



**PİŞİRME KAĞITLARININ PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Eda ERAYDIN

**Yüksek Lisans Tezi
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**

**PİŞİRME KAĞITLARININ PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eda ERAYDIN

**Danışman
Doç. Dr. Emrah PEŞMAN**

Artvin 2019

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘PİŞİRME KAĞITLARININ PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ’’ baŐlıklı bu çalışmayı baŐtan sona kadar danıŐmanım Doç. Dr. Emrah PEŞMAN ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, baŐka 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 19/10/2019

Eda ERAYDIN

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

PİŞİRME KÂĞITLARININ PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Eda ERAYDIN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19/09/2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 18/10/2019

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emrah PEŞMAN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin PEKER

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 18/10/2019 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

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

Doç. Dr. Hilal TURGUT
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Pişirme Kağıtlarının Plastik Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

İlk olarak yüksek lisansı yapmama sebep olan sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin PEKER’e, tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında beni yönlendiren, bilgilendiren, çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle yanımda olan ve yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Emrah PEŞMAN’a teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem Emine ERAYDIN, babam Yusuf ERAYDIN ve manevi annem Handan ERAYDIN’a sonsuz minnetlerimi sunarım.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Eda ERAYDIN
Artvin - 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1 GİRİŞ	1
1.1 Plastikler.....	2
1.1.2 Elastomerler	2
1.1.3 Termosetler	2
1.1.4 Termoplastikler.....	3
1.1.4.1 Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE).....	3
1.1.4.2 Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	5
1.2 Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları	6
1.2.1 Odun Plastik Kompozitlerin Avantaj Ve Dezavantajları.....	6
2 MATERYAL VE YÖNTEM	8
2.1 Materyal	8
2.1.1 Lif Dolgu Maddesi.....	8
2.1.2 Termoplastik Polimer	8
2.1.3 Birleştirici Kimyasal	8
2.2 Lif Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitlerin Üretimi	9
2.2.1 Pişirme Kağıdı Liflerinin Hazırlanışı	9
2.2.2 Ekstrüzyon.....	9
2.2.3 İkinci Ögütme Ve Kurutma	10
2.2.4 Presleme	11
2.3 Deney	11
2.4 Araştırma Yöntemi	11
2.4.1 Malzemenin Karakterizasyonuna Ait Araştırma Yöntemleri	12

2.4.2	Mekanik Özellikler.....	12
2.4.2.1	Eğilme Direnci Ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	12
2.4.2.2	Çekme Özellikleri	13
2.4.3	Isıl Özellikler.....	14
2.4.3.1	Termogravimetrik Analiz (TGA)	14
2.4.3.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC).....	14
2.4.4	İstatistiksel Analiz	15
3	BULGULAR	16
3.1	Mekanik Özelliklere Ait Bulgular.....	16
3.1.1	Eğilme Özellikleri	16
3.1.2	Çekme Özellikleri	17
3.2	Termal Özelliklere Ait Bulgular.....	19
3.2.1	Termogravimetrik Analizlere Ait Bulgular	19
3.2.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizine Ait Bulgular.....	20
4	TARTIŞMA.....	21
4.1	Pişirme Kağıdı Ve Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıdı Lifleir İle Takviye Edilen AYPE Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu.....	21
4.1.1	Dolgu Maddesi Ve Lif-Plastik Kompozitlerin FTIR-ATR Spektrumları.....	21
4.2	Mekanik Özellikler	25
4.2.1	Eğilme Özellikleri	25
4.2.2	Çekme Özellikleri	28
4.3	Termal Özellikler.....	31
4.3.1	Termogravimetrik (TGA) Analizler	31
4.3.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizleri	37
4.4	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri.....	40
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42
	KAYNAKLAR.....	44
	ÖZGEÇMİŞ.....	47

ÖZET

PİŞİRME KAĞITLARININ PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Odun Plastik Kompozitleri (OPK); lifli yapıya sahip tarımsal atıkların plastikle karıştırılmasıyla elde edilir. Bazı durumlarda kendini oluşturan malzemeden daha iyi özellik gösterebilmektedir. Odun Plastik Kompozit ürünlerinde lifler ya da öğütülüp un haline getirilmiş malzemeler kullanılır.

Plastiğin çeşitli odun hammaddeli ürünler ile birleştirilir olmasından dolayı tercih sebebidir. Plastiğin yalnız kullanımındansa çeşitli atık, geri dönüştürülebilen kağıt maddeleri ile birlikte kullanılması çevresel etkilerden dolayı odun kompozit ürünlerine eğilim artmıştır.

Bu çalışmada pişirme kağıdı kullanılarak üretilen lif plastik kompozitlerinin mekanik, fiziksel ve termal özellikleri belirlenmiştir. Lif plastik kompozitlerin üretiminde tek vidalı Rondol marka ekstruder kullanılmıştır. Lif plastik kompozit levhaları 160g olacak şekilde tartılmış 150mm x 200mm x 5 mm boyutlarındaki kalıp içinde preslenmiştir. Lif plastik kompozit levhalarının üretiminde alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) ile birlikte maleik anhidrit ile polietilen (MAPE) kullanılmıştır.

Lif plastik kompozit üretiminde pişirme kağıdı ununun fiziksel, mekanik, termal analizler üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada pişirme kağıdı atıklarının plastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Odun plastik kompozit, Pişirme kağıdı unu, Mekanik özellikler, Alçak yoğunluklu polietilen, Maleik anhidrit polietilen, Termal özellikler

SUMMARY

EVALUATION OF BAKING PAPER FIBERS IN PLASTIC COMPOSITE PRODUCTION

Wood Plastic Composites; It is obtained by mixing fibrous lignocellulosic wastes with plastic. In some cases it may show better properties than the material that forms it. Fiber or composite materials are used in Wood Plastic Composite products

It is preferred because plastic is combined with various wood raw materials. The useability of plastic in combination with various waste and recyclable paper materials has increased the tendency to fiber-plastic composite products due to the environmental impacts.

In this study, mechanical, physical and thermal properties of fiber plastic composites produced by using baking paper were determined. Single screw Rondol extruder is used in the production of fiber plastic composites. Fiber plastic composites plates were weighed to 160 g and pressed into a 150 mm x 200 mm x 5 mm die. Fiber plastic composites sheets were made of low density polyethylene (LDPE) and maleic anhydride polyethylene (MAPE).

It has been determined that the use of baking paper flour in Fiber plastic composites production has no negative effect on physical, mechanical and thermal analyzes. In this study, it has been seen that baking paper wastes can be used as fillers in plastic composite production.

Keywords: Wood plastic composites, Baking paper fiber, Mechanical properties, Low density polyethylene, Maleic anyhdride polyethylene, Thermal Properties

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Alçak Yoğunluklu Polietilenin Özellikleri	8
Tablo 2. MAPE'nin Özellikleri	9
Tablo 3. Deney Planı	11
Tablo 4. Eğilme Özelliklerine Ait Bulgular	15
Tablo 5. Eğilmede Elastikiyet Modülünün Çoğul Varyans Analizi Sonuçları	16
Tablo 6. Eğilme Direncinin Çoğul Varyans Analizi Sonuçları.....	16
Tablo 7. Çekme Özelliklerine Ait Bulgular.....	17
Tablo 8. Çekmede Elastikiyet Modülünün Çoğul Varyans Analizi Sonuçları	17
Tablo 9. Çekme Direncinin Çoğul Varyans Analizi Sonuçları.....	18
Tablo 10.Kopmada Uzama Miktarının Çoğul Varyans Analizi Sonuçları	18
Tablo 11. Örneklerin Termogravimetrik Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular	19
Tablo 12. Lif-Plastik Kompozitlerinin Termak Ve Kristallenlik Özellikleri	19
Tablo 13. Selülozik Malzemelerin Kızılötesi Spektrumdaki Dalga Sayısı Karakterizasyonu	23
Tablo 14. Polietilenin IR Bölgeleri (Zbinden, 1964;Haslam veWillis,1983)	25

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Alçak Yoğunluklu Polietilen Örneği.	4
Şekil 2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Örneği.	6
Şekil 3. Öğütülmüş Pişirme Kağıtları.	9
Şekil 4. Tek Vidalı Ekstruder.	10
Şekil 5. Etüvde Kurutulan Pişirme Kağıtları.....	10
Şekil 6. Pişirme Kağıdı ve Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıtlarının FTIR-ATR Spektrumları.....	22
Şekil 7. Pişirme Kağıdı Lifi İçeren Lif-AYPE Kompozitlerinin FTIR-ATR Spektrumları.....	24
Şekil 8. Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıdı Lifi İçeren Lif-AYPE Kompozitlerinin FTIR-ATR Spektrumları.	25
Şekil 9. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Eğilme Dirençleri	27
Şekil 10. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Eğilmede Elastikiyet Modülleri	27
Şekil 11. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Eğilmede Oluşan Deformasyon Oranları	28
Şekil 12. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Çekme Dirençleri	29
Şekil 13. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Çekmede Elastikiyet Modülleri.....	30
Şekil 14. Lif-AYPE Kompozit Levhalarının Kopmada Uzama Miktarları.....	30
Şekil 15. Pişirme Kağıdı ve Ofis Kağıdı Liflerinin TGA Ve DTGA Grafikleri.....	31
Şekil 16. Lif-Plastik Kompozitlerin TGA Grafikleri	32
Şekil 17. Lif-Plastik Kompozitlerin DTGA Grafikleri	32
Şekil 18. Dolgu Tipinin Birinci Bozunma Basamağında DTGA Üzeri Etkisi.....	33
Şekil 19. Dolgu Tipinin İkinci Bozunma Basamağında DTGA Üzerine Etkisi.....	34
Şekil 20. Pişirme Kağıdı ΔY Değeri Üzerine Etkisi	35
Şekil 21. Isıl İşlem p ΔY Üzerine Etkisi	35
Şekil 22. Dolgu Oranının 590 °C Sıcaklıktaki Kalıntı Madde Miktarına Etkisi.....	36
Şekil 23. Örneklerin STA-6000 İle Ölçülen DSC Spektrumları	36
Şekil 24. AYPE'nin DSC Spektrumu	37
Şekil 25. Plastik Kompozitlerin DSC Diyagramları	38
Şekil 26. Plastik Kompozitlerin Soğuma Ve Erime Pikleri.....	39

Şekil 27. Pişirme Kağıdı İçeren AYPE-Lif Kompozitlerinin SEM Görüntüleri	40
Şekil 28. Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıdı İçeren AYPE-Lif Kompozitlerinin SEM Görüntüleri	41



KISALTMALAR DİZİNİ

AYPE	Aıçak Yoğunluklu Polietilen
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
IR	Kızıl Ötesi
MAPE	Maleik Anhidrit Polietilen
OPK	Odun Plastik Kompozit
PETKİM	Petrokimya Endüstrisi Genel Müdürlüğü
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA	Termogravimetrik Analiz
YYPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen

1 GİRİŞ

Piştirme kâğıtların birçoğunun içeriğinde kâğıda yağlıymış gibi kayganlık hissi veren silikonize formül, mum ya da kromstearat gibi malzemeler kullanılmaktadır.

En az farklı iki malzemenin makro boyutlarda birleşerek oluşturduğu yeni malzemeye kompozit malzeme denir.

OPK'lerin plastik malzemelere göre üstünlükleri; maliyetinin düşük, hammadde temininin kolay olması, doğada nispeten daha çabuk çözündüğü için çevre dostu olmasıdır. Ağaç malzemeye kıyasla üstünlükleri ise; yüksek boyutsal kararlılığa sahip olması, istenilen şekil farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri, fiziksel darbe, mantar ve böcek tahribatına karşı daha dayanıklı olmaları, bakım ve yenileme masraflarının düşük olması, geri dönüşümlü (atık) malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir (Dönmez, 2011).

Pencere ve kapı doğramaları, ısı yalıtımlı sistemler, bank, bahçe kulübeleri, güneş koruma sistemleri OPK'dan yapılmaktadır (Aras ve Kalaycıoğlu, 2016). OPK endüstrisinde dolgu malzemelerini tanecikler (odun tozu) ve lifsel malzemeler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırabiliriz. Fazlar arası bağlanma yüksek ise toz partiküller dolgu ya da güçlendiriciler olarak kullanılmaktadır. Toz parçacıklar hemen hemen bütün yönlerde eşit boyutlara sahiptirler ve şekil verilebilir yapıdadırlar. Lifler ise güçlendirici olarak düşünülebilir. Çünkü lifsel maddeler uygulanan yükün çoğuna dayanmakta olup, uzunlukları genişliğinden çok daha büyüktür (Matthews ve Rawlings, 1999).

Bu çalışmada plastik olarak alçak yoğunluklu polietilen ile lignoselülozik materyal olarak ısıl işlem görmüş ve ısıl işlem görmemiş piştirme kâğıtları kullanılarak oluşturulan polimer kompozitlerin fiziksel, mekanik ve termal analizleri incelenmiştir.

1.1 Plastikler

Plastikler, normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan, basınç ve ısı kullanılarak mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen veya kalıplanabilen organik polimerik maddelerdir (Hüner, 2008).

1.1.1. Plastiklerin Sınıflandırılması ve Özellikleri

Plastikler üçe ayrılır ayrılır;

- Elastomerler,
- Termosetler,
- Termoplastikler

1.1.2. Elastomerler

Kauçuk terimi ile elastomer terimi birbirinin yerine kullanılabilirler. Elastomerler amorf yapıya sahip polimerlerdir. Normal kullanım sıcaklıkları camsı geçiş sıcaklıklarının üzerindedir (Mead ve Baker, 2006).

Elastomerler eritilemez, çözülemez fakat şişebilirler. Oda sıcaklığında yumuşak ve esnek bir halde bulunurlar. Elastomerlere örnek; otomobil lastikleri ve kauçuk contaları verilebilir (Hüner, 2008).

1.1.3. Termosetler

Termoset plastikler, işlendiğinde üç boyutlu bir ağ oluşturan kimyasal bir değişim geçiren sentetik malzemelerdir. 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.

Termoset plastik türlerinin her biri benzersiz özelliklere sahiptir. Örneğin epoksiler esnektir ve kimyasallara karşı olağanüstü direnç göstermenin yanında nispeten kolay şekil alır. Kalıplanması kolay olan fenolikler kırılğan, güçlü ve serttir. Termoset

plastikler, sahip olduğu birçok özellik sayesinde araç gövdelerindeki elektrik yalıtım malzemeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Isı ile birlikte bir daha döndürülemez Şekilde sertleŐen ve bu sert halini koruyan yapıları vardır. Termosetler mukavemetleri, rijitlikleri, kullanım sıcaklıkları ve dış etkilere karşı dayanıklılıkları yönünden termoplastiklerden daha üstündürler.

1.1.4. Termoplastikler

Termoplastik, ısıtıldığında homojen bir sıvı haline gelen ve soğutulduğunda sertleŐen polimer reçinelerinden üretilen bir plastik türüdür. Ancak termoplastik dondurulduğu zaman cama benzer ve çatlamaya elveriŐli bir hal alır. Termoplastikler, bu özellikleri nedeniyle geri dnŐtrlelebilmektedir.

