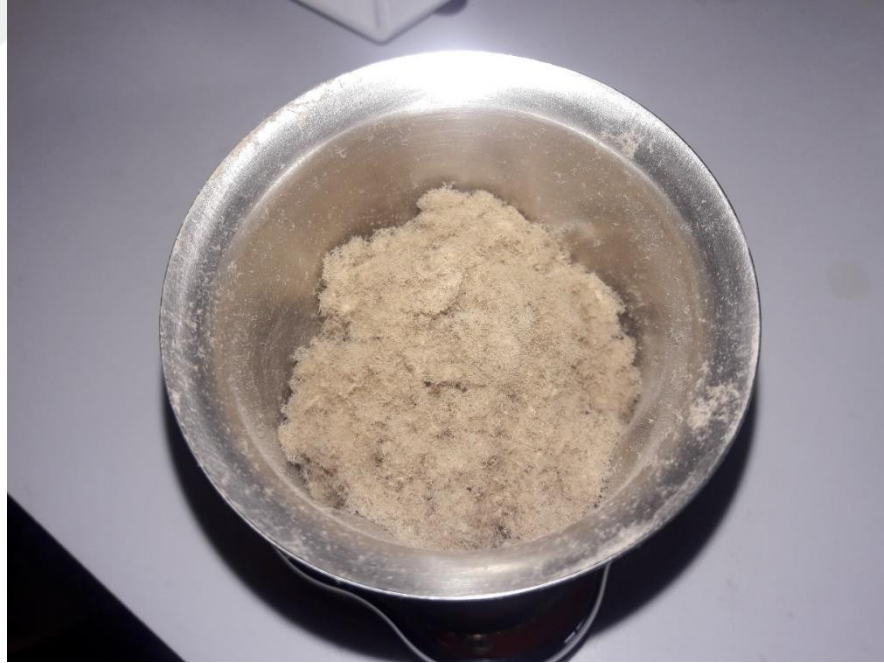
PLA biyopolimerinin (granül halde) sisal ve kağıt ile arayüzey oluşturarak kompozit haline gelip gelmediğini test edilmiştir. Levhanın alt tabakasına PLA granülleri arayüze kağıt elyafı üst tabakaya PLA granülleri konularak sıcak pressleme yapılmıştır. Direk PLA granülleri ve kağıt elyafı ile yapılan bu deneme maalesef düzgün sonuç vermemiş kağıt lifleri arayüzey olmamıştır (Şekil 3.5).



(a)



(b)



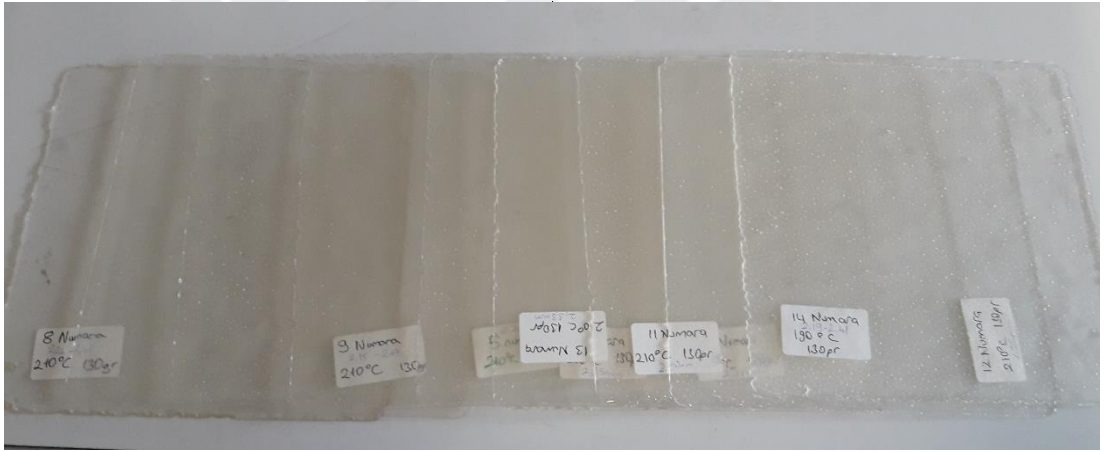
(c)

Şekil 3.5: (a) Kağıtın elyaf haline gelmesi, (b) PLA ile ara yüzey olarak presslenmesi (c) kağıt elyaf görüntüsü.

220 x 220 mm kompozit plakaların uygun kalınlıklarda elde edilmesi ve düz bir arayüzey elde edilebilmesi için uygun gramajlar test edilmiştir. PLA plakaları uygun gramaj 130 gram olarak belirlenmiştir. PLA granürleri press makinasında 190°C’de 15 dakika bekletilerek düz levha olarak kalıplanmıştır (Şekil 3.6, Şekil 3.7).



Şekil 3.6: (a) PLA granülerin sıcak press için kalıplanması (b) PLA saf plakalar.

