

Kurutulmuş Kolza Bitkisinin Dolgu Malzemesi Olarak Alçak Yoğunluklu Polietilenin Mekanik Özelliklerine, Yoğunluğuna ve Su Emme Kapasitesine Etkileri

Yılmaz KISMET

Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, TUNCELI

(Geliş / Received : 10.02.2015 ; Kabul / Accepted : 17.03.2015)

ÖZ

Bu çalışmada, kurutulmuş kolza bitkisi dolgu malzemesi olarak düşük yoğunluklu polietilen içerisine ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında katılarak karışımlar oluşturulmuş ve bu karışımlar plastik enjeksiyon makinesi kullanılarak standart çekme deney numuneleri üretilmiştir. Bu şekilde üretilen numunelerin mekanik özelliklerindeki, yoğunluklarındaki ile su emme kapasitelerindeki değişimler analiz edilmiş ve mukayesesi yapılmıştır. Karışımlar önce mekanik karıştırıcılar kullanılarak hazırlanmış olup sonrasında homojen bir karışım olması için ekstrüzyon makinesinden geçirilmiştir. Ekstrüzyon çıkışında elde edilen malzeme, kırıcılar vasıtası ile kırılarak granül hale getirilmiştir. Daha sonra bu granül malzeme plastik enjeksiyon makinesi ile standart çekme deney numunesi kalıplarına basılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termoplastik, Polietilen, Kolza, Ekstrüzyon, Enjeksiyon.

Effect of Dried Colza Plant as a Filler on Mechanical Properties, Density and Water Absorption of Low Density Polyethylene

ABSTRACT

In this study, mixtures have been obtained by putting dried colza plant as a filling material into low density polyethylene in ratios of 10 %, 20%, 30% in weight, and standard tensile experiment samples are produced from the mixtures by using plastic injection machine. The changes in the mechanical properties, densities and water absorption capacities of the samples have been analyzed and compared. To ensure homogeneity, the mixtures are first prepared in mechanical mixers, and then passed through extrusion machines. The material is granularized at the outlet of the extrusion machine by using crushers. Finally, with the plastic injection machine, this granule material is molded on the standard tensile experiment samples.

Keywords: Thermoplastic, Polyethylene, Colza, Extruder, Injection

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Her geçen gün artan dünya nüfusu ve gelişen teknoloji ile insan ihtiyaçları da artmaktadır. Bu artışa cevap verebilmek, ihtiyaçlarımızı en uygun şekilde ve yaşadığımız doğaya zarar vermeden karşılayabilmek için sürekli yeni teknikler ve malzemeler geliştirilmektedir. Bu bağlamda, yaşamış olduğumuz doğanın da bize sunmuş olduğu kaynakları gelişen teknolojiler ile birleştirerek ihtiyaçlarımıza cevap verecek doğrultuda kullanmak günümüz dünyasında büyük önem kazanmıştır.

Uzun zamandır organik ürünler ve bunların atıkları, polimerlerde dolgu malzemesi olarak kullanılmakta ve farklı kompozit malzemeler geliştirilmektedir. Buna en bariz örnek olarak mobilya endüstrisi verilebilir. Odun talaşlarının polimer malzeme içerikli yapıştırıcılar ile karıştırılıp preslenmesi sonucunda mobilya parçaları üretilmektedir [4,5]. Yine benzer şekilde otomobil

endüstrisinde polimer malzemelerden imal edilen parçaların ihtiyaca göre mekanik, ısıl ya da farklı fiziksel özelliklerini iyileştirebilmek için doğal ve sürekli yetişen keten, kendir, kenevir, Hint keneviri gibi hammaddeler kullanılmaktadır [4, 5, 6]. Bu tarz kullanımlar aynı zamanda maliyeti düşürdüğü için de ekonomik kazanımlar sağlamaktadır. Bu çalışmada da benzer şekilde kurutulmuş kolza bitkisi polietilen içerisinde dolgu malzemesi olarak kullanılmış ve bu şekilde polietilenin mekanik özelliklerinin, su emme kapasitesinin ve yoğunluğunun nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır

