



Konferans Bildirisi

2B-OLEFIN Film Geliştirilmesi

Hüner AYDIN^{1*}, Şule BAYRAM²

Pelsan Tekstil Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.¹, huner.aydin@pelsantekstil.com.tr
Pelsan Tekstil Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.², <https://orcid.org/0000-0003-2432-6112>,
sule.bayram@pelsantekstil.com.tr
Sorumlu Yazar: huner.aydin@pelsantekstil.com.tr Tel.: +90 546 212 3797

Received 25 October 2024
Received in revised form 21 December 2024
In final form 26 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Aydın, H., & Bayram, Ş. (2024). 2B-OLEFIN film development. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 590-601.

Özet

Pelsan Tekstil olarak dünyada polimer kullanımına sürdürülebilir çözümler getirmek amacıyla poliolefinlerin doğal ortamda tam mikrobiyal dönüşümünü sağlayabilen dünyanın ilk biyodegradasyon teknolojisini geliştirdik. Bu teknoloji PP & PE malzemeler üzerinde tam biyolojik bozunma sağlayabilmektedir. Gelişmiş katalitik sistem PP ve PE malzemeleri balmumuna dönüştürür. Okso-bozunmanın aksine, doğal olarak oluşan mikroorganizmaların kolayca özümseyebileceği biyolojik olarak kullanılabilir bir balmumu sayesinde, bozunma sonrası aşamada geride hiçbir mikroplastik veya toksik madde kalmaz.

Araştırmalara göre dünyada polimer kullanımı 311 milyon tonun üzerindedir. Polimer kullanımına olan talebin 2020 ile 2030 yılları arasında %5,1 oranında artacağı öngörüldürken, geri dönüşüm oranı sadece %14'tür. Geri dönüştürülemeyen(dönüştürülmeyen) atıklar toprakta ve okyanuslarda atık olarak birikmektedir.

Biyobozunur polimerler doğada çeşitli mikroorganizmalar ve enzimler tarafından biyolojik olarak parçalanır ve doğal bileşenlerine ayrılır. Böylece mikroplastik bırakmadan doğal döngüye geri dönüştürülebilirler. Ancak, biyolojik olarak parçalanamayan polimerlere kıyasla oldukça yüksek maliyettedirler. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanabilen polimerler ısıya karşı çok hassastır ve ekstrüzyon sırasında zarar görürler.



Bu nedenle proje hedefimiz, halihazırda kullandığımız teknolojilerde herhangi bir değişiklik yapmadan, standart polietilen film üretim formülasyonumuzla optimum miktarda katkı maddesi kullanarak ürünümüzü biyolojik olarak bozunabilir hale getirmektir. Biyolojik bozunma süreci, polimer özellikleri, organizma türü ve ön işlemin doğası gibi farklı faktörler tarafından domine edilir. Polimer zincirlerinin hareketliliği, kristallik, moleküler ağırlık, yapıda bulunan fonksiyonel grupların ve sübstitüentlerin türü, mevcut plastikleştiriciler veya katkı maddeleri gibi polimer özelliklerinin tümü bozunma sırasında önemli bir rol oynar.

Katkı maddesi, polimer yapısı üzerinde aynı anda farklı kimyasal reaksiyonları teşvik etme yeteneğine sahiptir. Özel olarak formüle edilmiş katkı maddemiz, çürümenin ilk aşamalarında biyolojik bozunmayı artırmaya yardımcı olmak üzere mikroplar için bir ilk besin kaynağı görevi görür. Bu teknoloji normal mekanik geri dönüşüm süreçleriyle tamamen uyumludur. Standart geri dönüştürülmüş tedarik zincirine karıştırıldığında geri dönüştürülmüş ürünlerin mekanik özellikleri ve optik yönü üzerinde hiçbir olumsuz etki yaratmaz.

