



**POŞET ÇAY ATIKLARININ TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DOLGU MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sercan YAZGAN

**Yüksek Lisans
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç.Dr.Emrah PEŞMAN**

2019

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**POŞET ÇAY ATIKLARININ TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DOLGU MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sercan YAZGAN

**Danışman
Doç.Dr.Emrah PEŞMAN**

Artvin 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “POŞET ÇAY ATIKLARININ TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DOLGU MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç.Dr.Emrah PEŞMAN‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim./..../2019

Sercan YAZGAN

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

POŞET ÇAY ATIKLARININ TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DOLGU MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Sercan YAZGAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : .../.../2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : .../.../2019

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Emrah PEŞMAN

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

Jüri Üyesi : Ünvanı Adı SOYADI

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

.....
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Poşet çay atıklarının termoplastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması” adıyla hazırlanan bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek yapılan çalışmalar esnasında beni yönlendiren, her aşamada bilgi, birikim ve tecrübeleriyle rehber olan kıymetli hocam Doç.Dr.Emrah PEŞMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mekanik analizlerin yapılma aşamasında bize zaman ayırıp yardımcı olan değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Hüsnü YEL’e teşekkür ederim.

Bu tezin başlangıç aşamasından bu yana gerek ana malzemelerin tedarik edilmesinde, tez yazım aşamasında yanımda olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli eşim Işın ŞENER YAZGAN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Yaptığımız bu çalışmanın bundan sonraki araştırmalarda uygulayıcılara faydalı olmasını temenni ederim.

Sercan YAZGAN
Artvin - 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
KISALTMALAR DİZİNİ	X
1 GENEL BİLGİLER	1
1.1 Plastikler	1
1.1.1 Dünyada ve Türkiye’de Plastik Sektörü	4
1.1.2 Plastik Türleri ve Özellikleri.....	5
1.1.2.1 Termosetler	5
1.1.2.2 Elastomerler	6
1.1.2.3 Termoplastikler	6
1.1.2.3.1 Polietilen(PE)	6
1.1.2.3.1.1 Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE).....	7
1.1.2.3.1.2 Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)	7
1.2 Çay	8
1.2.1 Türkiye’de ve Dünya’da Çay Üretimi	9
1.2.2 Poşet Çaylar	11
1.3 Atık Çaylar ve Özellikleri.....	11
1.3.1 Atık Çayların Plastik Kompozit Yapımında Değerlendirilmesi	12
2 MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1 Materyal	13
2.1.1 Lignoselülozik Dolgu Maddesi.....	13
2.1.2 Termoplastik Polimer	13
2.1.3 Birleştirici Kimyasal	13
2.2 Lignoselülozik Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitlerin Üretimi ..	14
2.2.1 Çay Atıklarının Hazırlanışı	14

2.2.2	Ekstrüzyon	14
2.2.3	İkinci Öğütme ve Kurutma	14
2.2.4	Presleme	14
2.3	Deney Planı	15
2.4	Araştırma Yöntemi	15
2.4.1	Malzemenin Karakterizasyonuna Ait Araştırma Yöntemleri	15
2.4.2	Mekanik Özellikler	16
2.4.2.1	Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	16
2.4.2.2	Çekme Özellikleri	17
2.4.3	Isıl Özellikler	17
2.4.3.1	Termogravimetrik Analiz (TGA)	17
2.4.3.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)	18
2.4.4	İstatistiksel Analiz	18
3	BULGULAR	19
3.1	Mekanik Özelliklere Ait Bulgular	19
3.1.1	Eğilme Özellikleri	19
3.1.2	Çekme Özellikleri	20
3.2	Termal Özelliklere Ait Bulgular	23
3.2.1	Termogravimetrik Analizlere Ait Bulgular	23
3.2.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizine Ait Bulgular	23
4	TARTIŞMA	25
4.1	Çay Ve Poşet Çay Atığı İçeren Plastik Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu	25
4.1.1	Dolgu Maddesi Olarak Kullanılan Atık Çay ve Poşet Çay Lifleri İle Bu Liflerle Üretilen Plastik Kompozitlerin FTIR-ATR Spektrumları	25
4.2	Mekanik Özellikler	29
4.2.1	Eğilme Özellikleri	29
4.2.2	Çekme Özellikleri	31
4.3	Termal Özellikler	34
4.3.1	Termogravimetrik (TGA) Analizler	34
4.3.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizleri	40
4.4	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri	43
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	46

KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51



ÖZET

POŞET ÇAY ATIKLARININ TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DOLGU MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Birbirinden farklı özellikleri olan iki veya daha fazla katı malzemenin bir araya getirilerek hazırlanması sonucu oluşan malzemeye kompozit denir.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada önceden biriktirdiğimiz kurutulmuş atık poşet çayların plastik kompozit yapımı ile normal siyah atık çaylardan yapılan plastik kompozitlerin mekanik özelliklerini ve termal analizlerini gerçekleştirerek bir karşılaştırma yapılmıştır.

Biriktirdiğimiz atık poşet çayları ve siyah çayları kurutma işlemi yapıldıktan sonra wiley değirmeni ile öğüterek toz haline getirilmiştir. Bu malzemeler etüvde bir süre daha kurutulduktan sonra alçak yoğunluktaki polietilen (AYPE) ve polietilen ile arasındaki uyumsuzluğu gidermek için kullanılan uyum sağlayıcı (mape) ile birlikte 4 farklı ısıtma bölgesi olan (160-165-170-175 °C) , çalışma hızı 60 RPM (devir/dk) olarak ayarlanan ekstruderin içine koyularak homojen bir karışım oluşturulmuştur.

Ekstruderin içinden çıkan karışımların sıcaklıkları yüksek olduğundan dolayı soğuk su banyosuna koyulmuştur. Buradan çıkan malzemeler tekrar kuru hale getirebilmek için etüve konulmuştur. 10 saat etüvde kalan malzemeler buradan alındıktan sonra tekrar wiley değirmeninde toz haline getirilerek sıcaklığı 165±5 °C ye kadar ısıtılan sıcak pres makinesinde dörderli gruplar halinde ayrı ayrı levhalar üretilmiş ve bunların mekanik özellikleri ve termal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde plastik kompozit üretiminde atık poşet çayların da kullanılabileceği tespit edilmiştir. Atık poşet çayın içinde bulunan selüloz nedeniyle mekanik özelliklerin, termal analizlerin sağlamlık yönünden daha kaliteli olduğu ve sağlık açısından daha elverişli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plastik Kompozit, Atık Poşet Çay, Alçak Yoğunluklu Polietilen, TGA, Mekanik Özellikler, Wiley Değirmeni.

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF TEA-BAGS WASTES AS A FILLER IN THERMOPLASTIC COMPOSITES PRODUCTION

The material which occurs by combining two or more solids with different properties is called as composite.

In this study, dried tea-bags we have already saved, mechanical properties of plastic composites made from normal black waste teas and their thermal analysis are conducted. Thus, there is a comparison between them.

After making the waste tea-bags we have already saved and drying process of black teas, they were powdered by grinding with wiley grinder. These materials, after drying for a while in the oven, with compliance provider (mape) that is used to resolve inadaptability between low density polythene (DYPE) and polythene, also having four different heating zones (160-165-170-175 °C) and setting up the working speed as 60 RPM (cycle/minute) a homogeneous mixture is obtained.

Mixtures which emanated from inside the extruder were placed in cold water bath since their temperature was high. The resulting materials were put into the incubator to maket hem dry again. The materials left in the incubator for ten hours were powdered in the wiley mill after they were taken, and the slabs were seperately produced in groups of four in a hot press machine heated to $165 + 5$ °C and their mechanical properties and thermal analyzes were carried out.

As a result of analysis, it is detected that waste tea-bags can be used also in the production of plastic composite. Due to the cellulose contained in the waste tea-bags, it is concluded that mechanical properties and thermal analysis are more quality in point of sturdiness and more favorable in point of health.

Keywords: Plastic Composite, Waste Tea-Bag, Mechanical Properties, Low Density Polythene (DYPE), Wiley Grinder, Mape

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çay atıklarının kimyasal bileşeni (Dönmez Çavdar,2011)	12
Tablo 2. Alçak yoğunluklu polietilenin özellikleri.....	13
Tablo 3. MAPE'nin özellikleri.....	13
Tablo 4. Deney planı	15
Tablo 5. Eğilme özelliklerine ait bulgular	19
Tablo 6. Eğilmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları	20
Tablo 7. Eğilme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları	20
Tablo 8. Çekme özelliklerine ait bulgular	21
Tablo 9. Çekmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları	21
Tablo 10. Çekme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları	22
Tablo 11 . Kopmada uzama miktarının çoğul varyans analizi sonuçları.....	22
Tablo 12. Örneklerin termogravimetrik analiz sonuçlarına ait bulgular	23
Tablo 13. Lif-plastik kompozitlerinin termal ve kristallenlik özellikleri	24
Tablo 14. Lignoselülozik malzemelerin kızılötesi spektrumdaki dalgasayısı karakterizasyonu (yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar karışık).....	26
Tablo 15. Polietilenin IR bölgeleri (Zbinden, 1964; Haslam ve Willis, 1983)	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Plastik ambalajların geri dönüşümü.....	3
Şekil 2. Plastik sektör üretimi(PAGDER).....	4
Şekil 3. Tüketimin plastıklere göre dağılımı.....	5
Şekil 4. Yüksek yoğunluklu polietilen.....	7
Şekil 5. Alçak yoğunluklu polietilen.....	8
Şekil 6. Dünya'da ve Türkiye'de çay üretim artışı(URL-6).....	10
Şekil 7. Dünya'da ve Türkiye'de tahmini çay üretimi(URL-6).....	10
Şekil 8. Çay atıkları, poşet çay atıkları ve poşet çay kağıdının FTIR-ATR spektrumları.....	27
Şekil 9. Çay atığı içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları.....	28
Şekil 10. Poşet çay atığı içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları.....	28
Şekil 11. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilme dirençleri.....	30
Şekil 12. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede elastikiyet modülleri.....	30
Şekil 13. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede oluşan deformasyon oranları..	31
Şekil 14. Lif-AYPE kompozit levhalarının çekme dirençleri.....	32
Şekil 15. Lif-AYPE kompozit levhalarının çekmede elastikiyet modülleri.....	33
Şekil 16. Lif-AYPE kompozit levhalarının kopmada uzama miktarları.....	33
Şekil 17. Lif-plastik kompozitlerin TGA grafikleri.....	34
Şekil 18. Lif-plastik kompozitlerinin DTGA grafikleri.....	35
Şekil 19. Dolgu tipinin birinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi.....	36
Şekil 20. Dolgu tipinin ikinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi.....	37
Şekil 21. Çay atığının ΔY değeri üzerine etkisi.....	38
Şekil 22. Poşet çay atığının ΔY değeri üzerine etkisi.....	38
Şekil 23. Dolgu oranının 590°C sıcaklıktaki kalıntı madde miktarına etkisi.....	39
Şekil 24. Örneklerin STA-6000 ile ölçülen DSC spektrumları.....	39
Şekil 25. AYPE'nin DSC spektrumu.....	40
Şekil 26. Çay ve poşet çay içeren kompozitlerin DSC diyagramları.....	41
Şekil 27. Plastik kompozitlerin soğuma pikleri.....	42
Şekil 28. Plastik kompozitlerin erime pikleri.....	43
Şekil 29. Çay atığı içeren AYPE-Lif kompozitlerinin SEM görüntüleri.....	44

Şekil 30. Poşet çay atığı içeren AYPE-Lif kompozitlerin SEM görüntüleri..... 45



KISALTMALAR DİZİNİ

ANOVA	Analysis of variance
ASTM	American society for testing and materials
AYPE	Alçak yoğunluklu polietilen
ÇVA	Çoğul varyans analizi
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
DTGA	Diferansiyel termogravimetrik analiz
FTIR-ATR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometre cihazı
IR	Kızılötesi
Mm/dk	milimetre/dakika
M.Ö	Milattan önce
PE	Polietilen
PET	Polietilen tereftalat
PETKİM	Petrokimya endüstrisi genel müdürlüğü
S	Standart sapma
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SSPS	Statistical package for social science
STA	Serbest ticaret anlaşması
TGA	Termogravimetrik analiz
X	Deformasyon oranlarının ortalamaları
YYPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
ΔY	Gelirdeki değişme

1 GENEL BİLGİLER

Günümüzde, nüfusun artması ile birlikte tüketilen madde miktarı da buna bağlı olarak artış göstermiştir. Bu maddeler sonucu ortaya çıkan geri dönüştürülecek madde miktarı da artmıştır. Çöp olarak adlandırdığımız birçok madde artık evlerde, ofislerde ve okullarda, bilinçli bir şekilde geri dönüşüm odaklı farklı alanlarda biriktirilebilir. Ekonomiye geri kazandırılarak enerji, su, doğal kaynaklar gibi birçok alanda tasarruf yapılabilir.

Geri dönüşüm; kullanılmayan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli yöntemler kullanarak ham madde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır.

Tüketilen maddelerin yeniden geri dönüştürülmesi ile ham madde ihtiyacı azalmış olur. Buna bağlı olarak nüfusunun artışı ile artan tüketimin doğal dengeyi bozması engellenmiş olur. Geri dönüştürülen maddelerin tekrar ham madde olarak kullanılması da büyük oranda enerji tasarrufu sağlar. Örneğin, geri dönüştürülen alüminyumun kullanılması, alüminyumun sıfırdan elde edilmesine oranla %35'e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.(URL-1)

1.1 Plastikler

Plastikler ham petrol, gaz ve kömürden oluşur. Çöpe atıldığında çürümez, paslanmaz, çözünmez ve bozulmazlar.Bu yüzden suyu ve toprağı kirletirler, canlılara zarar verirler ve doğal dengeyi bozarak ölümlere yol açarlar.

Gelişmekte olan ülkemizde de üretim konusunda önemli artışlar olmuştur. Ucuz ürün üretme düşüncesi ile enerji verimliliği düşük, hammadde yönetimi olmayan yerlerde üretim yapmak çevre kirliliğine sebep olmaktadırlar. Tüketiciler yani bizler de ucuz ürün tüketim derdine düşüp ortaya çıkan atık maddeleri ayrıştırmadan bilinçsizce çöp olarak adlandırmaktayız. Geri dönüşebilen maddelerin içinde ise plastik geri dönüştürülebilirliği, Avrupa'da katı atıklardaki ambalaj malzemelerinin geri toplama, yeniden kullanma oranları (1998) araştırmasına göre en düşük seviyededir.

Bu sorunun giderilmesi amacı ile çeşitli ülkeler tarafından geliştirilen politikalar başlıca üç başlıkta toplanabilir:

- Atık maddenin kaynağının önlenmesi veya azaltılması
- Katı atık maddelerin içinde yer alan çeşitli maddelerin geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanması
- Tekrar kullanılmayacak kısmın dikkatli bir şekilde yok edilmesi veya depolanması

Plastiklerin geri dönüştürülmesi için gerekli aşamalar şöyledir;

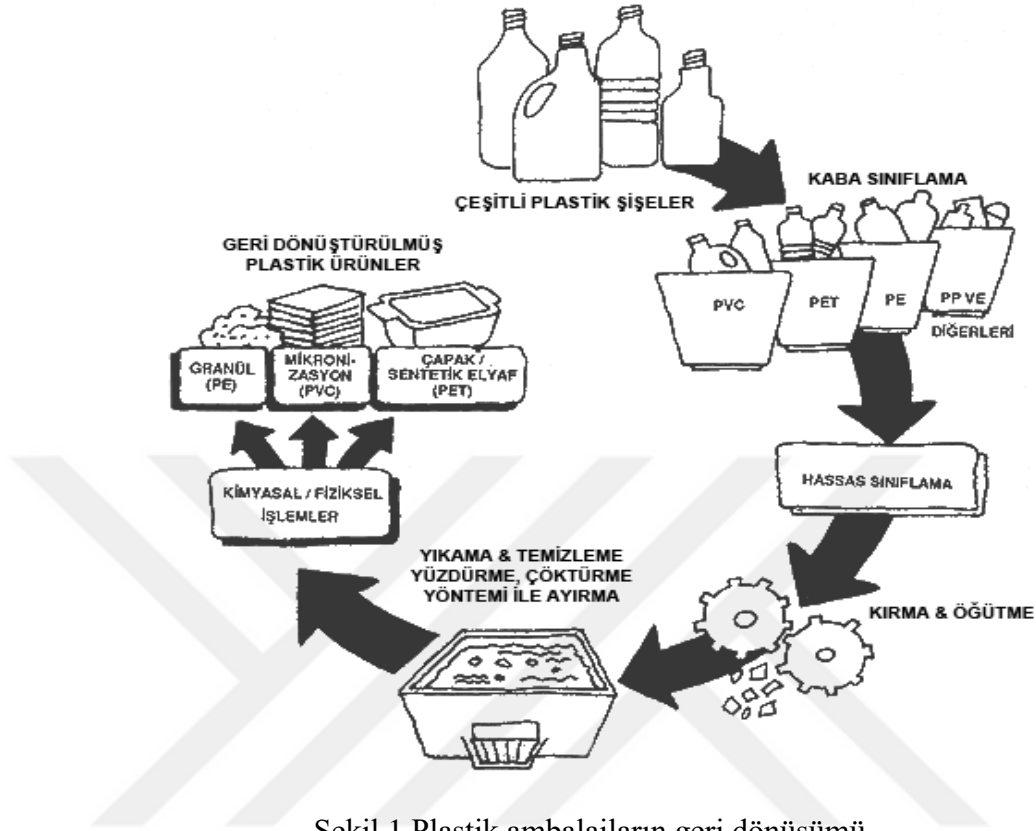
Plastiğin Kesimi ve Kırılması: Cinsine göre ayrılan atık plastikler kırma makinesinde parçalanır. Bu parçalara kepek adı verilir.

Plastik Yıkama ve Kurutma: Kepek haline gelen yarı mamül, önce yıkama havuzlarında kaliteli ürün elde etmek ve fire vermemek amacıyla yıkanır. Sonra, tipik endüstriyel kurutucularda plastik çeşitlerine göre nemi alınır.

Plastiğin Besleme Kazanına Transferi: Plastiklerin sıkma makinesine veya istenilen yere taşınması işlemi helezonlar yardımıyla yapılmaktadır.