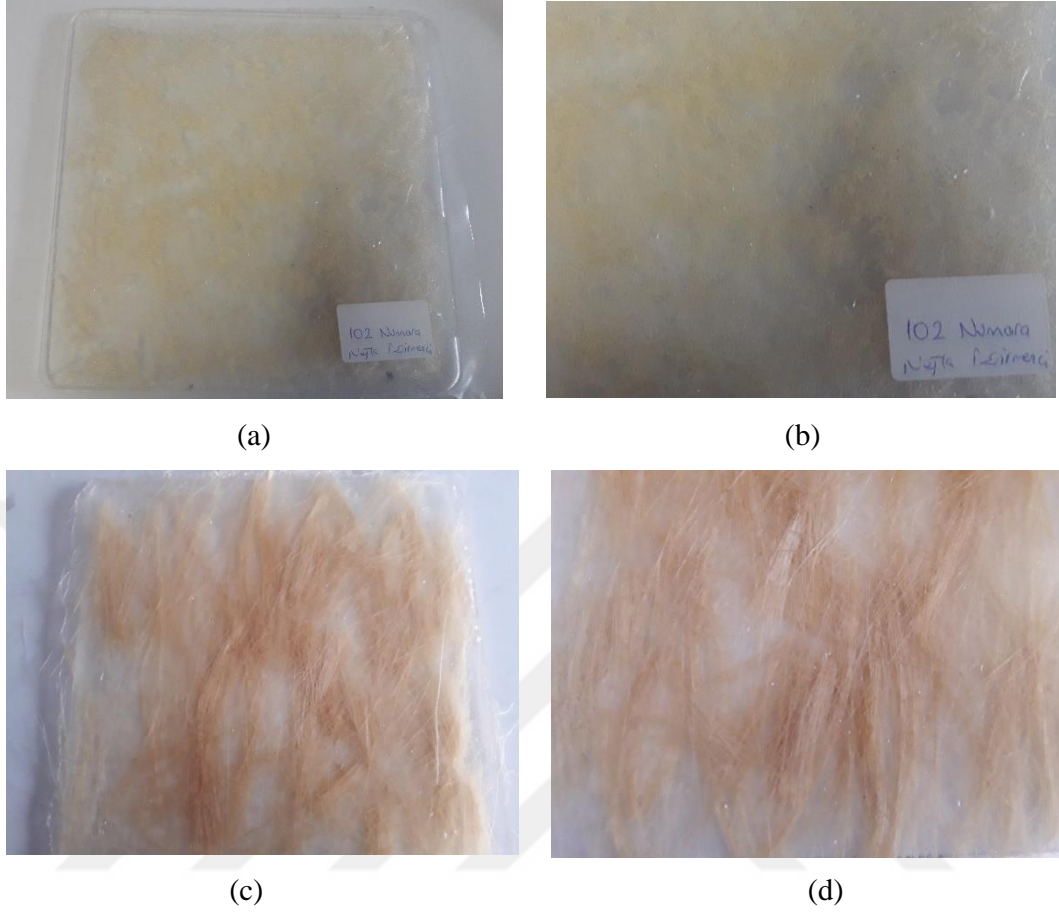


Şekil 3.7: Elde edilen PLA saf plakalar.

İki PLA levha arasına sisal lifi yerleştirilerek tekrar kalıplama yapılmıştır. Sisal oranlarının toplam ağırlığa oranı %1,3,9 olarak alınmıştır. Kağıt oranında %1,3,9 olarak yapılması planlanmıştır. Sisal lif uzunluğunun değişik büyüklükte denemesine rağmen maalesef sisal lifinin levhalarda homojen dağılımı gerçekleştirilemediğinden bu plakaların testleri yapılmamıştır.(Şekil 3.8). Sıcak presleme yönteminde tüm denemelerde saf PLA plakası için kullanılan yöntemle aynı sıcaklık ve zaman kullanılmıştır.

Sisal liflerinin homojen dağıldığı yeşil kompozitler elde edilemediği için deneme için sadece 1,35% lik kraft kağıt takviyeli PLA denemesi yapılmıştır (Şekil 3.9). Sıcak

presleme yönteminde tüm denemelerde saf PLA plakası için kullanılan yöntemle aynı sıcaklık ve zaman kullanılmıştır.



Şekil 3.8: (a,b) 50 mm Sisal lifi takviyeli, (c,d) 5cm sisal lifi takviyeli PLA plakaları.



Şekil 3.9: Kraft kağıt takviyeli PLA plakası

Sisalin plakalar arası homojen dağılımını sağlayacak yöntem araştırılmış ve sisalin öncelikle kağıt hamuruna ilavesine sonrasında bu kağıt tabakanın plakalar arasına yerleştirilmesine karar verilmiştir. 100 gr/m² 'lık sisal ile kağıt karışımı değişik oranlarda yapılmış (Çizelge 3.2). Böylelikle PLA'nın mekanik özelliklerine etkisi kağıt hamuru ile birlikte analiz edilmiştir. Kağıt hamuru ve sisalin nem tayinleri

yapılmış ölçümler bu nem tayinine göre gerçekleşmiştir. Nem tayinleri değerleri Çizelge 3.1 sunulmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Takviye malzemelerinin nem değerleri.

Malzeme	Nem değerleri
Sisal	%0.5
Kraft kağıt	%6.5

Çizelge 3.2: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.

Malzeme	Kağıt	Sisal
Yüzde Oran	100,00	0,00
	90,00	10,00
	80,00	20,00
	70,00	30,00
	60,00	40,00

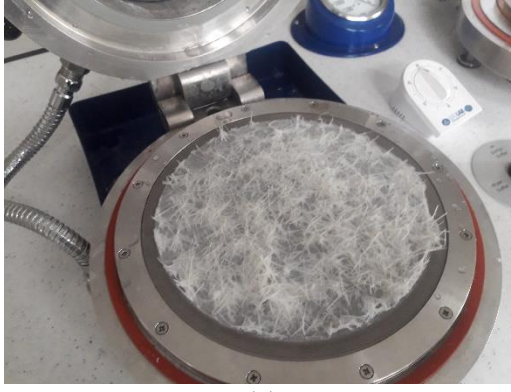
İstenilen oranlarda sisal içeren 100 gr/m² 'lık kağıtlar hazırlanmıştır (Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13).



(a)

(b)

Şekil 3.10: Sisal içeren 100 gr/m² 'lık kağıt numuneleri hazırlanması (a,b)



(a)



(b)

Şekil 3.11: Sisal içeren 100 gr/m² 'lık kağıt numuneleri üretimi (a,b).



Şekil 3.12: Hazırlanan sisal içeren 100 gr/m² 'lık kağıt numuneleri.



Şekil 3.13: Sisal içeren 100 gr/m² 'lık kağıt numuneleri

Yeşilkompozit malzememiz 3 tabakadan meydana gelmektedir. Bunlar sırasıyla PLA tabakası, takviye (sisal-kraft kağıt) tabakası ve tekrar PLA tabakası şeklindedir. Birleştirme sıcak press yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen PLA

plakası-sisal kağıt-PLA plakası tabakaları ile tabakalı bir kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir.

Sıcak presleme yönteminde tüm denemelerde saf PLA plakası için kullanılan yöntemle aynı sıcaklık ve zaman kullanılmıştır.190°C de 30 dakika süreyle kalıp için ısınma süresi uygulanmıştır. 15 dakika PLA'nın erimesi için bekleme süresi uygulandı. 40 dakika kalıbın soğuması için soğuma süresi uygulanmıştır.

Test için üretilen yeşilkompozitler Şekil 3.14'de gösterilmiştir (Şekil 3.14).