Kolza bitkisi aynı zamanda kanola olarak adlandırılır ve pancar ile lahanadan oluşan melez bir bitki türüdür. Turpgiller sınıfına giren kolza önemli bir yağ bitkisidir ve biyodizel üretiminde kullanılmaktadır [2]. Yemeklik kalitesi yüksek ve ülkemizde rapiska adıyla tanınan bu bitki yazlık ve kışlık olarak yetiştirilebilmektedir. 2002 yılında ülkemizde sadece 5500 dekarlık bir alanda yetiştiriciliği yapılan bu bitkinin ekim alanı son 10 yılda artarak 268298 dekar olduğu belirlenmiş ve bu sayede

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: yilmaz_kismet@hotmail.com

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2015.18.4 203-209

1500 ton olan üretim miktarı da artarak 100000 ton civarına ulaşmıştır (TÜİK).

Termoplastik polimerlerin poliolefinler grubunda yer alan polietilen, lineer alçak yoğunluklu (LAYPE), alçak yoğunluklu (AYPE) ve yüksek yoğunluklu (YYPE) olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır [1, 7, 14]. Bu çalışmada esneklik, düşük erime sıcaklığı ve kimyasallara karşı yüksek direnç gibi özelliklere sahip olan ve PETKİM AŞ. tarafından üretilen "I22-19T" ürün kodlu alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanılmıştır. Tablo 1'de alçak yoğunluklu polietilene ait bazı önemli özellikler belirtilmiştir.

Tablo 1: AYPE (I22-19T) için malzeme özellikleri

Özellikler	Değer	Birim	Test Standartları
MFI (190 °C/2,16kg)	17-29	g/10min	ASTM D-1238
Yoğunluk	0,918	g/cm ³	ASTM D-1505
Erime Sıcaklığı	105	°C	ASTM E-794
Kopma Gerilme Dayanımı	10,8	MPa	ASTM D-638
Akma Gerilme Dayanımı	7,8	MPa	ASTM D-638

Bu çalışmada kurutulmuş kolza (kanola, rapiska) bitkisi yukarıda malzeme özellikleri belirtilen alçak yoğunluklu polietilen içerisine ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında karıştırılmış ve bu karışımlardan standart çekme deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen bu numunelerin çekme gerilmesi, üç nokta eğilme mukavemeti ve darbe dayanımları gibi mekanik özelliklerindeki değişimlerin yanı sıra, yoğunluklarındaki ve su emme kapasitelerindeki farklılıklar da incelenmiş ve birbirleri ile mukayesesi yapılarak grafiksel olarak sunulmuştur.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Deneysel çalışmalarda kullanılan matris malzemesi "I22-19T" ürün numaralı alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) PETKİM AŞ'den temin edilmiştir. Kolza bitkisi ise sararmış ve kurutulmuş halde (sap, yaprak ve kapsülleri) Trakya bölgesinden temin edilmiştir.

Öncelikle, daha çok sap kısımlarından oluşan kurumuş haldeki kolza bir kırıcıdan geçirilerek parçalanmış ve sonrasında bu parçalar öğütücü kullanılarak 3 ila 5 mm büyüklüğünde lifler haline getirilmiştir. Kolza bitkisinin karışım içerisindeki oranının üst sınırının %30 olarak tutulmasındaki neden, doğal dolgu malzemelerinin genel itibari ile termoplastiklerin çekme mukavemetlerini olumsuz etkilemelerindedir. Literatüre kazandırılmış benzer tarzdaki birçok çalışma özellikle termoplastiklerin artan doğal dolgu malzemesi miktarı ile çekme gerilmelerinin önemli ölçüde azaldığını göstermektedir [1, 2, 3, 5, 8, 10, 11]. Mevcut bu bilgiler ışığında karışım oranları ağırlıkça %10, %20 ve %30 ile sınırlı tutularak çalışmalar yapılmıştır.

Tablo 2: Karışım türü ve oranları.