Ayrıştırılan plastikler kullanım alanlarına göre agromel makinelerinde uygun sıcaklık ile eritilip kaynaştırılır. Daha sonra soğutulur ve granül haline getirilir.

Plastik Ambalajların Geri Dönüşümü



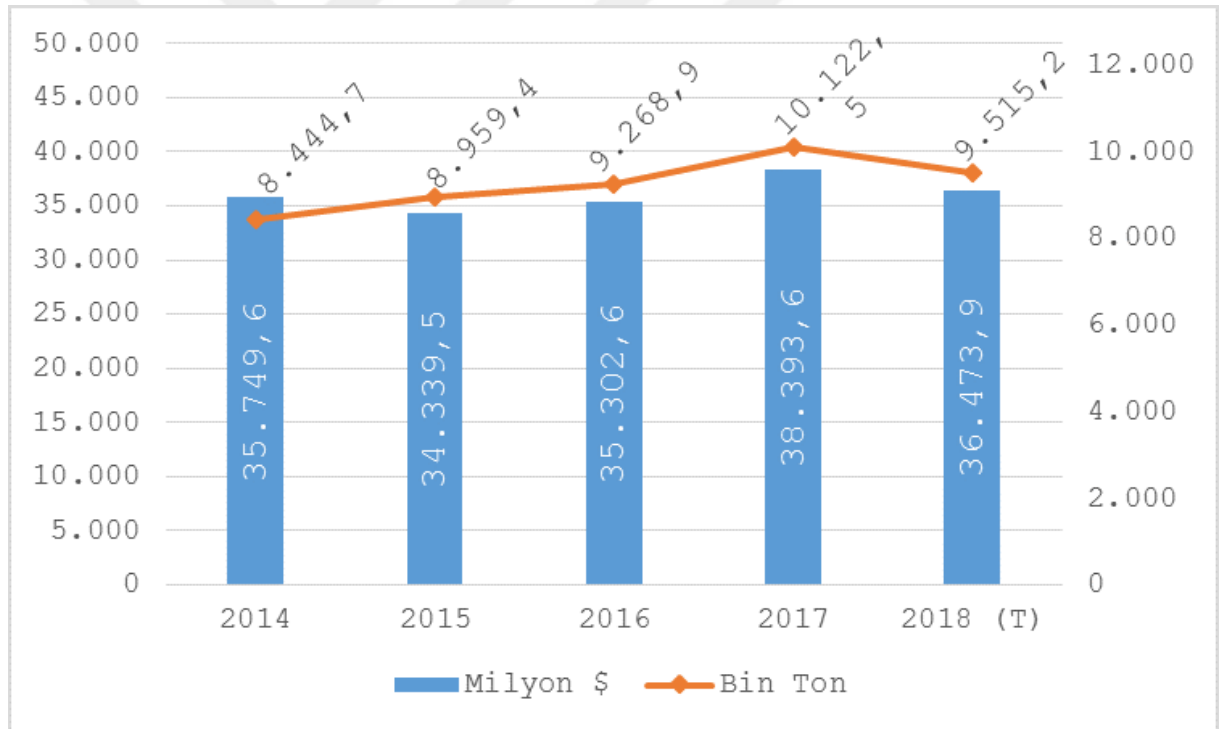
Bu aşamalardan önce plastik atık, ürün cinsine göre uygun biçimde diğer maddelerden ayıklanmalıdır. Büyük kirleticiler elle ayrıştırılabilir. Yıkama gereken atık plastikler ise, uygun yıkama tesislerinde yıkanarak kurutulmalıdır. Ürün yıkama kirli plastiklerde kullanılır. Eğer plastik atık kirli değilse yıkama işlemi yapılmayabilir. İşlenecek atık plastik ürünler, granül ekstrüzyonuna uygun şekilde kırılmalıdır. İsteniyorsa plastik atıklar kendi cinsi arasında renklere göre ayrıştırılabilir. Granül ekstrüzyonunun verimli çalışması için kırıcı eleğinin delik çapı 8 mm olmalıdır. Yüzdürme yöntemi ile hafif ve ağır plastikler ayrıştırılmalıdır. Plastikler nem oranı %1' den az oluncaya kadar kurutulmalıdır.

Geri dönüştürülen plastikler çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; sera örtüsü yapma, otomotiv sektöründe yedek parça ve plastik torba üretme, atık su boruları, deterjan şişeleri, çöp kutuları ve benzeri ürünlerde, marley ve çeşitli plastik dolgu malzemelerinde kullanılırlar.(URL-2)

1.1.1 Dünyada ve Türkiye’de Plastik Sektörü

Türk plastik sanayisinin dünya plastik sektörü içindeki payı % 1,6 düzeyindedir. Diğer taraftan Türkiye, plastik işleme kapasitesi ile Avrupa’da İspanya’dan sonra 6. sıradadır. 2004 yılında imalat sanayi % 10,4 büyürken, toplam sanayi % 9,8, plastik sanayi % 12,7 büyümüştür. Plastik sektöründe çoğu küçük ve orta ölçekli firmalar olmak üzere 6.000’e yakın firma faaliyet göstermektedir. 160 binden fazla kişiye iş imkanı sağlayan firmaların % 63’ü mamul üreticisidir. Bunu % 16 ile makine ve donanım, % 12 ile hammadde ve yardımcı madde üreticileri takip eder.(URL-3)

2019’da plastik sektörünün en önemli gücü ihracat gelirlerindeki artış olacağı tahmin edilmektedir.2018 sektör ihracatındaki yükselişin 2019’da da devam edeceğini ve pazar payımızdaki artışın devam edeceğini ön görülmektedir.(URL-4)



Şekil 2. Plastik sektör üretimi(PAGDER)

Dünyada ise 1990 yılında 86 milyon ton olan dünya plastik malzeme tüketimi, 2003 yılında 176 milyon tona çıkmıştır. Tüketimin 2010 yılında 250 milyon tona çıkmıştır. Bölgesel olarak bakıldığında, dünya plastik malzeme tüketiminde Japonya dışındaki Güney Asya, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa ülkelerinin en büyük paya sahip oldukları gözlenmektedir.



Şekil 3. Tüketimin plastiklere göre dağılımı

1.1.2 Plastik Türleri ve Özellikleri

Plastikler;

- Termosetler
- Elastomerler
- Termoplastikler olmak üzere 3 başlıkta incelenebilir.

1.1.2.1 Termosetler

İşlendiğinde üç boyutlu bir ağ oluştururlar ve kimyasal bir değişim geçiren sentetik malzemelerdir. Isıtılan ve şekil verilen bu moleküller yeniden işlenemez ve şekillendirilemez.

Termoset plastikler ısıtıldığında dayanıklılık ve şekillerini kaybetmez. Termoset plastikler bu sayede kalıcı bileşenlerin ve büyük, katı şekillerin üretiminde kullanılmaya son derece elverişlidir. Ayrıca bu bileşenler son derece iyi dayanım özelliklerine sahiptir ve sıcaklık artışı karşısında dayanıklılığında bir şey kaybetmez.

Bazı termoplastik türleri ise; fenolplastlar, aminoplastlar, poliesterler, polieterler, poliüretanlardır.

1.1.2.2 Elastomerler

Elastomerler, iyi yalıtım sağlar, kolay deforme olmaz, farklı şekiller halinde kalıplanabilen bir bükülebilir plastik malzeme kategorisidir. Doğal ve suni kauçuk malzemeler, özel bir polimer türü olan elastomerler arasındadır. Elastomerler, kaykay tekerlekleri, tenis ayakkabılarının tabanları, hoparlör kablolarını ve telefon hatlarını saran yalıtımlar gibi birçok uygulama alanında karşımıza çıkabilir.

Elastomerler, çeşitli kauçuksu şekillere kolayca girebilen kullanışlı ve çok yönlü maddelerdir.

Çoğu sektör, bunlardan elde edilen parçalarla yürümektedir:

- otomobil
- spor
- elektronik
- montaj fabrikaları

1.1.2.3 Termoplastikler

Isıtıldığında homojen bir sıvı halindedir ve soğutulduğunda sertleşen polimer reçinelerinden üretilen bir plastik türüdür. Ancak termoplastik dondurulduğu zaman cama benzer. Çatlamaya elverişli bir hal alır. Malzemeye adını veren bu özellikler tersine çevrilebilir. Bu yüzden tekrar ısıtılabilir, şekillendirilebilir ve dondurulabilir. Termoplastikler, bu özellikleri nedeniyle geri dönüştürülebilmektedir.

Her biri kristalin yapısı ve yoğunluğu farklı olan düzinelerce termoplastik türü mevcuttur. Günümüzde yaygın şekilde üretilen bazı türler arasında polipropilen, polietilen, polivinilklorür, polistiren, polietileneterftalat ve polikarbonat bulunur.

1.1.2.3.1 Polietilen(PE)

PE ya da Polietilen, son derece dayanıklı olan kimyasallara karşı dirençli bir plastiktir. Polietilen plastik, alçak yoğunluklu veya yüksek yoğunluklu olabilir.

Poliyeten kalıplanabilir, ekstrüde edilebilir ve çeşitli şekillerdeki kalıplara dökülebilir. Ucuz olmasından dolayı genellikle yapı sektöründe kullanılır, kolayca şekil verilebilir ve kalıplanabilir.

1.1.2.3.1.1 Yüksek Yoğunluklu Poliyeten (YYPE)

Kristal yapıda yarı-saydamdır. Yoğunluğu 0,94-0,97 g/cm³ olup erime noktası 127-137 °C' dir.

Başlıca kullanım alanları şunlardır:

- ◆ Ev esyası, oyuncak
- ◆ Ambalaj filmi
- ◆ Boru (sert boru, deterjan ve kozmetik sisese (seffaf olmayan), su, gaz bidonu
- ◆ Levha, kagıt, kumas ve metal kaplamada rotasyonel kalıplama maddeleri
- ◆ Atlet tipi poset, Plastik posetler, Laminasyon, File çuval
- ◆ Basınçlı su borusu, gaz ve kanalizasyon



Şekil 4. Yüksek yoğunluklu poliyeten

1.1.2.3.1.2 Alçak Yoğunluklu Poliyeten (AYPE)

Termoplastik grubuna giren bir polimerdir. Etilen monomerleri'nin yüksek basınç altında polimerizasyonu ile elde edilmektedir.

Kristal yapıda ve saydamdır. Yoğunluğu 0,91-0,93 g/cm³ olup erime noktası 98-120 °C' dir.(URL-5)

Başlıca kullanım alanları şunlardır:

- ◆ Ağır hizmet torbası
- ◆ Sera örtüsü
- ◆ Ambalaj filmi
- ◆ Kablo kılıflama
- ◆ Ev eşyası, oyuncak
- ◆ Boru, hortum, tüp, sise, kumaş ve metal kaplamaları
- ◆ Her çeşit streç ve şirink film
- ◆ Poşet, peçete için naylon torba



Şekil 5. Alçak yoğunluklu polietilen

1.2 Çay

Çay tarımı ve tüketimine ilk olarak Çin'de rastlandığı M.Ö IV. Yüzyıla ait bilgilerden anlaşılmaktadır. Daha sonra bu sırayı Japonya ve Asya Ülkeleri takip etmiştir.

Çay konusunda ilk geniş çaplı araştırma M.S. 733-804 yılları arasında yaşayan Lu Yu'ya aittir. "Çay Kitabı" adlı eserinde çayın üretiminden tüketimine, sistemli ve kapsamlı bir şekilde bilgi vermektedir. Böylece bu dönem içinde çay üretimi ve tüketimi daha fazla yaygınlaşma imkânı bulmuştur.

Çay Türkiye'de ağaç olarak yaklaşık 100 seneden fazla bulunmaktadır. Tarım ve ziraat olarak yayılması 1930'ların sonralarına denk geldiği ve daha önceleri ise dışarıdan getirildiği bilinmektedir.

Türklerin çayla tanışması ise Kazan Tatar Türklerinden Abdül Kayyum Nâsiri'nin "Favakihü'l-Cülesâ" adlı eserinde anlatılmaktadır. Nâsiri'ye göre çayı ilk içen Türk 12.y.y'da Kazakistan'da yaşayan Hoca Ahmed Yesevî'dir.

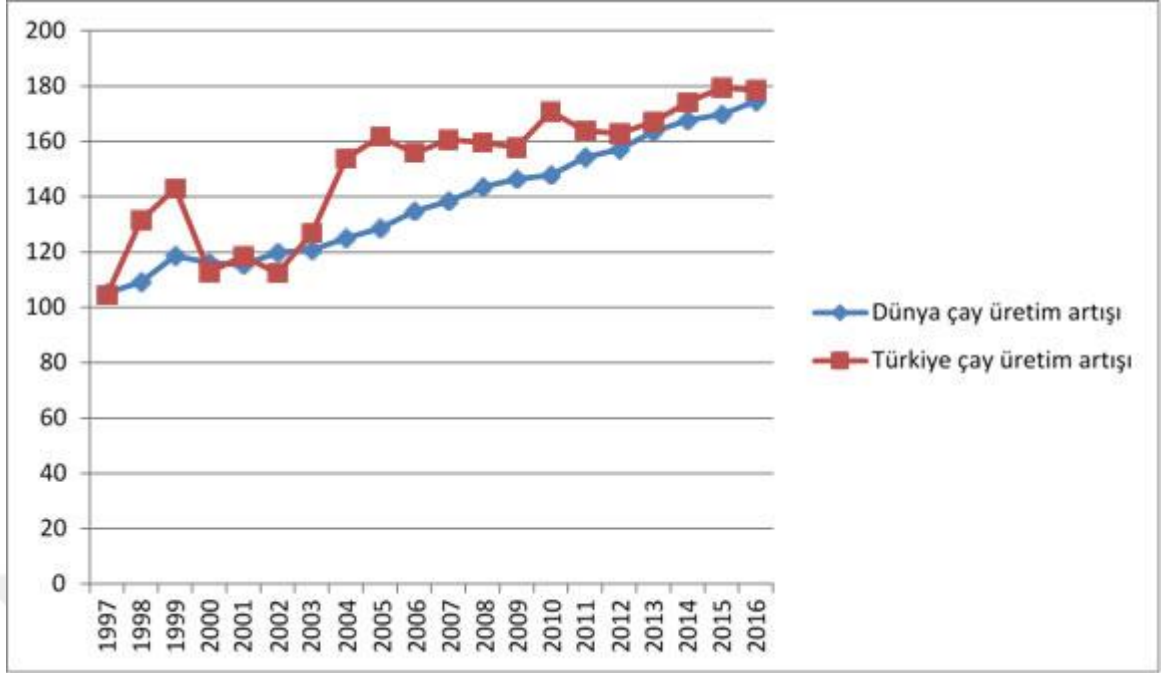
1.2.1 Türkiye'de ve Dünya'da Çay Üretimi

Türkiye'de çay tarımının başlangıcının 1917 yılına kadar uzanır. Yapılan araştırmalar sonucunda 1924 yılında çıkarılan 407 sayılı kanunla birlikte Rize ili ve Artvin'in Borçka ilçesinde çay yetiştirilmesi için çalışmaların başlatıldığı bilinmektedir. (Dönmez Çavdar,2011)

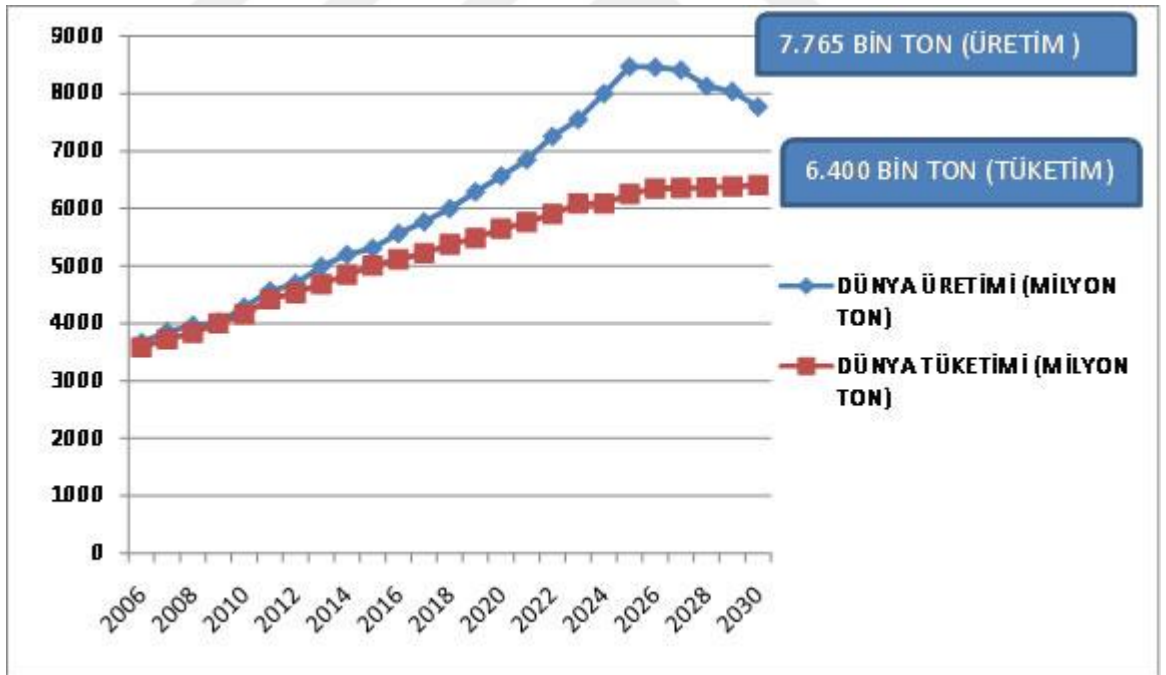
20 Mayıs 1942 tarihinde çıkarılan 4223 sayılı Kahve ve Çay İhisarı kanunu ile çay, devlet tekeline alınmıştır. Üretilen çaylar Tekel idaresine verilmeye başlanmıştır. 1947 yılında 60 ton/gün kapasiteli ilk yaş çay yaprağı işletme fabrikası Merkez Çay Fabrikası Rize'de kurulmuştur.(URL-6)

İlk Türk çay makineleri ise 1954 yılında yapılmıştır. 1985 yılında ihracat çalışmaları hızlanmıştır. Fakat SSCB'de meydana gelen nükleer kazanın etkisi ile ihracat çalışmaları tekrar durmuştur. 1990'lı yıllarda Çaykur olumsuzlukları gidermeye çalışmış ve tekrar çay üretimine başlanmıştır. 2019 yılında ise ÇAYKUR Genel Müdür Vekili Yusuf Ziya ALİM'in yaptığı açıklamalara göre verim ve kalitenin artması için seferberlik başlatılmıştır ve amaç çayın geleceği garanti altına alınmaya çalışılmaktadır. (Şensoy,

Dünyada ise en fazla çay üreten ve ekili alana sahip olan ülkeler, Hindistan ve Çin'dir. 34 ülkede yaklaşık 2 648 000 hektar alanda çay tarımı yapılmaktadır.