Anahtar Kelimeler: biyo-bozunur, polietilen, balon film, katkı



2B-OLEFIN Film Development

Abstract

As Pelsan Tekstil, in order to bring sustainable solutions to the use of polymers in the world, we have developed the world's first biodegradation technology that can provide full microbial conversion of polyolefins in open environment. This technology can provide full biodegradation on PP & PE materials. The advanced catalytic system converts PP and PE materials into wax. Unlike oxo-degradation, no microplastics or toxic substances are left behind in the post- degradation stage, thanks to a bio-available wax that naturally occurring microorganisms can easily assimilate.

According to research, polymer use in the world is over 311 million tons. While the demand for polymers is projected to increase by 5.1% between 2020 and 2030, the recycling rate is only 14%. The non-recyclable portion accumulates as waste in soil and oceans.

Biodegradable polymers are biodegraded by various microorganisms and enzymes in nature and broken down into their natural components. Thus, they can be recycled into the natural cycle without leaving microplastics. However, they are considerably more expensive than non-biodegradable polymers. In addition, biodegradable polymers are very vulnerable to heat and are damaged during extrusion.

Therefore, our project goal is to make our product biodegradable by using an optimum amount of additives with our standard polyethylene film production formulation without making any changes in the technologies we already use. The biodegradation process is dominated by different factors including polymer properties, the type of organism and the nature of the pretreatment. Polymer properties such as the mobility of the polymer chains, crystallinity, molecular weight, the type of functional groups and substituents present in the structure, the plasticizers or additives present, all play an important role during degradation.

The additive has the ability to promote different chemical reactions upon the polymer structure simultaneously. Our individually formulated additive acts as an initial food-source for microbes to help boost the biodegradation in the early stages of decay. The technology is fully compatible with normal mechanical recycling processes. No adverse impact on the mechanical characteristics and optical aspect of recycled products when mixed into the standard recycled supply chain.

Keywords: *biodegradable, polyethylene, blown film, additive*



1. GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Dünya üzerinde hızla artmakta olan plastik atıklar çevre, ekoloji ve canlı yaşam döngüsü üzerinde kritik bir küresel tehdit yaratmaktadır. Birçok toplum, çeşitli projeler ile plastik kirliliğini azaltmak için çözümler aramaktadırlar. Geri dönüşüme olan çağrı plastik atık problemine karşı bir çözüm olarak lanse edilse de, yılda 400 milyon ton plastik malzeme üretimine karşı sadece %9 olan küresel geri dönüşüm oranı bu problemi azaltmada büyük ölçüde etkisiz kalmıştır.

Plastik üretimi genellikle ucuzdur. Diğer malzemelere göre üretim maliyetleri daha düşük olduğu için plastik, birçok endüstri için ekonomik bir seçenek haline gelir. Hafif ve dayanıklı olması sebebiyle geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilir. Gıda ambalajlarından ilaç sektörüne, inşaat malzemelerinden otomobil parçalarına kadar pek çok farklı alanda kullanım imkanı sağlar, Ayrıca plastik, hijyen açısından genellikle güvenlidir ve mikroorganizmaların ürünlere zarar vermesini engeller. Plastiklerin yaygın kullanımı, tüketim odaklı modern yaşam tarzıyla uyumludur. Tek kullanımlık ürünlerin yüksek tüketimi, pratiklik arayışı ve hızla tüketilen malların artması, plastik kullanımını teşvik etmektedir.

Plastik ürünler için sıklıkla kullanılan polimerler, farklı özelliklere ve uygulamalara göre çeşitlenir. Polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil Klorür (PVC), polietilen Tereftalat (PET) farklı alanlarda kullanılan bazı polimerlerdir.