Karışım	Miktar AYPE [%]	Miktar Kolza [%]
A	100	-
B	90	10
C	80	20
D	70	30

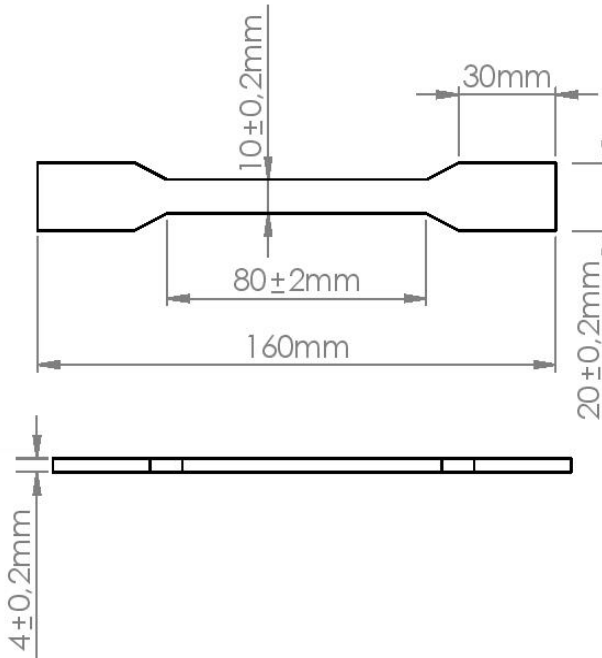
AYPE ile kurutulmuş kolza öncelikle mekanik olarak karıştırılmış daha sonra mümkün olduğunca homojen bir karışım elde edebilmek için "S-265 00 ASTORP"

model tek vidalı ekstrüder ile 160 ila 180 °C sıcaklıkları arasında karıştırılmıştır. Hazırlanan bu karışımlar Tablo 2'de verilmiştir. Silindirik bir kalıp kafasına sahip olan ekstrüderden çıkan karışım tel şeklinde çekilip soğutma havuzundan geçirilerek soğutulmuş oradan da kırıcıya yönlendirilmiştir. Kırıcıda yaklaşık olarak 3 ila 5 mm büyüklüklerinde granüller elde edilmiştir. Elde edilen bu granüller 100 ton'luk mengene kapama kuvvetine sahip plastik enjeksiyon makinesi ile kalıplara basılarak standart çekme deney numuneleri üretilmiştir. Üç bölge ısıtmaya sahip enjeksiyon makinesindeki sıcaklıklar 180 °C ila 200 °C olarak, enjeksiyon meme sıcaklığı ise 170 °C olarak ayarlanmıştır. Enjeksiyon makinesinin püskürtme basıncı ise 90 ila 100 bar arasında, ütüleme basıncı ise 55 ila 60 bar arasında değişmektedir [3, 9, 12, 13]. Gerçekleştirilen bu üretim yöntemine ait akış şeması Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Üretimin Akış Şeması

Böylelikle her bir karışım oranı için altmışar adet toplamda ise 240 adet numune Şekil 2'de teknik resimi verilen standart çekme deney numunesi ölçülerine uygun olacak biçimde üretilmiştir.



Şekil 2: Standart Çekme Deney Numunesi [1, 2].

Yapılan her bir test için onar adet numune kullanılmıştır. Çekme gerilmesi, ISO 527-1/-2 (ASTM D 638) ve üç nokta eğilme ise ISO 178 (ASTM D 790) standartlarına uygun bir biçimde yani Şekil 2'deki standartlarda numuneler kullanılarak Shimadzu ag-x 10 ton makinesi ile yapılmıştır. Darbe analizinde aynı makine ile Şekil 2'deki standartlara uygun olarak üretilen numunelerin sağ ve sol kenarlarından kesilerek sadece 80±2 mm ile belirtilen kısımları kullanılarak ISO 180 (ASTM D 256, ASTM D 4508) standartları esas alınarak gerçekleştirilmiştir [1, 2].

Alçak yoğunluklu polietilen içerisinde, kurutulmuş kolza miktarı oranı arttıkça doğal olarak üretilen numunelerin yoğunluklarında da değişimler oluşacağı beklenmektedir. Artan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak yoğunlukta meydana gelen bu değişimler dijital yoğunluk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde matris malzeme içerisindeki artan kurutulmuş kolza miktarına bağlı olarak üretilen numunelerin su emme kapasitelerinde de değişimler meydana gelecektir. Bu analiz ise ISO 62-2 (ASTM D570) standartlarına uygun olarak 84 gün boyunca oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir [1]. Üretilen standart çekme deney numuneleri saf su içerisinde bekletilmiş ve her on günde bir kısa süreliğine sudan çıkarılarak bir kuru bez ile hafif kurutulduktan sonra ağırlıkları, hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür [1, 2, 6]. Buradan elde edilen sonuçlar ve suya konulmadan önce ölçülen

sonuçlar kullanılarak “S” değeri yüzdelik olarak aşağıda belirtilen formül yardımı ile hesaplanmıştır [1, 2].