Şekil 6.Dünya'da ve Türkiye'de çay üretim artışı(URL-6)



Şekil 7.Dünya'da ve Türkiye'de tahmini çay üretimi(URL-6)

1.2.2 Poşet Çaylar

Özel olarak hazırlanmış geçirimli kâğıttan küçük torbalar içinde bulunan ve sıcak suya bir süre bırakılarak renk vermesi sağlandıktan sonra atılan çaylardır.

Çayın rengini, tadını bozan poşet çaylar tamamen bir tesadüf eseri icat edilmiştir.

Bundan yüz yıl önce, New Yorklu kahve tüccarı Thomas Sullivan çay ticaretine girişmiştir. Fakat işler iyi olmadığından biraz tasarruf yapayım diye düşünmüştür. Çayını tanıtmak için muhtemel alıcılara yolladığı eşantyonlardan kısımaya karar vermiştir. Çayı torbalara doldurup yollamak yerine küçük miktarlarda, minik ipek poşetlere koyarak yollamaya başlamıştır. Ama alıcılar Sullivan'ın eli sıklığını yanlış anlamıştır. Poşetleri kesip içindeki çayı demliğe koymaları gerekirken, poşeti olduğu gibi demliğe atmışlardır.

Sullivan'ın icadı ABD'de kısa zamanda tutulmuştur ve çay tiryakileri kitleler halinde poşet çaya dönmüştür. Ve ipek poşet de 1930'da yerini kağıda bırakmıştır.

Poşet çay torbaları, abaka adı verilen bir muz türü "Musa textilis" yapraklarının kalın saplarından çıkan ve 10-25 yaprak taşıyan sürgünden elde edilen liflerden hazırlanır. Kurutulan lifler işlenmek üzere fabrikaya gönderilir. Lif üretiminin yüzde 85'i Filipinler'de olduğu bilinmektedir.

Kumaşimsı çay poşetleri ise naylondan veya polietilen tereftalattan (PET) yapılıyor. Bunlar gıda için en güvenli kabul edilen polimerlerdir. Her ikisinin de erime noktaları bir hayli yüksektir. Fakat burada dikkate almamız gereken bir diğer nokta, camlaşma sıcaklığıdır. Yani, moleküllerin parçalanmaya başladığı noktadır ve bu nokta genellikle erime noktasından daha düşüktür. PET'in camlaşma sıcaklığı 76, naylonunki ise 46 derece civarındadır. Bu da demek oluyor ki, kaynar su kullanmasak bile çayımızla beraber bir miktar plastik molekülü içiyoruz.(URL-7)

1.3 Atık Çaylar ve Özellikleri

Çay atıkları yaş çayların kurutulduktan sonra eleme işlemi ile elde edilen lifsel atıklardır. Çay fabrikası atıkları çoğunlukla Doğu Karadeniz Bölgesinde üretilen siyah çay yapraklarının hasadı neticesine çay fabrikalarının ana atık maddesi olarak

büyük miktarlara ulaşmaktadır. Atık çay oranının standartları %3-5 arası iken hasadın yanlış yapılmasından dolayı bu oran %20lere kadar çıkmaktadır. Karadeniz Bölgesindeki fabrikaların genelinde her yıl 40.000 ton çay atığı meydana geldiği bilinmektedir.

Atık çaylar, kendi ağırlığının yaklaşık olarak 2,5 katı kadar su tutma özelliğine sahiptir. Tuzluluk oranları düşüktür. Fabrika atıklarının pH'ları asit karakterlidir ve azot bakımından zengin oldukları saptanmıştır.(Usta, Aralık 2015)

Çay atıklarının kimyasal bileşimleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.Çay atıklarının kimyasal bileşeni (Dönmez Çavdar,2011)

Kimyasal bileşim	%
Holoselüloz oranı	53.45
Selüloz oranı	23.23
Lignin oranı	32.14
Alkol benzen çözünürlüğü	18.94
Soğuk su çözünürlüğü	23.16
Sıcak su çözünürlüğü	32
1%NaOH çözünürlüğü	69.24

1.3.1 Atık Çayların Plastik Kompozit Yapımında Değerlendirilmesi

Çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların eğilme dirençlerinde önemli derecede artış olmuştur. Elastikiyet modüllerinde kullanılan birleştiricinin de (mape) sayesinde %47 artış sağlanmıştır. Yine mape kullanımı çekme elastikiyet değerlerinde de %17lik artış sağlamıştır ve kopma uzama miktarında da önemli bir artışa neden olmuştur.

Atık çaylar ile üretilen levhaların içerlerindeki boşlukların azaldığı ve kullanılan materyallerin plastik kompozit içerisinde daha homojen dağıldığı saptanmıştır. (Dönmez Çavdar,2011)

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Lignoselülozik Dolgu Maddesi

Plastik kompozitlerin üretiminde lignoselülozik madde olarak evsel çay atıkları kullanılmıştır. Evsel çay atıkları kendi içerisinde sadece çay içeren demleme sonrası oluşan atıklar ve günümüzde pratik oluşu nedeniyle kullanımı giderek yaygınlaşan poşet çay atıklarından oluşmaktadır. Poşet çay atıkları uzun lif ve benzeri kimyasal katkıları içeren poşetlerinden ayrılmadan kullanılmıştır.

2.1.2 Termoplastik Polimer

Kompozit levhaların üretiminde PETKİM Sanayi'den temin edilen alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanılmıştır. AYPE'nin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Alçak yoğunluklu polietilenin özellikleri

Ticari Kodu	PETİLEN H2-8
Görünüş	Pellet
Erime akış hızı (190°C, 2,16 kg)	2,4 gr/10dak
Yoğunluk (23°C)	0,919 gr/cm ³
Gerilme dayanımı (akma noktasında)	7,8 MPa

2.1.3 Birleştirici Kimyasal

Çalışmada Tablo 3'de özellikleri verilen maleik anhidrit ile aşılınmış polietilen (MAPE) kullanılmıştır.

Tablo 3. MAPE'nin özellikleri

Ticari Adı/ Ticari Kodu	Licocene PE MA 4351
Görünüş	Sarımsı Pellet
Yumuşama Noktası	120-126 °C
Asit Değeri	42-49 mg KOH/g
Yoğunluk (23°C)	0,98-1,00 g/cm ³

2.2 Lignoselülozik Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitlerin Üretimi

Plastik kompozitler Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Çay Atıklarının Hazırlanışı

Katkı içermeyen sadece siyah çay içeren demleme sonrası oluşan atıklar ile kullanıldıktan sonra atılan poşet çay (siyah) atıkları öncelikle hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrası çay atıkları willey tipi değirmende öğütülmüş ve sarsıntılı elek vasıtasıyla 40 ile 60 mesh elek arasında kalacak şekilde tasnif edilmiştir. Elde edilen çay tozları üretim amacıyla 103°C'de 8 saat süre ile kurutulmuştur.

2.2.2 Ekstrüzyon

Elde edilen çay atıkları ile alçak yoğunluklu polietilen birbirine homojen şekilde karıştırılmış ve tek vidalı Rondol marka ekstruder ile dönme hızı 40 devir/dakika olacak şekilde birbirine kaynaştırılmıştır. Ekstruderda 4 ısıtma sıcaklığı sırasıyla 141, 150, 165 ve 170°C olarak ayarlanmıştır. Kafadan (die) çıkan erimiş haldeki karışım soğuk su banyosuna daldırılarak sertleştirilmiş ve ardından kırıcı ile daha küçük boyutlara bölünmüştür.

2.2.3 İkinci Öğütme ve Kurutma

Çalışma kapsamında ekstruderden çıkan plastik kompozitler öncelikle hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuş ve ardından willey tipi değirmen kullanılarak çok daha ince parçalara öğütülmüştür. İkinci öğütme kademesinin uygulanmasındaki amaç presleme sonrası daha homojen bir levha üretilmesidir. Öğütülen plastik kompozitler presleme öncesi 103°C'de etüv içerisinde 8 saat süre ile kurutulmuştur.

2.2.4 Presleme

Öğütülmüş plastik-çay atığı karışımı 160g olacak şekilde tartılmış ve yoğunluğu dikkate alınacak şekilde 165°C'ye kadar ısıtılmış sıcak preste 150mm x 200mm x 5 mm boyutlarındaki kalıp içinde preslenmiştir. Presleme sonrası levhalar soğuk su ile

soğutulmuş ve levhalar boyutlandırıldıktan sonra testler için 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem içeren klima odasında iklimlendirilmiştir.

2.3 Deney Planı

Tablo 4'te çalışmayı kapsayan deney planı yer almaktadır. Çalışma ile normal çay atıkları ile işlemden geçirilmiş uzun lif içeren poşet kağıdı içeren çay atıklarının karşılaştırılması yapılmış ve plastik kompozit üretimi açısından kullanılabilirlikleri ortaya konulmuştur.

Tablo 4. Deney planı

Levha Kodu	Dolgu maddesi (Atık çay) oranı (%)	Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE) oranı (%)	MAPE (%)
Kontrol	-	100	-
10Ç	10	87	3
20Ç	20	77	3
30Ç	30	67	3
40Ç	40	57	3
	Dolgu maddesi (Atık poşet çay) oranı (%)	Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE) oranı (%)	MAPE (%)
10P	10	87	3
20P	20	77	3
30P	30	67	3
40P	40	57	3

2.4 Araştırma Yöntemi

Çalışmada örneklerin FTIR-ATR ve SEM ile karakterizasyonu, Universal test cihazı ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı, Shimadzu STA6000 ve DSC8000 cihazları ile termal analizleri belirlenmiştir.

2.4.1 Malzemenin Karakterizasyonuna Ait Araştırma Yöntemleri

Üretilen levhaların taramalı elektron mikroskobu (SEM)(Carls Zeiss EVO LS-10) ile yapıları incelenmiştir. Ölçüm öncesi örneklere altın kaplama yapılmıştır. Ayrıca örneklerin bileşimlerinin belirlenmesi için çay atıkları ve plastik kompozitlerin spektrumları FTIR-ATR (Shimadzu IR Prestige-21/Pike MIRAcle ATR) ile

görüntülenmiştir. FTIR ölçümleri $600-4000\text{cm}^{-1}$ bandında tekrar sayısı 24 ve çözünürlük 16 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.4.2 Mekanik Özellikler

2.4.2.1 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilme özellikleri Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi kullanılarak ASTM D 790 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 150 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Deney esnasında levha örneklerinin yerleştirildiği dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 5 mm/dak. olarak ayarlanmıştır. Deneme 3 nokta eğilme testi olarak gerçekleştirilmiştir.

Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

F = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{F \times l^3}{4 \times b \times \Delta \times d^3} (\text{N/mm}^2)$$

(2)

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

l = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Δ = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

2.4.2.2 Çekme Özellikleri

Çekme testi yine aynı cihaz üzerinde ASTM D 638 standardına uygun olacak şekilde 5x13x165 mm boyutlarındaki örnekler üzerinden 5mm/dk çekme hızıyla yapılmıştır. Çekme testi ile çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama belirlenmiştir.

Çekme direnci:

$$\delta_{cd} = \frac{F_{max}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

δ_{cd} = Çekme direnci(N/mm²)

F_{max} = Kırılma anındaki max. kuvvet(N)

A = Örnek enine kesit alanı(mm²)

Çekmede elastikiyet modülü:

$$E = \frac{\delta_{cd}}{\varepsilon} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4)$$

ε = Çekme deneyi kopma sırasında oluşan birim uzama

E=Çekmede elastikiyet modülü(N/mm²)

δ_{cd} = Çekme direnci(N/mm²)

Kopmada Uzama Miktarı;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \text{ (\%)} \quad (5)$$

ΔL = Birim uzama (mm)

L_0 = Örnek boyu (mm)

ε = Kopmada uzama miktarı(%)

2.4.3 Isıl Özellikler

2.4.3.1 Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA örnek ağırlığının zamana veya sıcaklığa bağlı olarak değişimi olarak tanımlanır. DTGA ise TGA eğrisinin türevi olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada TGA analizleri Perkin Elmer STA 6000 cihazı kullanılarak oda sıcaklığından 600°C'ye kadar, 10°C/dakika oranında 20 mL/dk azot şartlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca cihaz üzerinden simultane kalorimetrik sinyalde ölçülmüştür.

2.4.3.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

DSC analizi için PerkinElmer (Model DSC 8000) marka cihaz kullanılmıştır. Numuneler Alüminyum pan ile kaplandıktan sonra cihaz içerisine yerleştirilmiştir. Test sırasında sıcaklık 250°C'ye kadar 10°C/dakika oranında arttırılmıştır. Test sırasında azot gazı akış hızı 20 ml/ dakika olarak ayarlanmıştır. Analiz sırasında örnekler önce 250°C'ye kadar ısıtılmış daha sonra tekrar soğutulmuş ve ardından tekrar 250°C'ye kadar ısıtılmıştır.

2.4.4 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır. ANOVA testi ile değişkenlerin anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Duncan testi ile oluşan değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu ortamların karşılaştırılmasında kullanılmış ve bu işlem %95 güven düzeyinde yapılmıştır. Ayrıca örneklere çoğul varyans analizi de uygulanmıştır.

3 BULGULAR

3.1 Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

3.1.1 Eğilme Özellikleri

Tablo 5’te çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve deformasyon oranlarının ortalamaları (X) ve standart sapmaları (S) görülmektedir. Örneklere uygulanan One Way Anova testi sonuçlarına göre $p < 0,05$ olduğu için gruplar arasındaki farklılık anlamlı çıkmıştır. Örneklere ayrıca Duncan testi de uygulanmış ve tabloda gruplar belirtilmiştir.

Tablo 5. Eğilme özelliklerine ait bulgular

Dolgu maddesi	Levha Kodu	Eğilme direnci (N/mm ²)		Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)		Deformasyon (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Kontrol	5,70 f	0,30	184,00 f	26,95	7,54	0,90
Çay atığı	10Ç	6,73 df	1,72	244,80 df	54,76	7,46	0,81
	20Ç	7,79 d	1,65	278,20 (d)	66,36	8,10	0,44
	30Ç	9,71 c	1,09	373,00 c	43,51	7,74	0,28
	40Ç	12,16 b	1,26	480,20 b	54,93	7,36	0,55
Poşet çay atığı	10P	7,20 df	0,75	249,00 df	28,41	7,62	0,36
	20P	7,82 d	0,88	296,20 d	20,63	7,24	0,18
	30P	10,80 bc	1,32	442,00 b	70,21	7,08	0,19
	40P	14,32 a	1,36	617,80 a	62,24	6,78	0,76

Tablo 6’da eğilmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analiz sonuçları görülmektedir. Çoğul varyans analiz sonuçlarına bakıldığında dolgu tipi yani atık çay veya atık poşet çay kullanımının %5 hata payı ile önemsiz, dolgu oranının ve bu

faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise sırasıyla %0,4 ve %1,4 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.Eğilmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F- Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	5608570,320	1	5608570,320	24,659	0,006
	Hata	1005487,463	4,421	227444,820 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	838996,680	4	209749,170	24,737	0,004
	Hata	33916,280	4	8479,070 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	26174,720	1	26174,720	3,087	0,154
	Hata	33916,280	4	8479,070 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	33916,280	4	8479,070	3,562	0,014
	Hata	95214,000	40	2380,350 ^c		

Tablo 7’de eğilme direncinin çoğul varyans analiz sonuçları görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre %5 hata payı ile dolgu tipinin ve dolgu tipi-dolgu oranı etkileşiminin etkisinin önemsiz olduğu bununla birlikte dolgu oranının % 0,1 hata payı ile etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.Eğilme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F- Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	3866,370	1	3866,370	40,957	0,002
	hata	410,263	4,346	94,400a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	357,815	4	89,454	43,684	0,001
	hata	8,191	4	2,048b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	6,994	1	6,994	3,415	0,138
	hata	8,191	4	2,048b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	8,191	4	2,048	1,512	0,217
	hata	54,156	40	1,354c		

3.1.2 Çekme Özellikleri

Tablo 8’de çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarının ortalama değerleri (X) ve standart sapmaları (S) görülmektedir. Örneklere uygulanan One Way Anova testi sonuçlarına

göre $p < 0,05$ olduğu için gruplar arasındaki farklılık anlamlı çıkmıştır. Örneklere ayrıca Duncan testi de uygulanmış ve tabloda gruplar belirtilmiştir.