Günümüzde bu poliolefin grubundan olan polietilen ve polipropilen hijyen ve medikal sektöründe en çok kullanılan polimerlerdir. Polietilen özellikle su geçirmezlik özelliği nedeniyle hijyen ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Bu özellik, sıvıların dışarıya sızmasını engeller ve ürünlerin içeriğinin hijyenik ve kuru kalmasını sağlar. Örneğin, bebek bezleri, kadın pedleri ve yetişkin bezlerinin dış katmanlarında polietilen kullanılır. Bu malzeme, sıvıları hapsederek dışarıya geçmesini engeller, böylece sızıntıların önlenmesini sağlar. Polietilenin bazı türleri, hava geçirgen özelliklere sahip olacak şekilde işlenebilir. Bu, cildin hava almasını ve nemin buharlaşmasını sağlar. Örneğin, kadın pedleri ve bebek bezlerinin iç kısmında kullanılan polietilen, cildin kuru kalmasını sağlarken bu da cilt tahrişini ve kızarıklığı azaltır. Ek olarak, polietilen, hipoaalerjenik (alerjiye neden olmayan) özelliklere sahip bir malzemedir. Bu, hassas cilde sahip kişiler için önemlidir, çünkü polietilen, alerjik reaksiyonlara veya cilt tahrişine neden olma olasılığı düşük bir malzemedir. Dayanıklı ve uzun süreli kullanım için uygun bir malzemedir. Ayrıca, polietilenin kimyasal dirençleri yüksektir, bu da onu hijyen ürünlerinde güvenli bir malzeme yapar.



Hijyen sektörü için işlemesi kolay ve uygun fiyatlı olan hammadde olan polietilen, doğada atık oluşturma konusunda sınıfta kalmaktadır. Poliolefin grubu içeren hijyen ürünlerinin doğada bozunma süreleri en az 500 yıl olarak saptanmıştır. Günden güne artan atık miktarı düşünüldüğünde gelecekteki çevre kirliliği büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

Hijyen sektörüne nefes alabilir polietilen film üreten bir kuruluş olarak, daha çevreci çözümler sebebiyle başladığımız projenin çıktısı olarak doğada bozunabilir, gümbreleşebilir bir nefes alabilir bir polietilen film üretilmiştir. Polietilenin su geçirmezlik, nefes alabilirlik, dayanıklılık, uygun fiyat gibi özelliklerinden ödün verilmeden üretilmiş bu film yapılan test sonucuna göre 315 gün içerisinde %95 oranında mikro-plastik bırakmadan gümbreleşmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Nefes alabilir polietilen blown film üretimi 2 aşamada gerçekleşmektedir. Kompound hattından fiziksel olarak eritilen polietilen ile özel kaplı bir kalsiyum karbonat minerali ile homojen bir biçimde karıştırılır. Hattan çıkan granüller blown film hattına beslenerek film üretimi gerçekleştirilir. Film üretimi boyunca hatta beslenen özel bir katkı sayesinde gümbreleşebilir polietilen film son formunu alır.

2.1. Hammaddeler

Nefes alabilen poliolefin film üretiminde polimer (poliolefin) ve inorganik dolgu 2 ana hammadde bulunmaktadır.

Polimer olarak genellikle polietilenin özel olarak sentezlenmiş türleri kullanılmaktadır. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) olarak bilinen diğer türlere göre daha fazla dallanmış yapıdadır. Dal sayısının fazla olması sebebiyle zincirler birbirine itme kuvveti uygular. Bu sebeple, polimer yoğunluğunu 0,91-0,925g/cm³ aralığına düşürür. LDPE'ler esnek yapısıyla matrise esneklik sağlar. Polietilenin blown film üretiminde işlenmesini kolaylaştırmaktadırlar.

Bir diğer polietilen türü doğrusal düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE)'dir. Bu türün molekülleri daha düzgün bir şekilde sıralanmış ve birbirine yakın olurlar. Bu lineer yapı, moleküller arasında daha güçlü bağlar kurar ve malzemenin dayanıklılığını artırır.

LLDPE, LDPE'ye göre daha yüksek bir kristalinlik oranına sahiptir. Moleküller arasındaki düzenli dizilim, LLDPE'nin daha güçlü, daha sert ve daha dayanıklı olmasını sağlar. Bu



sayede LLDPE, daha fazla çekme dayanıklılığına sahip olma eğilimindedir. LDPE'nin moleküler yapısındaki dallanmışlık, onun daha az kristalin ve daha amorf (düzensiz) olmasına neden olur, bu da mekanik özelliklerini zayıflatır. LLDPE'nin daha düzenli yapısı, filmlerin çekme, delme, yırtılma ve aşınma gibi dış etkilere karşı daha dayanıklı olmasına yardımcı olur.