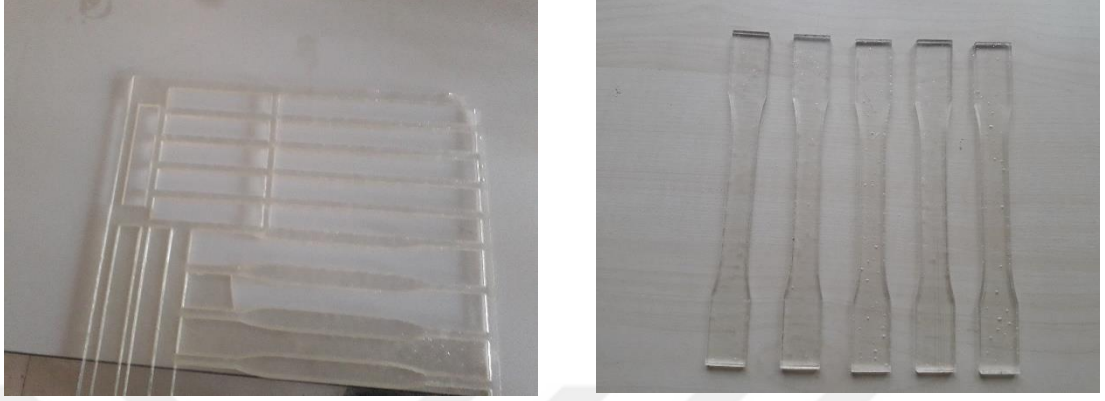
Şekil 3.14: Yeşil kompozit numunesi.

Lazer kesim ile test numune boyutlarına getirilen numune plakaların çekme ve eğilme testleri yapılmıştır. Pres makinesinde elde edilen düz levha şeklindeki kompozitler uygulanacak testlerdeki standartlara göre lazer kesim makinesiyle kesilmiştir. Bu işlemde Kaya grup KG-960 markalı lazer kesim cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Kaya grup KG-960 lazer kesim cihazı.

Üretilen biyokompozitlere mekanik özelliklerini belirlemek için çekme ve eğilme testleri yapılmıştır. Üç noktada lazerle kesme ve fleksiyon testi için bu plakalardan numuneler kesildi. Bu numuneler evrensel bir çekme cihazında uluslararası standartlara göre test edilmiş ve test verileri elde edilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.16: Yeşil kompozit numuneleri (a,b)



a

b

Şekil 3.17: Teste hazır yeşil kompozit numune örnekleri (a,b)

3.3 Mekanik testler

Üretilen biyokompozitlere mekanik özelliklerini belirlemek için çekme ve eğilme testleri yapılmıştır

3.3.1 Çekme testi

Çekme testinde ASTM D638 standardı esas alınarak 165x19x3 mm boyutunda numuneler hazırlanmıştır. Bu testi gerçekleştirmek için Shimadzu marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.18). Test numuneleri $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%50\pm 5$ nem ortam koşullarında

48 saat süresince şartlandırılmıştır. Çekme testi 3 mm/dk test hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18: Shimadzu universal test cihazı

3.3.2 Eğilme testi

Eğilme testinde ASTM D790 standardına uygun olarak 127x12.7x3 mm boyutunda numuneler hazırlanmalıdır. Test Shimadzu marka cihazla gerçekleştirilmektedir. (Şekil 3.19). Test numuneleri $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%50 \pm 5$ nem ortam şartlarında 48 saat boyunca bekletilmiştir. Eğilme testi 10 mm/dk test hızında yapılmaktadır.



Şekil 3.19: Shimadzu universal test cihazı eğilme testi aparatları

3.3.3 Termogravimetrik analiz (TGA)

Kompozitlerin ısıl kararlılığını, bozunma sıcaklığını ve etki mekanizmasını belirlemek için termogravimetrik analiz yapılması planlandı. Deney numuneleri, TAPPI T 11 os-75'e uygun olarak Willey tipi bir laboratuvar değirmeni içinde öğütülmüş ve 50 mesh'lik gözenekli hücreli eleklerden elenmiştir. Yaklaşık olarak 4-11 mg örnek Hitachi Hi-Tech STA7200 marka termogravimetrik analizör cihazında oda sıcaklığından 800°C'ye kadar 10°C/dk ısıtma hızıyla azot atmosferinde (20 ml/dk) ısıtılmıştır (Şekil 3.18). Numunelerin sıcaklığı ve ilişkili ağırlık kaybı (%) bir bilgisayar programı kullanılarak toplanmıştır. Bozunma sıcaklıkları DTG hesaplanarak belirlenmiştir.



Şekil 3.20: Hitachi TGA cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde biyokompozitlere yapılan mekanik testlerden çekme testi sonuçları verilmiştir. Mekanik testlere ait bulgular ASTM D-638 standardına göre yapılan çekme testi değerlendirilmiştir. Çekme testleri hazırlanan her bir plakadan 5 numuneden yapılmıştır. Toplam 25 numunenin testi yapılmıştır.

100 gr/m² kağıt numuneleri sisal oranları % 0, 10, 20, 30 olacak şekilde hazırlandı. Toplam kompozit malzeme içerisindeki takviye malzemesi oranı % 1.82'dir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2)

Çizelge 4.1: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.

Malzeme	Kağıt	Sisal
	100,00	0,00
	90,00	10,00
Yüzde Oran	80,00	20,00
	70,00	30,00
	60,00	40,00

Çizelge 4.2: Sisal-kağıt takviye malzemesinin karışım oranları.

Numune	Malzeme	Malzeme İçeriği
Numune 1	PLA	saf PLA plaka
Numune 2	PLA/K	PLA-saf kağıt
Numune 3	PLA/KS1	PLA-saf kağıt-sisal (%10)
Numune 4	PLA/KS2	PLA-saf kağıt-sisal (%20)
Numune 5	PLA/KS3	PLA-saf kağıt-sisal (%30)

4.1 Çekme Testi Sonuçları

Çizelge 4.4'de PLA matrisli ve kağıt ve sisal lifi kullanılarak hazırlanan kompozitlerin Çekme direnci (çekme dayanımı), Elastik (Çekme modülü) gösterilmiştir. Çizelge 4.4 göre PLA/KS biyokompozitlerinde de çekme dayanımları işlem görmemiş PLA'ya göre düşmüştür (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3: PLA/KS biyokompozitlerinin mekanik özellikleri.

Numune	Kalınlık	Genişlik	İlk Boy	Max_Kuvvet Tüm Alan Hesaplaması
Birim	mm	mm	mm	N
Numune 1	4,60	12,81	115	3411,25 ± 267,99
Numune 2	4,35	12,73	115	1087,4 ± 371,24
Numune 3	4,35	12,89	115	570 ± 43,58
Numune 4	4,5	13	115	1251 ± 299,04
Numune 5	4,5	13	115	1110 ± 288,49

Çizelge 4.4: PLA/KS biyokompozitlerinin çekme testi sonuçları.

