



Cite As : Caferoğlu, M. (2021). "Yenilikçi Ve Sürdürülebilir Yaklaşımla Biyoplastik Malzemelerin Ambalaj Tasarımında Kullanımı", Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences, 7(46):2305-2319.

YENİLİKÇİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLA BİYOPLASTİK MALZEMELERİN AMBALAJ TASARIMINDA KULLANIMI

Use Of Bioplastic Materials In Packaging Design With An Innovative And Sustainable Approach

Dr. Öğr. Üyesi, Müge CAFEROĞLU

Nunki Design, Bursa/Türkiye
ORCID:0000-0002-1224-5721



ÖZET

Ambalaj; endüstriyel tasarım, grafik tasarım, ambalaj üreticileri, marka uzmanları ve ham madde üreten yan kuruluşları doğrudan ilgilendiren, farklı branşları ve geniş bir alanı kapsayan konudur. Ambalajlar, farklı alanlarda ürünlerin dış etkenlerden korunması, saklanması, taşınması ve satışa sunulması için çeşitli malzemelerden üretilerek tüketiciye ulaştırılırlar. Dayanıklı, kolay şekillenebilir, hafif ve uzun ömürlü olması gibi sebeplerden dolayı günlük yaşamın vazgeçilmez malzemelerinden biri haline gelen plastikler, ambalaj sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım açısından oldukça avantajlı olan plastikler, petrol ve kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıtlardan elde edilirler. Doğada yüzyıllar boyunca parçalanmadan varlığını sürdüren petrol bazlı ambalaj malzemeleri işlevleri bitince kullanışlılığını kaybederek ekosistemlere geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir ve plastiklerin oluşturduğu çevresel atıklar yaşadığımız çağın en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Dünyada hızla artan nüfus ve beraberinde getirdiği sınırsız tüketim kültürü, küresel ısınma ve çevresel sorunlarla birlikte, yeryüzündeki doğal kaynakların tükenmeye başlaması, biyolojik çeşitliliğin azalması gibi nedenler sürdürülebilirlikle ilgili kaygıları gündeme getirmiş, endüstride yenilenebilir hammaddelerin kullanımına olan ilgi ve yönelim artırmıştır. Tasarımcılar, mühendisler, bilim insanları ambalajların tasarım ve yaşam döngüsünü değerlendiren, yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen, işlevi bittikten sonra doğada çözünebilir biyomalzemelerle sürdürülebilirliğe öncelik veren çalışmalar gerçekleştirmektedirler. Mısır, patates nişastası türleri, odun, şeker kamışı, hayvansal ve bitkisel proteinler, bakteriler, yosunlar gibi doğal malzemelerden elde edilen biyoplastiklerin birçoğu, minimum karbon ayak izi, yüksek geri dönüşüm değeri ve biyolojik olarak parçalanabilirlik özelliklerine sahip olacak şekilde çevre dostu olarak tasarlanmaktadır. Bu çalışmada, sürdürülebilirlik bağlamında biyotasarım, biyomalzemeler, biyoplastikler ve ambalaj tasarımında kullanılan biyoplastik malzemelerle ilgili çalışmalara odaklanılmıştır. Ayrıca, biyoplastik malzemelerle çalışan tasarımcıların alternatif ambalaj tasarımı yaklaşımları örneklerle aktarılmaya çalışılmıştır. Dünyadaki yaşamın sürdürülebilirliği için farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektiren biyomalzemelerle ilgili araştırma süreçlerinde yenilikçi bakış açılarıyla tasarımcılar bütünleştirici bir rol oynayabilir. Gelecekte biyomalzemelerle üretilen ambalajlara talebin artması beklenmektedir ve biyobazlı malzemelerden üretilen yeni tür malzemeler çevresel etkiyi en aza indirmek için bir yol sunabilir.

Anahtar Kelimeler: Ambalaj tasarımı, Sürdürülebilirlik, Biyomalzemeler, Biyoplastik, Biyotasarım.

ABSTRACT

Packaging is a subject that covers a wide area including different branches that directly concern industrial design, graphic design, packaging manufacturers, brand experts and side industries producing raw materials. Packages are produced from various materials for protection, storage, transportation and sale of products in different areas and delivered to the consumer. Plastics, which have become one of the essential materials of daily life due to being durable, malleable, lightweight and long-lasting, are widely used in the packaging industry. Plastics, which are very favourable in terms of use, are obtained from non-renewable fossil fuels such as petroleum and coal. Petroleum-based packaging materials that exist in nature for centuries without breaking down, lose their usefulness when their work is done and cause irreversible damage to ecosystems, and environmental wastes created by plastics have become one of the most important environmental problems of our age. The rapidly increasing population in the world, the unlimited consumption culture it brings, global warming and environmental problems, the depletion of natural resources on the earth and the decrease in biological diversity have brought up concerns about sustainability, and the interest and gravitation to the use of renewable raw materials in the industry has increased. Designers, engineers and scientists evaluate the design and life cycle of packaging, and prioritize sustainability with biomaterials which could be obtained from renewable resources that are biodegradable after their functions are finished. Most of the bioplastics obtained from natural materials such as corn, potatoes starch varieties, wood, sugar cane, animal and vegetable proteins, bacteria, algae are designed to be environmentally friendly with minimum carbon footprint, high recycling value and biodegradability properties. This research focuses on studies about biodesign, biomaterials, bioplastics and bioplastic materials used in package design in the context of sustainability. In addition, alternative packaging design approaches of designers working with bioplastic materials have been conveyed with examples. Designers can play a complementing role with their innovative perspectives in research processes related to biomaterials, which require different disciplines to work together for the sustainability of life on Earth. Demand for packaging made with biomaterials is expected to increase in the future, and new types of materials made from biobased materials may offer a way to minimize environmental impact.

Key Words: Package Design, Sustainability, Biomaterials, Bioplastic, Biodesign.