Tablo 8.Çekme özelliklerine ait bulgular

Dolgu maddesi	Levha Kodu	Çekme direnci (N/mm ²)		Çekmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)		Kopmadaki uzama (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Kont.	8,97 b	0,27	235,00 f	25,37	347,40 a	137,18
Çay atığı	10Ç	6,36 df	1,38	285,40 d	47,89	9,62 b	1,06
	20Ç	5,94 f	1,28	286,80 d	46,99	6,54 b	1,84
	30Ç	7,92 c	0,76	359,00 c	25,95	5,40 b	1,96
	40Ç	8,94 b	0,32	510,20 b	39,96	4,56 b	0,84
Poşet çay atığı	10P	6,31 df	0,61	305,80 d	19,15	6,16 b	2,16
	20P	7,11 cd	0,46	332,60 cd	25,63	5,78 b	0,78
	30P	9,37 b	0,39	488,40 b	28,05	6,79 b	0,99
	40P	10,43 a	0,42	626,20 a	61,58	5,26 b	0,84

Tablo 9’da çekmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analiz sonuçları görülmektedir. Çoğul varyans analiz sonuçlarına bakıldığında dolgu tipi yani atık çay veya atık poşet çay kullanımının %5 hata payı ile önemsiz, dolgu oranının ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise sırasıyla %0,6 ve %0,1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9.Çekmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	6713913,680	1	6713913,680	31,375	0,003
	hata	987632,404	4,615	213987,780 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	695000,120	4	173750,030	20,910	0,006
	hata	33238,120	4	8309,530 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	48547,280	1	48547,280	5,842	0,073
	hata	33238,120	4	8309,530 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	33238,120	4	8309,530	6,083	0,001
	hata	54642,800	40	1366,070 ^c		

Tablo 10’da çekme direncinin çoğul varyans analiz sonuçları görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre %5 hata payı ile dolgu tipinin etkisinin önemsiz olduğu bununla birlikte dolgu oranının % 0,1 hata payı ile ve dolgu tipi ve dolgu oranının etkileşiminin %4 hata ile etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 10.Çekme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	3226,133	1	3226,133	108,953	0,000
	hata	130,302	4,401	29,610 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	91,523	4	22,881	15,212	0,011
	hata	6,017	4	1,504 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	8,234	1	8,234	5,474	0,079
	hata	6,017	4	1,504 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	6,017	4	1,504	2,849	0,036
	hata	21,120	40	0,528 ^c		

Tablo 11’de kopmada uzama miktarının çoğul varyans analizine ait sonuçlar görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi çay oranı etkili iken çay tipi ve iki değişkenin etkileşimlerinin etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 11 .Kopmada uzama miktarının çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	277443,964	1	277443,964	1,192	0,336
	hata	930959,910	4,000	232753,003 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	931038,062	4	232759,516	26493,865	0,000
	hata	35,142	4	8,785 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	2,273	1	2,273	0,259	0,638
	hata	35,142	4	8,785 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	35,142	4	8,785	0,002	1,000
	hata	150614,351	40	3765,359 ^c		

3.2 Termal Özelliklere Ait Bulgular

3.2.1 Termogravimetrik Analizlere Ait Bulgular

Tablo 12’de çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların termogravimetrik analizi sonucu hesaplanan dönüm noktası sıcaklığı, bozunma oranı ve 590°C’de ki kalıntı miktarına ait bulgular yer almaktadır.

Tablo 12.Örneklerin termogravimetrik analiz sonuçlarına ait bulgular

		Kont	10Ç	20Ç	30Ç	40Ç	10P	20P	30P	40P
Basamak	Başlangıç sıcaklığı (°C)	-	269,1	275,3	270,7	272,0	288,3	280,5	278,3	276,7
	Dönüm noktası (°C)	-	341,3	337,5	330,1	336,1	294,8	343,6	347,3	339,9
	Son sıcaklık (°C)	-	358,4	359,2	357,6	353,7	302,5	365,1	364,6	362,2
	ΔY (%)	-	3,7	5,1	9,3	14,2	2,9	6,7	11,8	12,0
Basamak	Başlangıç sıcaklığı (°C)	455,5	464,9	464,9	464,7	465,1	464,9	461,2	463,0	461,5
	Dönüm noktası (°C)	481,3	486,3	487,0	487,1	486,8	485,3	485,4	485,2	485,0
	Son sıcaklık (°C)	495,5	499,3	499,9	499,3	499,3	499,3	498,0	498,4	497,6
	ΔY (%)	99,3	86,1	79,2	64,8	45,2	86,3	79,9	63,9	64,0
590 °C’deki kalıntı miktarı (%)	0,05	3,2	5,2	9,8	15,5	3,1	4,7	9,9	10,2	

3.2.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizine Ait Bulgular

Tablo 13’de çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların DSC analizi sonucu hesaplanan bulgular yer almaktadır.

Tablo 13.Lif-plastik kompozitlerinin termal ve kristallenlik özellikleri

Örnek Kodu	T soğuma, °C	Pik yüksekliği soğuma, mW	ΔH soğuma, J/g	T erime, °C	Pik yüksekliği erime, mW	ΔH erime, J/g	X corr., %
Kontrol	91,75	-22,64	-73,90	113,42	14,61	92,62	32,31
10Ç	94,56	-31,06	-63,69	110,91	16,94	69,48	24,23
20Ç	94,85	-26,43	-64,80	111,18	15,03	62,95	21,96
30Ç	94,66	-26,03	-53,90	110,89	14,44	56,70	19,78
40Ç	95,03	-25,94	-54,21	111,12	14,55	58,58	20,43
10P	94,92	-30,23	-68,66	111,34	17,75	73,12	25,50
20P	95,17	-24,42	-61,06	110,74	14,23	65,88	22,98
30P	94,85	-21,06	-52,98	110,95	12,44	53,13	18,53
40P	95,12	-21,27	-49,55	111,76	12,76	47,86	16,69

4 TARTIŞMA

4.1 Çay Ve Poşet Çay Atığı İçeren Plastik Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu

4.1.1 Dolgu Maddesi Olarak Kullanılan Atık Çay ve Poşet Çay Lifleri İle Bu Liflerle Üretilen Plastik Kompozitlerin FTIR-ATR Spektrumları

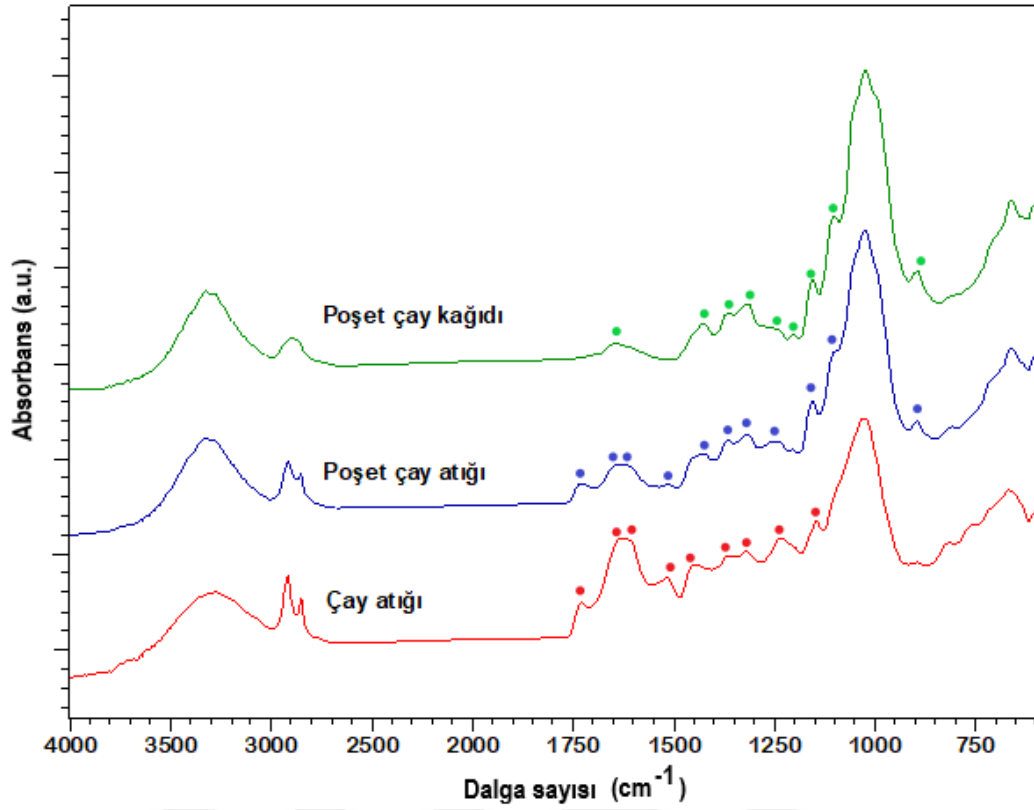
Şekil 8’de dolgu olarak kullanılan çay atıkları, poşet çay atıkları ve poşet çay kağıdının 600-4000 cm^{-1} bandında FTIR-ATR ile çekilmiş spektrumları görülmektedir. Tablo 14’te ise lignoselülozik materyellerin karakteristik band bölgeleri verilmiştir. Poşet çay atıklarının kağıdıyla birlikte öğütülmesi ve değerlendirilmesi nedeniyle selüloz içeriğinin sadece çay içeren atıklara göre çok daha yüksek olması beklenmektedir. Bu yüzden özellikle selüloz ile ilişkilendirilen 897, 1048, 1101 ve 1154 cm^{-1} dalga sayısındaki pikler poşet çay atıklarında normal çay atığına göre çok daha belirgin görülmektedir. Bilindiği gibi bir poşet çayın yaklaşık beşte birini uzun liflerce zengin kağıtlar oluşturmaktadır.

Çay ise içerisinde oldukça yüksek miktarda soğuk ve sıcak suda çözünebilen ekstraktif maddeler içeren lignoselülozik bir materyaldir. Dönmez Çavdar ve arkadaşlarının (2011) yaptıkları çalışmaya göre Artvin Lipton Çay fabrikasının üretim atıklarının holoselüloz oranı %53,45, selüloz oranı %23,23, lignin oranı %32,14, alkol benzen çözünlülüğü %18,94, soğuk su çözünlülüğü %23,16, sıcak su çözünlülüğü %32 ve %1 NaOH çözünlülüğü %69,24 olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmaya göre çay atıklarının selüloz ve lignine kıyasla önemli miktarda holoselüloz içerdiği görülmektedir. Bizim çalışmamızdaki FTIR sonuçları da bu verileri doğrulamaktadır. Şekil 8’de yer alan sadece evsel çay atıklarına ait spektrum incelendiğinde özellikle 1732 ve 1236 cm^{-1} bandında yer alan pik yoğunluğunun çok daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu dalga bandında yer alan pikler hemiselüloz varlığına işaret etmektedir. Ayrıca lignin ve fenolik malzemelerce zengin çay atıklarının 1600, 1513,1365 ve 1327 cm^{-1} bandında karakteristik pikler verdiği de görülmektedir. Bu bulgulardan plastik malzeme içerisinde dolgu olarak kullanılacak

çay atığı ve poşet çay atığı arasındaki en önemli farkın poşet çay atıklarının daha fazla oranda selüloz içeriğine sahip olması söylenebilir.

Tablo 14. Lignoselülozik malzemelerin kızılötesi spektrumdaki dalgasayısı karakterizasyonu (yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar karışık)

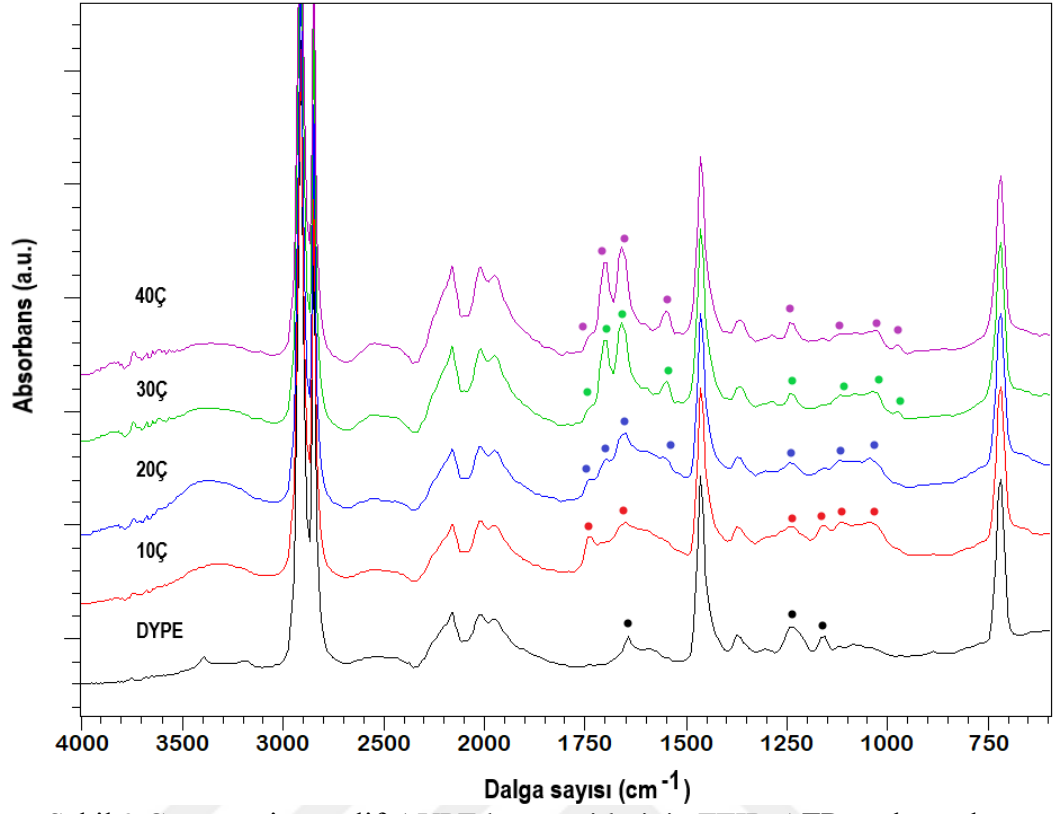
Dalga sayısı (cm ⁻¹)	Ana gruplar ve titreşim modları	Belirttiği bileşen
1739-1732	Konjuge olmayan ketonlar ile karbonhidratların karbonil ve alifatik gruplarının C=O gerilmesi (Marchessault and Liang, 1962)	Hemiselüloz (ksilan, glukomannan)
1645-1640	Koniferil ve sinapil alkolün halka konjuge C=C gerilimi (Agarwal ve Atalla 2010)	Lignin
1600-1595	Aromatik halkaya konjuge olan C=O gerilmesi, karboksilik asit titreşimi, aril halka gerilimi simetrik (Hergert, 1971; Collier et al., 1992; Faix, et a., 1998; Marchessault and Liang, 1962; Agarwal ve Atalla 2010)	Lignin, fenolik yapılar, ksilan
1558-1549	İkincil amidler (-CO-NH-)	Pektin
1508-1504	Aromatik yapı titreşiminin C=C gerilmesi, aril halka gerilimi asimetrik (Hergert, 1971; Collier et al., 1992; Pandey, 1999; Agarwal ve Atalla 2010)	Lignin
1460-1452	C=C ve C-H bağları, düzlem deformasyonunda O-H, lignindeki asimetrik CH ₃ bükülmesi (Faix et al., 1998; Pandey, 1999; Nuopponen, 2005)	Ekstraktif maddeler, lignin
1430-1421	CH ₂ bükülme deformasyonu (Nelson and O'Connor 1964), aromatik yapı titreşimi (Nuopponen, 2005).	Selüloz, lignin
1372-1368	C-H deformasyonu (selüloz), -CH ₃ (lignin), -CH ₂ (karbonhidrat), lignin-karbonhidrat kompleks bağları (Nuopponen, 2005)	Selüloz, lignin-karbonhidratlar
1333-1327	Düzlem bükülmesinde OH, siringil halka artı guayasil halka, fenol grubu (Nelson and O'Connor 1964; Nuopponen, 2005)	Selüloz, hemiselüloz, lignin
1275-1260	Guayasil halka esnemesi, lignindeki C-O gerilimi, guayasil aromatik metoksi gruplarındaki C-O bağlanması (Faix 1991)	Lignin
1235-1226	Alkil-aril-eter bağları (Nuopponen, 2005), siringil halkası ve lignin ve ksilandaki C= gerilmesi (Faix 1991)	Laktonlar, lignin
1159-1155	Selüloz C-O-C simetrik gerilimi (Liang and Marchessault, 1959)	Selüloz
1051-1023	C-O gerilimi (Liang and Marchessault, 1959)	Selüloz ve hemiselüloz
897-895	Düzlem deformasyonunun dışındaki aromatik C-H (Kato <i>et. al.</i> , 1973; Nelson and O'Connor 1964)	hemiselüloz, selüloz
810-870	Mannoz birimindeki ekvatorial olarak hizalı hidrojenin titreşimi (Kato <i>et. al.</i> , 1973)	Glukomannan



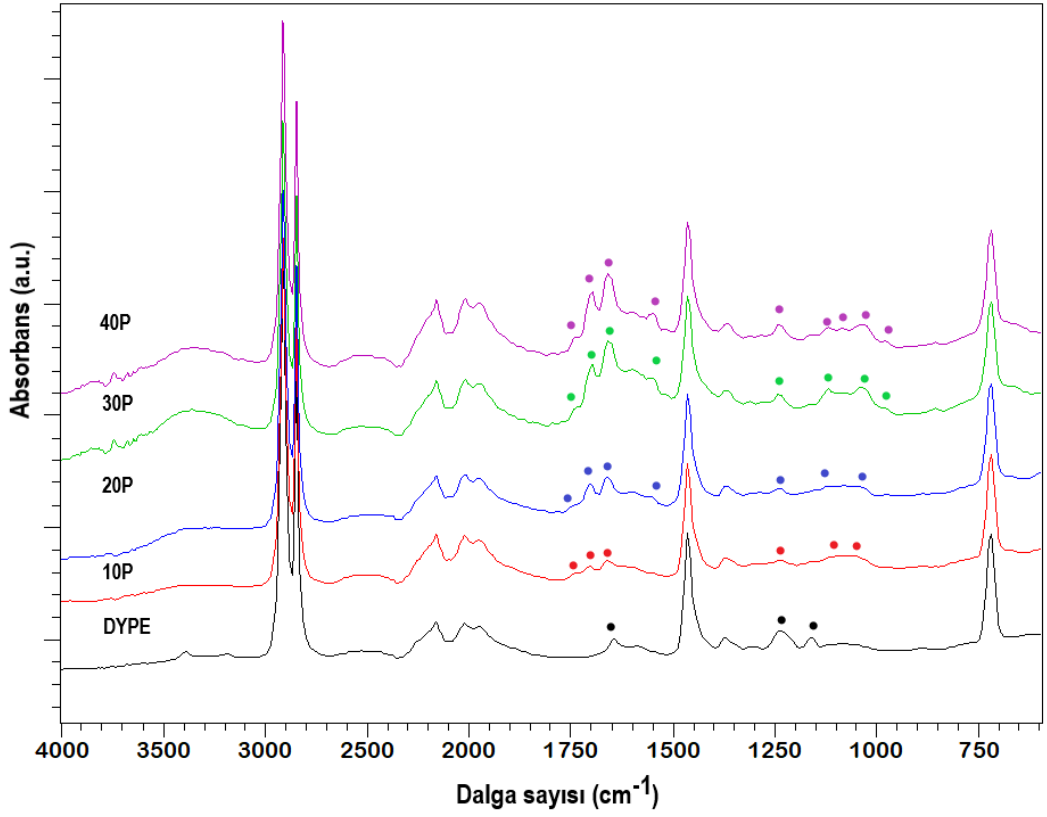
Şekil 8.Çay atıkları, poşet çay atıkları ve poşet çay kağıdının FTIR-ATR spektrumları

Şekil 9 ve 10’da sırasıyla çay atığı ve poşet çay atığı içeren AYPE-lif kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları görülmektedir. Tüm levha tiplerinde tablo 15’te belirtilen polietilenin IR bölgelerinden 2915, 2845, 1464, 1377 ve 717 cm^{-1} bandındaki pikler görülmektedir bununla birlikte çok zayıf sinyal veren 1159 cm^{-1} deki pikin artırılan dolgu maddesi oranıyla kaybolduğu tespit edilmiştir. Bu pik sallanma deformasyonunu temsil etmektedir.