Numune	Max_Kuvvet Tüm Alan Hesaplaması	Çekme Direnci	Elastik modülü
Parametre	N	N/mm ²	Kuvvet 10 - 20 N N/mm ²
Birim	N	N/mm ²	N/mm ²
Numune 1	3411,25 ± 267,99	55,075 ± 4,34	1985,73±90,3
Numune 2	1087,4 ± 371,24	19,3 ± 5,69	2019,3±64,34
Numune 3	570 ± 43,58	9,9 ± 0,92	1991,3±92,8
Numune 4	1251 ± 299,04	21,32 ± 5,09	1926±70,4
Numune 5	1110 ± 288,49	18,92 ± 4,92	1808,7±18,14

Numunelerin kopma anındaki kuvvetleri karşılaştırıldığında saf PLA tabakasını içeren 1 numaralı numune 3411,25 N değeriyle en fazla değere sahiptir. Çekme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında saf PLA tabakasını içeren 1 numaralı numunenin en fazla dirence sahip olduğu görünmektedir. Kağıt ve sisal takviyesi ile çekme direnci değerleri düşüş göstermiştir. Saf PLA içeren numune haricinde takviyeli numuneler arasında %20 sisal takviye içeren 4. numaralı numune 21,32 N/mm² değeri ile en fazla çekme direnci değerine sahiptir.

4.2 Eğilme Testi Sonuçları

Çizelge 4.6’de PLA matrisli ve kağıt ve sisal lifi kullanılarak hazırlanan kompozitlerin eğilme direnci, max. uzama (eğilme modülü) gösterilmiştir. Çizelge 4.6 göre PLA/KS biyokompozitlerinde de eğilme direnci işlem görmemiş PLA’ya göre düşmüştür (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5: PLA/KS biyokompozitlerinin mekanik özellikleri.

Numune	Kalınlık	Genişlik	İlk Boy	Max_Kuvvet Tüm Alan Hesaplaması
Birim	mm	mm	mm	N
Numune 1	4,57	12,67	100	157,31 ± 75,22
Numune 2	4,54	12,7	100	109,1± 29,68
Numune 3	4,35	12,89	115	20,05 ± 0,34
Numune 4	4,32	12,72	100	63,89 ± 20,04
Numune 5	4,48	12,71	100	83,11± 21,70

Çizelge 4.6: PLA/KS biyokompozitlerinin eğilme testi sonuçları.

Numune	Max_Kuvvet	Max_Uzama	Max_Yüzde Uzama	LASE2_Kuvvet	Max_Gerilme
Parametre	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması	Uzama 1	Tüm Alan Hesaplaması
Birim	N	mm	%	N	N/mm2
Numune 1	157,31 ± 75,22	10,37± 5,36	2,82± 1,57	25,21± 2,42	86,24± 47,42
Numune 2	109,1± 29,68	5,90± 0,97	1,61± 0,29	25,71± 1,35	62,39± 17,7
Numune 3	20,05 ± 0,34	1,71±1,27	0,44±0,32	15,66±3,21	12,67±0,81
Numune 4	63,89 ± 20,04	4,11±0,4	1,16±0,1	22,30±5,26	33,93±11,08
Numune 5	83,11± 21,70	5,37±1,53	1,44±0,42	22,20±0,93	48,65±11,88

4.3 TGA Analizleri

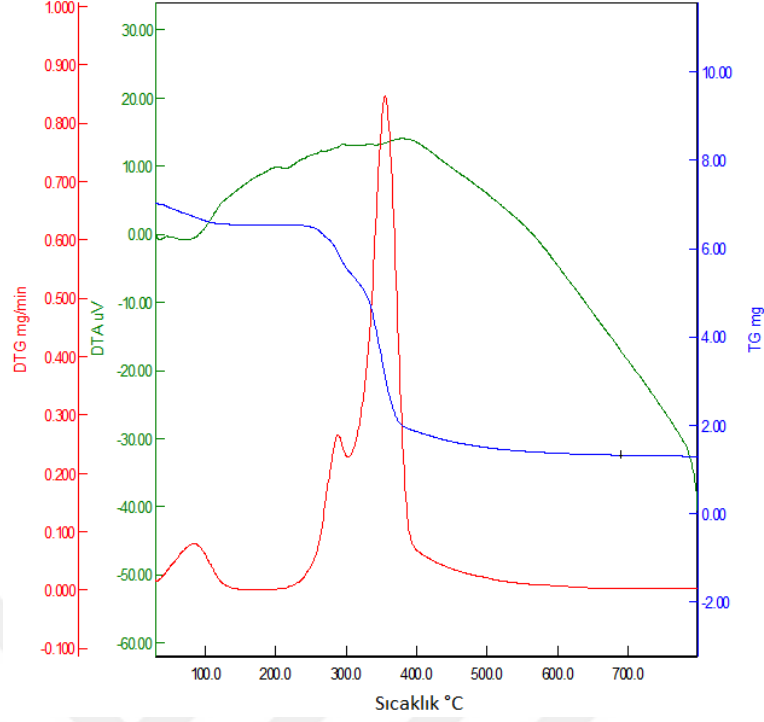
Kompozitlerin ısıl kararlılığını, bozunma sıcaklığını ve etki mekanizmasını belirlemek için termogravimetrik analiz yapılması planlanmıştır. Sisal ve PLA'nın teker teker TG analizleri ve PLA/KS biyokompozit malzemesinin TG analizi yapılmıştır. Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi PLA-saf kağıt içerikli PLA/K kompozit malzemesi Numune 2, PLA-saf kağıt-sisal (%10) içerikli PLA/KS1 kompozit malzemesi Numune 3, PLA-saf kağıt-sisal (%20) içerikli PLA/KS2 kompozit malzemesi Numune 4, PLA-saf kağıt-sisal (%30) içerikli PLA/KS3 kompozit malzemesi Numune 5 olarak TG analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sisal lifi, analiz inert ortamda 200ml/dk azot akışı altında, 10°C/dk sıcaklık artışıyla 30-800°C aralığında gerçekleştirmiştir.