$$S = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100$$

S : Su emme kapasitesindeki yüzdelik değişim miktarı

m₁: Suyu batırılmadan önce ölçülen ağırlık

m₂: Suyu batırıldıktan sonra her on günde bir ölçülen ağırlık

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSION)

3.1 Mekanik Özellikler (Mechanical Properties)

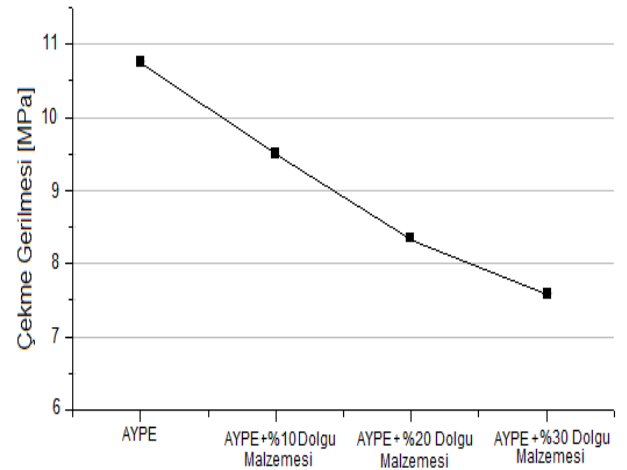
3.1.1 Çekme testi (Tensile Test)

Tablo 1’de verilen A, B, C, D karışımlarından üretilmiş standart çekme deney numuneleri 2 N’luk ön kuvvet etkisi altında dakikada 50 mm hız ile çekmeye maruz bırakılmışlardır. Her bir karışım oranı için test edilen numunelere ait çekme gerilmesi değerleri Tablo 3’de belirtilmiştir.

Tablo 3: Çekme gerilmesi ölçüm değerleri

Karışımlar	Numuneler	Çekme Gerilmesi [MPa]
A	AYPE	10,8
B	AYPE+%10 Dolgu Malzemesi	9,6
C	AYPE+%20 Dolgu Malzemesi	8,4
D	AYPE+%30 Dolgu Malzemesi	7,6

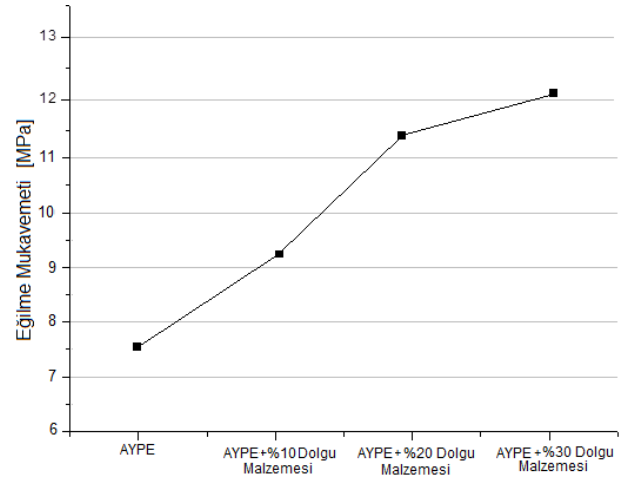
Çekme gerilmesinde elde edilen değerlerin dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 3’de verilmiştir. Bu şekle göre, karışım içerisindeki dolgu malzemesi miktarının artması ile çekme gerilmesinin azaldığı anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, matris malzeme ile dolgu malzemesi karışımlarının yeteri kadar homojen olmaması, birbirlerine iyi tutunmamaları ve aralarında boşluklar oluşmasındandır. Deney esnasında bu boşluklar tespit edilmiş ve hava boşluğu oldu belirlenmiştir. Ayrıca enjeksiyonla püskürtme esnasında dolgu malzemesinin matris malzeme içerisinde akışa paralel yönelmesi mümkündür. Bu durum dolgu malzemesinin çekme esnasında uygulanan kuvvetede paralel konumlanmış olabileceğini göstermektedir ve dolayısıyla malzemenin çekme dayanımının azalmasına bir etken oluşturabilir. Üretici firma verilerine göre, matris malzemenin çekme gerilmesi 10,8 MPa iken bu oran dolgu malzemesi miktarının artışına bağlı olarak 7,6 MPa kadar gerilemiştir. Yaklaşık olarak %30 oranında bir azalma görülmüştür.