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.

İlk termoplastik olarak kabul edilen selüloit ilk olarak 1800'lerin ortasında kullanılmış. Günümüzdeyse gitar penalarında kullanılmaktadır.

En basit moleküler yapıya sahip olan termoplastiklerin kimyasal olarak bağımsız makro molekülleri vardır.

Isıtıldığında yumuŐar yahut erir, soğutulduğunda Őekle girer, kaynar ve katılaŐır.

Defalarca ısıtılabilir ve soğutulabilir, ciddi bir hasar almaz, bu sayede yeniden iŐlenebilir ve geri dönüŐtürülebilir.

Bu çalışmada alçak yoğunluklu polietilen ile çalıŐmalar yapıldığı için bazı özellikleri hakkında aşağıda bilgiler verilmiştir

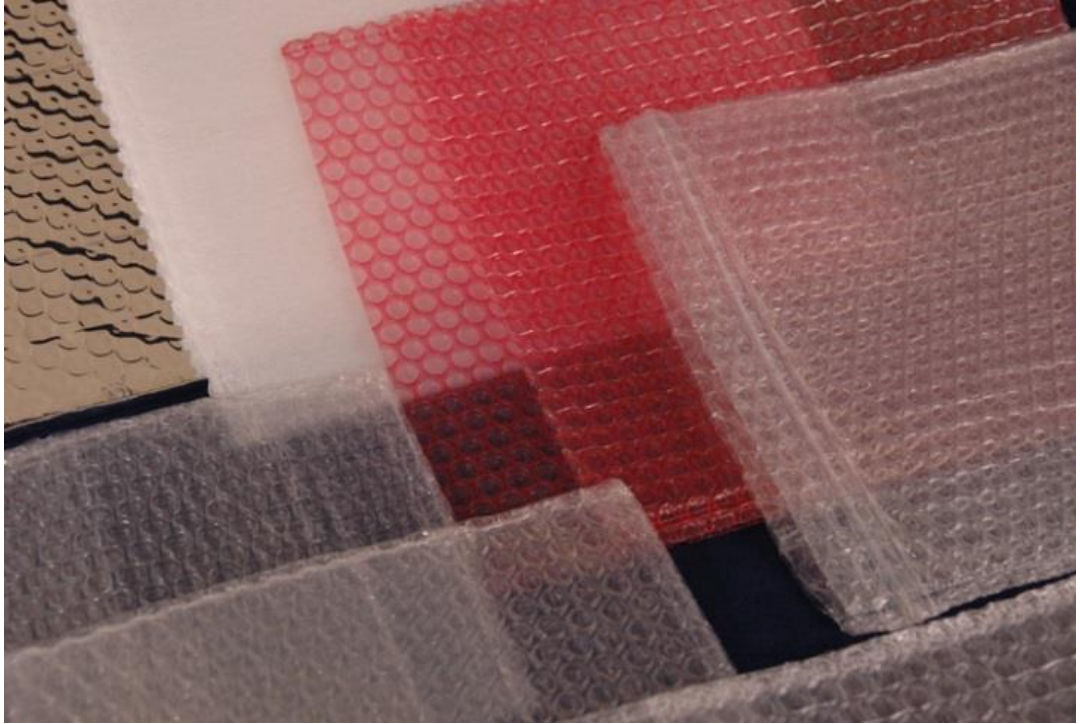
1.1.4.1. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)

Polietilenin yüksek basınç prosesi ile üretilmesiyle elde edilir. Alçak yoğunluklu polietilen termoplastik grubuna girmektedir. Yoğunluğu düŐüktür, yoğunluğu 0,910 g/cm³ ile 0,930 g/cm³ arasında üstün gerilme ve yırtılma direncine sahiptir, darbe mukavemeti yüksektir.

Erime akış hızı (190°C/2.16kg) 0,2 ile 7g/10 dk olan AYPE ürünü kullanım alanları; mağaza poşeti, stretch, balonlu naylon, ince laminasyonluk film, tuz-şeker-tavuk torbası

Erime akış hızı (190°C/2.16kg) 10 ile 50g/10 dk olan AYPE ürünü kullanım alanları; enjeksiyon kalıplama tekniği ile elde edilen mutfak eşyaları, kenetleme kapakları, oyuncaklar.

Bu plastikler genellikle yiyecek paketlenme, inşaat örtüsü, çuval, büzgü ve germe salı, ziraat örtüleri ve çöp gübre torbaları imalatında ve esneklik, sertlik ve parlaklık istenen yerlerde kullanılmaktadır. Ayrıca kağıt, kumaş gibi yüzeylerin kaplanmasında kullanılır. Bu kaplama, yüzeye sertlik verdiği gibi yüzeyin düzgün olmasını sağlar ve dış şartlara karşı direncini artırır (süt kapları, meyve suyu kutuları) (Ezdeşir ve ark., 1999).



Şekil 1. Alçak Yoğunluklu Polietilen Örneği

1.4.1.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

YYPE görünüm olarak AYPE 'e benzese de ondan çok daha sert bir polimerdir. Etilen monomerleri'nin alçak basınç altında polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Suya, kimyasal maddelere direnci iyidir. Işık ve açık hava koşullarına dayanıklı değildir. Özel dolgularla bu direnç artırılabilir. Yoğunluğu $0,940 \text{ g/cm}^3$ ten fazla olan üründür. Erime akış hızı ($190^\circ\text{C}/2.16\text{kg}$) 0,02 ile 20 aralığında erime sıcaklığı 125°C ile 135°C dir.

Erime akış hızı ($190^\circ\text{C}/2.16\text{kg}$) 0,02 ile 0,07 olan YYPE kullanım alanları; atlet tipi poşet, plastik poşet

Erime akış hızı ($190^\circ\text{C}/2.16\text{kg}$) 0,2 ile 0,7 olan YYPE kullanım alanları; şişe, kavanoz, bidon

Erime akış hızı ($190^\circ\text{C}/2.16\text{kg}$) 3 ile 20 olan YYPE kullanım alanları; kapaklar, kasa, plastik palet

YYPE'den üretilen en yaygın ürünler; plastik tüpler, atık torbaları, kablo yalıtımları, kovalar, parfüm ve losyon kapları, boru üretiminde kullanılan malzemelerden atık su ve basınçlı borularda, şişe, bidon, varil, süt, su, meyve suları, sıvı deterjanlar, motor yağı kapları, oyuncak, elektrik ve elektronik eşya imalatında kullanılmaktadır (Ezdeşir ve ark., 1999).



Şekil 2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen Örneği

1.2. Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları

Kullanıldığı Sektör-Kullanım Alanı;

- İnşaat Kapı, pencere ve çerçeve, kereste, havalandırma, çatı, merdiven
- Bina İçi Dekoratif profiller, raf, yer kaplama, tırabzan, tabla
- Otomotiv Kapı, iç panel, karoseri, arka raflar, bardak tutacakları
- Park/Bahçe Çit, park-bahçe mobilyası, kamelya, yürüyüş parkurları, çocuk parkı, bank
- Endüstriyel Ambalaj, palet, iskele, uyarı levhaları, sandık (Karakuş K.,2008)

1.2.1. Odun Plastik Kompozitlerin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları;

- Yüksek boyutsal stabiliteye sahiptirler ve çalışmaları çok azdır,
- İstenilen boyut ve şekillerde üretilebilirler,
- Çeşitli doku ve renkte üretilebilirler,
- Çatlama ya da lif kalkması görülmez,
- Böcek ve mantarlara karşı dayanıklılıkları yüksektir,
- Bakım gereksinimleri azdır,
- Geri dönüştürülebilir atık malzemelerden üretilebilirler (Karakuş, 2008).

Dezavantajları;

- Plastik hammaddenin özellikle de termoplastik matrislerin pahalı olması,
- Kompozitler gevrek yapılı malzeme olduklarından kolaylıkla zarar görürler ve onarılmalarında yeni problemler oluşmaktadır,
- Kurutmada kullanılan teknikler uzun zaman almaktadır,
- Plastikten daha düşük çarpma direncine sahiptirler (Mengeloğlu ve ark. 2002).



2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Lif Dolgu Maddesi

Plastik kompozitlerin üretiminde lif olarak işlem görmemiş ve kullanılmış pişirme kağıtlarının lifleri kullanılmıştır. Pişirme kağıtları piyasadan temin edilmiş olup silikon kaplı, fazlaca dövülmüş, opaklığı oldukça düşük yani transparan özellikteki kağıtlardır. Çalışmada bu kağıtların atıklarının kullanılabilirliğinin test edilmesi için bir kısmı 200°C’de 30dk boyunca ısıtılarak ısıtılarak plastik kompozit üretiminde kullanılmış ve ısıtılmayan kağıtların kullanıldığı kompozit ürünler ile karşılaştırılmıştır.

2.1.2 Termoplastik Polimer

Kompozit levhaların üretiminde PETKİM Sanayi’den temin edilen alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanılmıştır. AYPE’nin özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo1. 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 2’de özellikleri verilen maleik anhidrit ile aşılınmış polietilen (MAPE) kullanılmıştır.

Tablo 2. MAPE'nin 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

2.2. Lif Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitlerin Üretimi

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

2.2.1. Pişirme Kağıdı Liflerinin Hazırlanışı

Öncelikle pişirme kağıtları iki guruba ayrılmış ve guruplardan birisi kullanım amacına uygun şartları sağlamak amacıyla 200°C'de 30dk süre ile fırınlanmıştır. Fırınlanmış ve işlem görmemiş pişirme kağıtları willey tipi değirmende öğütülmüş ve sarsıntılı elek vasıtası ile 40 ile 60 mesh elek arasında kalacak şekilde tasnif edilmiştir. Elde edilen lifler üretim amacıyla 103°C'de 8 saat süre ile kurutulmuştur.



Şekil 3: Öğütülmüş Pişirme Kağıtları

2.2.2. Ekstrüzyon

Fırınlanmış ve işlem görmemiş pişirme kağıdı lifleri ile alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) 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.



Şekil 4. Tek Vidalı Ekstruder

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.



Şekil 5: Etüvde kurutulan Pişirme Kağıtları

2.2.4 Presleme

Öğütülmüş pişirme kağıdı lifleri 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

Tablo 3'te çalışmayı kapsayan deney planı yer almaktadır. Çalışma ile termal işlem görmüş pişirme kağıdı lifleri ve işlem görmemiş pişirme kağıdı liflerinin mekanik ve termal özellikleri karşılaştırılmış ve lif-plastik kompozit üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Tablo 3. Deney planı

Levha Kodu	Dolgu maddesi (Pişirme kağıdı lifi) oranı (%)	Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE) oranı (%)	MAPE (%)
Kontrol	-	100	-
10P	10	87	3
20P	20	77	3
30P	30	67	3
40P	40	57	3
	Dolgu maddesi (Isıl işlem görmüş pişirme kağıdı lifi) oranı (%)	Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE) oranı (%)	MAPE (%)
10TP	10	87	3
20TP	20	77	3
30TP	30	67	3
40TP	40	57	3

2.4 Araştırma Yöntemi

Çalışmada örneklerin, Universal test cihazı ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı, FTIR-ATR ve SEM ile karakterizasyonu, 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 yapılarının tespiti için pişirme kağıdı lifleri 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

İklmlendirilen test örnekleri $5 \times 13 \times 150$ mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Eğilme özellikleri Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi kullanılarak ASTM D 790 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 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;

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

F = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

L = Dayanak noktalan arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

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

(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 yapılmıştır. Örnekler 5x13x165 mm boyutlarına getirilmiştir. Çekme testi 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;

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

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 şeklinde 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 4'te termal işlem görmüş ve işlem görmemiş fırın kağıdı lifleri ile takviye edilmiş plastik levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve deformasyon yüzdesinin ortalama değerleri (X) ve standart sapmaları (S) görülmektedir. Örneklerle uygulanan One Way Anova testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki farklılık anlamlı çıkmıştır ($p < 0,05$). Örneklerle ayrıca Duncan testi uygulanmış ve tabloda gruplar belirtilmiştir.

Tablo 4. 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	0,30	184,00	26,95	7,54	0,90
Pişirme kağıdı	10P	8,84	0,80	361,60	36,41	7,94	0,49
	20P	10,13	0,64	445,80	24,46	7,5	0,07
	30P	12,34	1,42	591,80	80,37	6,58	0,30
	40P	15,22	1,06	859,60	79,17	5,34	0,25
Isıl işlem görmüş pişirme kağıdı	10TP	6,13	1,10	245,60	36,23	8,12	0,56
	20TP	11,20	0,41	521,60	25,05	7,2	0,23
	30TP	11,58	0,27	542,20	12,38	7,3	0,34
	40TP	11,16	0,65	562,20	48,76	6,22	0,49

Eğilmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analiz sonuçları Tablo 5'te görülmektedir. Çoğul varyans analiz sonuçlarına göre a dolgu tipi yani ısıl işlem görmüş ve görmemiş pişirme kağıdı liflerinin etkisi %5 hata payı ile önemsiz, dolgu oranının ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise sırasıyla %2,9 ve %0 hata payı ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Eğilmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi	
	Hipotez	10117801,280	1	10117801,280	21,872	0,010
	hata	1828306,023	3,952	462590,380 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	1750823,320	4	437705,830	8,741	0,029
	hata	200309,480	4	50077,370 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	74961,920	1	74961,920	1,497	0,288
	hata	200309,480	4	50077,370 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	200309,480	4	50077,370	24,340	0,000
	hata	82296,000	40	2057,400 ^c		

Eğilme direncinin çoğul varyans analiz sonuçları Tablo 6'da görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre %5 hata payı ile dolgu tipinin etkisinin önemsiz olduğu bununla birlikte dolgu oranının ve dolgu tipi ile dolgu oranının etkileşiminin sırasıyla % 2,9 ve 0 hata payı ile etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Eğilme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi	
Toplam	Hipotez	4803,176	1	4803,176	44,615	0,002
	hata	438,957	4,077	107,659 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez	390,331	4	97,583	9,087	0,028
	hata	42,953	4	10,738 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez	20,814	1	20,814	1,938	0,236
	hata	42,953	4	10,738 ^b		
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	42,953	4	10,738	17,203	0,000
	hata	24,969	40	0,624 ^c		

3.1.2 Çekme Özellikleri

Isıl işlem görmüş ve görmemiş pişirme kağıtları ile takviye edilmiş kompozit levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarının ortalama değerleri (X) ve standart sapmaları (S) Tablo 7'de görülmektedir. Örneklerle uygulanan One Way Anova testi sonuçlarına göre $p < 0,05$ olduğu için gruplar arasındaki farklılık anlamlı çıkmıştır. Örneklerle ayrıca Duncan testi de uygulanmış ve Tablo 7'de gruplar belirtilmiştir.