Cihaz markası: Hitachi

Sisal başlangıç hammadde miktarı: 7,028 mg

Analiz sonunda kalan inorganik madde miktarı: 1,33 mg

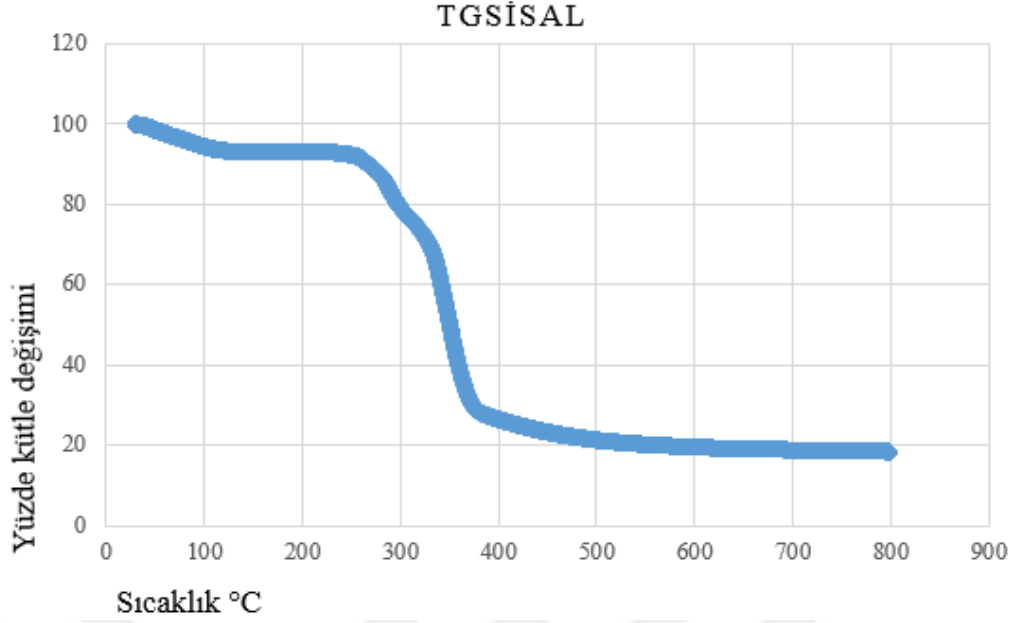


Şekil 4.1: Sisal lifinin DTG, DTA, TG eğrileri.

Sisal lifinin termik analiz çalışmasında Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, Diferansiyel Termogravimetri DTG ve Diferansiyel Termal Analiz DTA eğrileri alınmıştır. Şekil 4.1 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.1).

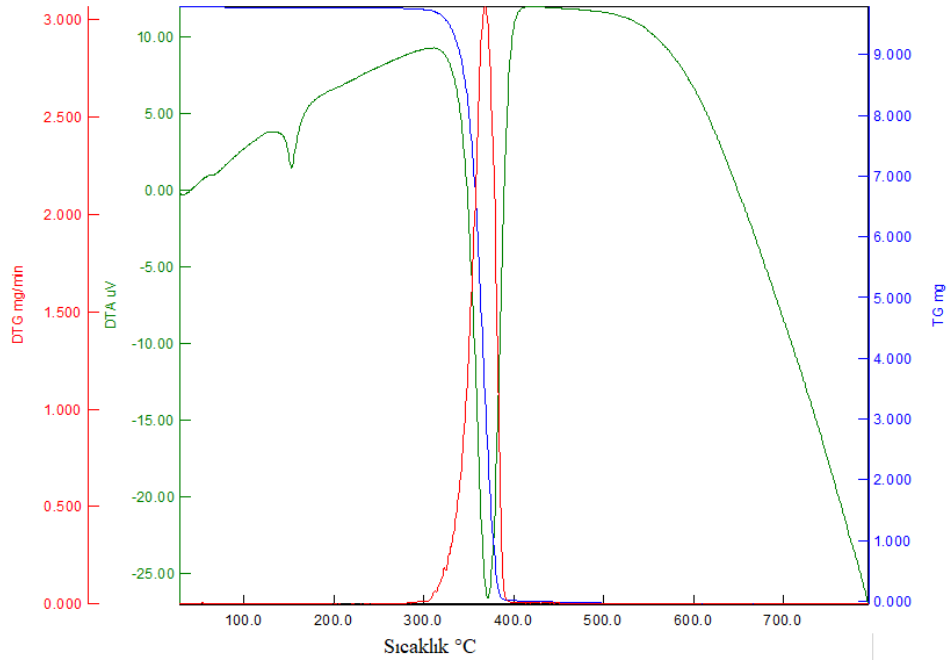
Biobozunur polimer PLA ve doğal elyaf sisalin ayrı ayrı TG Analizleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.2 ve Şekil 4.4 olarak verilmiştir. Sisal lifinin bozunmasıyla meydana gelen ağırlık azalması TG eğrisiyle gözlemlendi (Şekil 4.2).

Sisalin TG grafiği incelendiğinde lifin yapısında 3 ayrı bozulma noktası gözükmemektedir. 320°C civarından sonra bozulma çok hızlı olmuştur. Bozulma 480°C'den sonra sabitlenmiş gözükmemektedir, büyük oranda bozulma tamamlanmıştır. 1,33 mg inorganik madde, TGA grafiğinde bozunma işlemi sonrası kalan miktardır



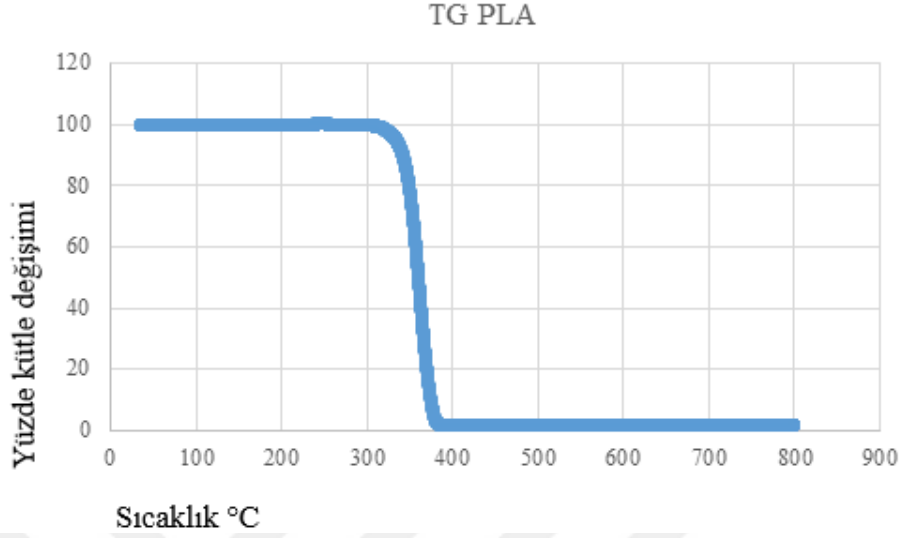
Şekil 4.2: Sisal lifinin TG eğrisi.

Biyobazlı, biyobozunur PLA polimerinin termogravimetrik analizinde termal özellikleri için termogravimetrik analizi yapıldı. Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, Diferansiyel Termogravimetri DTG ve Diferansiyel Termal Analiz DTA eğrileri alınmıştır. Şekil 4.3 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.3).