İnorganik dolgular, nefes alabilen filmlerde genellikle su buharı geçirgenliğini artırma, mekanik özellikleri iyileştirme ve çevresel dayanıklılığı sağlama amacıyla kullanılır. Bu dolgular, belirli bir proses sonrasında film yapısında açtığı mikro gözenekler aracılığıyla gaz ve su buharı geçişini kontrol eder ve filmin mukavemet performansını artırır. Silika, titanyum dioksit, alüminyum oksit ve kalsiyum karbonat gibi dolgular, bu tür filmler için yaygın olarak tercih edilen inorganik malzemelerdir.

Nefes alabilen polietilen filmler genel olarak yüksek miktarda kalsiyum karbonat dolgusu içerirler. Kendiliğinden nefes alabilen bir yapısı olmayan polimer ile üretilen filmlere inorganik kalsiyum karbonat dolgusu ve özel üretim prosesi (makine yönünde polimer zincirlerini oryante etme) ile nefes alma özelliği kazandırılır.

Kalsiyum karbonatın hidrofilik ve lipofilik bir karaktere sahip olması nedeniyle plastik malzemeler içinde homojen bir şekilde dağılması zordur. Bu nedenle nefes alabilen film uygulamalarında kullanılacak kalsiyum karbonat genellikle stearik asit ve tuzları ile kaplanır. Stearik asit kaplama, nem absorpsiyonuna karşı duyarlılığın azaltılması nedeniyle sadece serbest akış özelliğinin elde edilmesine değil aynı zamanda yüzey enerjisinin azaltılması nedeniyle bileşik oluşturma sırasında polimer matrisinde daha kolay dağılım elde edilmesine de yardımcı olur. Kaplama işlemi kimyasal çözündürme veya püskürtme yoluyla gerçekleştirilebilir. Böylece, CaCO_3 nefes alabilir film için kullanıma hazır olur.

Bu çalışmanın aslında en önemli hammaddesi biyobozunmayı ve kompostlanmayı sağlayan katkı maddesidir. Yüksek oranda LDPE matrisine yayılmış olarak kullanılan bu katkı hidrojenize polimerlerden elde edilmiş polimerik yapıdadır. Bu kompostlanabilir katkı maddesinde karboksilik asit grupları, katkı maddesinin bozunma mekanizmasındaki en önemli rolü oynar. Bu gruplar, poliolefin matrisinin bozunma sürecini başlatan hidroliz reaksiyonlarının gerçekleşmesine ortam sağlar. Bilindiği üzere polietilen ve polipropilen polimerleri apolardır. Kompostlanabilir katkının apolar olması olefin matrisine homojen bir şekilde dağılmasını ve aynı zamanda mikroorganizmaların



daha verimli şekilde kompostlanabilir katkı maddesini parçalamalarını sağlar. Gerekli ortam koşulları sağlandığında örneğin; gün ışığı, toprak, yüksek uv, nem bakteri, mantar vb. mikroorganizmalar besin kaynağı olarak poliolefin filmi kullanırken polimer zincirlerindeki bağlara saldırıp moleküler boyuta indirirler. Hücre duvarından geçebilecek kadar küçük halde parçalanan moleküller filmi bir transformasyona uğratar ve film mumsu (bal mumu) bir yapıya dönüşür. Böylece ürün yaşam döngüsüne zararsız, toksik atık, mikro plastik bırakmadan dahil olabilir. Bu kompostlanabilir katkı maddesinin biyolojik bozunma sürecinde (mikro organizmalar ile) kontrollü bir şekilde işlem görmesini ve uzun vadede çevreye zarar vermemesini sağlar. Bu katkı oksobozunmadan farklı çalışarak mikro plastik bırakmayan bir katkıdır. Olefin malzemenin oksijen (genellikle atmosferdeki oksijen) ve ışık (özellikle ultraviyole ışığı) etkisiyle zamanla bozulması ve kimyasal yapısının değişmesidir. Oxo degradation, biyolojik bozunmadan farklı olarak, mikroorganizmaların etkisiyle değil, oksijen ve ışık gibi çevresel faktörlerle gerçekleşir.