%40 çay atığı ve %40 poşet çay atığı içeren kompozit levhaların spektrumları karşılaştırıldığında poşet çay lifi içeren plastik kompozitlerde 1120 cm^{-1} dalga sayısında zayıf ta olsa pik varlığı tespit edilmiştir. Bu pik selülozun C–O–C simetrik gerilimini ifade etmekte olup çay poşet kağıdının varlığından kaynaklanmaktadır. Spektrum sonuçlarına göre kompozit levhaların istenilen oranlarda dolgu maddesini ve alçak yoğunluklu polietileni içerecek şekilde oluşturulduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 9.Çay atığı içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları



Şekil 10.Poşet çay atığı içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları

Tablo 15.Polietilenin IR bölgeleri (Zbinden, 1964; Haslam ve Willis, 1983)

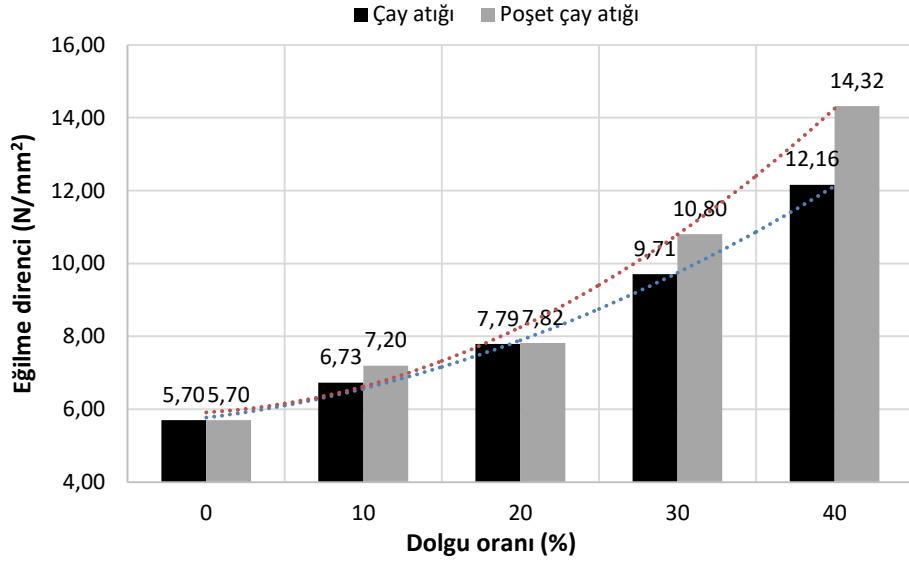
Band (cm ⁻¹)	Ana gruplar ve titreşim modları	Yoğunluğu
2919-2915	C-H gerilimi, CH ₂ asimetric gerilimi	Kuvvetli
2851-2845	C-H gerilimi, CH ₂ simetric gerilimi	Kuvvetli
1473 ve 1463	CH ₂ bükülme deformasyonu	Kuvvetli
1377	CH ₃ simetric deformasyonu	Zayıf
1366 ve 1351	Dalgalanma deformasyonu	Orta
1306	Burulma deformasyonu	Zayıf
1176	Dalgalanma deformasyonu	Çok zayıf
731-720	CH ₂ sallanım deformasyonu	Orta

4.2 Mekanik Özellikler

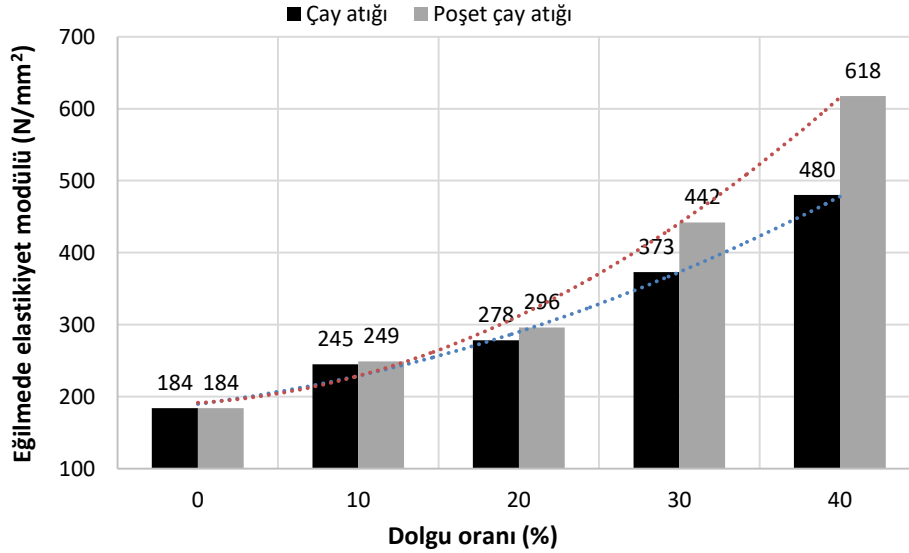
4.2.1 Eğilme Özellikleri

Şekil 11, 12 ve 13'de çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların sırasıyla eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve deformasyon oranları görülmektedir. Şekil 11'den görüldüğü gibi kontrol örneği olan alçak yoğunluklu polietilenin eğilme direnci 5,70 N/mm² olarak belirlenmiştir. Grafikten görüldüğü gibi her iki dolgu tipi için oran artırdıkça eğilme direncinin de arttığı belirlenmiştir. En yüksek eğilme direnci değeri %40 poşet çay atığı içeren levhalarda %14,32 olarak ölçülmüştür. Çoğul varyans analizine göre de dolgu maddesi oranının eğilme direnci üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. İstatiksel olarak dolgu tipinin %5 hata payı ile etkisinin olmadığı tespit edilmiş olsa da grafikten görüldüğü gibi %30 ve %40 dolgu oranlarında çay atığı ve poşet çay atığının eğilme direnci üzerine etkileri farklılaşmıştır. İstatiksel olarak dolgu oranı ve tipinin etkileşimi anlamlı bulunmuştur. Poşet çay atığının %30 oranında kullanımı ile eğilme direnci 10,80 N/mm²'ye çıkarken normal çay atığında eğilme direnci 9,71 N/mm² olarak ölçülmüştür. %40 oranında ise poşet çay atığının normal çay atığına göre yaklaşık 2,16 N/mm² daha yüksek eğilme direnci özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer etki eğilmede elastikiyet modülünde de geçerlidir. En yüksek elastikiyet modülü 618 N/mm² ile yine %40 poşet çay atığı içeren levhalarda elde edilirken en düşük değer 184N/mm² ile kontrol örneği olan %100 AYPE ile elde edilmiştir. Dolgu oranının elastikiyet modülünü arttırdığı istatiksel olarak ta desteklenmiştir. %40 oranında poşet çay atığı kullanımı normal çaya göre kompozit levhanın eğilmede elastikiyet modülünü yaklaşık 138 N/mm² artırmıştır. Miah ve arkadaşlarının (2011) hint

keneviri ve AYPE ile yaptıkları çalışmada %20 dolgu oranına kadar eğilme direncinin arttığı daha yüksek oranlarda kontrolden yüksek olmakla birlikte azalış gösterdiği tespit edilmiştir.



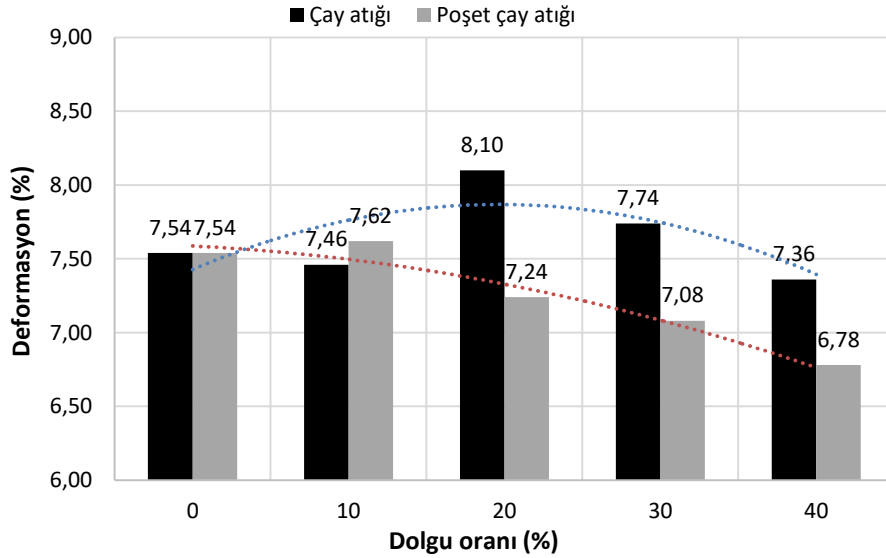
Şekil 11.Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilme dirençleri



Şekil 12.Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede elastikiyet modülleri

Poşet çay atıklarının normal çay atıklarına göre daha yüksek direnç özellikleri göstermesinin nedeni içerdikleri uzun lifli selüloz kaynağından kaynaklanmaktadır. Liu ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada sadece selüloz içeren polipropilen kompozitlerinin sadece lignin ve odun içeren plastik kompozitlerden çok daha yüksek eğilme direnci verdiğini belirtmişlerdir.

Şekil 13’de levhaların eğilmedeki deformasyon oranları görülmektedir. Grafikler incelendiğinde çay atığında deformasyon ortalama %7,5 oranlarında tespit edilirken poşet çay atıkları kontrole göre %7,54’ten %6,78’e kadar düşmüştür.

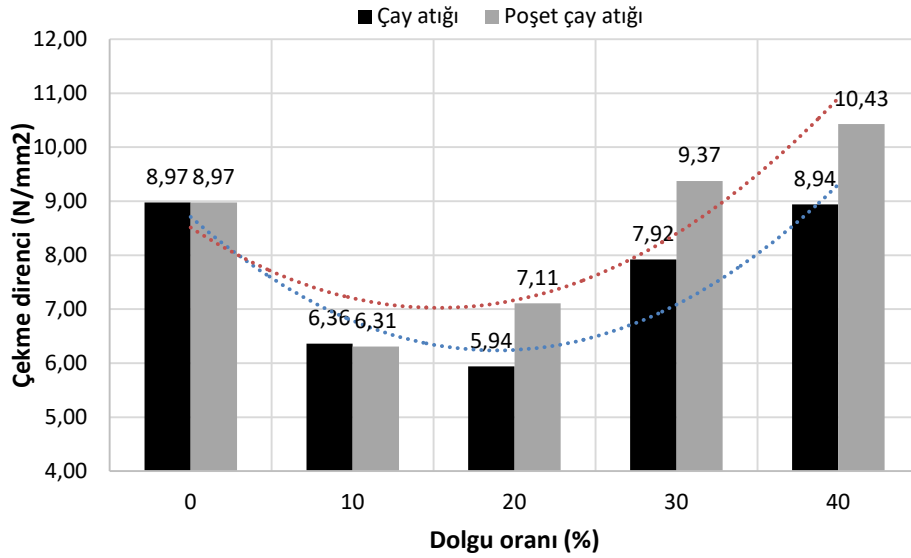


Şekil 13.Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede oluşan deformasyon oranları

4.2.2 Çekme Özellikleri

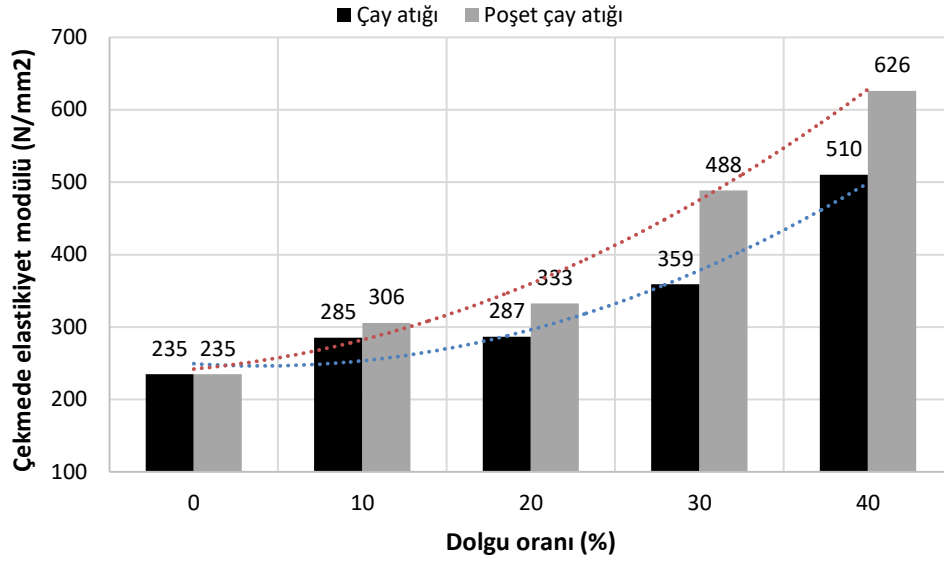
Şekil 14, 15 ve 16’da çay atıkları ile takviye edilmiş plastik levhaların sırasıyla çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopma sırasında uzama miktarları görülmektedir. Şekil 14’den görüldüğü gibi kontrol örneği olan alçak yoğunluklu polietilenin çekme direnci $8,97 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Grafikten görüldüğü gibi her iki dolgu tipi için oran artırıldıkça çekme direnci kontrole göre azalmış ve ardından dolgu oranına bağlı olarak artışa geçmiştir. En yüksek eğilme direnci %40 poşet çay atığı içeren levhalarda $10,43 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel açıdan dolgu oranının etkisinin olduğu dolgu tipinin ise etkili olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte poşet çay atıklarının normal çay atıklarına göre çok daha yüksek çekme direnci değerleri verdiği şekil 14’den görülmektedir. %10 oranında dolgu oranıyla çekme direnci her iki dolgu tipi için yaklaşık $6,33 \text{ N/mm}^2$ ’ye kadar gerilemiştir. Bununla birlikte %30 oranında çay atığı kullanımı ile $7,92 \text{ N/mm}^2$ ’ye ve %30 poşet çay atığı kullanımı ile $9,37 \text{ N/mm}^2$ ’ye çıkmıştır. %40 oranında kullanılan dolgu oranında çay atığı için $8,94 \text{ N/mm}^2$ ve poşet çay atığı için $10,43 \text{ N/mm}^2$ değerleri elde edilmiştir.

Çekmede elastikiyet modülünde durum biraz daha farklı olup dolgu oranının artışı ile birlikte modülün neredeyse lineer bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. En yüksek değer yine %40 poşet çay atığı içeren levhalarda 626 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Kontrol örneğinde bu değer 235 N/mm^2 civarında ölçülmüştür. İstatiksel açıdan direkt etkisi tespit edilememiş olsa da poşet çay atığı içeren levhaların normal çay atığı içeren levhalara göre daha yüksek çekmede elastikiyet modülü verdiği görülmektedir. %30 dolgu oranında aradaki fark yaklaşık 129 N/mm^2 iken %40 dolgu oranında bu fark 116 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Bu fark yine dolgu maddesinin bileşimine bağlanabilir. Selüloz içeriği fazla olan örneklerin çekme dirençleri artmaktadır (Liu ve ark. 2014).



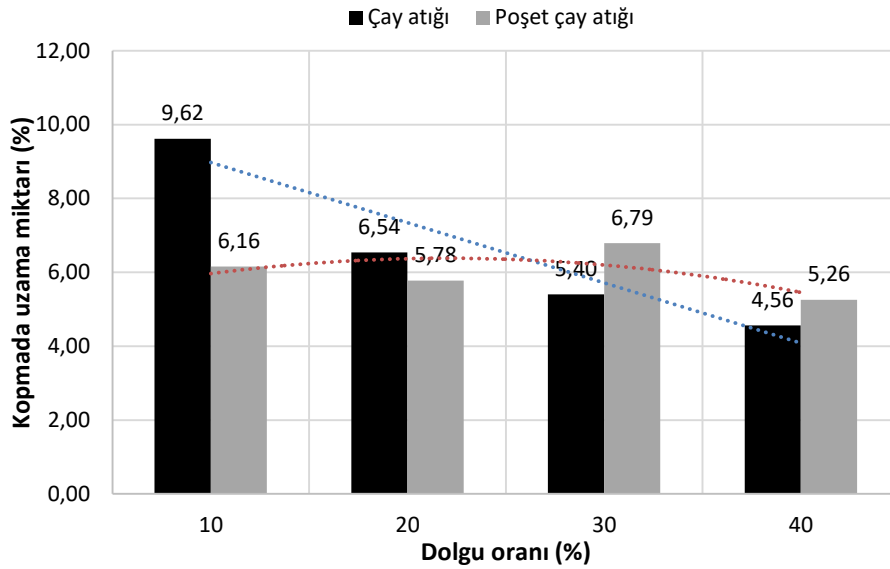
Şekil 14.Lif-AYPE kompozit levhalarının çekme dirençleri

Miah ve arkadaşları (2011) da yaptıkları çalışmada çekme direncinde kendi içerisinde artış tespit etmişlerdir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda çekme direncinin dolgu oranı ile azaldığı ile ilgili sonuçlar da elde edilmiştir (Chung ve ark., 2016; Ling ve ark., 2018). Bu çalışmada çekme direncinde kontrole göre önce azalma sonra artış tespit edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülünde ise dolgu oranını artırılması ile yapılan birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da kontrole göre çekmede elastikiyet modülünde artış tespit edilmiştir (Miah ve ark., 2011; Chung ve ark., 2016; Ling ve ark., 2018).