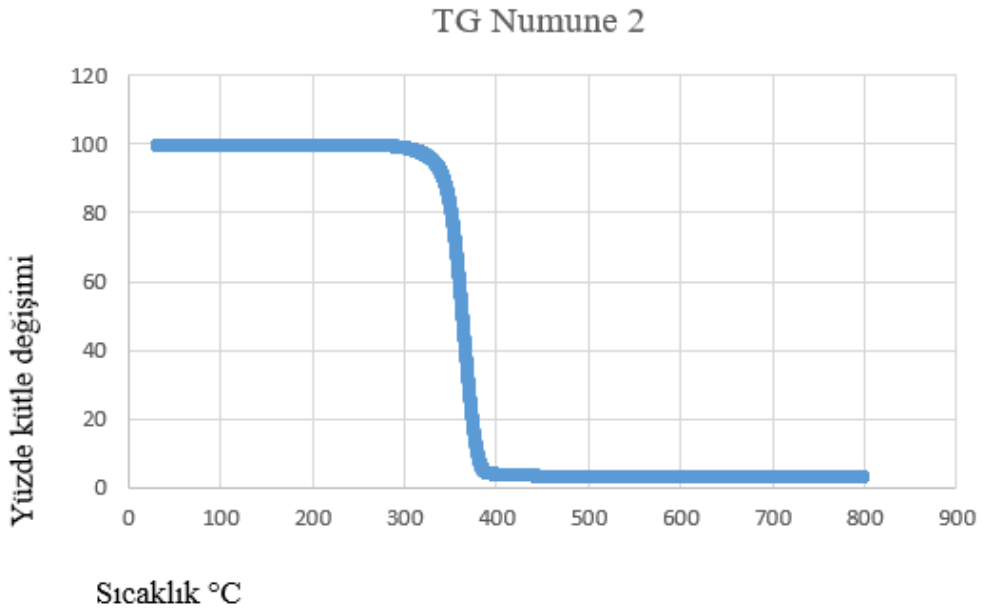
Şekil 4.3: PLA malzemesinin DTG, DTA, TG eğrileri.

Şekil 4.4'e yer alan biyobozunur PLA polimerinin TG grafiğine göre işlem görmemiş PLA 280 °C'de bozunmaya başlamıştır ve 340°C'de ayrışmanın başlamasıyla kütle kaybı hızı artmıştır.



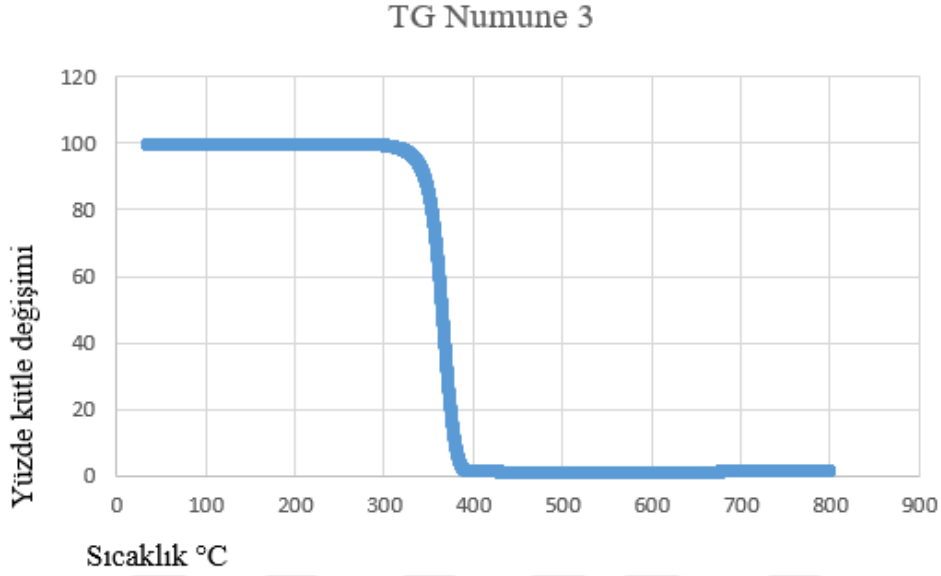
Şekil 4.4: PLA malzemesinin TGA grafiği.

PLA-saf kağıt içerikli PLA/K kompozit malzemesi Numune 2'nin termik analiz çalışmasında Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, eğrileri alınmıştır. Şekil 4.5 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.5).



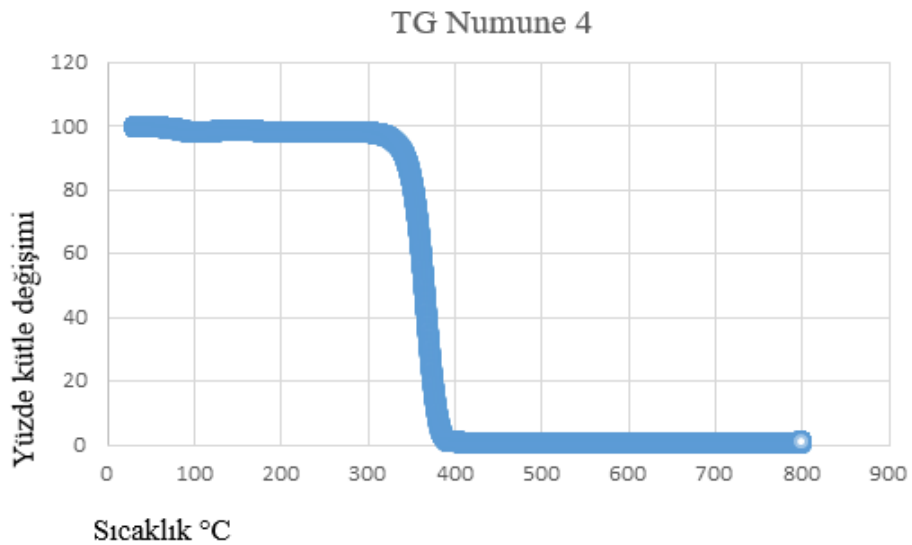
Şekil 4.5: Numune 2 TGA grafiği.

PLA-saf kağıt-sisal (%10) içerikli PLA/KS1 kompozit malzemesi Numune 3, termik analiz çalışmasında Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, eğrileri alınmıştır. Şekil 4.6 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.6).