1. GİRİŞ

Ambalaj, günlük yaşantımızın önemli bir parçasıdır ve artan tüketimle birlikte ambalaj malzemeleri tüketiminde de sürekli bir artış gözlenmektedir. Yılda milyonlarca ton plastik atık üretildiği ve sadece % 9'unun geri dönüştürülebildiği, kalan diğer kısmın çöplüklere, deniz ve okyanuslara atıldığı belirtilmektedir. Günümüzde ambalaj endüstrisinde kullanılan plastik malzemelerin sınırlı petrol kaynaklardan elde edilmesi, çoğunun doğada çözünme özelliklerinin olmaması, atık sorunu ve küresel iklim krizinin etkileri çevresel açıdan endişelere sebep olmaktadır.

Dünyada 1950'lerden bu yana dokuz milyar tondan fazla plastik üretilmiştir. 165 milyon tonu okyanuslarımızı çöpe çevirmişken, her yıl yaklaşık 9 milyon tonu daha okyanuslara gidiyor. Plastik atıklar çevreyi kirletiyor veya zehirli kimyasalları toprağa sızdırarak ayrışması 500 yıl kadar sürüyor (Godfrey, Shing Yii, Jin Ling and Hui Hsing, 2019:7). Dünya çapındaki istatistikler, deniz memelisi türlerinin %43'ünün, deniz kaplumbağası türlerinin %86'sının ve deniz kuşu türlerinin %44'ünün deniz plastik atıklarını yutmaya duyarlı olduğunu göstermektedir. Polimerlere maruz kalma yoluyla çevresel etkinin boyutu, bu türlerin ölümünün ötesine geçer ve ardından bu polimerleri doğal ekosistemlerine geri bırakır. Plastikler sadece deniz yaşamı için değil, aynı zamanda yüksek atık yönetimi maliyeti için de büyük bir sorun olmuştur. Her yıl yaklaşık olarak 140 milyon ton sentetik polimer üretiliyor ve bunların tahmini %20-25'i belediye çöplüklerine gidiyor. Bununla birlikte, geri dönüştürülmüş malzemenin taşınması ve işlenmesiyle ilgili genel ekonomik maliyetler, yeni polimer bazlı ürünlerin üretilmesinden doğrudan daha ağır basmaktadır. Bu nedenle, biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin kullanılması alternatif çözümler yaratabilir (Pan, Farmahini, O'Hearn, Xiao and Ocampo, 2016:106). Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyoplastikler, şeker kamışı, mısır, patates gibi nişasta türleri, odun, hayvansal ve bitkisel proteinler, bitkisel yağlar, bakteri, yosun gibi doğal ve yenilenebilir kaynaklarından üretilen plastik türüdür.

Geleneksel plastik, petrol bazlı ve yenilemeyen hammaddelerden yapılır. Araştırmacılar, yüzde 20 veya daha fazla yenilenebilir malzemelerden yapılan biyoplastiklerin plastik kirliliğine çözüm olabileceğini söylüyor. Biyoplastığın sıklıkla bahsedilen avantajları, fosil yakıt kaynaklarının daha az kullanılması, daha küçük bir karbon ayak izi ve daha hızlı ayrışmadır. Biyoplastik ayrıca daha az toksiktir ve genellikle geleneksel plastiklerde bulunan bir hormon bozucu olan bisfenol A (BPA) içermez (Godfrey, Shing Yii, Jin Ling and Hui Hsing, 2019:7). Çevre duyarlılığının artması ve çevre dostu materyallerin talep ediliyor olmasıyla birlikte biyoplastik malzemeler üzerinde çalışmalar hız kazanmıştır. Ambalaj sektörü ve diğer birçok alanda biyoplastiklerin petrol kaynaklı plastiklerin yerine kullanılabilirliği ekolojik sorunlar için bir çıkış noktası olabilir.

John Todd, 21. yüzyıldaki tasarım vizyonunu için, dünyanın ekolojisinin, insan sistemlerinin tasarımında acilen çözmemiz ve kullanmamız gereken bir dizi talimatla gömülü olduğunu, biyoloji, ekoloji ve tasarım arasında bağlantı kurarak doğa ile tasarım yapmanın mümkün olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Todd, ekolojik tasarım yöntemiyle, endüstriyel toplumun bugün kullandığı dünya kaynaklarının sadece onda birini kullanarak yüksek bir medeniyete sahip olmak mümkün olduğunu vurgulamaktadır (Wahl, 2006:291). Myers ve Antonelli (2018:10) de, tasarımcıların, yöntemlerini değiştirmek ve çevrenin hızlanan bozulmasını ele almak için hedeflerini yeniden belirlemelerinin aciliyetine vurgu yapmaktadırlar. Entelektüel, etik ve düzenleyici olan bu yeni baskının, doğanın kırılganlığının ve gelecek nesiller için koruma sorumluluğunun kabul edilmesini gerektiğini eklemekteler. Ayrıca, Myers ve Antonelli doğal sistemlerle entegrasyon yoluyla gelişmiş ekolojik performans elde etmek için çalışan tasarımcıların, uzmanlıkları ve rehberlikleri için biyologlara yöneldiklerini belirtmekteler.

Son yıllarda ambalaj tasarımında kullanılan petrol kaynaklı plastik malzemelere alternatif olarak yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen, kullanıldıktan sonra doğada çözünebilen biyomalzeme ve biyoplastik ambalajlar üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, ambalaj tasarımında kullanılan biyoplastiklerin çeşitleri, kullanım alanları, sahip oldukları avantaj ve dezavantajlarıyla birlikte mevcut ve olası uygulama pratikleriyle ilgili bilgiler verilmektedir. Biyoplastiklerin birçoğu biyolojik olarak parçalanabilir, kompostlanabilir ve çevre dostu oldukları dolaylı çevre kirliliği ve hammadde kaynaklarının tükenmesi gibi problemlerin üstesinden gelmek için yenilikçi fırsatlar sağlayabilir. Tasarımcılar, bilim insanları, mühendisler, biyomalzemeler konusunda disiplinlerarası ortak çalışmalar yürüterek sürdürülebilir yaklaşımlarla yaşamakta olduğumuz çevresel sorunlara çözümler yaratabilecekleri düşünülmektedir.