Şekil 3: Dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak AYPE'nin çekme gerilmesindeki değişim.

3.1.2 Eğilme mukavemeti Testi (Bending Test)

Çekme gerilmesinin aksine eğilme mukavemetinin değeri polietilen içerisindeki dolgu malzemesi miktarının artışına bağlı olarak artmaktadır. Bu değişim Şekil 4’de grafiksel olarak belirtilmiştir.



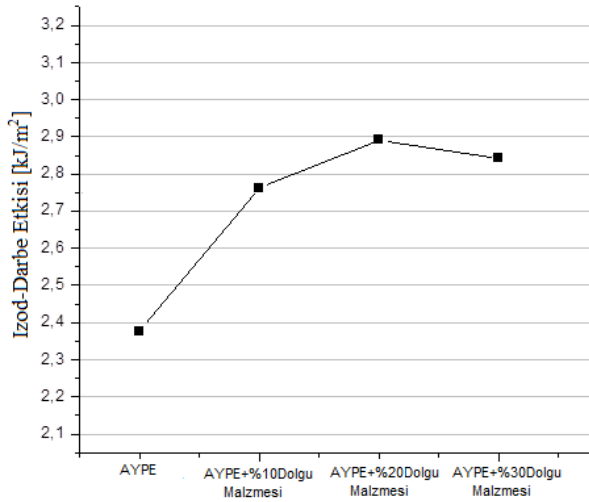
Şekil 4: Dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak AYPE'nin eğilme mukavemetindeki değişim.

Üretici firma verilerine göre I22-19T ürün numaralı alçak yoğunluklu polietilenin üç nokta eğilme mukavemeti 7,6 MPa iken bu değer artan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak 12,2 MPa değerine ulaşmıştır. Bu artışın nedeni dolgu malzemesinin matris malzeme içerisindeki yönelme doğrultusu ile açılabilir. Kuru kolza parçacıklarının matris malzeme içerisinde uygulanan kuvvete dik yönde yönlendirilmeleri nedeni ile numunelere uygulanan düşey yönlü kuvvetin oluşturmuş olduğu enerjinin numuneyi terk edebilmesi için kolza tanelerini kırması ya da bu taneciklerin etrafından akarak numuneyi eğmeye zorlaması ve terk etmesi gerekmektedir. Bu da şekil 4’den de anlaşılacağı gibi numune içerisindeki dolgu malzemesi miktarının artışına bağlı olarak

numuneleri düşey yönlü kuvvetlere karşı daha mukavim hale getirmektedir.

3.1.3 Darbe etkisi (Impact Strength)

Oda sıcaklığında gerçekleştirilen darbe etkisine ait değişim Şekil 5'te verilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi dolgu malzemesi içermeyen alçak yoğunluklu polietilen için darbe enerjisi yaklaşık olarak $2,37 \text{ kJ/m}^2$ iken bu değer polietilen içerisindeki dolgu malzemesi miktarının artması ile artmıştır. Bunun nedeninde yine eğilme mukavemetinde olduğu gibi dolgu malzemesinin matris malzeme içerisindeki yönelme açısından kaynaklanmaktadır. Dolgu malzemesinin, matris malzeme içerisinde uygulanan kuvvete dik doğrultuda yönelmesinden dolayı numuneyi kırmak için uygulanan enerjinin öncelikle dolgu malzemesini kırması veya matris malzeme ile dolgu malzemesi arasında akarak numuneyi terk etmesi gerekmektedir. Bu da karışım içerisindeki dolgu malzemesi miktarının artışına bağlı olarak üretilen numunelerin darbe dayanımlarının daha yüksek değerlere çıkmasına olanak sağlamıştır. Ağırlıkça %10 dolgu malzemesi içeren polietilen için yaklaşık olarak $2,75 \text{ kJ/m}^2$ olan değer, %30 dolgu malzemesi içeren numunelerde $2,85 \text{ kJ/m}^2$ kadar çıkmıştır. Darbe etkisi, %20 dolgu malzemesi içeren karışımlar ile üretilen numunelerde $2,89 \text{ kJ/m}^2$ değerlerine kadar yükselmiş ve dolgu malzemesi içermeyen numunelere kıyasla yaklaşık olarak %25 artmıştır.