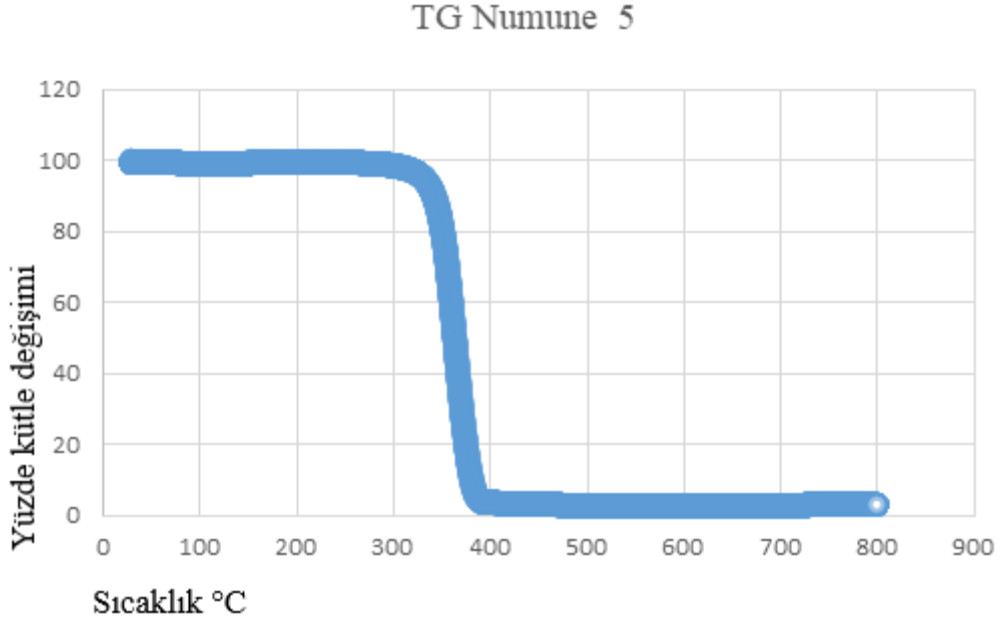
Şekil 4.6: Numune 3 TGA grafiği.

PLA-saf kağıt-sisal (%20) içerikli PLA/KS2 kompozit malzemesi Numune 4, termik analiz çalışmasında Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, eğrileri alınmıştır. Şekil 4.7 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Numune 4 TGA grafiği.

PLA-saf kağıt-sisal (%30) içerikli PLA/KS3 kompozit malzemesi Numune 5, termik analiz çalışmasında Hitachi marka termogravimetrik analizör cihazında 30-800 °C tarama aralığında termal bozunma ve buna bağlı kütle kayıplarını gösteren Termogravimetri TG, eğrileri alınmıştır. Şekil 4.8 de eğrileri içeren grafik verilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Numune 5 TGA grafiği.

Yapılan TGA analizlerinde sisal lifinin oransal olarak katılmasıyla PLA polimerinin bozunma sıcaklığında bir değişim yapmadığı gözlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında hot-press yöntemiyle hem matrisi hem de takviyesi doğal malzeme olan bir biyokompozit üretilmiştir. Fakat üretilen biyokompozitin hava boşlukları ve yapışma kusurları nedeniyle mekanik özelliklerinde yapılan çekme ve eğilme testlerinde takviye malzemesinin miktarına göre çekme ve eğilme dayanımında doğrusal bir artma gözlenememiştir.

Üretilen biyokompozitlerin kullanılan her iki takviye malzemesine rağmen matrisinin mekanik özelliklerinin üstüne çıkamamıştır. Bunun sebebi kullanılan yöntemler ve kullanılan malzemelerin ısı çevriminden dolayı özelliklerinin zayıflaması, yapışma kusurları, homojenlik, hava boşlukları parametreleri olabilir. Her komponentin (elyaf ve matrisin) öz nitelikleri yanında, kompozitin mekanik özelliklerinin, fiber en-boy oranı, hacim fraksiyonu ve yönlendirmesine ve fiber-matris arayüzünde yapışmaya bağlı olması beklenir. Tez de test edilen 2 hipotezde olumsuz sonuçlanmıştır. Takviye malzemesi olarak sisal ve sonrasında arayüzey olarak kağıt takviyesi kompozit malzemenin mekanik özellikler açısından PLA polimerinden daha dayanıklı hale gelmesini sağlayamamıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda kompozit malzemesinin elde edilme yönteminin değiştirilmesi, bağlayıcı olarak reçine kullanılması ile denemeler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Ardanuy, M., Claramunt, J., Arevalo , R., Pares , F., Aracri , E., Vidal , T.** (2012). Nanoabfibrillated Cellulose (NFC) As A Potential Reinforcement For High Performance Cement Mortarcomposites, *Bioresources*, 7(3), 3883-3894.
- Baiardo, M., Frisoni, G., Scandola, M., Rimelen, M., Lips, D.** (2003). Thermal And Mechanical Properties Of Plasticized Poly(L-Lactic Acid), *Journal of Applied Polymer Science*, 90, 1731-1738.
- Barone, J., Schmidt, W., Liebner, C.** (2005). Compounding And Molding Of Polyethylene Compositesreinforced With Keratin Feather Fiber, *Compos. Sci. Technol.*, 65, 683-692.
- Belaadi, A., Bezazi, A., Bourchak , M., Scarpa, F.** (2013). Tensile Static And Fatigue Behaviour Of Sisal Fibres, *Mater Des;*46, 76–83.
- Bledzki, A., Gassan , J.** (1999). Composites Reinforced With Cellulose Based Fibres, *Prog. Polym.Sci.*, 24, 221-274.
- Brunner, A., Murphy , N., Pinter , G.** (2009). Development Of A Standardized Procedure For The Characterization Of İnterlaminar Delamination Propagation İn Advanced Composites Under Fatigue Mode I Loading Conditions. *Eng Fract Mech* 76, 2678–89.
- Bulut, Y., Erdoğan, U.** (2011). Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı. *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Tekstil ve Mühendis*, 82, 26.
- Carus, M., Gahle, C.** (2008). Injection Moulding With Natural Fibres, *Reinf. Plast.* 52, 18-22.
- Cheng, S., Lau, K., Liu, T., Zhao, Y., Lam, P.** (2009). Mechanical And Thermal Properties Of Chicken Feather Fiber/PLA Green Composites, *Compos. B: Eng.*, 40, 650-654.
- Cheung, H., Ho, M., Lau, K., Cardona, F., Hui , D.** (2009). Natural Fibre-Reinforced Composites For Bioengineering And Environmental Engineering Applications, *Compos. B: Eng.*, 40, 655-663.
- Claramunt J, Ardanuy , M., Arevalo , R., Pares , F., Toledo Filho, R.** (2011). Mechanical Performance Of Ductile Cement Mortar Composites Reinforced With Nanofibrillated Cellulose, *Rilem Publication S.A.R.L*, 131.
- Duigou, A. L., Davies, P., Baley, C.** (2009). Seawater Ageing Of Flax/Poly(Lactic Acid) Biocomposites, *Polym. Degrad. Stab.* 94, 1151-1162.
- Escamilla, G., Cauich-Cupul, J.I., Mendizabal, E., Vazquez, T.** (1999). Mechanical Properties Of Acrylate-Grafted Henequen Cellulose Fibers And Their Application İn Composites, *Compos A*, 30, 349-359.