Kompostlanabilir katkı maddesinin formülasyondaki oranı, ürünün raf ömrü ile doğrudan ilişkilidir. Kompostlanabilir katkı maddesi oranı, filmin kullanım amacına ve bozunma hızına göre ayarlanabilir. Ağırlıkça %10'un üzerinde katkı kullanımı, filmin bozunma sürecini hızlandırmakla birlikte, kısa bir süre sonra mekanik özelliklerde belirgin bir düşüşe neden olabilir. Bu nedenle, katkı oranının optimize edilmesi, filmin hem raf ömrünü hem de mekanik performansını dengelemek açısından kritik önem taşır. Ayrıca, kompostlanabilir katkı maddesinin kendi kimyasal formülasyonunda yapılan değişikliklerin, bozunma sürecini ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyebileceği tespit edilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, katkı maddesinin formülasyondaki oranının ve yapısının özenle seçilmesi, film performansını korurken çevresel sürdürülebilirlik gerekliliklerini karşılaması için bir gerekliliktir.

2.2. Komponder Hattı

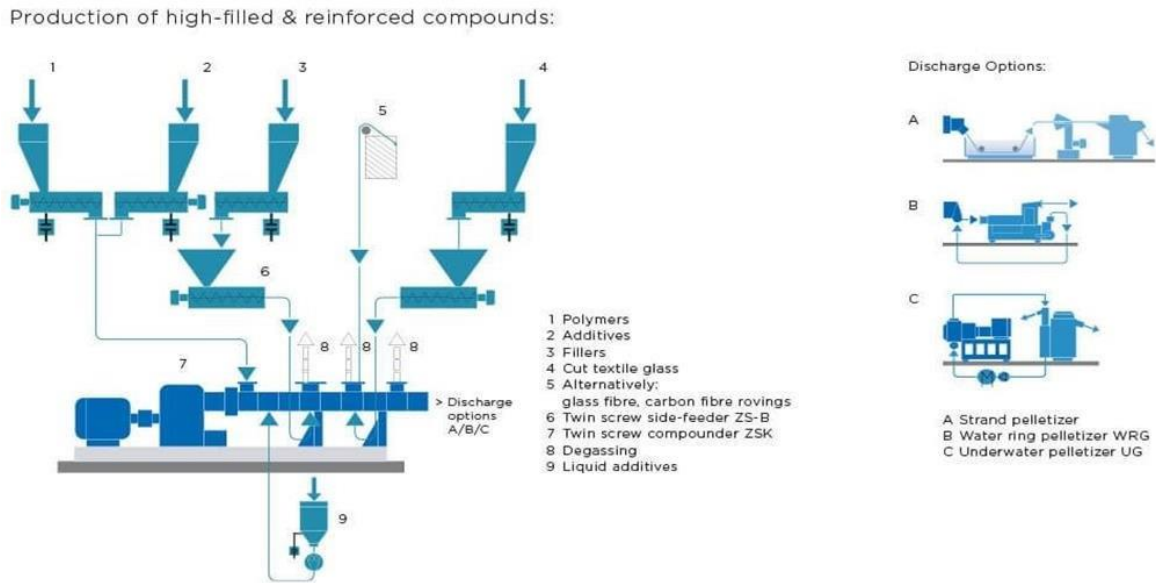
Kompond üretim prosesi farklı ham maddelerin belirli oranlarda karıştırılması ve işlenmesi ile yeni bir malzeme veya bileşik (compound) elde edilmesi sürecidir. Bu süreç, özellikle plastik, kauçuk ve kimya endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır. Üretilen bileşik, genellikle daha iyi özellikler veya belirli performans gereksinimlerini karşılamak amacıyla tasarlanır. Yapılan çalışmada kalsiyum karbonatı olefin matrisine homojen bir şekilde dağıtmak için komponder hattı kullanıldı. Kalsiyum karbonat, genellikle toz formda kullanılır. Dolgu oranı, ürünün özelliklerine ve kullanılacağı son uygulamaya göre değişir. Genellikle %10 ile %80 arasında bir oran kullanılır, ancak bu oran istenen