2. AMBALAJ TASARIMI ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sanayileşme süreci ile ilk tohumları atılan bugünkü ekonomik sistemler, sınırsız ekonomik büyümeyi ve refah artışını amaçlamışlardır. Ancak, bu amaçları gerçekleştirirken dünyanın kaynaklarının kayıtsızca tüketilmesini ve yüksek miktarda atık üretilmesini neden olmuşlardır (Karalar, Kiracı, 2015:63). Hızla artan nüfus, doğal kaynakların aşırı tüketimi, çevresel kirlilik vb. etkiler bir çok ekolojik sorunu ortaya çıkartarak 20. yüzyılın ikinci yarısında etkisini giderek arttırmış ve dünyanın yaşamı destekleme kapasitesini tehlike altına sokmuştur.

1970'lere kadar çevre konusuna yeterli düzeyde önem vermeyen insanoğlu, ekolojik sorunların giderek şiddetlenmesiyle birlikte 1970'li yılların başından itibaren söz konusu sorunları fark etmeye başlamıştır. Bu dönemde yayınlanan kitaplar ve uluslararası düzeyde düzenlenen toplantılarda var olan ekonomik sistem sorgulanmış, ekolojik sistemin işleyişini bozmayan yeni bir ekonomik sistemin geliştirilmesi gerektiği dile getirilmiştir (Karalar ve Kiracı, 2015:63 Sürdürülebilir gelişme kavramı, 1987 yılında 'Bruntland Raporu' olarak bilinen "Ortak Geleceğimiz" başlıklı raporla dünya literatürüne yerleştirilmiştir. Bu rapora göre, sürdürülebilirliğin anlamı, "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarını dikkate alarak karşılamak" olarak tanımlanmıştır (Akın, 2007:20). Sürdürülebilirlik, ekonomiden mimariye, tasarımdan üretime kadar birçok alanda uygulanan, yaşanabilir bir dünya için çevreye duyarlı projelerin gerçekleştirildiği bir yaklaşımdır.

Ürün tasarımında veya üretim sürecinde çevresel duyarlılığın da dikkate alınması, sürdürülebilir tasarım kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Sürdürülebilir tasarım, işletmelerin pazar avantajını ve inovasyonu artırırken, ürün tasarımı yolu ile çevresel etkilerini minimize etmeye cesaretlendiren bir yaklaşımdır (Zeren, Nakıboğlu, 2009:462). Berman (2009:1), 'İyi Tasarım Yapın, Tasarımcılar Dünyayı Nasıl Değiştirebilir?' kitabında tasarımcıların sosyal sorumluluk almada başı çekmeleri gerektiğini, çünkü tasarımın, dünyanın içinde bulunduğu güçlüklerin ve çözümlerin tam ortasında bulunduğunu belirtmektedir. Tasarımcıların içinde yaşadığımız dünyada çok fazla şey yarattıklarını ve gördüğümüz, kullandığımız ve attığımız her şeyi şekillendirdiklerini vurgulayan Berman, tasarımcıların dünyayı nasıl biçimlendirdiğimiz ve geleceğimize nasıl yön verdiğimiz etkileyebilecek kadar büyüleyici güçleri olduğunu düşünmektedir. Günümüzde sürdürülebilir tasarım, doğal kaynakların tükenmesine, ekosistemin tahrip olmasına ve biyolojik çeşitliliğin yok olmasına kadar birçok küresel soruna tepki ve önlem olarak farklı alanlarda hayata geçirilmesi zorunlu olan bir konudur.

Bingöl (2011:364), sürdürülebilir tasarım felsefesinin mimarlık, iç mimarlık, peyzaj mimarisi, kentsel tasarım, endüstri ürünleri tasarımı, grafik tasarımı ve moda tasarımı gibi nerdeyse tasarım disiplinlerinin tamamını kapsadığını belirtmektedir. Sürdürülebilir grafik tasarım, sürdürülebilirlik prensiplerinin grafik tasarıma uyarlanması olduğunu vurgulayan Bingöl, grafik tasarım ürünlerinin (ambalaj, basılı materyaller, yayınlar v.b.) hammadde, işleme, üretim, taşınma, kullanım ve elden çıkarma aşamalarında çevreye olan etkileri bu kapsamda ele alındığının vurgulamaktadır. Ayrıca Bingöl, grafik tasarımcıların tasarım sürecinde ve materyal seçiminde çevreye duyarlı ve sürdürülebilir tasarım ilkelerine bağlı olmalarını, ürettikleri tasarım ürünlerinin çevreye, sosyal yaşama ve ekonomiye olumlu kazanımlar olarak geri döneceğinin altını çizmektedir.