Şekil 15.Lif-AYPE kompozit levhalarının çekmede elastikiyet modülleri

Şekil 16’da levhaların kopma sırasındaki uzama miktarları görülmektedir. Kontrol örneğinin uzama miktarı %347 olup aşağıdaki grafiğe konulmamıştır. Grafik incelendiğinde kopmada uzama miktarının dolgu takviyesi ile yaklaşık %7 ile %5 arasında ölçüldüğü görülmektedir.



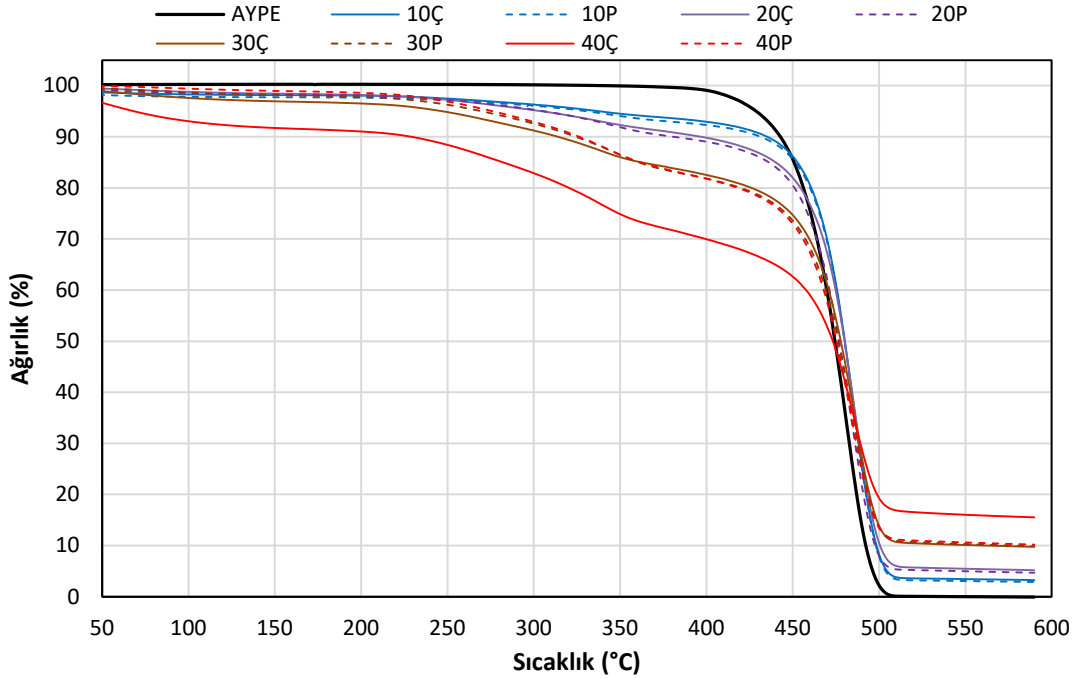
Şekil 16.Lif-AYPE kompozit levhalarının kopmada uzama miktarları

4.3 Termal Özellikler

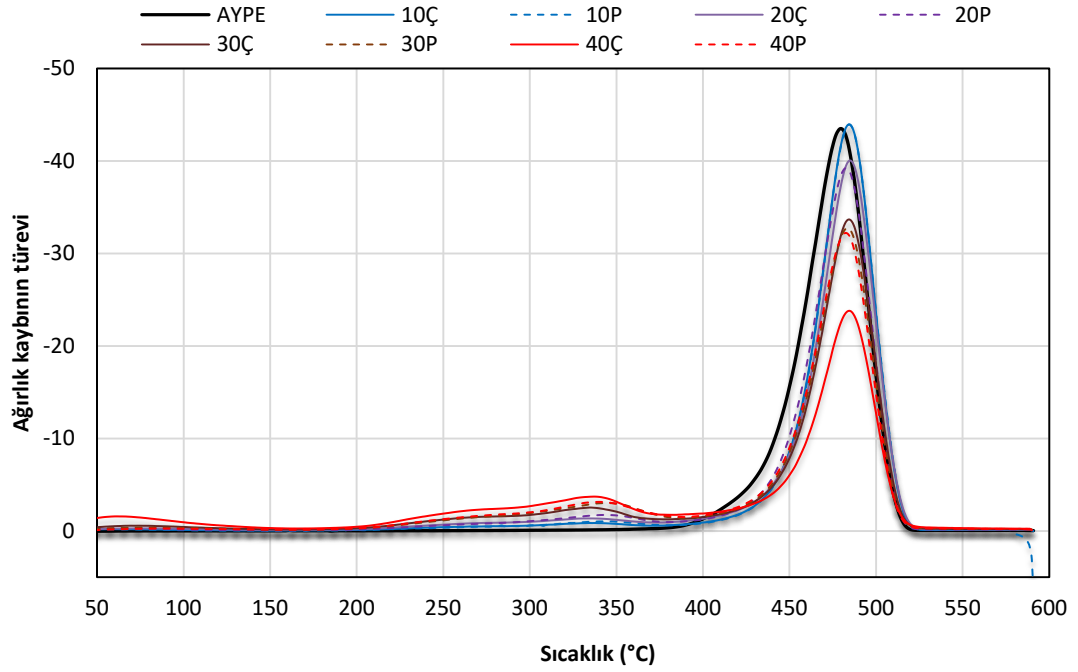
4.3.1 Termogravimetrik (TGA) Analizler

Termogravimetrik analiz daha önce de tanımlandığı gibi zaman veya sıcaklığa göre örneklerin yanması sonucu oluşan ağırlık kaybını belirtmektedir. Şekil 17’de yüzde olarak malzemelerde oluşan ağırlık kayıpları görülmektedir. %100 alçak yoğunluklu polietilenden oluşan örneğin tek bir basamakta bozunduğu bunun yanında çay veya poşet çay atığı içeren örneklerin iki basamakta bozunduğu görülmektedir. Bu basamaklarda TGA cihazı üzerinden yazılımla hesaplanan veriler “Bulgular” başlığı altında Tablo 18’de verilmiştir.

Şekil 18’de ağırlık kaybından hesaplanan türeve ait grafikler görülmektedir. DTGA olarak ta adlandırılan bu türev pikleri bozunma basamakları hakkında bize daha ayrıntılı veriler sunabilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada termogravimetrik analize ait bulgular yorumlanırken ağırlıklı olarak DTGA grafiklerinden faydalanılmıştır.



Şekil 17.Lif-plastik kompozitlerin TGA grafikleri



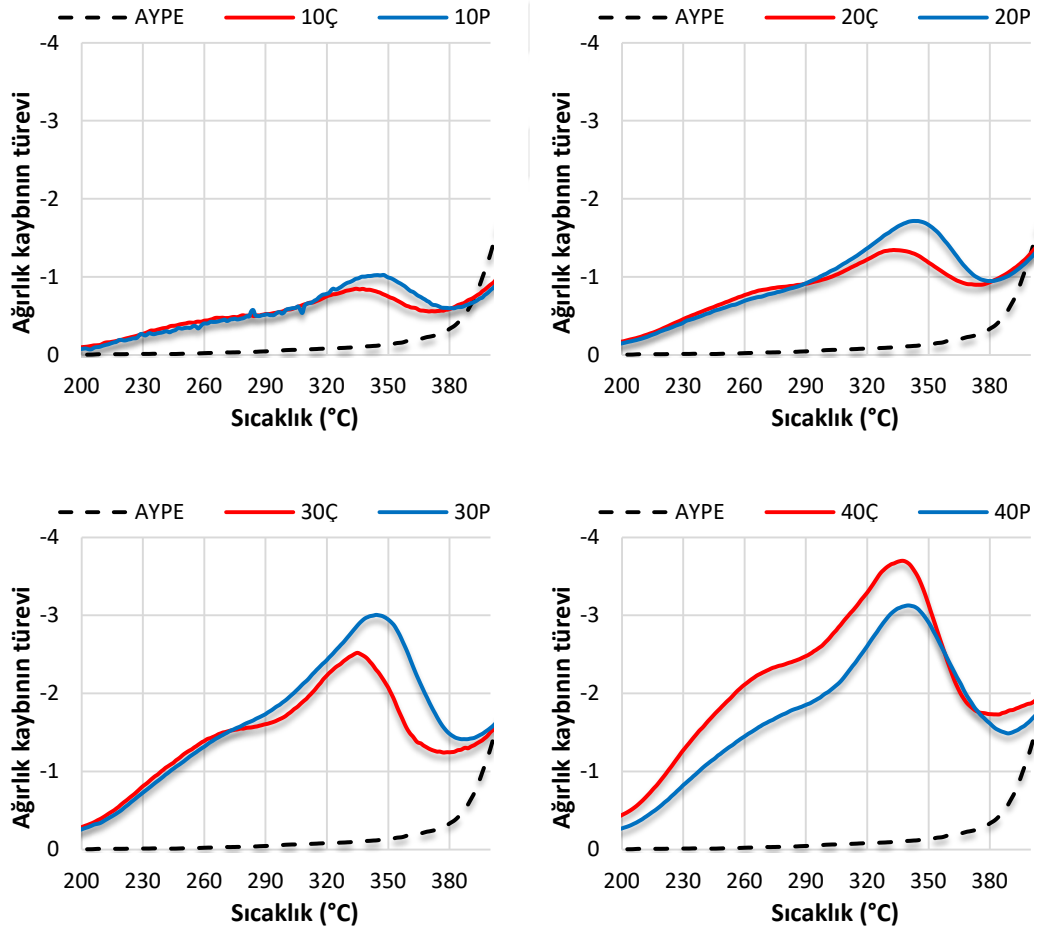
Şekil 18.Lif-plastik kompozitlerinin DTGA grafikleri

DTGA grafikleri incelendiğinde rutubetin uzaklaştığı 100°C civarı göz ardı edilirse yaklaşık 330-340°C ve 480-485°C sıcaklık aralıklarında iki adet bozunma piki bulunmaktadır. Bu piklerden ilki çay atığı ve poşet çay atığını, ikinci pik ise alçak yoğunluklu polietilenin ağırlık kaybını göstermektedir. Cihaz üzerinden hesaplanan dönüm noktası sıcaklıkları (Tablo 18) ilk basamak için çok değişiklik göstermez iken ikinci basamakta kontrole göre yaklaşık 4°C kadar artmıştır.

DTGA grafikleri daha ayrıntılı incelendiğinde dolgu tipine göre de değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Şekil 19'de dolgu tipinin birinci basamakta DTGA üzerine etkisi görülmektedir. Şekil incelendiğinde dolgu oranının artışı ile pik yüksekliğinin bozunan dolgu maddesi miktarın artışı ile birlikte arttığı görülmektedir. Grafikler ayrı ayrı incelendiğinde ise poşet çay atığı içeren örneklerin birinci bozunma basamağındaki pik sıcaklığının normal çay atığına göre yaklaşık 10'ar °C daha yüksek olduğu görülmektedir. %10 dolgu maddesi için poşet çay atığı 348°C'de normal çay atığı 334°C'de pik yapmıştır. %20 dolgu oranı için poşet çay atığı 343°C'de, normal çay atığı 333°C'de, %30 dolgu oranı için poşet çay atığı içeren levha 344°C' ve normal çay atığı içeren levha 335°C'de pik yapmıştır. %40 oranında da bu sıcaklıklar sırasıyla 340°C ve 337°C olarak belirlenmiştir. Poşet çay atığı ve çay atığının bozunma sıcaklığı ile ilişkili bu pikler arasındaki 10°C lik fark liflerin

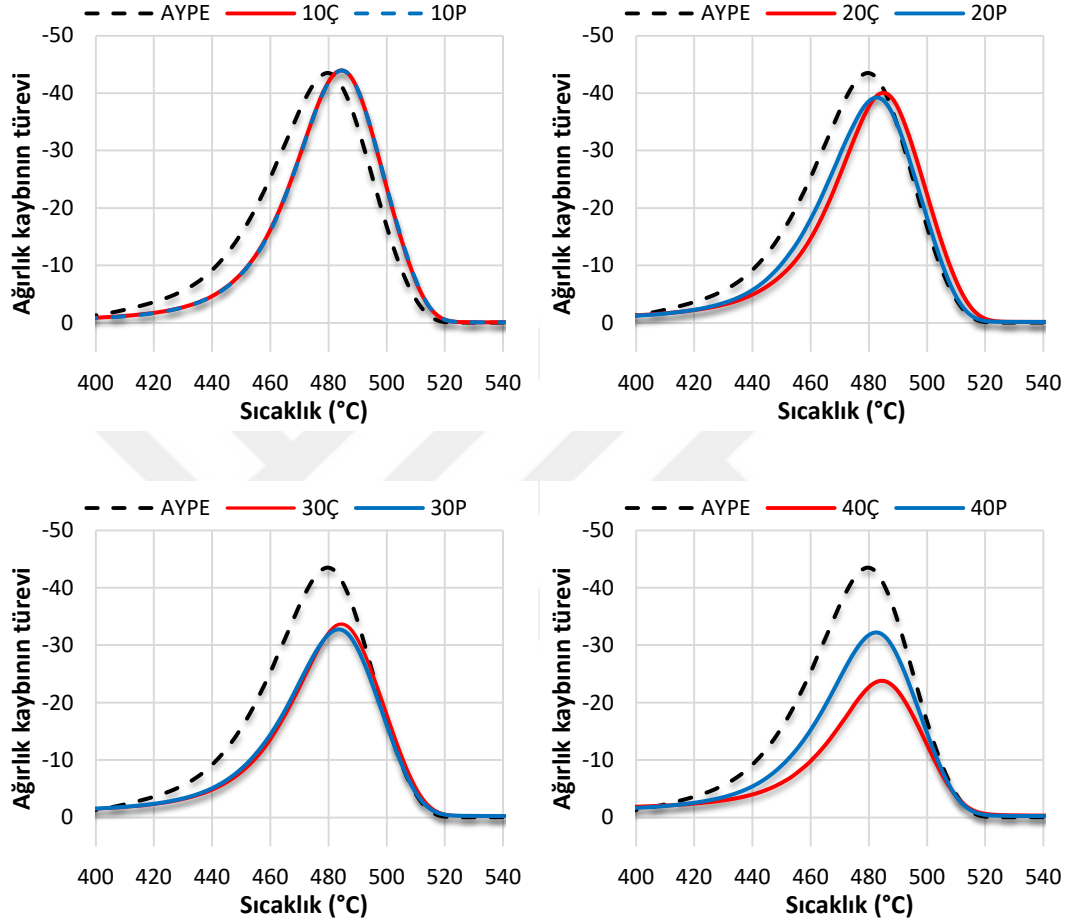
içeriklerinden kaynaklanmaktadır. Normal çay atığı poşet çay atığına göre daha fazla oranda hemiselüloz içerirken poşet çay atığı ise daha fazla oranda selüloz içermektedir. Hemiselüloz en kolay bozulan bileşiktir yaklaşık 220-315°C de bozunur. Selüloz ise daha kararlı polimerik yapısı nedeniyle daha yüksek sıcaklıklarda 315-400°C’de prolize uğramaktadır(Yang ve ark., 2007). Bu çalışmada da Şekil 19’den görüldüğü gibi kırmızı renkle işaretli çay atıklarının yaklaşık 268°C’de hafifte olsa pik verdiği bu pikin poşet çay atığı ile belirginliğini kaybettiği görülmektedir. Bu pik hemiselüloz varlığından kaynaklanmaktadır sadece selüloz içeren örneklerde bu pik görülmemektedir.

Dolgu maddesi olarak kullanılan çay atıkları ayrıca önemli miktarda lignin de içermektedir. Ligninin proliz sıcaklığı 900°C’lere kadar çıkmaktadır (Yang ve ark., 2007).



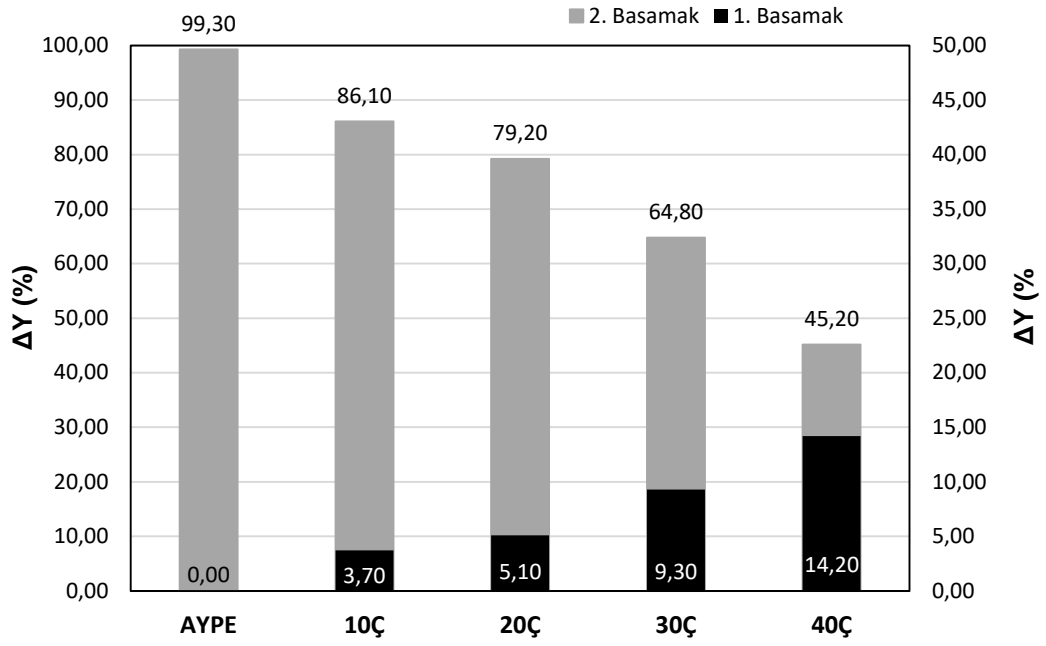
Şekil 19. Dolgu tipinin birinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi

Şekil 20’de çay atığı ve poşet çay atığının plastiğin bozunma sıcaklığı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde çay atıklarının plastiğin bozunma sıcaklığını 480°C den 485°C civarına çıkardığı görülmektedir. Kendi içerisinde dolgu tipi arasında çok önemli bir sıcaklık farkı oluşmamıştır.