özelliklere göre ayarlanabilir. Toz formda olması sebebiyle direkt film makinalarında kullanılamaz. Çift aşamalı karışım gerektirir. Ağırlık, dayanıklılık, maliyet düşürme gibi amaçlarla kullanılır. Bizim kullanımımızdaki en büyük amaç nefes alabilirliktir. Film prosesinde yapılan işlem ile normal şartlarda nefes alma özelliği olmayan olefin filmlere nefes alma özelliği kazandırılır.

Seçilen ham maddeler, belirli oranlarda karıştırılır. Bu işlem, genellikle bir karıştırıcı veya ekstrüder kullanılarak yapılır. Ekstrüdere beslenen polimer ve kalsiyum karbonat sıcaklık ve basınç altında polimerin erimesi ile kalsiyum karbonatla çift vidalı sistem ile homojen bir karışım haline gelir. Ekstrüzyon işlemi sırasında sıcaklık, genellikle 180-250°C arasında olabilir, ancak kullanılan polimerin türüne bağlı olarak değişebilir. Homojen bir şekilde karışıp kafaya doğru ilerleyen eriyik pellet formunda kesilir ve kompozit işlemi sona ermiş olur.

Üretilen kompozit, kalite kontrol testlerinden geçirilir. Bu testler, mekanik özellikler (sertlik, gerilme dayanımı, elastikiyet), kimyasal dayanım ve diğer özel gereksinimlere göre yapılır.

Kompozit üretim prosesi, hammaddelerin doğru oranlarda karıştırılması, ısıl işleme tabi tutulması, şekillendirilmesi ve sonrasında kalite kontrolü yapılması sürecini içerir.