- Fowler, P., Hughes, J., Elias, R.** (2006). Biocomposites: Technology, Environmental Credentials And Market Forces, *J.Sci. Food. Agric.*86, 1781-1789.
- Graupner, N., Herrmann, A., Mussig, J.** (2009). Natural And Man-Made Cellulose Fibre-Reinforced Poly(Lactic Acid) (PLA) Composites: An Overview About Mechanical Characteristics And Application Areas, *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.*, 40, 810-821.
- Hong, C., Wool, R.** (2005). Development Of A Bio-Based Composite Material From Soybean Oil And Keratin Fibers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 95,, 1524.
- John, M., Thomas, S.** (2008). Biofibres And Biocomposites, *Carbohydr. Polym.*, 71, 343-364.
- La Mantia, F., Morreale, M.** (2011). Green Composites: A Brief Review, *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.*42, 579-588.
- Mohanty, M., Amar, K., Lawrence, T.** (2005). *Natural Fibers. Biopolymers, And Biocomposites.* Boca Raton, FL.
- Muller, R.** (2008). Biodegradability Of Polymers: Regulations And Methods Of Testing, *Biopolymers*, 10, 366-388.
- Nampoothiri, K., Nair, N., John, R.** (2010). An Overview Of The Recent Developments In Polylactide (PLA) Research, *Bioresource Technology*, 101 (22), 8493-8501.
- Park, K., Xanthos, M.** (2009). Study On The Degradation Of Polylactic Acid In The Presence Of Phosphonium Ionic Liquids. *Polymer Degradation and Stability*, 94, 834-844.
- Peças, P., Carvalho, H., Salman, H., Leite, M.** (2018). Natural Fibre Composites and Their Applications: A Review, *Journal of Composites Science 2* (4), 66-86.
- Ramesh M, Palanikumar, K., & Reddy, K.** (2013). Mechanical Property Evaluation Of Sisal–Jute–Glass Fibre Reinforced Polyester Composites, *Compos Part B-Eng* ;48, 1–9.
- Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K.** (2013). Comparative Evaluation On Proper-Ties Of Hybrid Glass Fiber- Sisal/Jute Reinforced Epoxy Composites, *Procedia Eng.*51, 745–750.
- Ramesha, M., & Palanikumar, K.** (2017). Hemachandra Reddy Plant Fibre Based Bio-Composites: Sustainable And Renewable Green Materials, *Elsevier* 79, 558-584.
- Ravenstijn, J.** (2010). *The State of the Art on Bioplastics. Products, Markets, Trends and Technologies.* Germany.
- Shen, L., Haufe, J., & Patel, M.** (2009). Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-Based Plastics (PRO-BIP-2009). European Polysaccharide Network of Excellence.
- Silva, R., Spinelli, D., Filho, W., Neto, S., & Chierice, G.** (2006). Fracture Toughness Of Natural Fibres/Castor Oil Polyurethane Composites. *Compos Sci Technol*;66, 1328–35.
- Summerscales, J., & Dissanayake, N.** (2010). A Review Of Bast Fibres And Their Composites. Part 1 – Fibres As Reinforcements, *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.*, 41, 1329-1335.

Talreja, R., Manson , J. (2001). *Polymer Matrix Composites*. Amsterdam.

Venkateshwaran, N., Elayaperumal , A., Alavudeen , A., Thiruchitrambalam , M. (2011). Mechanical And Water Absorption Behaviour Of Banana/Sisal Reinforced Hybrid Composites, *Mater Des* 32, 4017–21.

Yan, L., Wing, M., Lin, Y. (2000). Sisal Fibre And Its Composites: A Review Of Recent Developments, *Composites Science and Technology*, 60, 2037-2055.

Zini, E., Scandola, M. (2011). Green Composites: An Overview, *Polymer Composites*,32,1905-1915.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :Nejla Değirmenci
Doğum Tarihi ve Yeri :24.05.1978-Aralık
E-posta :nejlad2005@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1998, Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2019, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyokompozit Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017-Devam Proje Uzmanı BERTEKS TEKSTİL Bursa
- 2013-2017 Proje Destek Birimi Şefi BUTEKOM Bursa
- 2010-2013 Üretimde Verimlilik ve Proses Kontrolü Sorumlusu- Planlama Telbis Tekstil Bursa
- 2006-2008 Paketleme Departman Şefi JT Bakeries Inc., Kitchener/ Kanada
- 2002-2005 Envanter Kontrol Personeli WIS International Inventory Services Toronto/ Kanada
- 2000-2002 Boyahane Sorumlusu Teksbo Tekstil, Bursa
- 1999- 2000 Laboratuvar Sorumlusu Boyer Tekstil, Bursa
- 1998-1999 Laborant Güçlü Tekstil, Bursa

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Karadeniz Teknik Üniversitesi 2019 Düşünden Gerçeğine Proje Pazarı: Çevreci Polimer PLA'nın Doğal Elyaf Sisal ve Kraft Kağıt İle Oluşturacağı Yeşil Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi ve Sanayi İzdüşümü; Biobazlı, Biyobozunur PLA Bazlı Elyaflardan Doğa Dostu Ev tekstili Ürünlerinin Geliştirilmesi bildirisi

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Biobazlı, Biyobozunur PLA Bazlı Elyafardan Doğa Dostu Ev Tekstili Ürünlerinin Geliştirilmesi-16. Uluslararası Tekstil Teknolojisi Ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu - Bursa Akademik Odalar Birlięi 4- 20-22 Kasım 2019
- Bursa'dan Dünya'ya Kompozit Pazar Araştırması ve Sektörlere Etkilerinin İncelenmesi -16. Uluslararası Tekstil Teknolojisi Ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu - Bursa Akademik Odalar Birlięi 4- 5-6 May 2017
- Teknik Tekstil 2015 Frankfurt Fuarı Butekom Teknolojik Deęerlendirme Raporu (ISBN: 978-605-9193-12-2)
- 2015 Frankfurt TECHTEXTIL Fuarı Teknik Deęerlendirme Raporu (ISBN: 978-605-9193-12-2)
- Tekstilde Çevre (ISBN 978-605-85527-3-9)