Şekil 5: Dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak AYPE'nin İzod-Çentik Etkisindeki değişim.

3.2 Yoğunluk Değişimi (Change of Density)

Kullanılan alçak yoğunluklu polietilenin yoğunluğu üretici firma verilerine göre $0,918 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır. Kolza bitkisinin yoğunluğu ise daha önce yapılan literatür çalışmalarına bakılarak $1,2759 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır [2]. Tablo 4'te polietilen içerisindeki artan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak yoğunluk değişimleri verilmiştir. Kolzanın yoğunluğunun yüksek olması nedeni ile karışımın yoğunluğu da içerisindeki kolza miktarına bağlı olarak artmıştır.

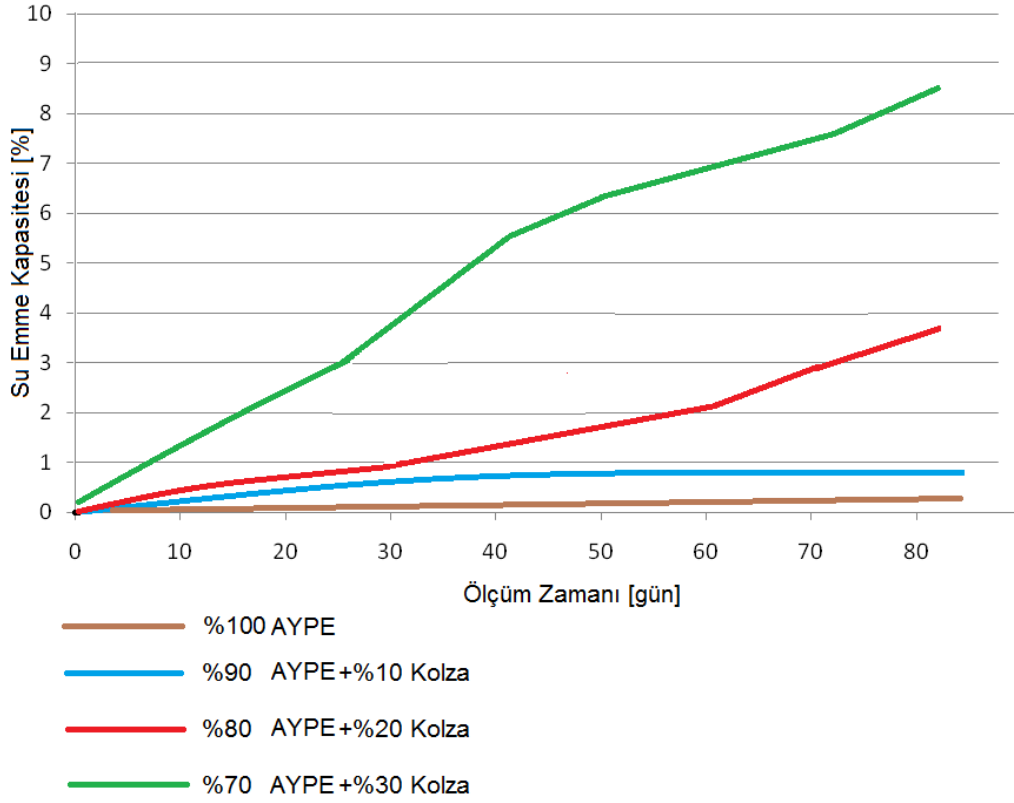
Tablo 4: Karışımlar ve yoğunlukları

Karışımlar	Numuneler	Yoğunluk [g/cm ³]
A	AYPE	0,918
B	AYPE+%10 Dolgu Malzemesi	0,931
C	AYPE+%20 Dolgu Malzemesi	0,946
D	AYPE+%30 Dolgu Malzemesi	0,961