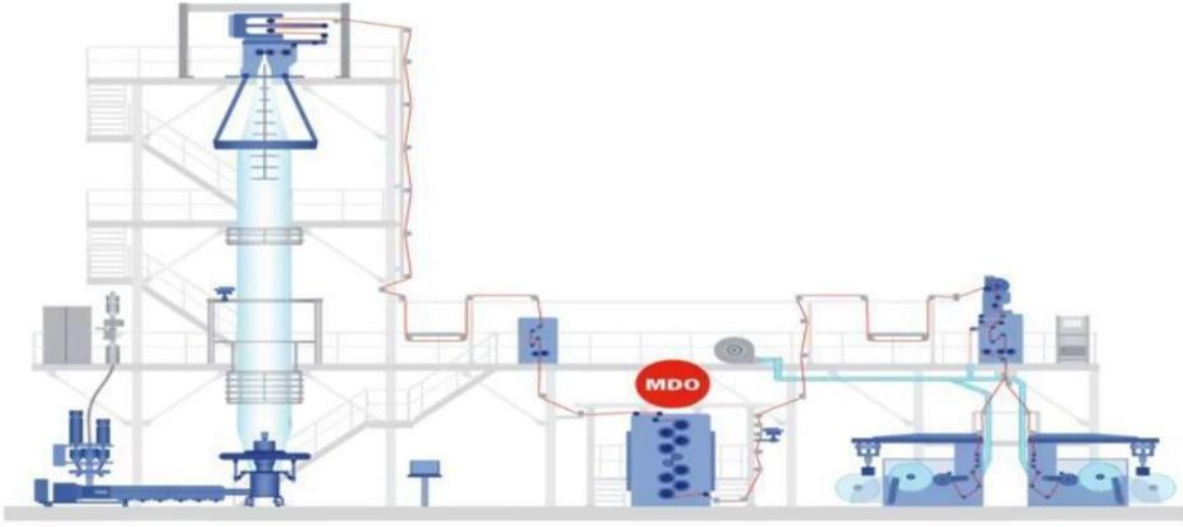
Şekil 1: Kompounder Hattı

2.3. Blown Film Üretimi



Hazırlanan granül halindeki hammadde, blown film hattına beslenir. Kafadan üfleme teknolojisi ile şişirilerek film haline getirilir. Bu hat, üç farklı ekstrüder içerdiğinden, üretilen film üç katmandan oluşur. Bu çok katmanlı film teknolojisi sayesinde, hammadde makine yönünde (MD) ve makinenin enindeki (CD) yönlerde gerilir. Bu gerilme işlemi, filmin istenilen kalınlıkta üretilmesini sağlarken, aynı zamanda mekanik özelliklerinin de güçlenmesine yardımcı olur. Şişirme sırasında, diğer teknolojilere kıyasla daha homojen ve stabil film üretilmesinin sebebi, eriyik haldeki polimerin üfleme kafasından rotasyon yaparak çıkarken, iç ve dış olmak üzere iki farklı hava akımına maruz kalmasıdır. Polimer kafadan yukarı doğru üflenirken, üfleme kafasından uzaklaşan malzeme soğuyarak katılaşır ve stabilite kazanır. Bu süreç, polimer zincirlerinin belirli bir oranda her iki yönde (makine yönü ve en yönü) ve boyutta oriyante olmasını sağlar, bu da mekanik özelliklerin artmasına yol açar. Daha ileri mekanik özellik iyileştirmesi için MDO (Machine Direction Orientation) teknolojisi devreye girer.

Film, şişirilip katılaştıktan sonra, hattın en üst kısmından inmeye başlar ve MDO ünitesine gelir. Burada, ilk olarak ön ısıtma merdaneleri polimere düşük miktarda ısı vererek, polimer moleküllerine hareket etmeleri için enerji sağlar. Sonrasında, yüksek hızlı merdaneye giren film gerilerek (çekilerek) uzatılır. Bu çekme işlemi, filmin mekanik özelliklerini daha da iyileştirir. Son adımda, film soğutma merdanelerinden geçirilerek stabil hale gelir. Gerdirme işlemi sırasında, kompozit üretiminde eklenen kalsiyum karbonat gibi özel kaplı mineral dolgular sabit kalırken, polimerik yapıdaki maddeler esner. Bu esneme sayesinde, dolgu partiküllerinin etrafında mikro gözenekler açılır ve film, bu gözeneklerden hava geçirebilir hale gelir, yani nefes alabilen bir yapı kazanır. MDO ünitesindeki gerilme, filmin daha uzun metrajlı üretimini sağlar ve daha az hammaddeyle daha fazla ürün üretilmesine olanak tanır. Bu, hem maliyet tasarrufu sağlar hem de nefes alabilirlik gibi önemli özelliklerin kazandırılmasına yardımcı olur. Film, MDO ünitesinden geçtikten sonra, hattın sonuna doğru inmeye devam eder ve burada iki ayrı sarıcıya sarılır. Bu sarma işlemi sırasında, filmin düzgün ve homojen bir şekilde ikiye ayrılabilmesi için ilave katkılar eklenir. Son olarak, iki ayrı film sarılır ve paketlenerek kullanılmaya hazır hale getirilir.



Şekil 2: MDO Üniteli Blown Film Hattı

3. Bulgular ve Sonuçlar

Poliölefin filmlere yeni ve bambaşka bir özellik kazandırdığımız bu çalışma ile dünyada artan plastik kullanımı sebebiyle git gide büyüyen plastik atık sorununun önüne geçmek hedeflenmiştir. Çalışma sırasında birçok farklı formül denenmiş olup, kompostlanabilir katkının komponenter ya da film hattında beslenebileceği kanısına varıldı.