Tablo 7. 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	0,27	235,00	25,37	347,40	137,18
Pişirme kağıdı	10P	6,85	0,78	372,80	33,07	7,50	1,35
	20P	7,12	1,02	507,60	47,19	4,74	1,46
	30P	8,66	0,32	628,60	33,93	4,50	0,78
	40P	8,96	1,04	862,00	72,37	2,56	0,28
Isıl işlem görmüş pişirme	10TP	5,09	1,29	263,00	51,56	8,10	1,37
	20TP	7,49	0,33	526,40	69,84	4,58	0,54
	30TP	7,86	0,11	533,60	26,49	6,06	0,91
	40TP	6,51	0,66	570,80	89,00	2,62	0,30

Çekmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analiz sonuçları Tablo 8’de görülmektedir. Çoğul varyans analiz sonuçlarına göre dolgu tipi yani ısıl işlem gören ve görmeyen pişirme kağıdı lifi kullanımının %5 hata payı ile önemsiz, dolgu oranının ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise sırasıyla %2,3 ve %0 hata payı ile etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8. Çekmede elastikiyet modülünün çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik Kareler		F-Hesap	Önem düzeyi
		derecesi	ortalaması		
Toplam	Hipotez	11209165,520	1	11209165,520	24,376 0,007
	hata	1938081,228	4,215	459840,020 ^a	
Dolgu oranı (A)	Hipotez	1535640,280	4	383910,070	10,122 0,023
	hata	151719,880	4	37929,970 ^b	
Dolgu tipi (B)	Hipotez	113859,920	1	113859,920	3,002 0,158
	hata	151719,880	4	37929,970 ^b	
Dolgu oranı* dolgu tipi	Hipotez	151719,880	4	37929,970	13,968 0,000
	hata	108620,400	40	2715,510 ^c	

Çekme direncinin çoğul varyans analiz sonuçları Tablo 9’da görülmektedir. Tablodaki verilere göre %5 hata payı ile dolgu tipinin etkisinin önemsiz olduğu bununla birlikte dolgu oranının % 1,2 hata payı ile ve dolgu tipi ve dolgu oranının etkileşiminin %0 hata ile etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9. Çekme direncinin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi
Toplam	Hipotez 2925,0	1	2925,054	146,751	0,003
	hata 49,869	2,502	19,932 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez 50,645	4	12,661	3,633	0,120
	hata 13,939	4	3,485 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez 10,756	1	10,756	3,087	0,154
	hata 13,939	4	3,485 ^b		
Dolgu oranı * dolgu tipi	Hipotez 13,939	4	3,485	6,715	0,000
	hata 20,759	40	0,519 ^c		

Tablo 10’da kopmada uzama miktarının çoğul varyans analizine ait sonuçlar görülmektedir. Tablodan görüldüğü dolgu oranı etkili iken dolgu tipi ve iki değişkenin etkileşimlerinin etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 10. Kopmada uzama miktarının çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem düzeyi
Toplam	Hipotez 270450,706	1	270450,706	1,154	0,343
	hata 937598,971	4,000	234397,967 ^a		
Dolgu oranı (A)	Hipotez 937588,315	4	234397,079	189979,801	0,000
	hata 4,935	4	1,234 ^b		
Dolgu tipi (B)	Hipotez 2,122	1	2,122	1,720	0,260
	hata 4,935	4	1,234 ^b		
Dolgu oranı * dolgu tipi	Hipotez 4,935	4	1,234	0,000	1,000
	hata 150581,472	40	3764,537 ^c		

3.2 Termal Özelliklere Ait Bulgular

3.2.1 Termogravimetrik Analizlere Ait Bulgular

Pişirme kağıdı ve ısıl işlem görmüş pişirme kağıdı lifi ile takviye edilmiş plastik levhaların termogravimetrik analizleri sonucu hesaplanan dönüm noktası sıcaklığı, bozunma oranı ve 590°C’de ki kalıntı miktarına ait bulgular Tablo 11’de yer almaktadır.

Tablo 11. Örneklerin termogravimetrik analiz sonuçlarına ait bulgular

		Kont.	10P	20P	30P	40P	10TP	20TP	30TP	40TP
1. Basamak	Başlangıç sıcaklığı (°C)	-	344,9	343,8	343,4	340,3	344,1	342,5	342,7	342,1
	Dönüm noktası (°C)	-	371,3	370,0	369,7	368,1	371,7	370,1	372,1	371,6
	Son sıcaklık (°C)	-	381,3	383,8	383,4	381,9	383,1	384,0	384,6	383,8
	ΔY (%)	-	4,7	10,8	17,5	27,3	7,7	14,0	17,2	21,0
2. Basamak	Başlangıç sıcaklığı (°C)	455,5	469,0	469,2	469,0	468,8	468,3	468,5	467,8	466,9
	Dönüm noktası (°C)	481,3	490,4	488,5	490,5	492,6	490,5	490,5	489,0	488,8
	Son sıcaklık (°C)	495,5	503,0	503,4	503,7	508,2	502,5	502,9	502,2	503,7
	ΔY (%)	99,3	89,3	82,2	73,4	60,8	86,3	77,7	73,5	68,0
	590 °C'deki kalıntı miktarı (%)	0,05	0,6	1,5	2,5	4,0	1,3	2,1	2,8	3,3

3.2.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizine Ait Bulgular

Piştirme kağıdı ve atık piştirme kağıdı (termal işlem görmüş) lifleri ile takviye edilmiş plastik levhaların DSC analizi sonucu hesaplanan bulgular Tablo 12'de yer almaktadır.

Tablo 12. 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
10P	94,34	-28,01	-68,77	112,40	19,48	71,24	24,85
20P	95,40	-19,31	-59,34	111,74	12,88	55,99	19,53
30P	95,52	-18,66	-43,35	111,55	13,97	41,78	14,57
40P	96,49	-13,39	-41,88	111,40	9,98	34,83	12,15
10TP	95,22	-25,87	-66,11	111,47	16,83	65,42	22,82
20TP	95,56	-21,34	-60,29	111,13	14,11	53,99	18,83
30TP	95,74	-18,11	-52,44	110,94	12,02	53,47	18,65
40TP	96,19	-16,89	-52,75	111,33	12,10	48,44	16,90

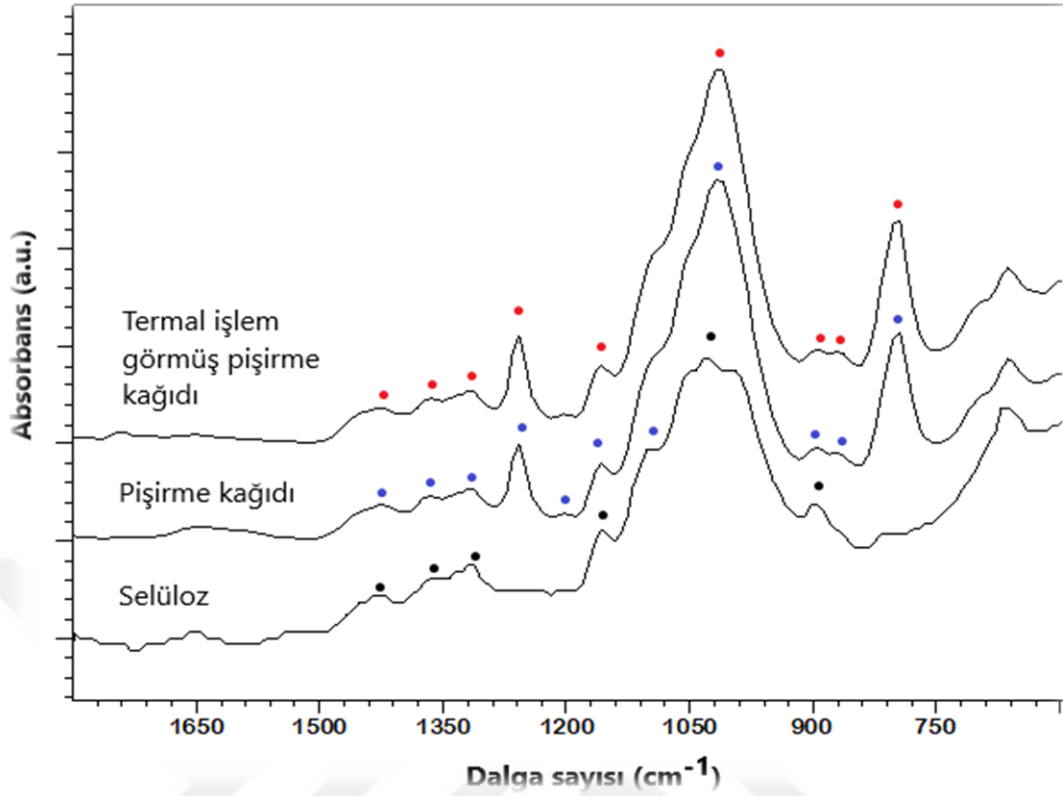
4 TARTIŞMA

4.1 Pişirme Kağıdı ve Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıdı Lifleri ile Takviye Edilen AYPE Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu

4.1.1 Dolgu Maddesi ve Lif-Plastik Kompozitlerin FTIR-ATR Spektrumları

Şekil 6'da dolgu olarak kullanılan pişirme kağıdı, ısıl işlem görmüş pişirme kağıtları (atık pişirme kağıdı) ve karşılaştırma amacıyla selülozun 600-4000 cm^{-1} bandında FTIR-ATR ile çekilmiş spektrumları görülmektedir. Tablo 13'te ise selülozik malzemelerin karakteristik bant bölgeleri verilmiştir. Spektrumlar incelendiğinde de üç kağıt tipinde de selüloz ile ilişkili olan 897, 1048, 1101 ve 1154 cm^{-1} dalga sayısındaki pikler açıkça görülmektedir. Bununla birlikte fırınlanmış kağıtların işlem görmeyen kağıtlardan çok farklı bir spektrum vermediği de tespit edilmiştir. Buna karşın ısıl işlem gören kağıtların renkleri sararmış yer yer esmerleşmiş ve daha kırılğan bir yapıya dönüşmüştür.

Araştırmadan elde edilen bulgular, araştırma konusuyla benzer daha önceden yapılmış olan çalışmaların bulguları ile karşılaştırılarak tartışılır. Bu süreçte, araştırmadan elde edilen bulguların literatürde yer alanlarla uyuşmaması halinde, araştırmacı bunun nedenlerini açıklamalıdır. Tartışma bulgular bölümünde de yapılabilir. Bu durumda Bulgular ve Tartışma başlığı kullanılabilir.



Şekil 6. Pişirme kağıdı ve ısı işlem görmüş pişirme kağıtlarının FTIR-ATR spektrumları

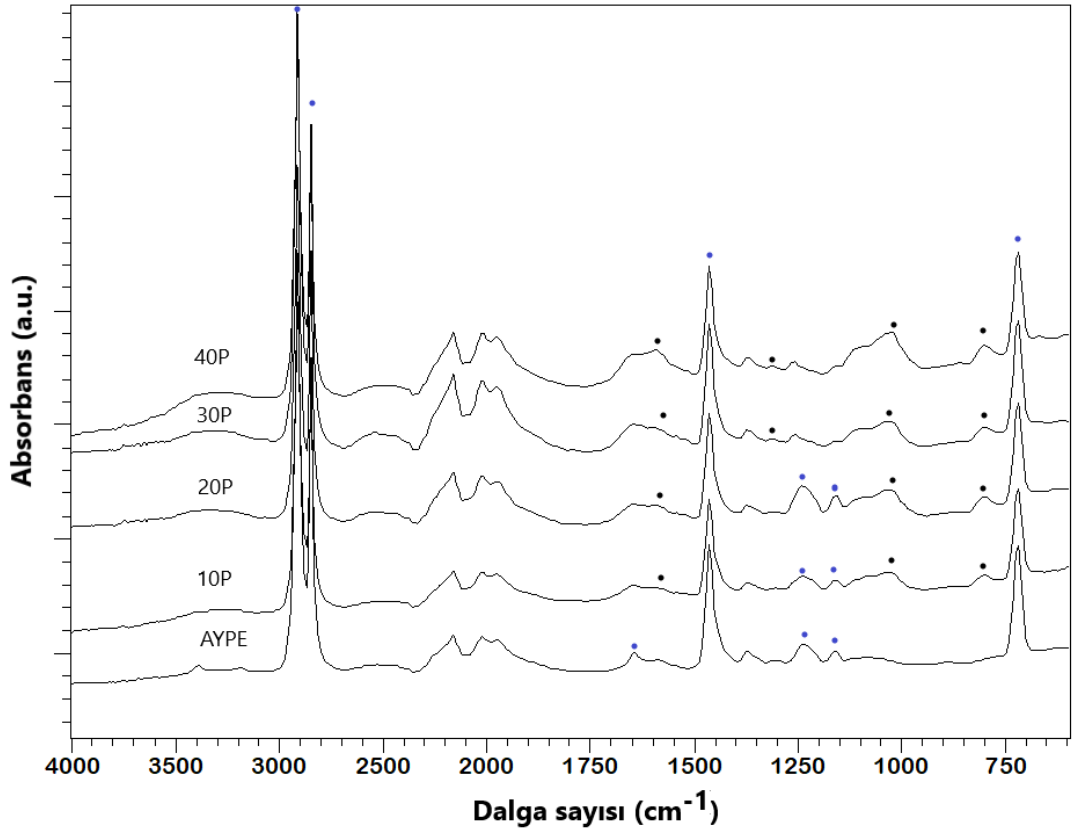
Şekil 6 daki spektrumlarda selülozdan farklı olarak ısı işlem görmüş ve görmemiş iki pişirme kağıdı spektrumunda da 796 ve 1259 cm^{-1} dalga sayısında çok belirgin iki pik yer almaktadır. Bilindiği gibi çoğu pişirme kağıdı ısıya dayanıklılık açısından polidimetilsiloksan (PDMS) yani silikon ile kaplanmaktadır (Jakob ve ark., 2016). PDMS'nin FTIR-ATR spektrumunda, $789-796$ cm^{-1} bandı $-\text{CH}_3$ salınımı, Si-CH_3 'de Si-C gerilimini, $1020-1074$ cm^{-1} bandı Si-O-Si gerilimini ve $1260-1259$ cm^{-1} bandı Si-CH_3 te CH_3 deformasyonunu belirtmektedir (Johnson ve ark., 2013). Bu sonuçlara göre dolgu maddesi olarak kullandığımız lifsel malzemenin önemli ölçüde silikon içerdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 13. Selülozik malzemelerin kızılötesi spektrumdaki dalgasayısı karakterizasyonu