Ambalaj; gıda, kozmetik, elektronik ve giyim dahil her ürünün ayrılmaz bir parçasıdır ve ambalajın temel işlevi, içeriğini dış etkenlerin etkisinden koruyarak ürünleri belirli bir süre güvende tutmaktır. Ambalaj ayrıca, tüketicilerle iletişim kurmaya yardımcı olan bir pazarlama aracı olarak da işlev görür. Ambalaj tasarımında sadece işlevselliğe değil, aynı zamanda sürdürülebilirliğe, estetiğe ve yenilikçi çözümlere de büyük önem verilmektedir. Bu nedenle ambalaj uygulamasında malzeme seçimi büyük önem taşımaktadır (Olejnik, and Masek, 2020:1). "Ambalaj fiziksel korumadan yalıtıma, farklı türlerde koruma sağlayabilir. Ambalaj tasarımında çeşitli malzemeler kullanılabilir de pratik oluşlarından ötürü ucuz ve hafif malzemeler tercih edilmektedir. Bu malzemeler ürünlerin nakliyat ve dağıtımını da kolaylaştırmaktadır (Ambrose ve Harris, P. 2012:120)." Ambalaj sektöründe kullanılan materyallere bakıldığında, plastik, kâğıt, metal, cam ve diğer (odun, kumaş) gibi 5 farklı materyal en fazla kullanılan malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Keskin, Altay, Akyol, Meral, Uyar, ve Fleming, 2018:485). Plastik malzemeler, tekstil, elektronik, sağlık ürünleri, oyuncaklar ve ambalaj gibi günlük hayatımızın birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sentetik plastik, doğası gereği esnek olan yapay veya yarı yapay organik bileşiklerden oluşur. 1940'lardan bu yana sentetik plastikler, mekanik mukavemet, hafiflik, esneklik ve dayanıklılık gibi büyüleyici özellikleri nedeniyle toplumu yeniden şekillendirmiştir. Bu özellikleri sayesinde düşük maliyetli bir malzeme olan plastik, kâğıt, cam ve metaller dahil olmak üzere diğer malzemelerden yapılmış ürünlerin yerini alma kabiliyetine sahip olmuştur (Thakur, Chaudhary, Sharma, Verma, Tamulevičius and Thakur, 2018:3). Plastikler, işlenme kolaylığı, düşük maliyet, hafif, ısıyla yapıştırılabilir ve çeşitli şekillerde imalat için iyi bir esnekliğe sahip olması nedeniyle ambalajlama için en yaygın kullanılan malzemelerdir. Bununla birlikte, plastiklerin petrolden

yapılması malzemenin çoğunu biyolojik olarak parçalanamaz ve yenilenemez hale getirir. Plastiklerin doğada tamamen parçalanması zor olduğundan çevre sorunlarını yaratır. Bu sorunun çözümü için bilim insanları, mühendisler ve tasarımcılar çevre dostu malzemelerle ambalaj tasarımına yenilikçi çözümler getirmeye çalışmaktadırlar.

Sustainable Packaging Coalition (SPA) tarafından 2006'da sürdürülebilir ambalajlamanın dört ilkesi etkili, verimli, döngüsel ve temiz başlıkları altında belirlenmiştir. Tablo 1'de bu ilkeler açıklamalarıyla yer almaktadır. Bunlar, sürdürülebilirliğin önceden belirlenmiş bir son noktadan ziyade sürekli bir iyileştirme süreci olduğu gerçeğini vurgulamak için "ürün israfını azaltır" ve "işlevselliği iyileştirir" gibi terimlerle ifade edilmiştir (Lewis, Fitzpatrick, Verghese, Sonneveld and Jordon, 2007:4). Bir ambalajı tasarlarken, her aşamada çevresel etkiyi en aza indirecek, döngüsel olacak bir planlama yapılarak hareket edilmelidir. Tablo 1'de yer alan sürdürülebilir ambalajlama ilkeleri göz önünde bulundurularak, yenilebilir kaynaklardan minimum malzeme kullanımıyla tasarlanıp, ambalajın dönüşüm, kompostlama, biyobozunma gibi kullanım sonrası işlemlerinde tasarım aşamasında planlanması döngüsellik açısından oldukça önem taşımaktadır.

Tablo 1: Sustainable Packaging Coalition (SPA)'nın sürdürülebilir ambalaj ilkeleri. (Lewis, vd., 2007:3)

Sürdürülebilir Paketleme İlkesi	Sürdürülebilir Ambalaj Göstergesi
1. Etkili Bu ilk ilke, öncelikle ambalajın işlevselliği ile ilgilidir. Paketleme sistemi, ürünleri tedarik zincirinde ilerlerken etkili bir şekilde koruyarak ve bilinçli ve sorumlu tüketimi destekleyerek topluma gerçek değer katar.	1.1 Ürün israfını azaltır 1.2 İşlevselliği iyileştirir 1.3 Aşırı paketlemeyi önler 1.4 İşletme maliyetlerini azaltır 1.5 Tatmin edici bir getiri elde eder yatırım (ROI)
2. Verimli Paketleme sistemi, ürün yaşam döngüsü boyunca malzeme ve enerjiyi mümkün olduğunca verimli kullanmak üzere tasarlanmıştır. Bu, depolama, taşıma ve elleçleme gibi ilgili destek sistemleriyle etkileşimlerde malzeme ve enerji verimliliğini içermelidir.	2.1 Ürün / ambalaj oranını iyileştirir 2.2 Lojistik verimliliğini artırır 2.3 Enerji verimliliğini artırır 2.4 Malzeme verimliliğini artırır. 2.5 Su verimliliğini artırır 2.6 Geri dönüştürülmüş içeriği artırır 2.7 Çöp sahasına giden atıkları azaltır
3. Döngüsel Sistemde kullanılan ambalaj malzemeleri, malzeme bozulmasını en aza indirerek, doğal veya endüstriyel sistemlerde sürekli olarak döngüye alınır.	3.1 İade edilebilir 3.2 Yeniden kullanılabilir (alternatif amaç) 3.3 Geri dönüştürülebilir (teknik olarak geri dönüştürülebilir ve toplama ve yeniden işleme için sistem mevcuttur)
4. Temiz Malzemeler, cilalar, mürekkepler, pigmentler ve diğer katkı maddeleri dahil olmak üzere sistemde kullanılan ambalaj bileşenleri, insanlar veya ekosistemler için herhangi bir risk oluşturmaz. Şüpheli durumda ihtiyat ilkesi geçerlidir.	4.1 Hava kaynaklı emisyonları azaltır 4.2 Su kaynaklı emisyonları azaltır 4.3 Sera gazı emisyonlarını azaltır 4.4 Toksikiteyi azaltır 4.5 Çöp etkilerini azaltır