3.3. Su Emme Kapasitesindeki Değişim (Water Absorption)

Bilindiği üzere polietilenin su emme özelliği çok düşüktür. Yapılan bu çalışmada alçak yoğunluklu polietilenin su emme kapasitesinin 84 günün sonunda yaklaşık olarak 0,1 ila 0,3 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu durumda su emme kapasitesindeki değişim polietilen içerisinde dolgu malzemesi olarak kullanılan kolza bitkisi miktarına bağlı olarak gerçekleşecektir. Karışım içerisinde dolgu malzemesi olarak yer alan kolza sadece üretilen numunelerin iç kısımlarında değil aynı zamanda numunelerin dış yüzeylerinde de yer alacaktır ve bu nedenle numuneler su emecektir. Emilen bu su, dolgu malzemesinin çekirdeğine kadar ilerleyecektir. Bu şekilde bir karışım sonucu üretilen malzemelerin dış ortamda kullanılacak olması dezavantaj teşkil edebilecektir.

Şekil 6'da farklı oranlarda dolgu malzemesi içeren numuneler ile %100 alçak yoğunluklu polietilen numunelerinin su emme kapasitesinin gün sayısına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, üretilen numuneler içerisindeki dolgu malzemesi miktarı ve bu numunelerin suda bekletilme süreleri arttıkça su emme kapasiteleri de yaklaşık olarak %0,5 ila %9 arasında artmaktadır.



Şekil 6: Dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak AYPE'nin su emme kapasitesindeki değişimi.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan bu çalışma ile kurutulmuş kolza parçalarının alçak yoğunluklu polietilen içerisinde farklı oranlarda karıştırılarak dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği gösterilmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Çekme deneyi esnasında elde edilen kesit yüzeylerinden, alçak yoğunluklu polietilen içerisine (AYPE) ağırlıkça farklı oranlarda kurutulmuş kolza parçalarının karıştırılması sonucunda matris malzeme ile dolgu malzemesinin yeterince homojen karışmadığı, birbirlerine iyi tutunamayarak aralarında hava boşluklarının oluştuğu tespit edilmiştir.
- 2) Oluşan bu hava boşluklarından ve dolgu malzemelerinin matris malzeme içerisinde yönelmelerinin enjeksiyonda püskürtme esnasında akışa paralel olabileceğinden numuneler düşey yönlü çekmeye zorlandıklarında dayanımları azalarak daha kolay kopmuşlardır. Deney sonuçlarına bakılarak çekme gerilmelerinin yaklaşık olarak %30 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
- 3) Alçak yoğunluklu polietilen içerisindeki (AYPE) dolgu malzemesi miktarının artışına bağlı olarak üretilen numunelerin düşey yönlü kuvvetlere karşı mukavemeti, yaklaşık olarak %55 oranında artış göstermiştir. Bunun nedeni, dolgu malzemesinin matris malzeme içerisinde yönelme açısının eğilme testi esnasında

uygulanan kuvvete dik doğrultuda olmasındandır. Kuvvet etkisi ile oluşan enerjinin numuneyi terk edebilmesi için ya dolgu malzemesini kırması ya da etrafından akarak numuneyi terk etmesi gerekmektedir. Böylelikle malzemeler daha mukavim hale gelmişlerdir.

- 4) Benzer şekilde üretilen numunelerin darbe dayanımı da karışım içerisinde artan dolgu malzemesi miktarına bağlı olarak yaklaşık olarak %25 oranında iyileşme göstermiştir. Burada da dolgu malzemesinin yönelme açısı uygulanan kuvvete dik doğrultudadır ve bu da yine eğilme mukavemetine benzer şekilde dayanımı arttırmıştır.
- 5) Üretilen numunelerin yoğunlukları da içerdikleri dolgu malzemesi miktarlarına bağlı olarak değişim göstermiş olup artan dolgu malzemesi miktarı ile yoğunluklar da artmıştır.
- 6) Dolgu malzemesi miktarının artışı üretilen numunelerin su emme kapasitelerinin de arttırmış olup 84 gün sonunda yaklaşık olarak %0,5 ila %9 arasında değişimler gözlenmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda, yukarıda da belirtildiği gibi kurutulmuş kolza atıklarının dolgu malzemesi olarak alçak yoğunluklu polietilende kullanılması sonucunda üretilen numunelerin eğilme mukavemetleri ve darbe dayanımları iyileşme gösterirken çekme gerilmelerinde azalma meydana