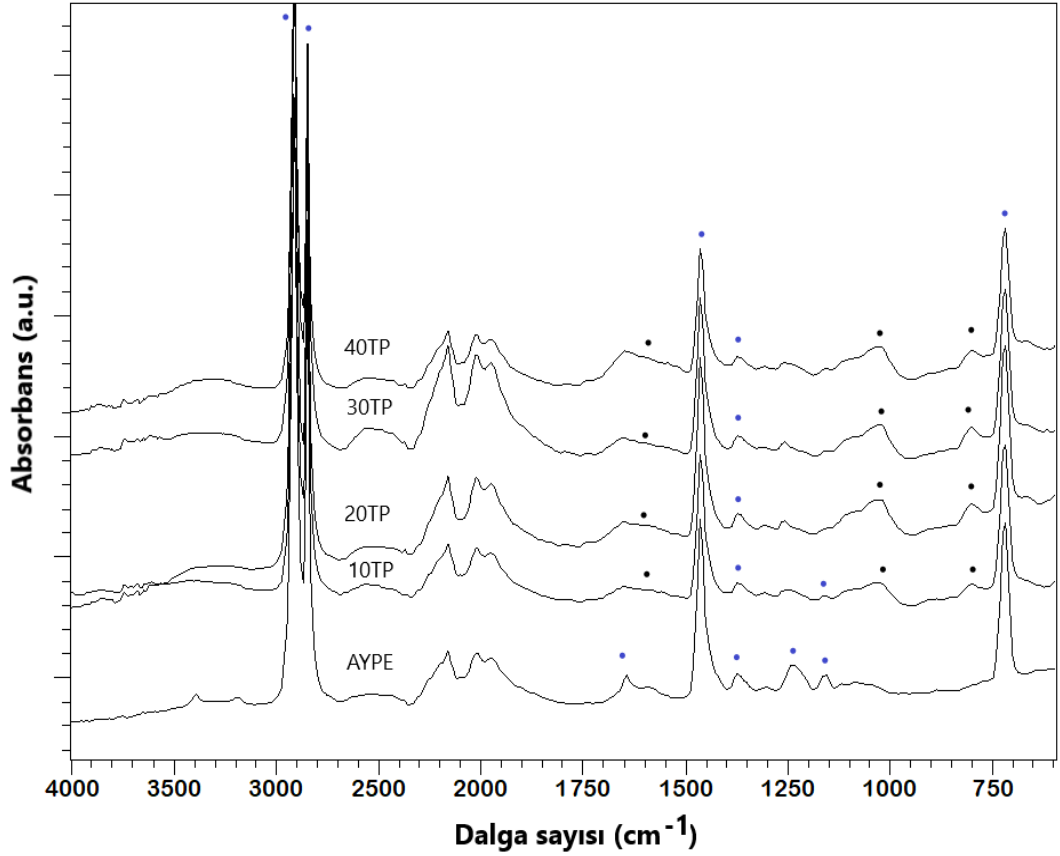
Dalga sayısı (cm⁻¹)	Ana gruplar ve titreşim modları	Belirttiği bileşen
1739-1732	Konjuge olmayan ketonlar ile karbonhidratların karbonil ve alifatik gruplarının C=O gerilmesi (Marchessault and Liang, 1962)	Hemiselüloz (ksilan, glukomannan)
1430-1421	CH ₂ bükülme deformasyonu (Nelson and O'Connor 1964), 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 aromatic metoksi gruplarındaki C-O bağlanması (Faix 1991)	Lignin
1235-1226	Alkil-aril-eter bağları (Nuopponen, 2005), siringil halkası ve lignin ve ksilandaki C=O 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 deformasyonun 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 7 ve 8'de sırasıyla pişirme kağıdı ve ısıtılmış pişirme kağıdı lifi içeren AYPE-lif kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları görülmektedir. Üretilen kompozit levhaların tümünde Tablo 14'te belirtilen polietilenin IR bölgelerinden 2915, 2845, 1464, 1377 ve 717 cm⁻¹ bandındaki pikler net bir şekilde görülmektedir bununla birlikte çok zayıf sinyal veren 1159 cm⁻¹ deki pikin artırılan dolgu maddesi oranıyla kaybolduğu da tespit edilmiştir. Bu pik sallanma deformasyonunu temsil etmektedir.

Lif plastik kompozitlerin spektrumları incelendiğinde dolgu oranının artışı ile birlikte selülozun karakteristik piklerinin yer aldığı 1026, 1100 ve 1640 cm^{-1} dalga sayısında pik yoğunluğunun da arttığı görülmektedir. Ayrıca dolgu maddesi ilavesi ile birlikte yaklaşık 799 cm^{-1} civarında silikondan kaynaklanan pikte görülmektedir. Dolgu oranı ile birlikte 1235 cm^{-1} 'de yer alan pik yoğunluğunu kaybederken özellikle %30 ve %40 dolgu içeren örneklerde 1258 cm^{-1} 'de pik oluşumu gözlenmiştir. Bu pik te silikonun varlığını belirtmektedir.



Şekil 7. Pişirme kağıdı lifi içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları



Şekil 8. Isıl işlem görmüş pişirme kağıdı lifi içeren lif-AYPE kompozitlerinin FTIR-ATR spektrumları

Tablo 14. 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 asimetrik gerilimi	Kuvvetli
2851-2845	C-H gerilimi, CH ₂ simetrik gerilimi	Kuvvetli
1473 ve 1463	CH ₂ bükülme deformasyonu	Kuvvetli
1377	CH ₃ simetrik deformasyonu	Zayıf
1366 ve 1351	Dalgalanma deformasyonu	Orta
1306	Burulma deformasyonu	Zayıf
1176	Dalgalanma deformasyonu	Çok zayıf
731-720	CH ₂ sallanım deformasyonu	Orta

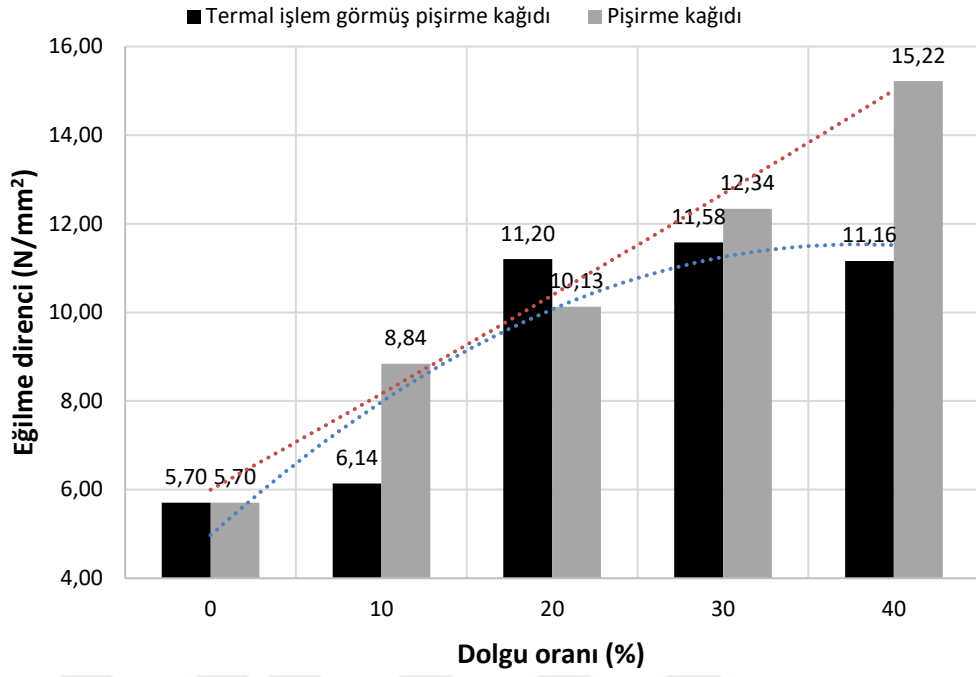
4.2 Mekanik Özellikler

4.2.1 Eğilme Özellikleri

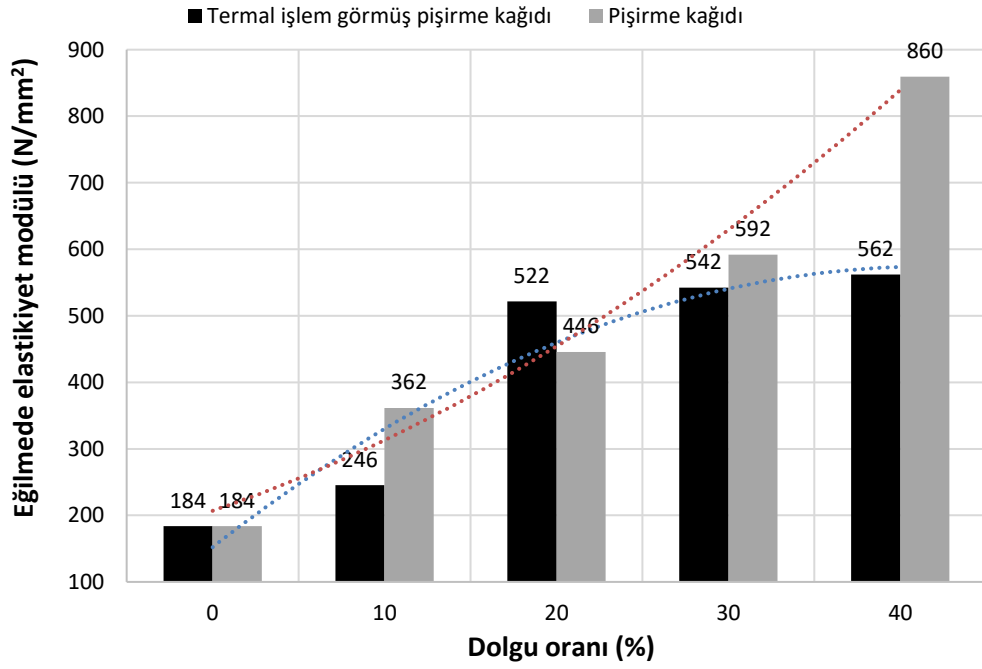
Şekil 9'da pişirme kağıdı ile takviye edilen AYPE'nin eğilme direnç değerleri görülmektedir. Alçak yoğunluklu polietilenin eğilme direnci 5,70 N/mm² ile en düşük değer olarak belirlenmiştir. Grafiklerden her iki dolgu tipi için dolgu oranı

artırıldıkça eğilme direncinin arttığı görülmektedir. İstatistiksel açıdan da dolgu oranını etkisi anlamlı bulunmuştur. En yüksek eğilme direnci değeri %40 ısıtım işlem görmeyen pişirme kağıdı lifi içeren levhalarda $15,22 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak dolgu tipinin %5 hata payı ile etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın şekil 4'ten görüldüğü gibi %30 ve %40 dolgu oranlarında ısıtım işlem görmüş ve görmemiş pişirme kağıdı lifi içeren levhaların eğilme dirençleri farklılaşmıştır. İstatistiksel olarak dolgu oranı ve tipinin etkileşimi anlamlı bulunmuştur. Pişirme kağıdı lifinin %30 oranında kullanımı ile eğilme direnci $12,34 \text{ N/mm}^2$ 'ye çıkarken ısıtım işlem görmüş liflerde eğilme direnci $11,58 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. %40 oranında ısıtım işlem görmeyen pişirme kağıdı lifi içeren örneğin eğilme direnci, ısıtım işlem görmüş lif içeren örneğe göre yaklaşık $4,06 \text{ N/mm}^2$ daha yüksek ölçülmüştür. Benzer etki eğilmede elastikiyet modülünde de görülmüştür. Lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhaların viskoz akış etkisi (akıcılığı) azalır ve buna bağlantılı olarak elastikiyet modülü atmaktadır (Brant ve Fridley, 2003). En yüksek elastikiyet modülü 860 N/mm^2 ile %40 pişirme kağıdı lifi içeren levhalarda elde edilirken en düşük değer 184 N/mm^2 ile kontrol örneği olan %100 AYPE ile elde edilmiştir. İstatistiksel olarak ta dolgu oranının elastikiyet modülünü arttırdığı belirlenmiştir. %40 oranında pişirme kağıdı lifi kullanımı ısıtım işlem gören pişirme kağıdı lifine göre kompozit levhanın eğilmede elastikiyet modülünü yaklaşık 298 N/mm^2 artırmıştır. Miah ve arkadaşlarının (2011) jut ve AYPE ile yaptıkları çalışmada %20 dolgu oranına kadar eğilme direncinin arttığı daha yüksek oranlarda kontrolden yüksek olmakla birlikte azalış gösterdiği tespit edilmiştir.

Isıtım işlem görmeyen bir diğer ifade ile kullanılmamış pişirme kağıdı lifi içeren levhaların, ısıtım işlem görmüş yani fırında kullanıldıktan sonra işleme dâhil edilen pişirme kağıdı liflerinden daha yüksek eğilme dirençleri vermesinin nedeni selüloz liflerinin daha önceden 250°C 'ye kadar çıkan ısıtım işlem ile zarar görmesi ve esnekliğini kaybederek daha kırılğan gevrek bir yapıya dönüşmüş olmasıdır.



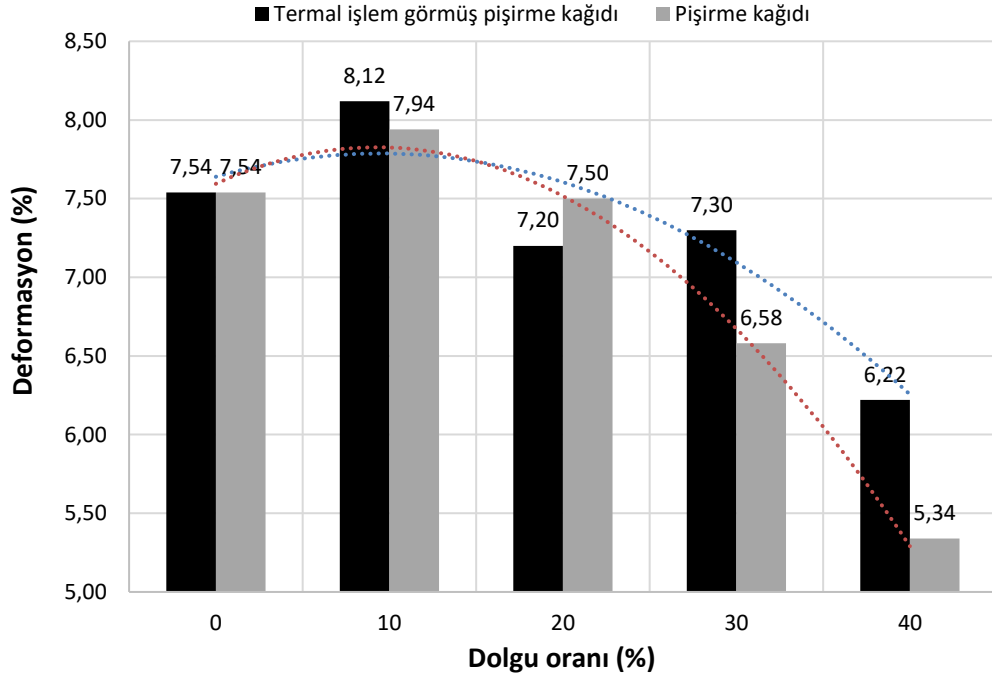
Şekil 9. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilme dirençleri



Şekil 10. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede elastikiyet modülleri

Şekil 11’de levhaların eğilmedeki deformasyon oranları görülmektedir. Grafiklerden deformasyonun %10 oranına kadar arttığı %20 oranından sonra azaldığı görülmektedir. Isıl işlem görmeyen pişirme kağıdı liflerini içeren lavhaların %30 ve

%40 oranlarında ısıtıl işlem gören lifleri içeren levhalara göre yaklaşık %1daha az deforme olduğu görülmektedir.