Bugün yeni bir ürünün tasarımında, üretiminde ve tanıtımında geçerli olan temel parametreler arasında o ürünün ve özellikle de ambalajın "sürdürülebilirliği" vardır. Bu konu yiyecek, içecek ve diğer hızlı tüketim ürünleri piyasasına hakim olan güçlü perakende zincirlerinin bir ön şartıdır (Stassinopoulos, 2009:58). Plastik malzemeler polimer olarak adlandırılan ham maddelerin uygun yöntemlerle, (ısıtılarak, üfleterek kalıplama, enjeksiyon kalıplama vb.) istenilen şekilde işlenmesiyle üretilir. Polimerler ise, çoğunlukla petrolden ve petrol kaynaklarından sentezlenir. Ancak petrolün tükenen bir kaynak olması ve petrol rezervlerinin sınırlı olması plastik üretiminde önemli bir dar boğaz oluşturur. Üstelik petrol kökenli plastiklerin parçalanma süreçlerinin çok uzun olması nedeniyle doğada birikmesi, çevre kirliliğinin temel nedenlerinden biridir. İşte bu problemlerin üstesinden gelebilmek için plastik üretiminde yeni kaynak arayışlarına gidilmiştir. Son 20 yıldır yenilenebilir, yani doğal kaynaklı polimerler, diğer bir deyişle biyobazlı polimerler plastik malzemelerin üretiminde ilgi odağı haline gelmiş durumdadır (Gümüşderelioğlu, 2012:76). Yılda 34 milyon ton plastik atık üretildiği ve yalnızca yüzde 7'sinin geri dönüştürüldüğü ve kalan yüzde 93'ünün okyanuslara ve çöplüklere atıldığı tahmin edilmektedir. Petrol bazlı sentetik polimer malzemelerin büyük bir kısmı biyolojik olarak parçalanamaz ve doğal karasal, deniz habitatları ve tatlı su kaynakları için ciddi çevresel sorunlara neden olurlar. Plastiklerin doğada veya çevrede bozulmaları on yıllar alır ve ayrıca petrol, kömür ve doğal gaz gibi yenilenemeyen kaynaklardan üretilirler (Sidek, Draman, Abdullah and Anuar, 2019:1). Doğada yüzyıllar boyunca parçalanmadan varlığını sürdürür petrol bazlı ambalaj malzemeleri ekosistemlerde geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Plastiklerin biyolojik olarak parçalanamayan yapılarından dolayı ve çevreye vermiş olduğu zararın kaygısıyla, geleneksel plastiklere biyolojik olarak parçalanabilen ve çevre dostu bir alternatif olarak biyomalzemeler üzerindeki çalışmalarla yenilikçi malzemeler geliştirilmektedir. Petrol kaynaklı plastik ambalajlara alternatif olarak, işlevi bittikten sonra doğada çözünebilir, nişasta, protein,

selüloz, çeşitli bakteri, mantar ve alglerden elde edilen biyoplastik malzemelerden ambalaj tasarımı çalışmaları sürdürülmektedir.

3. BİYOTASARIM ve BİYOMALZEMELER

Tasarımın eskisi gibi olmadığını belirten Myers ve Antonelli, okullarda ve stüdyolarda, şirketlerde ve politik kurumlarda tasarımcıların, bilimsel görselleştirmeden ara yüzlere, sosyolojik teorilerden nanoteknolojinin olası uygulamalarına ve sonuçlarına kadar daha önce sınırlarını aşan sorunları çözmek için becerilerini kullandıklarını belirtmektedirler. Ayrıca Myers ve Antonelli, tasarımın gerçekten de yaşamla ilgili olduğunu ve hızlandırılmış teknolojik evrim ve dramatik politik, çevresel, demografik ve ekonomik kaygıların olduğu bir zamanda, tasarımcıların varlığının, insanları her zaman tartışmanın merkezinde tutulmasını garanti ettiğini vurgulamaktadırlar (Myers and Antonelli, 2018:6). Sürdürülebilirliğin 21. yüzyılda tasarımın en kötü sorunu olduğunu öne süren Wahl, şu andan itibaren, bireylerin, toplulukların, toplumların tüm problem çözme, karar verme ve tasarımın tüm yönlerini ele alırken sürdürülebilir olmak için, ekosistemlerin ve gezegensel yaşam destek sisteminin sağlığı üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmak zorunda olduğunu belirtiyor. Sürdürülebilir çözümler, birden fazla bilgi tabanının disiplinler arası entegrasyonunu gerektirir. Tasarım, bu süreçte bütünleştirici ve kolaylaştırıcı rolü oynayabilir. Birbiriyle ilişkili sosyal, ekonomik, kültürel ve insanlığın karşı karşıya olduğu ekolojik sorunlar, yalnızca farklı disiplinler arasında işbirliğini değil, aynı zamanda yerel, bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte siyasi ve sivil işbirliğini de gerektirmektedir. Sürdürülebilir bir uygarlığın yaratılması, eşi benzeri görülmemiş büyüklükte ve nesiller boyu önem taşıyan bir tasarım zorluğudur (Wahl, 2006:294). Dünya, iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin azalması, çevresel sorunlar, ekonomik sorunlar, eşit ve adil olmayan sistemlerle hızlı bir yok oluşun eşiğindedir. Son yıllarda bilim insanları, mimarlar, mühendisler ve tasarımcılar, sürdürülebilir bir yaşam için ekolojik sistemler arasındaki karmaşık bağlantıları ve doğayı derinlemesine araştırarak bütüncül ve disiplinler arası bir yaklaşımla yeni teknoloji ve malzemeleri yaşamlarımıza entegre etmek için çalışmalarını sürdürmektedirler.