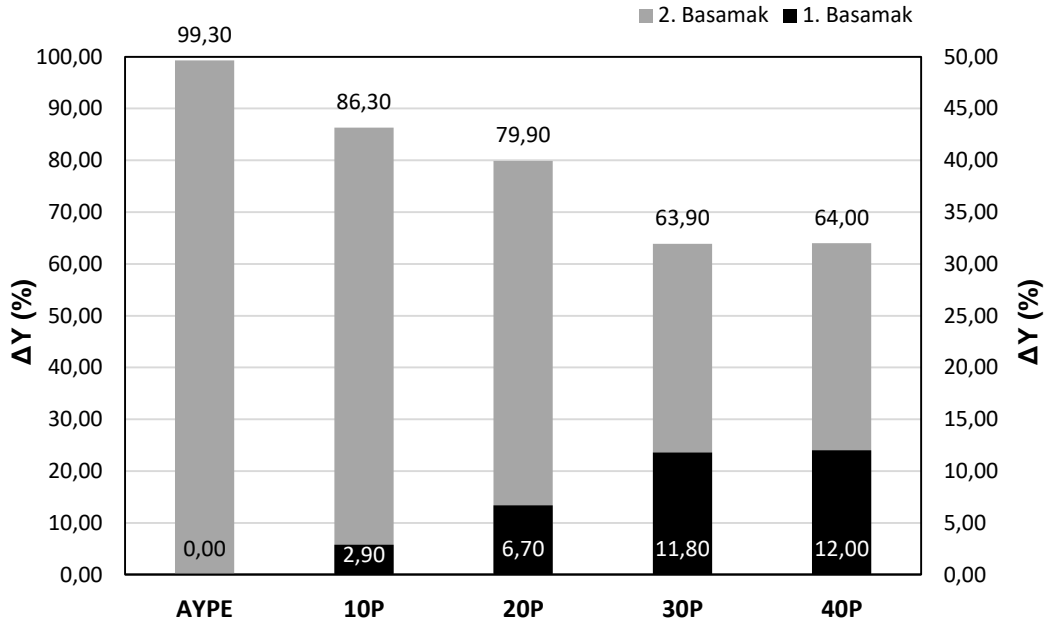


Şekil 20. Dolgu tipinin ikinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi

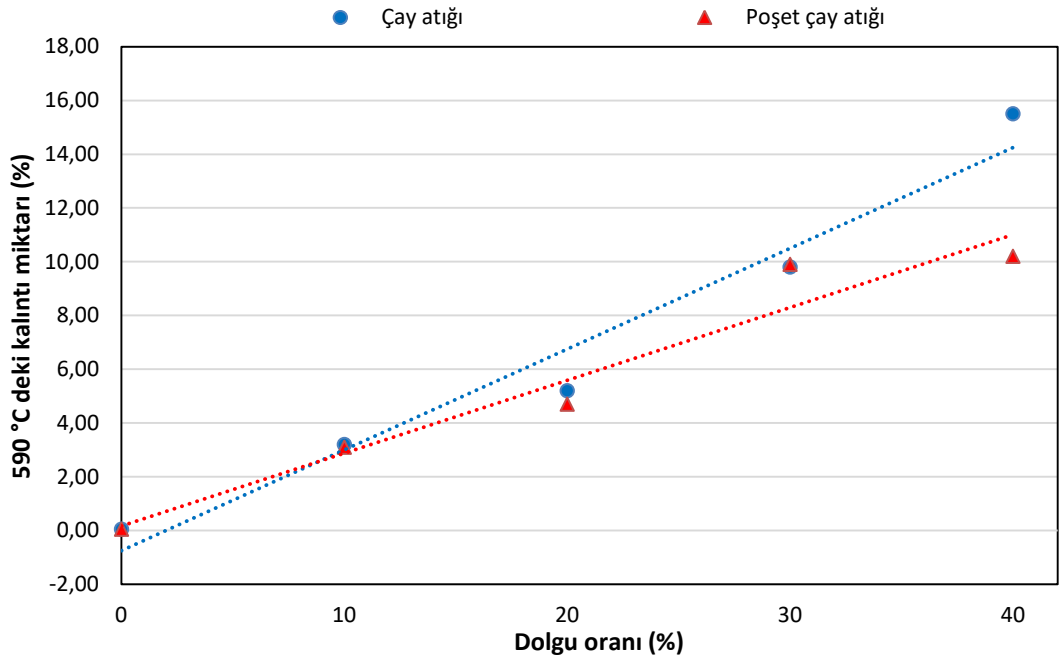
Şekil 21 ve 22’de sırasıyla çay atığı ve poşet çay atığının ΔY üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde dolgu oranı ile birlikte birinci basamağın ΔY değerini arttırdığı ikinci basamağın ise ΔY değerini azalttığı görülmektedir. Şekil 23’de 590°C sıcaklıktaki kalıntı madde miktarı görülmektedir. Kalıntı miktarının dolgu oranı ile arttığı görülmektedir. Dolgu maddesi oranının artırılması ile kalıntı miktarı %0,5’ten yaklaşık %13’e kadar artmıştır. Bunun nedeni lignin içeriğinin artışından kaynaklanmaktadır.



Şekil 21.Çay atığının ΔY değeri üzerine etkisi

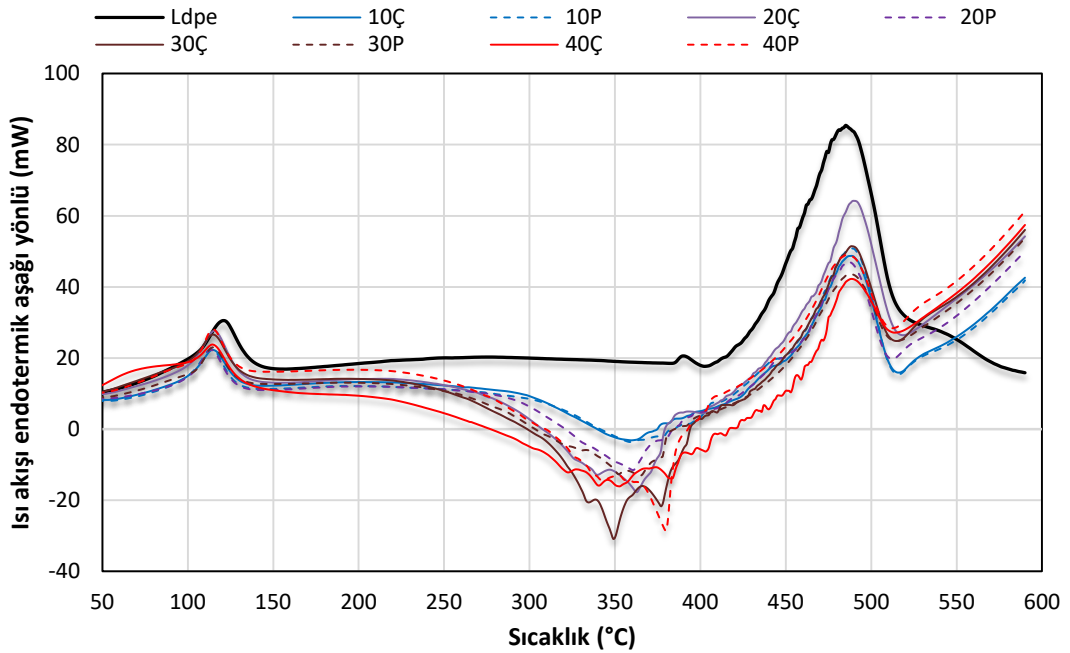


Şekil 22.Poşet çay atığının ΔY değeri üzerine etkisi



Şekil 23. Dolgu oranının 590°C sıcaklıktaki kalıntı madde miktarına etkisi

Şekil 24'te çay atığı ve poşet çay atığı içeren örneklerin STA-6000 ile ölçülen DSC grafikleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde dolgu maddesinin endotermik olarak 350-400°C civarında pik verdiği tespit edilmiştir. AYPE'nin ise 490-494°C civarında pik verdiği görülmektedir.

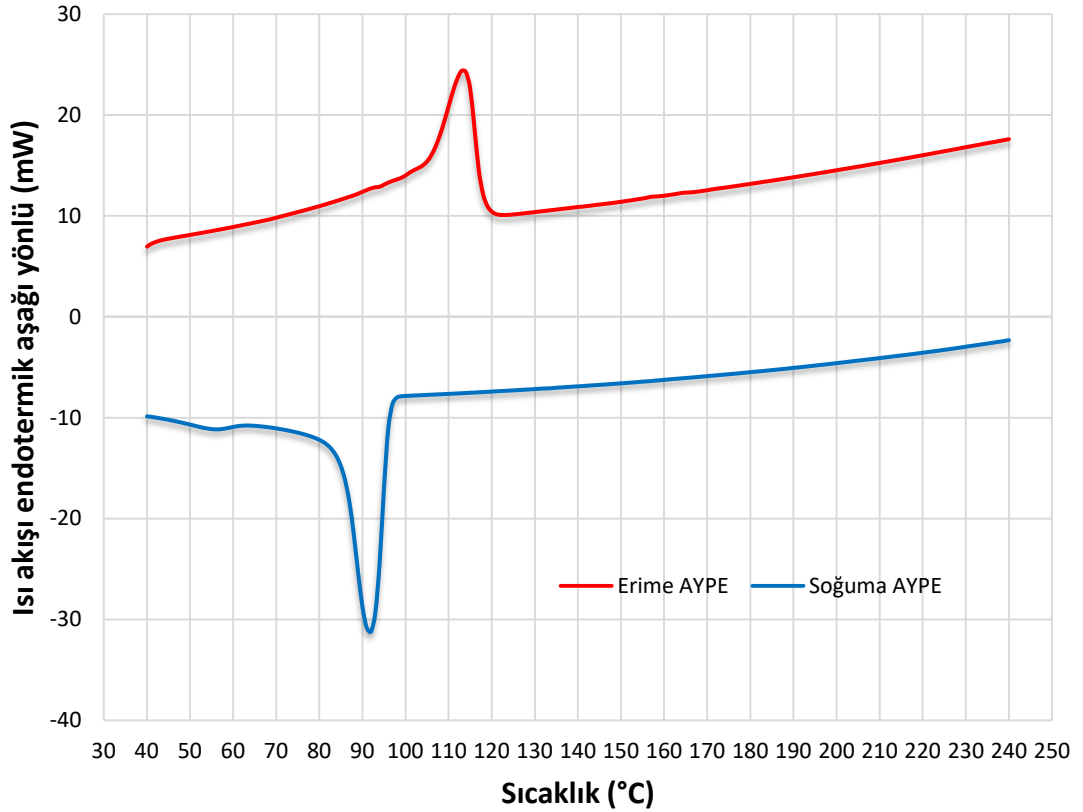


Şekil 24. Örneklerin STA-6000 ile ölçülen DSC spektrumları

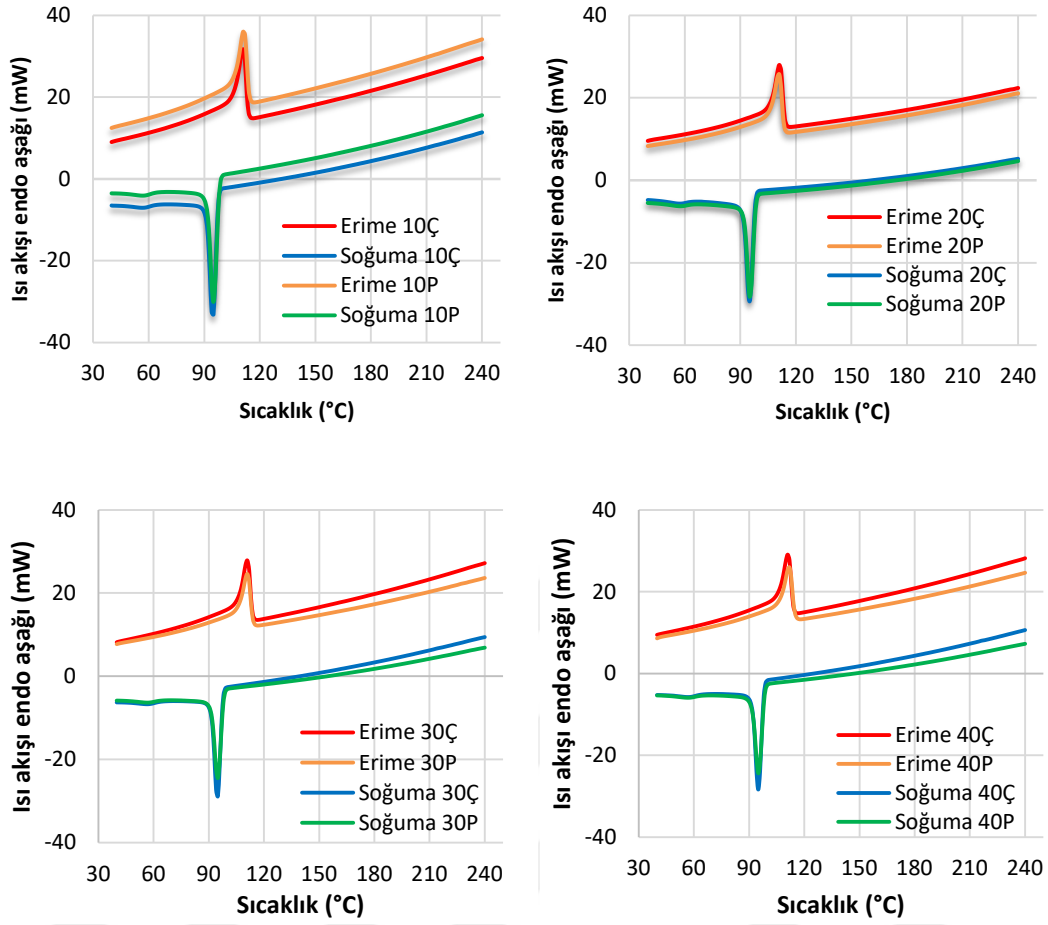
4.3.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizleri

DSC analitik bir teknik olup malzemelerin erime noktası, camsı geçiş noktaları, kristaleniteleri gibi veriler hakkında bilgiler sunmakta ve malzeme karakterizasyonunda önemli bir analiz olarak kullanılmaktadır. Şekil 25'te AYPE'nin, Şekil 26'da ise dolgu maddesi kullanılarak üretilmiş kompozitlerin DSC diyagramları görülmektedir. Bulgular başlığı altında Tablo 19'da DSC sonuçları verilmiştir.

DCS analizleri malzemenin 240°C'ye ısıtılması, oda sıcaklığına kadar soğutulması ve tekrar 240°C'ye ısıtılması ile gerçekleştirilmiştir. İki kere ısıtmanın amacı üretimden kaynaklı hafızanın silinmesidir. Bununla birlikte Şekil 26'daki genel DSC grafiklerinden örnekler arasındaki fark çok belirgin görülememektedir. Bu nedenle Şekil 27'de soğuma piki, Şekil 28'de ise erime pikine ait daha ayrıntılı grafikler verilmiştir.