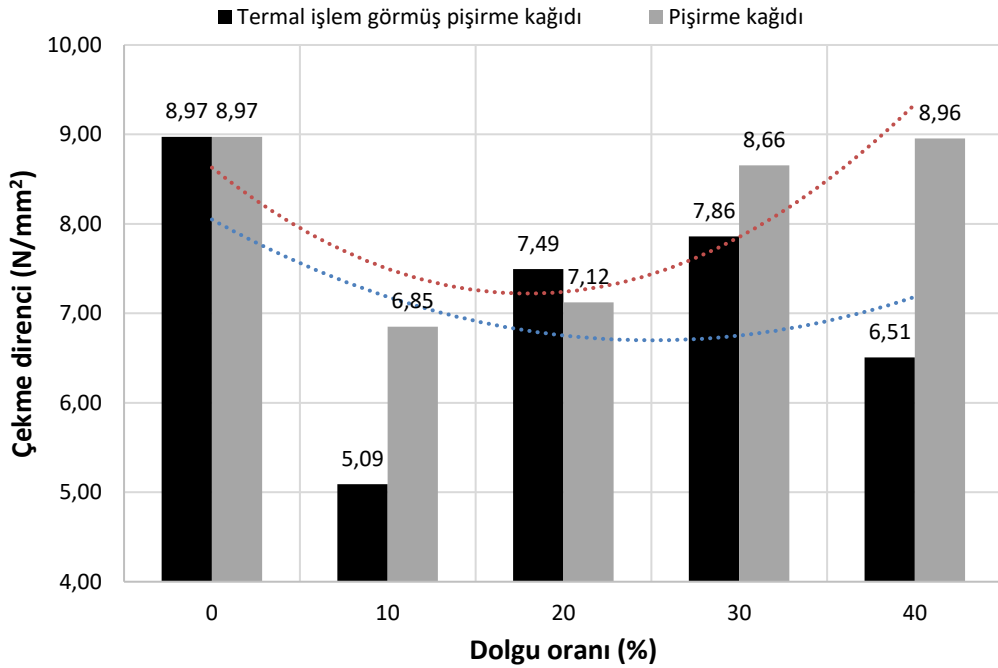


Şekil 11. Lif-AYPE kompozit levhalarının eğilmede oluşan deformasyon oranları

4.2.2 Çekme Özellikleri

Şekil 12, 13 ve 14'de pişirme kağıdı lifleri ile takviye edilmiş plastik levhaların sırasıyla çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopma sırasındaki uzama miktarlarına ait değerler görülmektedir. Şekil 7'den görüldüğü gibi kontrol örneği olan alçak yoğunluklu polietilenin çekme direnci $8,97 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Grafikler incelendiğinde çekme direnci %10 dolgu oranıyla önemli derecede azalmış ve %20 dolgu oranıyla tekrar artışa geçmiştir. En yüksek çekme direnci kontrol örneği olan %100 AYPE ile elde edilmiştir. Kontrol örneğinden sonra en yüksek direnç ısıtıl işlem görmemiş %40 oranında lif içeren örneklerde $8,96 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel açıdan dolgu oranının etkisinin olduğu dolgu tipinin ise etkili olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte %20 dolgu oranı hariç ısıtıl işlem görmeyen levhaların daha yüksek çekme direnci değerleri verdiği şekil 7'den görülmektedir.

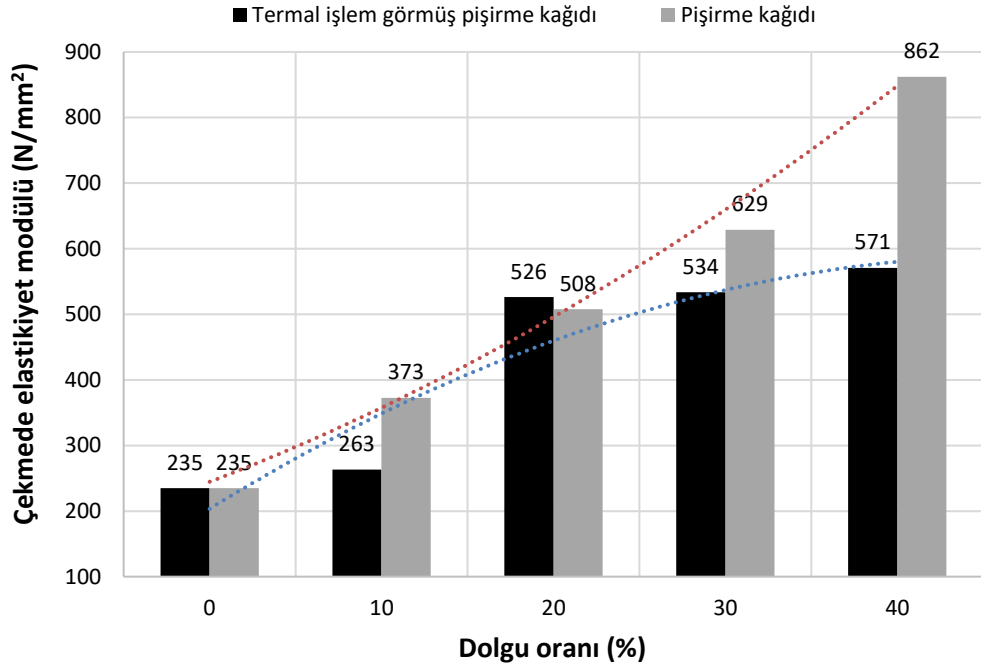
Çekmede elastikiyet modülünde durum biraz daha farklı olup dolgu oranının artışı ile birlikte modülün neredeyse lineer bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. En yüksek değer %40 ısıtılmış işlem görmeyen lif içeren levhalarda 862 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Kontrol örneğinde bu değer 235 N/mm^2 civarında ölçülmüştür. İstatiksel açıdan direkt etkisi tespit edilememiş olsa da ısıtılmış işlem görmeyen lif içeren levhaların ısıtılmış işlem gören lif içeren levhalara göre daha yüksek çekmede elastikiyet modülü verdiği görülmektedir. %30 dolgu oranında aradaki fark yaklaşık 95 N/mm^2 iken %40 dolgu oranında bu fark 291 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Çekme direnci azalırken çekme modülünün artışı karışım kuralı ile izah edilmektedir. Lignoselülozik malzemelerin elastikiyet modüllerinin yüksek olması kompozit ürünlerinkini de arttırmaktadır (Ward ve Hardley 1993; Matuana ve Balatinecz, 1998; Bouafif, 2009; Zabihzadeh, 2010; Chaharmahali v.d., 2010).



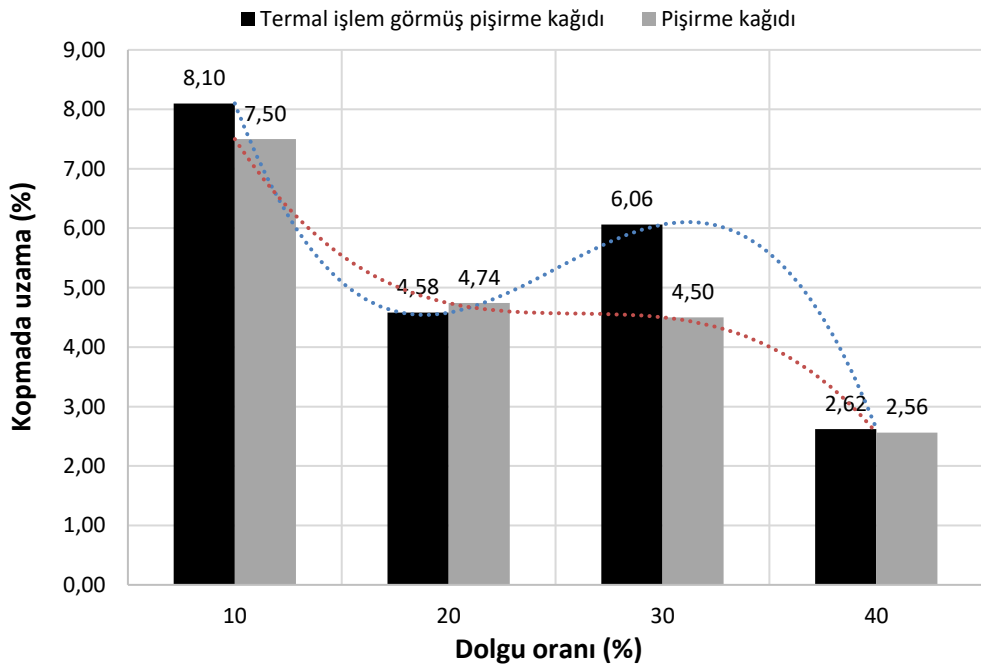
Şekil 12. Lif-AYPE kompozit levhalarının çekme dirençleri

Miah ve arkadaşları (2011) da yaptıkları çalışmada çekme direncinde kendi içerisinde artış tespit etmişlerdir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda da çekme direncinin dolgu oranı ile birlikte azaldığı belirtilmiştir (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 arttırılması 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 13. Lif-AYPE kompozit levhalarının çekmede elastikiyet modülleri



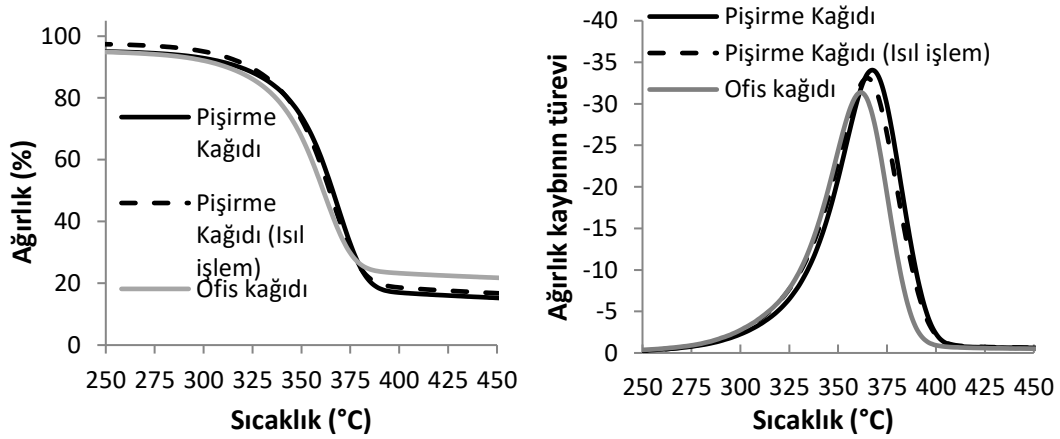
Şekil 14. Lif-AYPE kompozit levhalarının kopmada uzama miktarları.

Şekil 14’de levhaların kopma sırasındaki uzama miktarları görülmektedir. Kontrol örneğinin uzama miktarı %347 olup grafiğe konulmamıştır. Grafik incelendiğinde kopmada uzama miktarının dolgu takviyesi ile %2,56’ya kadar düştüğü görülmektedir.

4.3 Termal Özellikler

4.3.1 Termogravimetrik (TGA) Analizler

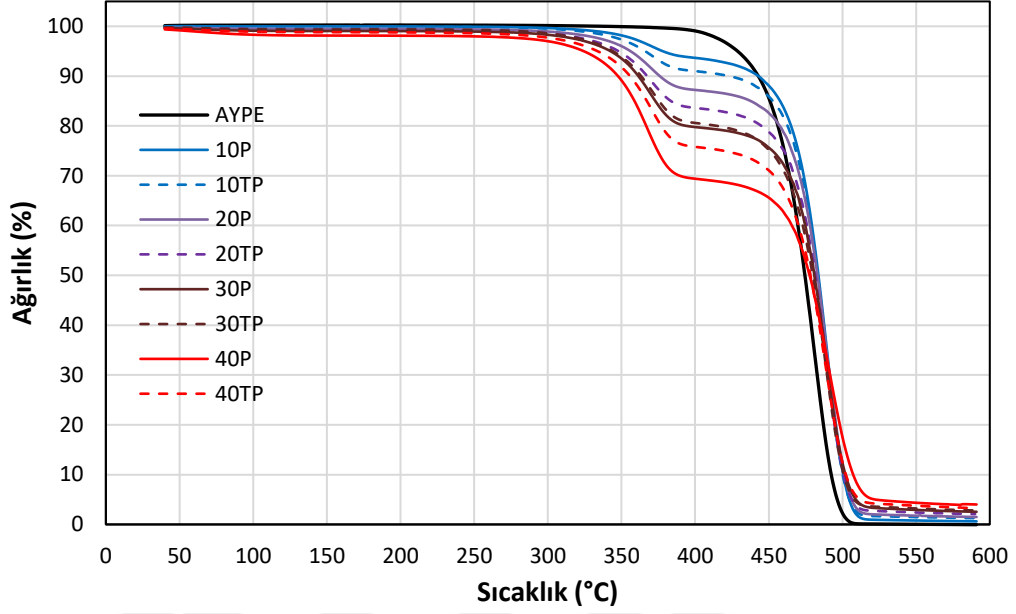
Termogravimetrik analiz bilindiği gibi zaman veya sıcaklığa göre örneklerin yanması sonucu oluşan ağırlık kaybını belirtmektedir. Şekil 15’de ısı işlem görmüş bir diğer ifade ile kullanılmış pişirme kağıdının, işlem görmemiş pişirme kağıdının ve karşılaştırma amaçlı olarak ofis kağıdının TGA ve DTGA grafikleri görülmektedir. Her iki pişirme kağıdının ağırlık kaybının türevini gösteren grafikten görüldüğü gibi pişirme kağıtlarının bozunma sıcaklıkları ofis kağıdından azda olsa daha fazla hesaplanmıştır. Bunun nedeni olarak içerdiği silikon kaplama gösterilebilir.