Biyotasarım, tasarım alanında ortaya çıkan ve William Myers'ın kapsamlı biyotasarım projelerinin yer aldığı, 2012 yılında yayınlanan “Bio Design: Nature, Science, Creativity” kitabında, biyomimikri kavramını biyotasarım olarak adlandırılan yeni bir tasarım anlayışı ile değişeceğini belirtmiştir. Janine Benyus'un 1997'deki biyomimikri çalışması ve McDonough ve Braungart'ın son derece etkili ‘Beşikten Beşiğe’ çalışmaları 2002'de yayınlanmıştır ve 20. yüzyılın sonu için biyotasarım kavramlarının ve doğanın yaşam döngülerinin çevrecilik için yeni bir tasarım biçiminde kullanılmasının, o zamandan beri var olduğu söylenebilir (Bishop, 2016:14). Biyotasarım, tasarım ve üretime yönelik biyolojiden ilham alan birçok yaklaşımın ötesine geçer. Biyomimikri, beşikten beşiğe ve popüler ama belirsiz yeşil tasarımdan farklı olarak, biyotasarım, özellikle canlı organizmaların veya ekosistemlerin temel bileşenler olarak dahil edilmesini ifade eder. Taklidin ötesine geçerek entegrasyona, doğal ve yapılı ortamlar arasındaki sınırları ortadan kaldırmaya ve yeni hibrit tipolojileri sentezlemeye yönelir (Myers and Antonelli, 2018:9). Biyotasarım, mühendislikten tıbbı, elektronikten robotik, matematik, sanat ve tasarıma kadar birçok farklı alanın ‘biyo’ kökü ile birleştirilerek, problemlerin doğa kaynaklı bir yaklaşımla çözülmeye çalışıldığı süreçleri ifade etmek adına kullanılmaya başlanmıştır. Biyoloji ve biyoteknoloji alanlarıyla ilişkilenen disiplinlerarası çalışmaların gerçekleştiği biyotasarım, günümüz tasarımcılarının bir ürünü tasarlarlarken kullanıcı ihtiyaçlarını ve ürün yaşam döngüsünü göz önünde bulundurduğu, bakteriler, mantarlar, yosunlar ve mayalar gibi canlı organizmaları içeren yaşayan malzemeleri tasarımın içine dahil ettiği ve sürdürülebilir yöntemleri barındıran, biyoişbirlikçi tasarım olarak da adlandırılan bir alandır.

Tasarımın malzemeleri plastik, ahşap, seramik veya cam değil, canlılar veya canlı dokular olduğunda, her projenin içeriği form/fonksiyon denkleminin ve herhangi bir konfor, modernlik fikrinin çok ötesine uzanır. Tasarım, geleneksel sınırlarını aşar ve en derin inançlarımızla oynayarak doğrudan ahlaki alanın özünü hedefler. William Myers, mimari, grafik veya iç öğeler olarak kullanılmak üzere bitki ve hayvanlardan bakteri ve hücrelere kadar tüm ölçeklerdeki organizmaları içeren etkileyici çeşitlilikte ve sayıda vaka çalışması incelemesi yapmıştır. Değişen çevre koşullarına adeta canlı organizmalar gibi uyum sağlayan ıslak binalar üzerinde çalışan mimarlar, hayvanlara ve bitkilere dayanan yeni teşhis ve tedavi araçları oluşturan tasarımcılar, kendi kendini iyileştiren inşaat malzemeleri tasarlayan mühendisler, doğayı yarattıkları sistemlerin altyapısı haline getiriyorlar. Bu alanda gerçekleşen çok sayıda araştırmaya ve gelişen bir endüstri olmasına rağmen, biyotasarımın küresel ölçekte gerçekten uygulanabilir hale gelmesi için kamu desteğine ve finansal kaynaklardan yararlanmaya ihtiyaç vardır (Myers and Antonelli, 2018:7). Dünya genelinde çevre ile ilgili mevcut kaygılar nedeniyle, birçok alanda olduğu gibi ambalaj tasarımında da sürdürülebilir malzeme ve yöntemlerin önem kazandığı görülmekte ve gelecekte biyomalzemelerle üretilen ambalajlara talebin artması beklenmektedir. Biyobazlı malzemelerden üretilen yeni tür malzemeler çevresel etkiyi en aza indirmek için

bir yol sunabilir. Aşağıda biyomalzeme alanında kullanılan terminoloji ve malzemeler ile ilgili açıklamalar yer almaktadır.

3.1. Biyobazlı

“Biyobazlı” terimi, Avrupa standardı EN 16575'te 'biyokütleden türetilmiş' malzeme olarak tanımlanır. Bu nedenle, biyobazlı bir ürün, tamamen veya kısmen biyokütleden türetilen bir üründür. Biyokütle, jeolojik oluşumlara gömülü ve/veya fosilleşmiş malzemeler hariç, biyolojik kökenli malzemelerin tümüdür. Örnek olarak, kağıt, ahşap, ayrıca yapı taşları şekerlerden üretilen PLA gibi plastiklerdir. Biyoplastikler için kullanılan biyokütle ise, mısır, şeker kamışı veya selüloz gibi maddelerdir. Oluşması milyonlarca yıl süren fosil petrolün aksine, insan zaman ölçeğinde doğal olarak yenilenen kaynaklardan toplandığında tüketilen hammadde yenilenebilir olarak adlandırılabilir (Ellabban, 2014). Biyobazlı hammadde, yeni mahsul ekimi hasadı dengelediği sürece yenilenebilir olarak adlandırılabilir (Van Den Oever, MolenveldVan Der Zee, and Bos, 2017:15).