Test Parametresi	Değer Aralığı	Test Metodu
Film gramajı (gsm)	8-40	UNI 8516
Kopma anındaki çekme dayanımı (MD) (N)	15-50	ASTM D882.02
Kopma anındaki çekme dayanımı (CD) (N)	0,5-10	ASTM D882.02
Kopma uzaması (MD) (%)	40-150	ASTM D882.02
Kopma uzaması (CD) (%)	300-900	ASTM D882.02
Trapezoidal yırtılma dayanımı (g)	20-350	ASTM D5733
Opaklık (%)	5-90	ASTM D1003



Islak Opaklık (%)	5-70	ASTM. D1003
Kül Miktarı (%)	5-70	TT.C-001
Hidrostatik Basınç (mbar)	50-2.000	DIN-EN 20811
Su buharı iletim hızı (gram H ₂ O/24h/m ²)	50-15.000	EDENA WSP 70.5

Halihazırda yapılan testlere göre farklı formülde ürünler hep spek içi değerler verdi. Normalde yapılamayan biyobozunurluk-biyokompostlanabilirlik testleri dışarıdan alınan test hizmeti ile test edildi. Rapora Göre:

Malzemenin BS PAS 9017:2020 standartlarına tam uyum sağladığı onaylanmıştır.

Malzeme, biyokompostlanabilir ve ISO 4892-3 / ASTM D4329 standartlarına uygundur; ayrıca BSI PAS 9017 bölüm 4.5'e göre kimyasal analiz gerekliliklerini karşılamaktadır.

Biyodönüşüm ve ekotoksisite değerlendirmesi yapılmış olup, OECD yönergelerine göre testler (211, 222 ve 208) sonucunda çevre için güvenli olduğu kabul edilmektedir.

Malzeme, ASTM D5988 / BS EN ISO 17556 yönergelerine uygun olarak toprakta mezofilik koşullarda biyotransforme edilmekte ve biyodegradasyon süreci geçirmektedir.

%99 biyodegradasyon, en az 6 ay ve en fazla 24 ay içinde elde edilmiştir.

2B-Biolefin blown film teknolojisi, çeşitli uygulamalar için ideal olan biyolojik olarak parçalanabilirlik özelliklerine sahip ince, esnek poliolefin filmlerin oluşturulmasına olanak tanır.

Referanslar

- [1] *Market drivers*. European Bioplastics e.V. (2024, January 12). <https://www.european-bioplastics.org/market/market-drivers/>
- [2] Group, D. (n.d.). *Is biodegradable plastic good for the environment? exploring its advantage and disadvantage.*: Column: Solutions/products/services: DNP Dai Nippon Printing. Dai Nippon Printing Co., Ltd. https://www.global.dnp.biz/column/detail/20173971_4117.html
- [3] Filiciotto, L., & Rothenberg, G. (2021, January 7). *Biodegradable plastics: Standards, policies, and impacts*. ChemSusChem. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7821290/>



- [4] Weavabel. (2024, March 28). *7 biggest advantages of biodegradable plastics*.
<https://www.weavabel.com/blog/the-7-biggest-advantages-of-biodegradable-plastics-and-how-you-can-use-them>
- [5] Weavabel. (2024, March 28). *7 biggest advantages of biodegradable plastics*.
<https://www.weavabel.com/blog/the-7-biggest-advantages-of-biodegradable-plastics-and-how-you-can-use-them>
- [6] Film orientation lines. Hosokawa Alpine. (n.d.), Retrieved from
<https://www.hosokawa-alpine.com/blown-film/blown-film-lines/detail/film-orientation-lines/>
- [7] Obbard, R. W. ve ark., “[Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice](#)”, *Earth’s Future*, Cilt 2, Sayı 6, s. 315-320, 2014.
- [8] Jambeck, J. R. ve ark., “[Plastic waste inputs from land into the ocean](#)”, *Science*, Cilt 347, Sayı 6223, s. 768-771, 2015.
- [9] Cózar, A. ve ark., “[Plastic debris in the open ocean](#)”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Cilt 111, Sayı 28, s.10239-10244, 2014.<https://oceanservice.noaa.gov/facts/gyre.html>
- [10] J. Environ. Chem. Eng., 11 (2023), Article 109003, [10.1016/j.jece.2022.109003](https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.109003)
- [11] https://environment.ec.europa.eu/news/eu-and-china-agree-greater-circular-economy-cooperation-2024-04-25_en
- [12] Bioplastics for films and nonwovensin hygiene products Constance Ißbrücker, European Bioplastics, 21/09/16 <https://www.edana.org/>