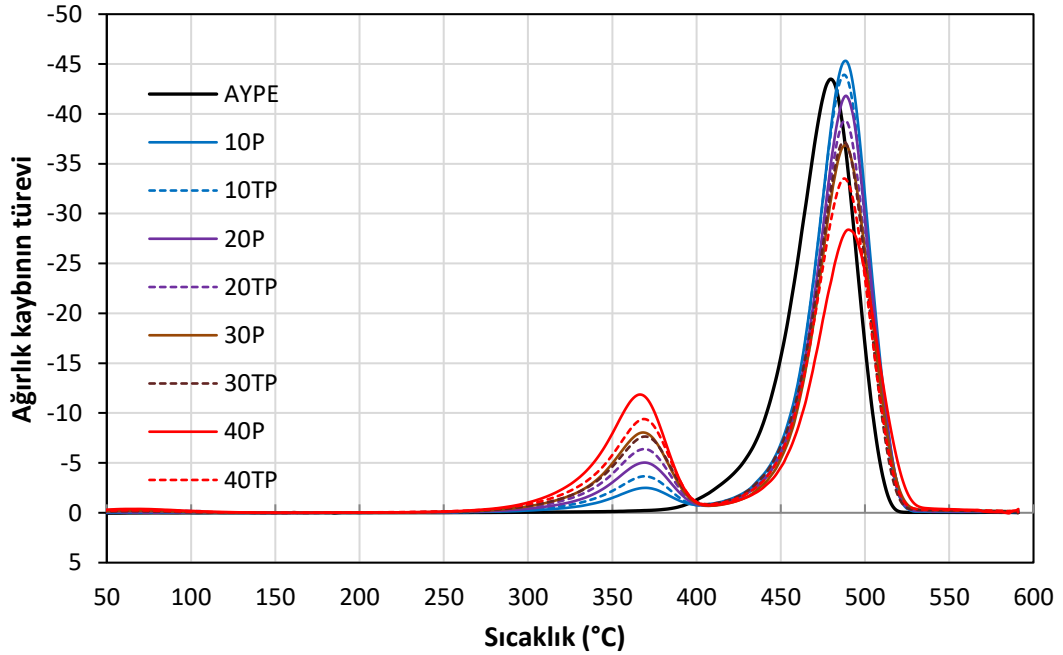
Şekil 15. Pişirme kağıdı ve ofis kağıdı liflerinin TGA ve DTGA grafikleri

Şekil 16’da lif-plastik kompozitlerin TGA grafiği görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi ağırlık kaybı kompozit levhalarda iki basamakta gerçekleşmektedir. İlk basamak selülozun, ikinci basamak ise AYPE’nin bozunmasını göstermektedir. Şekil 17’de ise ağırlık kaybının türevine ait grafik görülmektedir. DTGA grafikleri incelendiğinde rutubetin uzaklaştığı 100°C civarı göz ardı edilirse yaklaşık 380°C ve 480-490°C sıcaklık aralıklarında iki adet bozunma piki bulunmaktadır. Cihaz üzerinden hesaplanan dönüm noktası sıcaklıkları (Tablo 11) ilk basamak için çok

değişiklik göstermez iken ikinci basamakta kontrole göre yaklaşık 10°C kadar artmıştır.



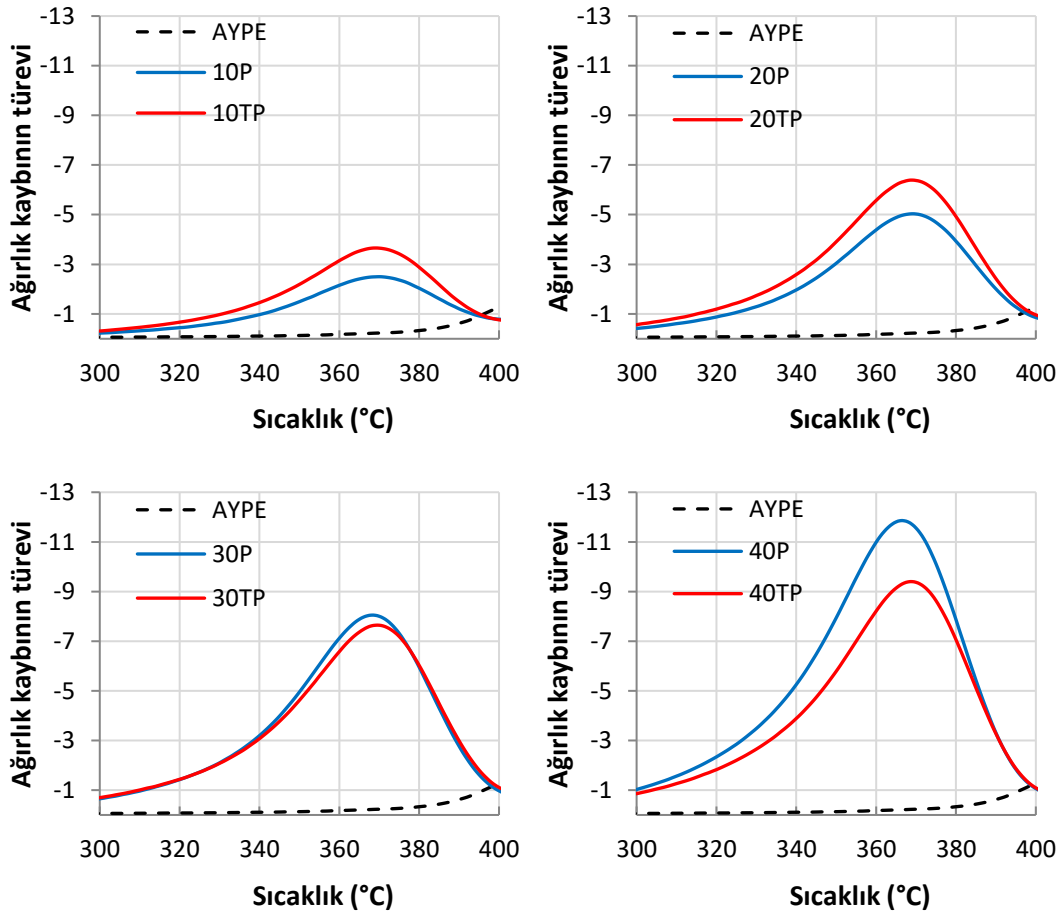
Şekil 16. Lif-plastik kompozitlerin TGA grafikleri



Şekil 17. Lif-plastik kompozitlerin DTGA grafikleri

Şekil 18’de dolgu tipinin birinci basamakta DTGA üzerine etkisi görülmektedir. Şekil incelendiğinde dolgu oranının artışı ile pik yüksekliğinin bozulan dolgu maddesi miktarın artışı ile birlikte arttığı görülmektedir. Grafikler ayrı ayrı

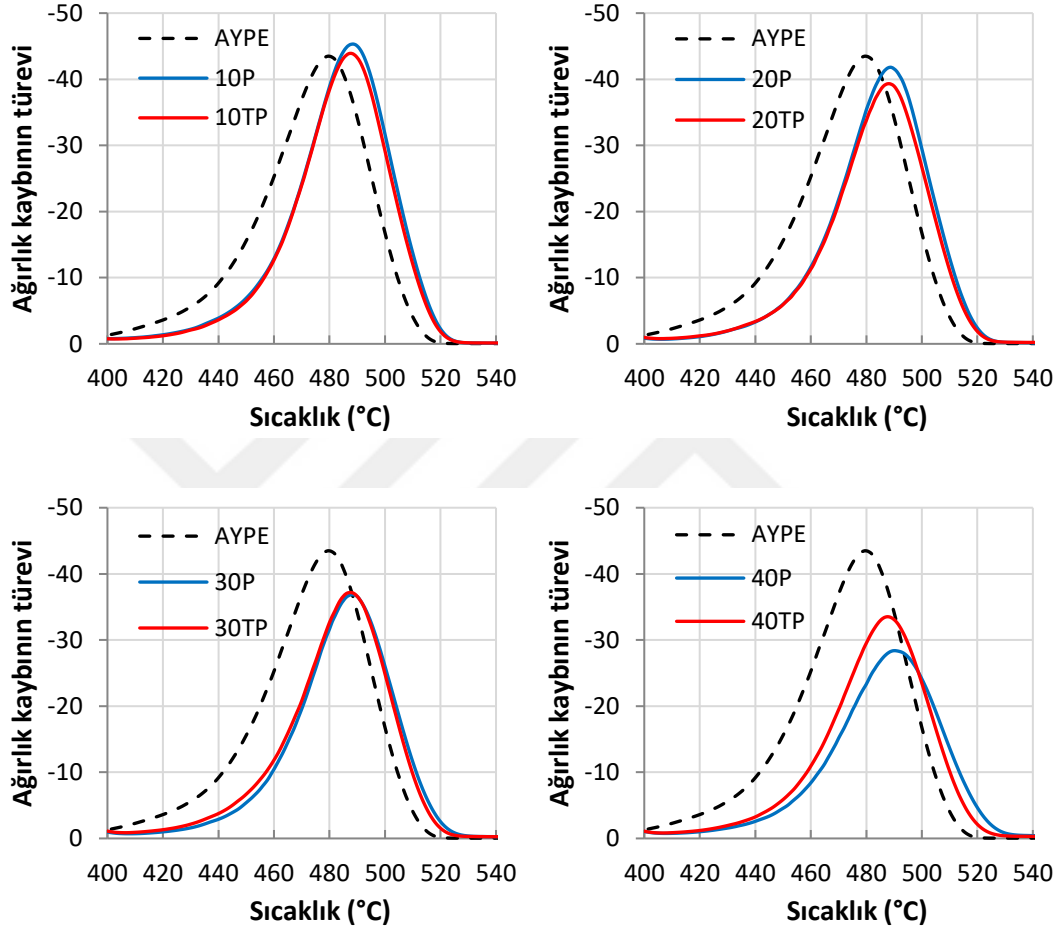
incelendiğinde dolgu tipinin bozunma sıcaklığı üzerinde çok büyük etkisinin olmadığı görülmektedir. %10 dolgu maddesi için pişirme kağıdı 370°C’de ısıl işlem görmüş pişirme kağıdı 369°C’de pik yapmıştır. %20 dolgu oranı için pişirme kağıdı lifi 369°C’de, ısıl işlem görmüş pişirme kağıdı lifi 368°C’de, %30 dolgu oranı için pişirme kağıdı lifi içeren levha 368°C’ve ısıl işlem görmüş pişirme kağıdı lifi içeren levha 370°C’de pik yapmıştır. %40 oranında da bu sıcaklıklar sırasıyla 366°C ve 369°C olarak belirlenmiştir. %40 oranında daha önceden ısıl ön işlem gören kağıdın 3°C daha düşük sıcaklıkta bozunduğu anlaşılmaktadır. Selüloz bilindiği gibi kararlı polimerik yapısı nedeniyle yüksek sıcaklıklarda 315-400°C’de prolize uğramaktadır(Yang ve ark., 2007).



Şekil 18. Dolgu tipinin birinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi

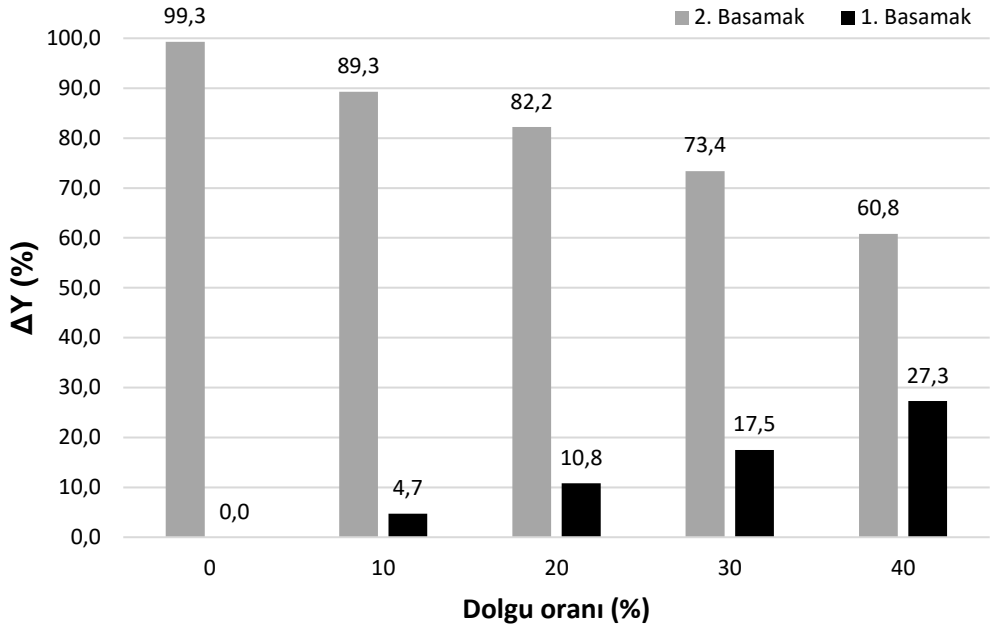
Şekil 19’te Pişirme kağıdı liflerinin plastiğin bozunma sıcaklığı üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde pişirme kağıdı liflerinin AYPE’nin bozunma sıcaklığını 480°C den 490°C civarına çıkardığı görülmektedir. Kendi içerisinde dolgu tipi arasında çok önemli bir sıcaklık farkı oluşmamıştır. Kontrol örneğine göre

10°C'lik fark oldukça dikkat çekici bir artıştır. Buna pirolizi diğer lignoselülozik materyale göre selüloz içeriği zengin kağıdın kendisi ve ısı dayanımı ve kayganlığı artırmak amacıyla kullanılan silikon neden olmuştur. Mettler Toledo'nun uygulama raporuna (2009) göre silikonun bozunma pik sıcaklıkları 522,5 ve 681,1°C olarak tespit edilmiştir.