3.2. Biyobozunur

Biyolojik olarak parçalanabilirliği tarif eden biyobozunma, çevrede bulunan mikroorganizmaların malzemeleri su, karbondioksit ve kompost gibi doğal maddelere dönüştürdüğü kimyasal bir süreçtir (yapay katkı maddelerine gerek yoktur). Biyobozunma süreci, konum veya sıcaklık gibi çevredeki çevresel koşullara bağlıdır 'Biyobazlı', terimi tam olarak 'biyolojik olarak parçalanabilir' anlamına gelmez. Biyobozunma özelliği, bir malzemenin kaynak temeline bağlı değildir, daha çok kimyasal yapısıyla bağlantılıdır. Başka bir deyişle, bileşenlerine göre, yüzde 100 biyo-bazlı plastikler biyolojik olarak parçalanamaz ve yüzde 100 fosil bazlı plastikler biyolojik olarak parçalanabilir (European Bioplastics, 2016:1). Biyobozunurluk, çevresel koşullara bağlıdır ve malzemenin ayrışma hızı iklimin ve ortamın durumuna göre farklılık gösterebilir. Görsel 1'de biyoplastik bir şişenin doğada parçalanma süreçleri yer almaktadır.



Görsel 1. Biyoplastik bir şişenin doğada bozunması (Biyobozunma). Kaynak: (Gümüşderelioğlu, 2012:78).

3.3. Kompostlanabilir

Kompostlaştırma, mikroorganizmaların, ortamın oksijenini kullanarak çöp içerisindeki organik maddeleri biyokimyasal yollarla ayrıştırmasıdır. Bu şekilde mikroorganizmalar tarafından çürütülebilen malzemeye “kompostlanabilir” malzeme denilmektedir. Başka bir ifadeyle; endüstriyel kompostlama tesislerinde kontrollü koşullar altında yeterince hızlı olarak biyolojik bozunabilen plastiklerdir (Yıldız, 2021:1). Endüstriyel kompostlama koşulları, yüksek bağıl nem ve oksijen varlığı ile birlikte yüksek sıcaklık (55-60°C) gerektirir ve aslında bunlar, toprak, yüzey suyu ve deniz suyu gibi diğer günlük biyolojik bozunma koşullarına kıyasla en uygundur. EN 13432'ye uygunluk, ambalaj malzemelerinin endüstriyel kompostlanabilirliği için iyi bir ölçü olarak kabul edilir (Van Den Oever ve diğ. 2017:16).

3.4. Oksobozunur (Oxo-degradable)

“Oksijenin etkisi altında atmosferde parçalanmalarını sağlamak için katkı maddelerinin eklendiği malzemelerdir (Yıldız, 2021:1).” Bu malzemeler ne biyoplastik ne de biyolojik olarak parçalanabilen bir plastiktir. Biyolojik bozunmayı taklit etmek için bir katkı maddesiyle karıştırılmış geleneksel bir plastiktir. Şimdiye kadar piyasada EN13432 standardını karşılayan oksobozunur ürün bulunmamaktadır. Bunun anlamı; bu plastikler hızla parçalanır ancak biyobozunur ve kompostlanabilir plastikler gibi moleküler veya polimer düzeyinde parçalanmazlar. Bu sebeple oksobozunabilir plastiklerde; bozunma sonrası doğada kalabilecek ve

topraktan, sudan temizlenmesi artık mümkün olmayabilecek olan mikroplastiklerin yaratacağı kirlilik ile ilgili ciddi endişeler vardır (Yıldız, 2021:2).

3.5. Biyoatık

Biyoatık malzemeler, bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalardan elde edilen, yenilenebilir özelliğe sahip, biyolojik olarak parçalanabilen bahçe ve park atıkları, evlerden, restoranlardan, yemek servislerinden ve perakende tesislerinden gelen yiyecek ve mutfak atıkları ve gıda işleme tesislerinden gelen benzer atıklar olarak tanımlanmaktadır (European Commission (2020). Biyoatık malzemeler tekstil ürünleri, kağıt, ambalaj, mobilya yapımı gibi farklı alanlarda değerlendirilebilmektedir.

3.6. Tasarlanmış Yaşayan Biyomalzemeler

Tasarlanmış yaşayan malzemeler (Engineered Living Materials- ELM), malzemenin kendisini oluşturan veya birleştiren veya malzemenin işlevsel performansını bir şekilde modüle eden canlı hücrelerden oluşan mühendislik malzemeleri olarak tanımlanır. ELM'lerde canlı hücreler, moleküler yapı taşlarının üretimi için dökümhaneler, istenen bir malzeme morfolojisi için şablonlar olarak hareket edebilir veya malzemenin özelliklerini koruyabilirler. Canlı malzeme teknolojisi, tamamen yeni nesil yapısal malzemelerin (örn. tuğla, çimento, beton), koruyucu malzemelerin (örn. kaplamalar, membranlar), geçici malzemelerin (örn. biyoplastik), elektronik malzemelerin (örn. sinyalizasyon, düzenleme, veri depolama) geliştirilmesine yol açacağı düşünülmektedir (National Science Foundation, 2020). Dent ve Sherr (2014), 21. yüzyılda “doğa en iyisini bilir” anlayışının gelişmesi ile daha az kaynak kullanarak ve daha az enerji harcayarak daha verimli bir üretim yaklaşımının ortaya çıktığını, doğaya karşı olmak yerine doğayla işbirliği içerisinde olma bakış açısı devreye girdiğini ve biyoteknolojinin de yardımıyla “kendi malzemeni/ürününü kendin büyüt” felsefesi ile kendi sandalyesini, bardağını, giysisini, bisikletini vb. üreten bir akım ortaya çıktığını belirtmektedirler (akt. Meriç, 2019:113).