gelmiştir. Bu durumu iyileştirebilmek için malzemeleri birden çok defa ekstrüderden geçirilerek daha homojen bir karışım elde edilmesi sağlanabilir. Ayrıca literatür çalışmaları gözönünde bulundularak, oluşturulan bu matris ve dolgu malzemesi karışımına %1 ila %3 oranlarında farklı katkı maddeler (additive) katılarak çekme gerilmesi ve diğer mekanik özellikleri iyileştirmek mümkün olabilir. Bu adativler termoplastik yapıdaki silikon-kopolimer genomer veya yine termoplastik yapıdaki poliester-poliüretan-elastomer kullanılabilir [1, 2].

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Kısmet, Y., Entwicklung eines Verfahrens für die Verwertung von Pulverlackrecyclaten, Universitätsverlag der TU Berlin, Endformat, Ges. für gute Druckerzeugnisse mbH, ISBN 978-3-7983-2479-4, 2012 Berlin.
- 2) Amer H. Akier, Raps, Untersuchungen zum Materialverhalten von Rapsstroh-Polypropylen Compounds, 2011 Berlin.
- 3) R. Nawang, I.D. Danjaji, U.S. Ishiaku, H. Ismail, Z.A. Mohd Ishak, "Mechanical properties of sago starch-filled linear low density polyethylene (LLDPE) composites", *Polymer Testing*, 20, 167-172, (2001)
- 4) Kaiser W., Polyolefine, Kunststoffchemie für Ingenieure, Carl Hanser Verlag München Wien, (2006)
- 5) Michaeli W., Verarbeitungsverfahren für die Kunststoffe, Einführung in die Kunststoffverarbeitung, 5. Auflage, Wien, (2006)
- 6) Micusik M, Omastova M, Nogellova Z, Fedorko P, Olejinkova K, Trchova M, Chodak I, "Effect of crosslinking on the properties of composites based on LDPE and conducting organic filler", *European Polymer Journal*, 42, 2379-2388, (2006)
- 7) Osman M. A, Atallah A, Suter U. W, "Influence of excessive filler coating on the tensile properties of LDPE-calcium carbonate composites", *Polymer*, 45, 1177-1183, (2004)
- 8) Kijenska M., Kowalska E., Palys B., Ryczkowski J., "Degradability of composites of low density polyethylene/polypropylene blends filler with rape straw", *Polymer Degradation and Stability*, 95, 536-542, (2010)
- 9) Gürü M., Akyüz Y., Akın E., "Mermer tozu/polyester kompozitlerde dolgu oranının mekanik özelliklere etkileri", *Politeknik*, 8, 271-274, (2005)
- 10) Deng Y., Li N., Wang Y., Zhang Z., Dang Y., Liang J., "Enhanced dielectric properties of low density polyethylene with bismuth sulfide used as inorganic filler", *Materials Letters*, 64, 528-530, (2010)
- 11) Zou P., Xiong H., Tang S., "Natural weathering of rape straw flour (RSF)/HDPE and nano-SiO₂/RSF/HDPE composites", *Carbohydrate Polymers*, 73, 378-383, (2008)
- 12) Juhasz A. J., Best S. M., Brooks R., Kawashita M., Miyata N., Kokubo T., Nakamura T., Bonfield W., "Mechanical properties of glass-ceramic A-W-polyethylene composites: effect of filler content and particle size", *Biomaterials*, 25, 949-955, (2004)
- 13) Luo X., Li J., Feng J., Xie S., Lin X., "Evaluation of distillers grains as fillers for low density polyethylene: mechanical, reological and thermal characterization", *Composites Science and Technology*, 89, (2013)
- 14) Stoeckhert, K., Woebcken, W., Kunststoffen, Kunststoff-Lexikon. Wien 9. Auflage, (1998)