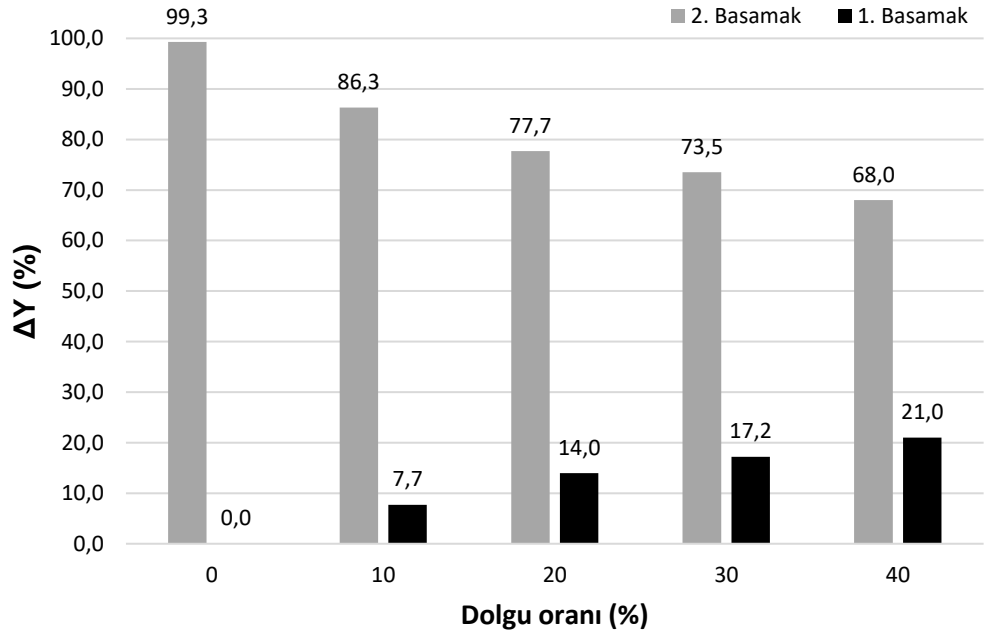


Şekil 19. Dolgu tipinin ikinci bozunma basamağında DTGA üzerine etkisi

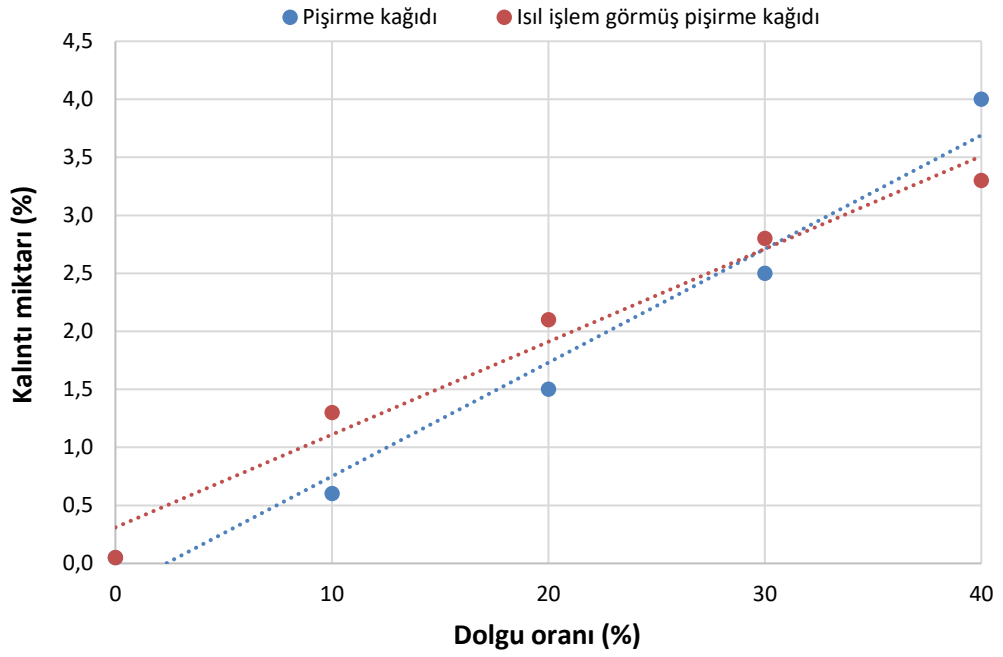
Şekil 20 ve 21'de sırasıyla pişirme kağıdı lifi ve ısı işlem görmüş pişirme kağıdı lifinin ΔY değeri üzerine etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde dolgu oranı ile birlikte birinci basamağın ΔY değerini arttırdığı ikinci basamağın ise ΔY değerini beklenildiği şekilde azalttığı görülmektedir. Şekil 22'de yanma sonucu oluşan kalıntı madde miktarları görülmektedir. Kalıntı miktarının dolgu oranı ile arttığı görülmektedir. Dolgu maddesi oranının artırılması ile kalıntı miktarı %0,5'ten yaklaşık %4'e kadar artmıştır.



Şekil 20. Pişirme kağıdı ΔY değeri üzerine etkisi

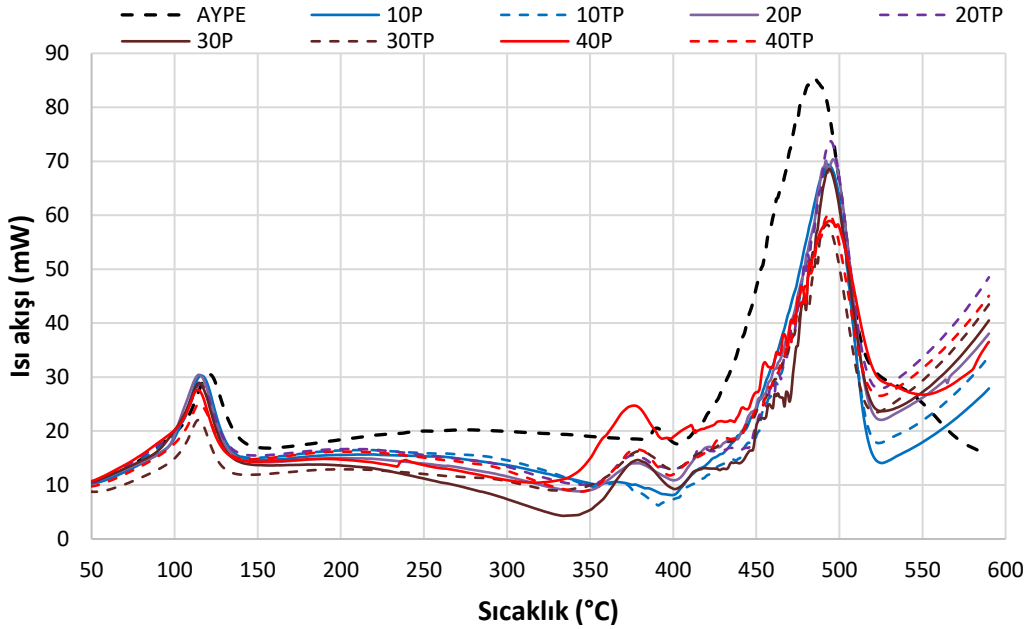


Şekil 21. Isıl işlem p ΔY değeri üzerine etkisi



Şekil 22. Dolgu oranının 590°C sıcaklıktaki kalıntı madde miktarına etkisi

Şekil 23’de pişirme kağıdı içeren örneklerin STA-6000 ile ölçülen DSC grafikleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde dolgu maddesinin 380°C civarında AYPE’nin ise 495°C civarında pik verdiği görülmektedir.

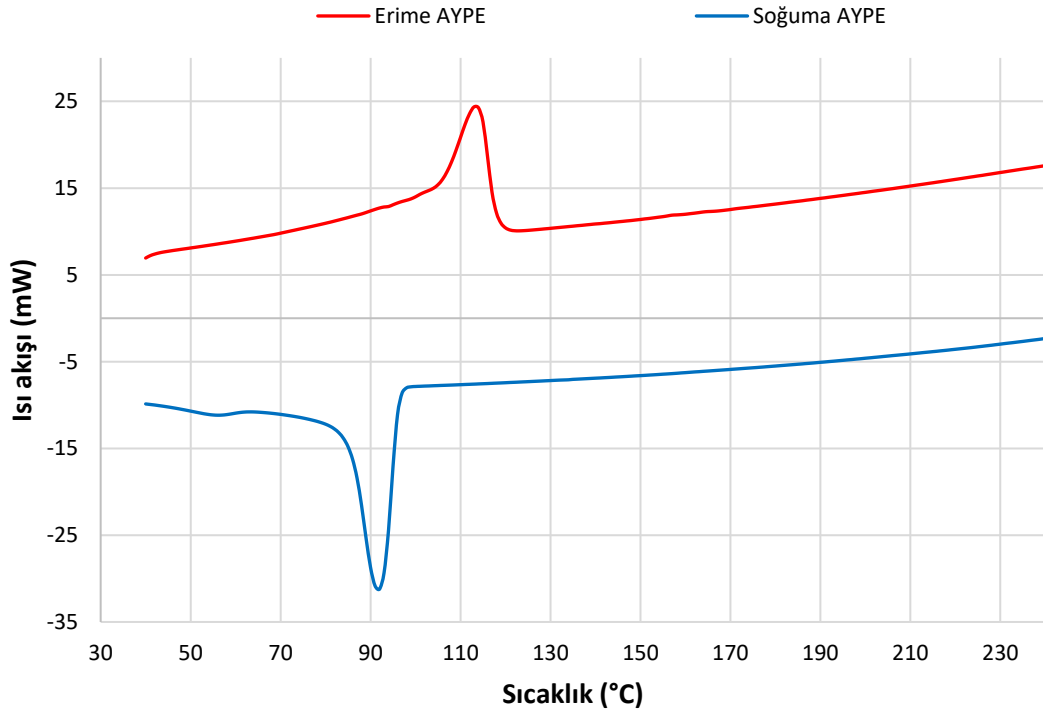


Şekil 23. Örneklerin STA-6000 ile ölçülen DSC spektrumları

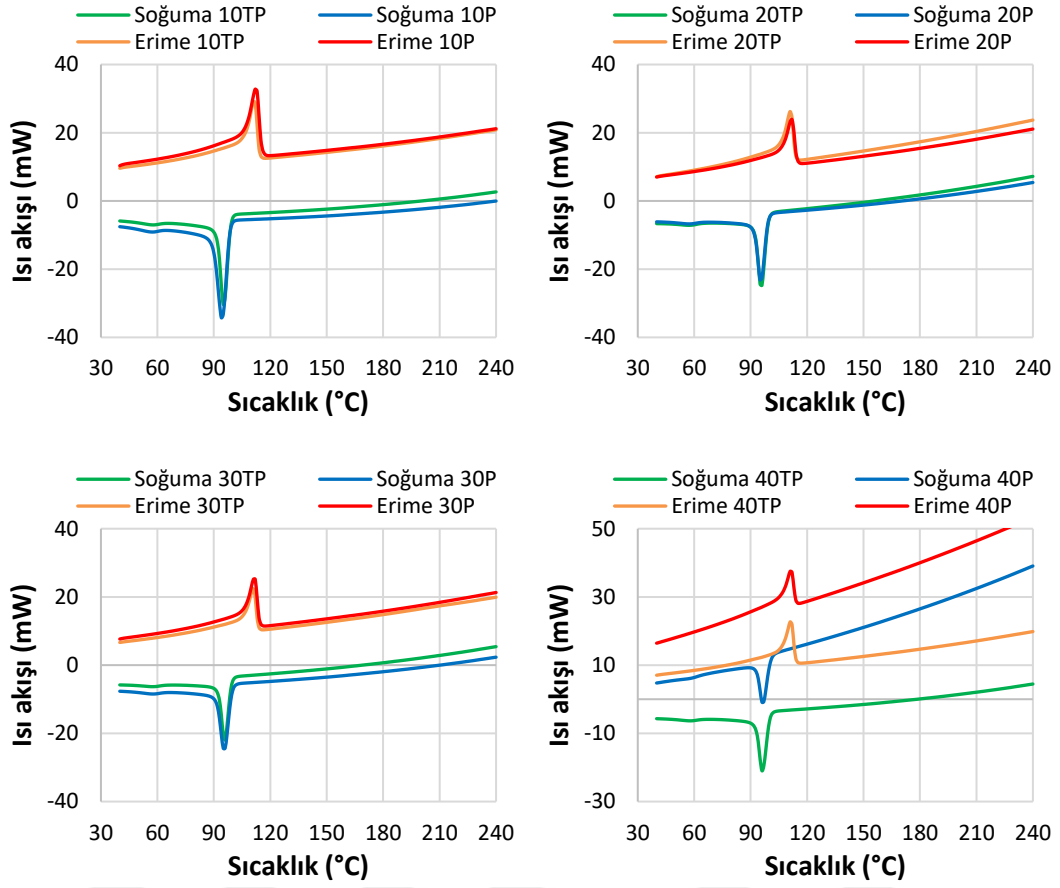
4.3.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizleri

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 24'te AYPE'nin, Şekil 24'de ise dolgu maddesi kullanılarak üretilmiş kompozitlerin DSC diyagramları görülmektedir. Bulgular başlığı altında Tablo 12'de 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 25'deki genel DSC grafiklerinden örnekler arasındaki fark çok belirgin görülememektedir. Bu nedenle Şekil 26'da soğuma ve erime pikine ait daha ayrıntılı grafikler verilmiştir.



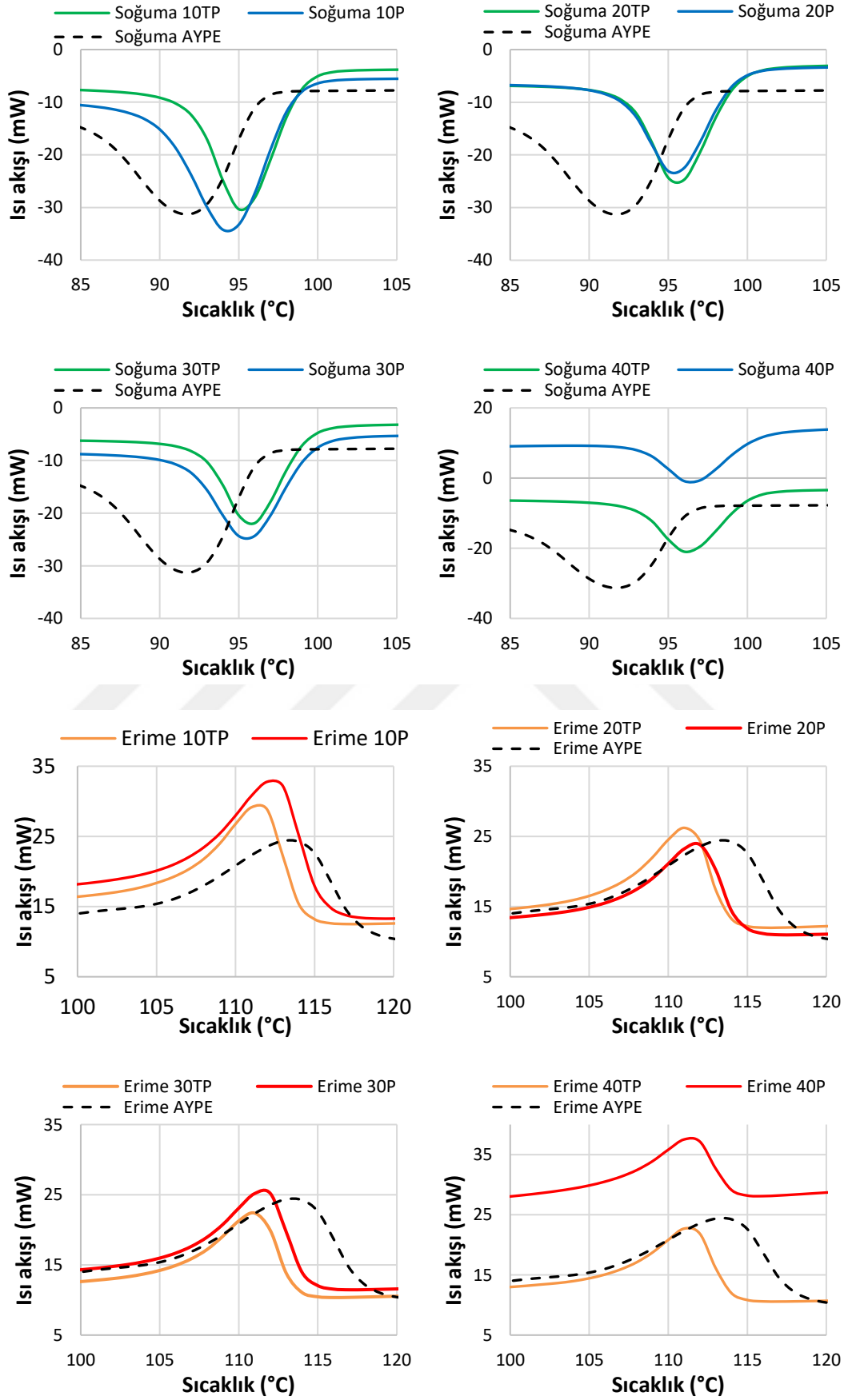
Şekil 24. AYPE'nin DSC spektrumu



Şekil 25. Plastik kompozitlerin DSC diyagramları

Şekil 26'daki soğuma pikleri ve Tablo 12 incelendiğinde soğuma sıcaklığı kontrol örneği AYPE için $91,75^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenirken bu sıcaklık dolgu maddesi ilavesi ile birlikte tüm oranlar için ortalama $95,5^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Grafikler ve Tablo 12'den görüldüğü gibi pişirme kağıdı oranı ile birlikte soğuma pikinin yüksekliğinin azaldığı görülmektedir. Pişirme kağıdı lifi için soğuma piki $28,01$ 'den $13,39$ 'a düşmüştür. Isıl işlem gören pişirme kağıdı lifi için ise soğuma piki $25,87$ 'den $16,89$ 'a gerilemiştir. Bununla birlikte AYPE'nin pik yüksekliği $22,64$ olarak ölçülmüştür.