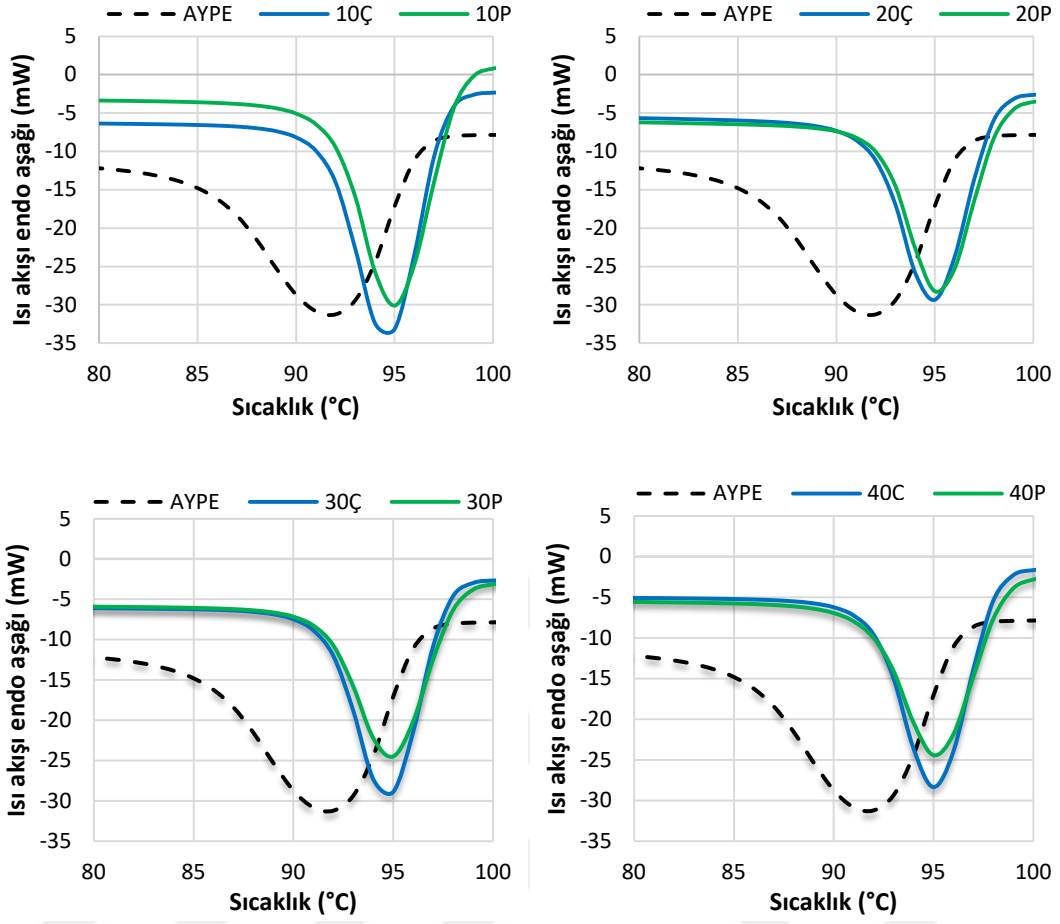
Şekil 25.AYPE'nin DSC spektrumu



Şekil 26.Çay ve poşet çay içeren kompozitlerin DSC diyagramları

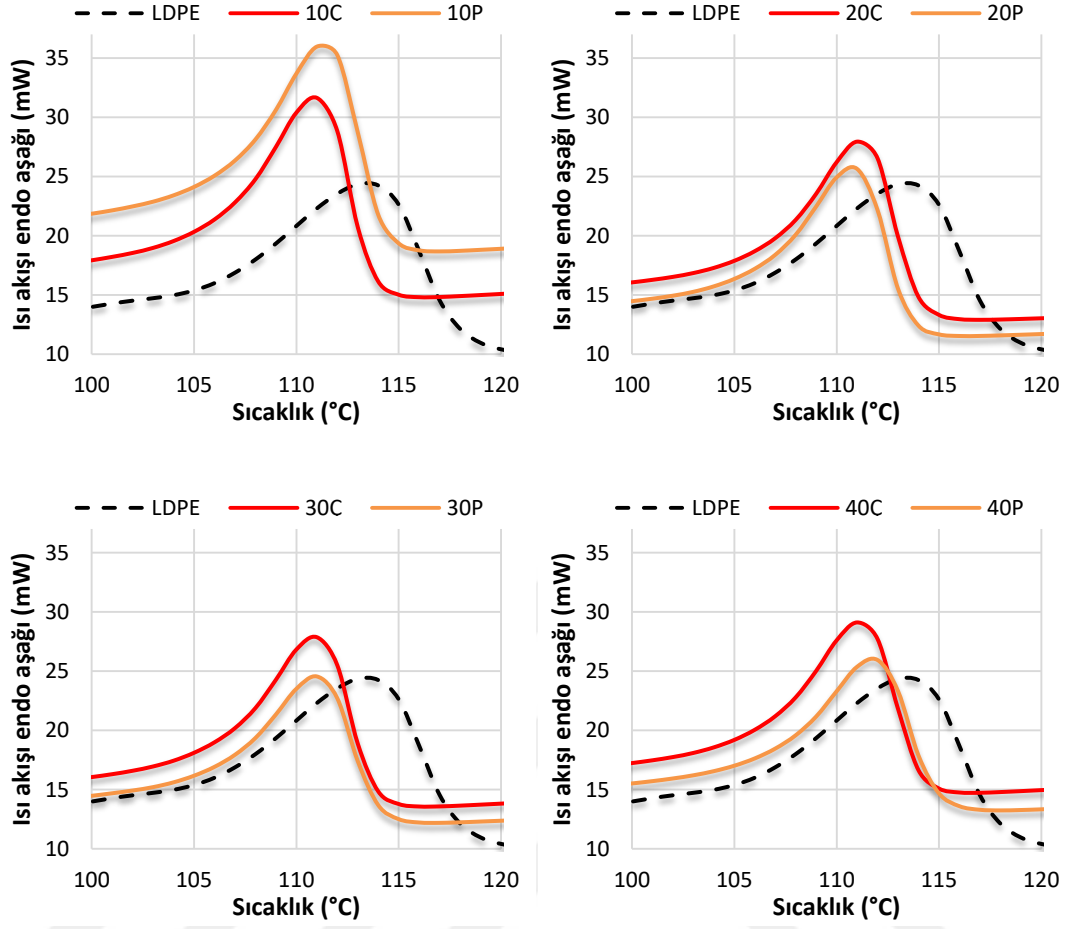
Şekil 27'deki soğuma pikleri ve Tablo 19 incelendiğinde soğuma sıcaklığı kontrol örneği AYPE için 91,75°C olarak belirlenirken bu sıcaklık çay atığı ve poşet çay atığı kullanımı ile birlikte tüm oranlar için ortalama 95°C'ye çıkmıştır. Grafikler ve Tablo 19'dan görüldüğü gibi dolgu maddesi ile birlikte soğuma pikinin yüksekliğinin azaldığı görülmektedir. Çay atığı için soğuma piki 31,06'dan 25,94'e düşmüştür. Poşet çay atığı için ise soğuma piki 30,23'ten 21,27'ye gerilemiştir. Bununla birlikte kontrol örneği AYPE'nin pik yüksekliği 22,64'tür.

Şekil 28'de erime pikleri görülmektedir. Erime sıcaklığı AYPE için 113,42°C ve pik yüksekliği 14,61 olarak belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilavesi ile kompozitin erime sıcaklığı her iki çay atığı için yaklaşık 111°C'ye düşmüştür. Pik yükseklikleri ise çay atığında 16,94'ten 14,55'e ve poşet çay atığında 17,75'ten 12,76'ya düşmüştür.



Şekil 27. Plastik kompozitlerin soğuma pikleri

Çay atığı içeren kompozit levhaların kristallenlikleri kontrole göre %32,31'den dolgu maddesi oranı ile birlikte % 20,43'e düşmüştür. Poşet çay atığı içeren kompozit levhaların kristallenlikleri ise %16,69'a kadar düşmüştür. Chun ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında da dolgu oranı ile kristallenlik azalmıştır.



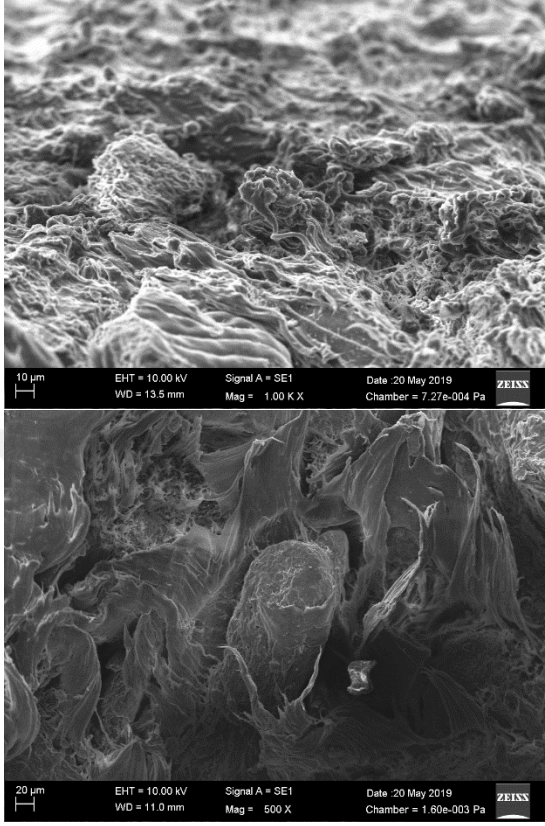
Şekil 28. Plastik kompozitlerin erime pikleri

4.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

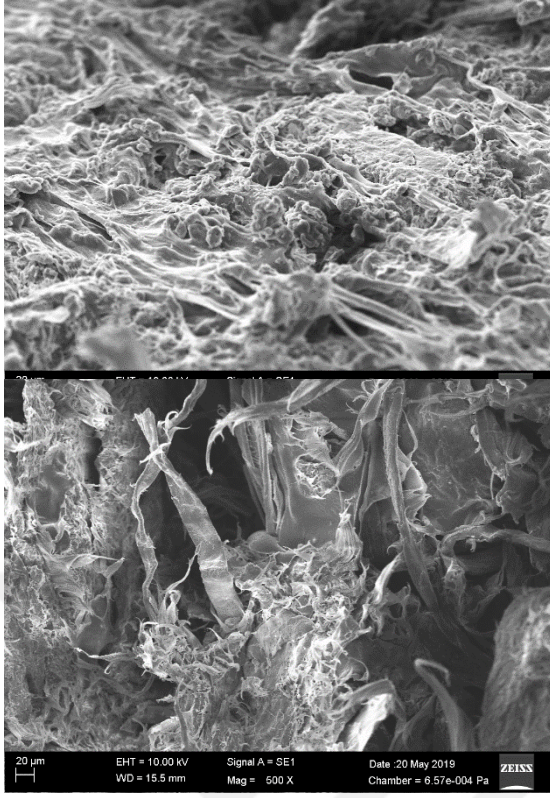
Şekil 29’de %40 oranında evsel çay atığı içeren AYPE-Lif kompozitlerine ait 500 ve 1000 büyütmede çekilen SEM görüntüleri görülmektedir. 1000 büyütmedeki görüntülerde plastik ve çay atıklarının görüntüleri seçilmektedir. 500 büyütmedeki ikinci görüntü levhanın kırıldığı bölgeden ölçülmüş olup polimerleşen plastiğin daha yoğun olduğu bir görüntüdür. Çay atığı öğütme sonrası çok daha küçük boyutlara ayrıldığından bu görüntüde fazlaca seçilememektedir.

Bunun yanı sıra poşet çay atığı içeren levhaların SEM görüntülerinin yer aldığı Şekil 30’da özellikle 500 büyütmedeki ikinci resimde belirgin bir şekilde plastik arasında liflerin olduğu görülmektedir. Bu lifler poşet çay kağıdında bulunan selülozik liflerdir. Daha önceden de belirtildiği gibi poşet çay kağıtları abaka gibi uzun lifleri

bünyesinde bulundurmaktadır. Poşet çay atıklarının kullanıldığı levhaların sağlamlık özelliklerinin artışının bu liflerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 29.Çay atığı içeren AYPE-Lif kompozitlerinin SEM görüntüleri



Şekil 30. Poşet çay atığı içeren AYPE-Lif kompozitlerin SEM görüntüleri

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında evsel çay atıkları ve poşet çay atıklarının alçak yoğunluklu polietilen kompozit üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında günümüzde oldukça geniş kullanım alanı bulan ve hem kağıt hem de bir kere demlendikten sonra atılan lignoselülozik açıdan zengin çay atıklarını içeren poşet çayların değerlendirilebilirliği üzerinde durulmuştur. Alçak yoğunluklu polietilen bilindiği gibi daha fazla dallı yapıda polimerleşmesinden dolayı diğer polietilenlere göre daha az dayanıklıdır. Çalışma ile çay atıkları ile alçak yoğunluklu polietilenin özellikleri geliştirilmiştir. Çalışmada elde edilen önemli sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

Çalışmada FTIR-ATR ile yapılan karakterizasyon sonucu poşet çay atığının daha fazla oranda selüloz içerdiği buna karşın normal çay atığının ise daha fazla oranda hemiselüloz içerdiği tespit edilmiştir.

Plastik kompozitlerin eğilme dirençleri sonuçları incelendiğinde çoğul varyans analizine göre dolgu maddesi oranının eğilme direncine etki ettiği ve arttırdığı tespit edilmiştir. Dolgu tipinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte poşet çay atığının %40 kullanıldığı örneklerde eğilme direnci $2,16\text{N/mm}^2$ daha fazla ölçülmüştür.

Plastik kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülünde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü %100 AYPE ile 184 N/mm^2 , en yüksek eğilmede elastikiyet modülü %40 poşet çay atığı ile 618 N/mm^2 ölçülmüştür. Poşet çay atığı ve normal çay atığının %40'lik oranında eğilmede elastikiyet modülü arasındaki fark 138 N/mm^2 'ye kadar çıkmıştır.

Plastik kompozitlerin çekme dirençleri dolgu maddesi ilavesi ile %20 oranına kadar düşmüş %30'dan sonra ise artışa geçmiştir. İstatistiksel olarak dolgu maddesi oranının çekme direnci üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Poşet çay atığı içeren kompozitlerin çekme direnci değerleri çay atığı içeren levhalardan daha yüksek tespit edilmiştir.

Çekmede elastikiyet modülü değerleri ise dolgu maddesi ilavesi ile artış göstermiştir. Benzer şekilde iki farklı dolgu maddesi arasında poşet çay atıklarının daha yüksek elastikiyet modülü değerleri verdiği tespit edilmiştir.

Poşet çay atığı içeren kompozitlerin, normal çay atıklarına göre daha yüksek sağlamlık özellikleri göstermesinin nedeni, uzun lif içeren poşet kağıdının içerdiği selüloza bağlanmıştır.

Çalışmada kompozitlerin termal özellikleri de belirlenmiş ve poşet çay atığı içeren örneklerin birinci basamakta daha yüksek sıcaklıklarda bozunduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak hemiselülozun daha düşük sıcaklıklarda pirolize uğraması buna karşın selülozun daha yüksek sıcaklıklarda pirolize uğraması gösterilmiştir.

Ayrıca poşet çay ve normal çay atığının AYPE'nin bozunma sıcaklığını 4°C arttırdığı tespit edilmiştir.

DSC analiz sonuçları irdelendiğinde çay atıklarının soğuma sıcaklıklarının arttırdığı erime sıcaklıklarını ise azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca dolgu maddesi ilavesi ile soğuma ve erime pik yüksekliklerinin de azaldığı tespit edilmiştir.

DSC analizi ile ayrıca kristallenlikler de incelenmiş ve dolgu maddesi oranı ile kristallenliğin azaldığı belirlenmiştir.

SEM görüntüleme çalışmalarında poşet çay atığı içeren plastik kompozitlerde kağıttan kaynaklanan lifler görüntülenmiştir.

Çalışma ile hem evsel çay atıklarının hem de poşet çay veya halk arasındaki adı ile sallama çay atıklarının AYPE'nin özelliklerinin takviye edilmesi amacıyla kullanılabilceği tespit edilmiştir. Yine çalışma ile poşet çay atıklarının normal çay atıklarına göre daha iyi sonuçlar verdiği de belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Agarwal U. P., Atalla R. H. (2010). "Vibrational spectroscopy," in Lignin and Lignans: Advances in Chemistry, eds Heitner C., Dimmel D. R., Schmidt J. A., editors. (Boca Raton, FL: CRC Press;), 103–136.
- ASTM D 638, 2004. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 790, 2004. Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Chung K.S., Husseinsyah S., Syazwani N.F., 2016, Properties of Kapok Husk-filled Linear Low-density Polyethylene Ecocomposites: Effect of Polyethylene-grafted Acrylic Acid. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 29(12) p1641–1655
- Collier W.E., Schultz T.P., Kalasinsky V.F., 1992, Infrared Study of Lignin: Reexamination of Aryl-Alkyl Ether C—O Stretching Peak Assignments *Holzfoschung* 46(1992) pp.523-528
- Dönmez Çavdar, A. 2011 Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Dönmez Çavdar, A., Kalaycıoğlu, H. ve Mengeloğlu, F., 2011. Tea Mill Waste Fibers Filled Thermoplastic Composites: The Effects of Plastic Type and Fiber Loading, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, DOI: 10.1177/0731684411408752.
- Faix O., Andersons B., Zakis G., 1998, Determination of Carbonyl Groups of Six Round Robin Lignins, *Holzforschung* 52(1998) pp.268-274
- Faix O., 1991, Classification of lignins from different botanical origins by FT-IR spectroscopy, *Holzforschung* 45(Suppl.), pp21-27.
- Hergert H.L., 1971 Infrared spectra. In: "Lignins: Occurrence, Formation, Structure and Reactions". K.V. Sarkanen and C.H. Ludwig, Eds. Wiley-Interscience, N.Y.
- J. Haslam, H.A. Willis, D.C.M. Squirrel, Identification and Analysis of Plastics (2nd ed.), Wiley, New York, 1983 (p. 748).
- Kato K., Nitta M. and Mizuno T., 1973, Infrared spectroscopy of some mannans, *Agr. Biol. Chem.*, 37(2), pp433-435

- Liang C.Y. and Marchessault R.H., 1959, Infrared spectra of crystalline polysaccharides. 2 Native cellulose in the region from 640 to 1700cm⁻¹, J. Polym. Sci. 39, p.269-278
- Liu, R., Peng, Y., Cao, J., ve Chen, Y. (2014). Comparison on Properties of Lignocellulosic Flour/Polymer Composites by using wood, cellulose, and lignin flours as fillers. *Composites Science and Technology*, 130, 1-7.
- Ling P.A., Ismail H., Abu Bakar, A., 2018, Linear Low Density Polyethylene/Poly (Vinyl Alcohol)/Kenaf Composites: Effect of Natural Weathering on Functional Group, Weight Loss Characteristics, Tensile, Morphological and Thermal Properties, *Sains Malaysiana* 47(3) p571-580
- Marchessault R.H. and Liang C.Y., 1962, The infrared spectra of crystalline polysaccharides VIII. Xylans, *Journal of Polymer Science*, Vol.59, p357-378
- Miah M.J., Khan M.A., Khan R. A. 2011, Fabrication and Characterisation of Jute Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Based Composites: Effects of Chemical Treatment. *Journal of Scientific Research* 3(2), 249-259
- Nelson M.L. O'Connor R.T., 1964, Relation of certain infrared bands to cellulose crystallinity and crystal lattice type. Part II. A new infrared ratio for estimation of crystallinity in cellulose I and II, *J. Appl. Polym. Sci.* 8(3) p.1325-1341
- Nuopponen M., 2005, FT-IR and UV-Raman Spectroscopic Studies on Thermal Modification of Scots pine Wood and Its Extractable Compounds, Helsinki University of Technology, Laboratory of Forest Product Chemistry, Reports Espoo, Ser A23.
- Pandey K.K., 1999, A Study of Chemical Structure of Soft and Hardwood and Wood Polymers by FTIR Spectroscopy, *Journal Applied Polymer Sci.* 71(12), pp1969-1975 DOI: 10.1002/(SICI)1097-4628(19990321)71:12<1969::AID-APP6>3.0.CO;2-D
- R. Zbinden, *Infrared Spectroscopy of High Polymers*, Academic Press, New York, 1964 (p. 263).
- ŞENSOY,Ö.G.https://www.academia.edu/29331989/T%C3%BCrkiyede_%C3%87ay_%C3%9Cretiminin_Tarihi_ve_%C3%87ay_Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn_Yeri
- URL-1. <http://apelasyon.com/Yazi/751-geri-donusum-hayattir-gelecektir>
- URL-2. <http://www.kimyasalgelismeler.com/sektorler/geri-donusum-teknolojisi/plastik-geri-donusumu-nasil-yapilir.html>
- URL-3. <https://plasteknik.wordpress.com/dunyada-ve-turkiye-de-plastik-tuketimi/>

URL-4. <http://www.pagder.org/haberdetay.php?id=458.14.01.2019>

URL-5. <https://www.pagev.org/plastik-cesitleri>

URL-6.

https://www.academia.edu/29331989/T%C3%BCrkiyede_%C3%87ay_%C3%9Cretiminin_Tarihi_ve_%C3%87ay_Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn_Yeri

URL-7. <https://www.internethaber.com/poset-cay-nasil-icat-edildi-145129h.htm>

Usta, B. 2015 Karadeniz Bölgesindeki Organik Atıkların Değerlendirilmesi, Bitirme Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun

Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, Zheng C (2007) Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel 86(12):1781- 1788

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YAZGAN Sercan
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri :01.05.1987, Artvin
Medeni hali :Evli
Yabancı Dili :İngilizce
Telefon :05542372460
e-posta :sercanyazgan08@gmail.com

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

Karadeniz Teknik Üniv. O.E.M Bölümü

09.09.2010