Erime sıcaklığı AYPE için $113,42^{\circ}\text{C}$ ve pik yüksekliği $14,61$ olarak belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilavesi ile kompozit levhaların erime sıcaklığı her iki dolgu tipi için yaklaşık $111,4^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmüştür. Pik yükseklikleri pişirme kağıdı liflerinde $19,48$ 'ten $9,98$ 'e ve ısıl işlem gören lif içeren levhalarda $16,83$ 'ten $12,10$ 'a düşmüştür.

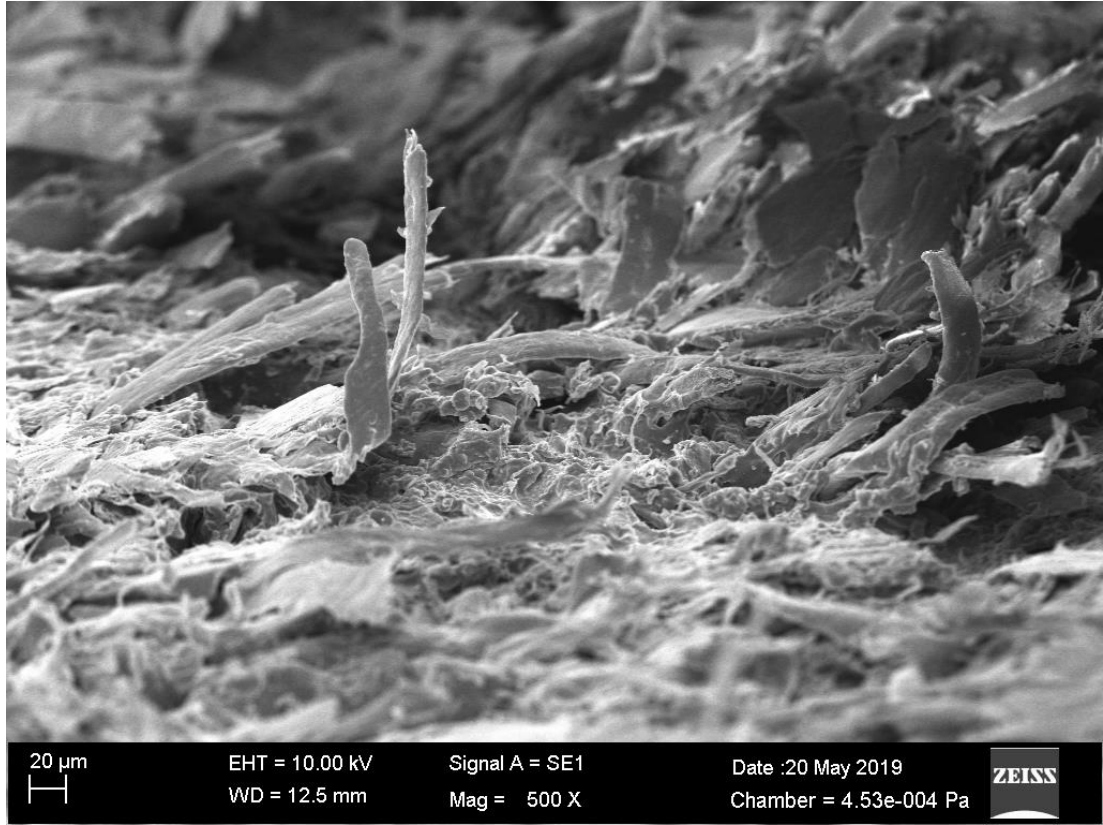


Şekil 26. Plastik kompozitlerin soğuma ve erime pikleri

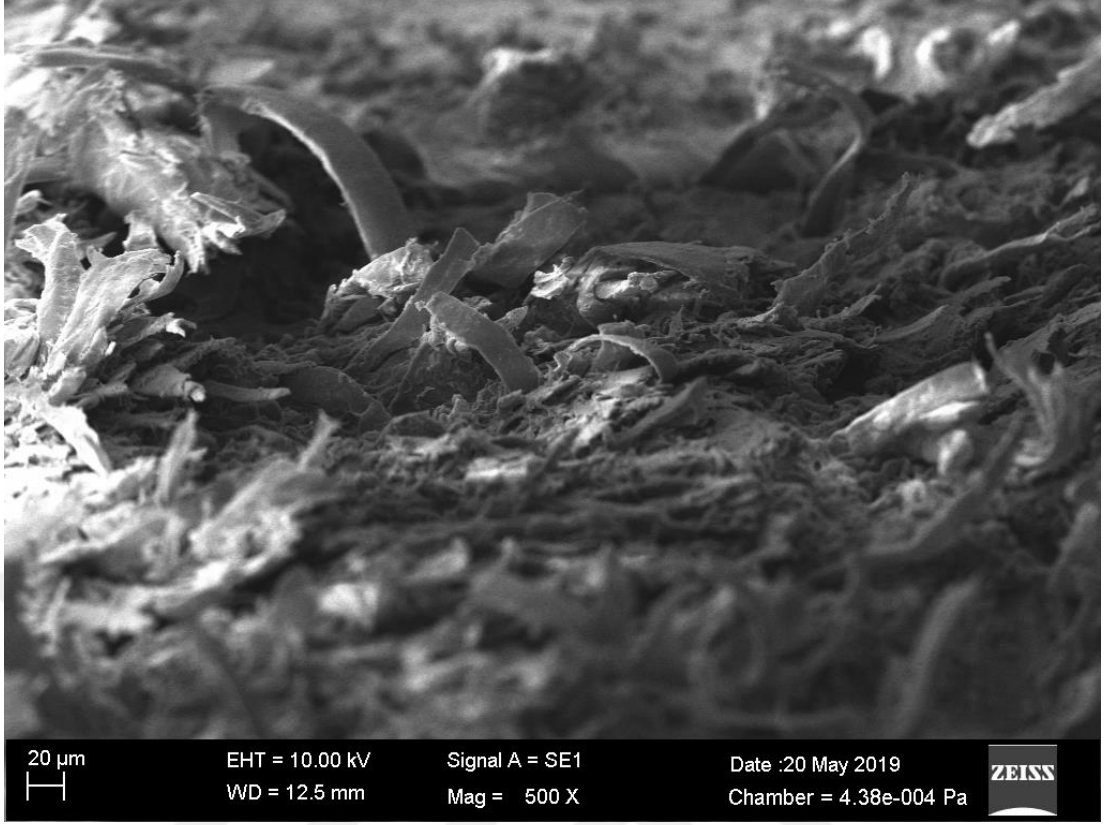
Pişirme kağıdı lifi içeren kompozit levhaların kristallenlikleri kontrole göre %32,31'den dolgu maddesi oranı ile birlikte % 12,15'e düşmüştür. Isıl işlem gören pişirme kağıdı lifi içeren kompozit levhaların kristallenlikleri ise %16,90'a kadar düşmüştür. Chun ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

Şekil 27'de %40 oranında pişirme kağıdı lifi içeren ve Şekil 28'de %40 oranında ısıtılmış pişirme kağıdı lifi içeren kompozitlerin 500 büyütmede çekilen SEM görüntüleri görülmektedir. Görüntülerden plastik levhalar içerisinde pişirme kağıdı liflerinin görüldüğü ve levhalar arasında çok büyük farkların olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 27. Pişirme Kağıdı İçeren AYPE-Lif kompozitlerinin SEM görüntüleri



Şekil 28. Isıl İşlem Görmüş Pişirme Kağıdı İçeren AYPE-Lif kompozitlerin SEM görüntüleri

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında günümüzde kullanım alanı hızla gelişen ve hemen hemen her evde kullanılan pişirme kağıdı atıklarının plastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılmış kağıtlar ve hiç ısı işleme uğramayan kağıtların karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışmada FTIR-ATR ile yapılan ölçümlerde pişirme kağıtlarında önemli miktarda silikon varlığı tespit edilmiştir.
- Plastik kompozitlerin eğilme dirençleri sonuçları incelendiğinde çoğul varyans analizine göre lif oranının eğilme direncine etki ettiği ve arttırdığı tespit edilmiştir. Dolgu tipinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte pişirme kağıdı liflerinin %40 oranında kullanıldığı örneklerde eğilme direnci ısı işleme gören lif içeren levhalara göre $4,06\text{N/mm}^2$ daha fazla ölçülmüştür.
- Plastik kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülünde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü %100 AYPE ile 184N/mm^2 , en yüksek eğilmede elastikiyet modülü %40 pişirme kağıdı lifi ile 860N/mm^2 ölçülmüştür. Pişirme kağıdı ve ısı işleme görmüş pişirme kağıdı lifinin %40'lık oranında eğilmede elastikiyet modülü arasındaki fark 282N/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. Isıl işleme görmüş pişirme kağıdı liflerinin işleme görmemiş lif içeren örneklerle göre daha düşük çekme direnci değerleri ölçülmüştür.
- Çekmede elastikiyet modülü değerleri ise dolgu maddesi ilavesi ile artış göstermiştir.

- Isıl işlem görmemiş lif içeren kompozitlerin, ısıl işleme uğramış pişirme kağıdı lifi içeren kompozitlere göre daha yüksek sağlamlık özellikleri göstermesinin nedeni, selülozun daha az degrade olmasıdır.
- Çalışmada kompozitlerin termal özellikleri de belirlenmiştir. Pişirme kağıdı lif oranının artırılması ile birlikte tüm kompozit levhalarda AYPE'nin bozunma sıcaklığı kontrole göre 10°C kadar artmıştır.
- Bu artışın nedeni selüloz ve kağıdın içerdiği silikon kaplamanın yüksek sıcaklıklara kadar dayanabilmesidir.
- DSC analiz sonuçları irdelendiğinde pişirme kağıtlarının 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. İki dolgu maddesi karşılaştırıldığında ısıl işlem nedeni ile zayıflayan TP kodlu örneklerin kristallenliklerinin, işlem görmeyenlere göre daha düşük olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma ile kullanılmış pişirme kağıtlarının AYPE'nin özelliklerinin takviye edilmesi amacıyla kullanılabileceği tespit edilmiştir. Pişirme kağıdı ilavesi ile AYPE'nin eğilme direnci ve termal özelliklerinin geliştiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada çok büyük farklar oluşmamış olsa da ısıl işlem görmeyen yani kullanılmamış kağıt lifleri içeren kompozitlerin mekanik özellikleri daha yüksek ölçülmüştür.

KAYNAKLAR

- Aras ve Kalaycıoğlu, 2016, Odun esaslı kompozitler ve kullanım alanları, *Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (6) s. 123-136
- 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.
- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré P. ve Cloutier, A., 2009. Effects of Fiber Characteristics on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites, *Composites: Part A*, 40, 1975–1981.
- Brandt, C.W. ve Fridley, K.J., 2003. Effect of Load Rate on Flexural Properties of Woodplastic Composites, *Wood Fiber Science*, 46, 6, 812-819.
- Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. ve Mirbagheri Y., 2010. Mechanical and Physical Properties of Wood-plastic Composite Panels, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 310–319.
- 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
- 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.
- Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkıran, İ., Yağcı, M.A., Cöbek, M., Bilgiç, T. 1999. PAGEV, Polimerler I. İstanbul, s.185
- Faix O., 1991, Classification of lignins from different botanical origins by FT-IR spectroscopy, *Holzforschung* 45(Suppl.), pp21-27.
- Hüner, Ü., 2008, Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne
- Haslam, J., Willis, H.A., Squirrel, D.C.M. Identification and Analysis of Plastics (2nd ed.), Wiley, New York, 1983 (p. 748).

- Johnson L.M., Gao, L., Shields IV C.W. Smith, M., Efimenko, K., Cushing, K., Jan Genzer, J., Gabriel P López, G.P., 2013, Elastomeric microparticles for acoustic mediated bioseparations. *Journal of Nanobiotechnology* 11:22. doi:10.1186/1477-3155-11-22
- Jakob, A., Crawford, E., Grossc, J.H. 2016, Detection of polydimethylsiloxanes transferred from silicone-coated parchment paper to baked goods using direct analysis in real time mass spectrometry, *J. Mass Spectrom.* 51, 298–304.
- Karakuş, K. 2008. Üniversitemizdeki Polietilen Ve Polipropilen Atıkların PolimerKompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş,
- 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
- 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
- Matuana, L.M., Balatinecz, J.J., Sodhi, R.N. ve Park, C.B., 2001b. Surface Characterization of Esterified Cellulose Fiber by XPS and FTIR Spectroscopy, *Wood Science Technology*, 35, 3, 191–201.
- Matthews, F.L, Rawlings, R.D., 1999. Composite Materials: Engineer and Science, 1.Baskı , Woodhead Publishing, Kembrich, ISBN: 9781855734739, 480 s.
- Marchessault R.H. and Liang C.Y., 1962, The infrared spectra of crystalline polysaccharides VIII. Xylans, *Journal of Polymer Science*, Vol.59, p357-378
- Mead, L.J. ve Baker, A.M. 2006. Hanbook of Plastics Technologies: The Complete Guide to Propeties and Performance, Chapter 2:Thermoplastics, Ed.Harper, C.A., The McGraaw Hill Companies, USA, 600.
- Mengeloğlu, F., Alma, M.H., Çetin, N.S. 2002. Plastik Endüstrisinde Buğdaay Sapı Ununun Kullanılabilirliği. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(2): s.57-65
- Mettler Toledo 2009, Degradation of a Silicone Polymer, Thermal Analysis Application No. HB 605
- Miah M.J., Khan M.A., Khan R. A. 2011, Fabrication and Characterisation of Jute Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Based Composites: Effects of Chamaical 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.
- Ward, I.M. ve Hadley, D.W., 1993. Mechanical Properties of Solid Polimers, John Wiley&Sons LTD, Chichester, England.
- Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, Zheng C (2007) Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel* 86(12):1781- 1788
- Zabihzadeh, S.M., 2010. Flexural Properties and Orthotropic Swelling Behavior of Bagasse/thermoplastic Composites, *Bioresources*, 5, 2, 650-660.
- Zbinden, R., Infrared Spectroscopy of High Polymers, Academic Press, New York, 1964 (p. 263).

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERAYDIN EDA
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 26/07/1991 YILDIRIM
Medeni hali : BEKAR
Yabancı Dili : İNGİLİZCE
Telefon :05412612015
Faks :
e-posta : eda.eraydin91@gmail.com

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ

2014