Yaşayan malzemelere örnek olarak, mantar oluşturan miselyum bazlı malzemeler, mantarların vejetatif kısmının farklı organik kalıplar üzerinde büyütülmesiyle üretilir. Mantar bazlı malzemeler, biyomedikal, kağıt, kozmetik, tekstil ve inşaat endüstrisi dahil olmak üzere farklı alanlarda potansiyel uygulama bulmaktadır. Miselyum malzemeleri ayrıca Strafor gibi geleneksel ambalaj malzemelerinin yerini almakta ve sürdürülebilir ambalaj malzemeleri için yeni bir kaynak olarak ortaya çıkmaktadır. Düşük maliyetli üretimleri, yüksek akustik absorpsiyonları, düşük ısı iletkenlikleri ve yangına dayanıklılıkları nedeniyle miselyum bazlı kompozitler, termal ve akustik yalıtım panellerinin geliştirilmesinde umut verici malzemeler olabilir ve bu nedenle inşaat endüstrisinde faydalı uygulamalar yapılabilir (Manana, Wajid Ullaha, Ul-Islamb, Attaa. and Yanga, 2021:2).

3.7. Biyoplastikler

Biyoplastikler, şeker kamışı, mısır nişastası, odun, atık kağıt, bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar, bakteri, yosun vb. doğal ve yenilenebilir hammadde, biyokütle kaynaklarından üretilen plastik türüdür (Sidek, Draman, Abdullah and Anuar, 2019:1). Biyobozunur plastikler, geleneksel plastiklere benzer özelliklere sahip plastikler olarak tanımlanır, ancak çevreye atıldıktan sonra karbondioksit (CO₂) ve su (H₂O) üretmek üzere mikroorganizmaların aktivitesi ile ayrışır. Ortaya çıkan bu gelişen alanın amacı, polimer ürünlerinin doğasını değiştirmek ve çevresel etkiyi en aza indirmektir. Böyle bir değişikliğin uygulanabilir olması için, malzemelerin istenen özelliklerini koruması, ancak atıldıktan sonra bileşenlerine ayrılabilmesi gerekir (Pan, Farmahini, O'Hearn, Xiao and Ocampo, 2016:106).

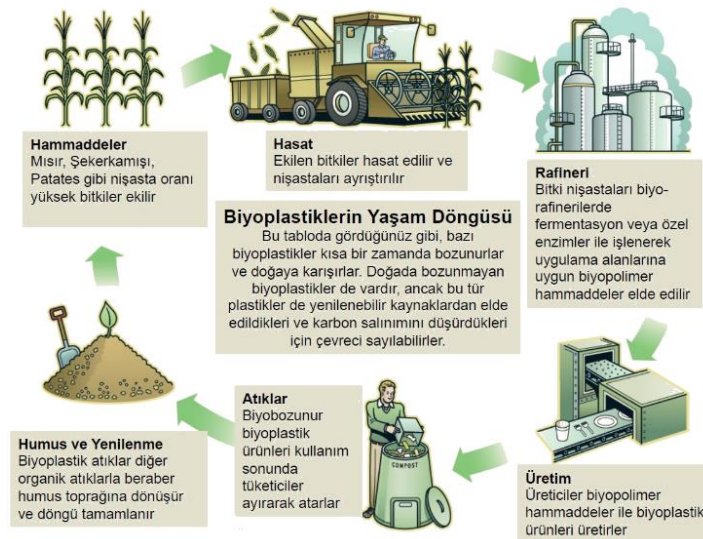
Son yıllarda biyomalzemeler, biyoplastikler, yenilenebilir kaynakların kullanımı, geri dönüşüm, döngüsellik ve sürdürülebilirlik perspektifinde oluşan bakış açıları, ambalaj tasarımının bütüncül yaklaşımlarla yeniden ele alınmasını sağlamıştır.

4. BİYOPLASTİKLER

İnsanoğlu eski çağlardan beri hayatını kolaylaştıracak malzemeler geliştirmek için uğraşmıştır. Plastiğin keşfi insanlık tarihi için dönüm noktalarından biri olmuştur. Plastikler, dayanıklı, kolay şekillenebilir, hafif ve uzun ömürlü olması gibi sebeplerden dolayı günlük yaşamın vazgeçilmez malzemelerinden biri olmuştur. Kullanım açısından avantajlı olan ve oldukça geniş kullanım alanı olan plastikler, yaşadığımız çağın en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Plastiklerin doğada yüzlerce yıl çözünememeleri, yenilenebilir kaynaklardan üretilmemeleri ve doğal kaynakların sınırlı olması çevre üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bu noktada doğal, yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen biyoplastikler gelecek yılların sürdürülebilir malzemesi olarak öne çıkmaktadır.

21. yüzyıl muazzam bir ekonomik büyüme ile gelişirken aynı zamanda geri dönüşü olmayan bir ekolojik hasarla karşı karşıyadır. Plastik kirliliği, son zamanlarda üretiminden bertarafına ve yakılmasına kadar her aşamada küresel bir kriz olarak öne çıkmaktadır. Yenilenebilir veya petrol bazlı kaynaklardan hem doğal hem de kimyasal olarak türetilen malzemelerden oluşan biyoplastikler, minimum karbon ayak izi, yüksek geri dönüşüm değeri ve biyolojik olarak parçalanabilirlik özelliklerine sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır (Rameshkumar, Shaiju, O'Connor and Babu, 2020:5). Biyoplastikler birçok uygulamada petrolden elde edilen fosil plastiklerin ve diğer plastik malzemelerin yerini alabilmektedirler. Bilim insanları ve mühendisler biyoplastikleri hem geleneksel makinelerle uyarlamaya çalışmakta; hem de bu malzemelerin farklı alanlarda yeni kullanım biçimlerini araştırmaktadırlar. Doğada biyolojik olarak ayrışabilen polimerler olarak sınıflandırılan biyoplastiklerle ilgili olarak, özellikle ambalaj endüstrisinde rekabet giderek artmaktadır (Arıkan, 2009:26). Petrol kaynaklı plastik tüketiminin giderek artması ve doğada uzun süre kalarak çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden biri olması, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyoplastik ve biyobozunur malzemelerin üretimi konusundaki çalışmaların hızlanmasını sağlamıştır.

Biyoplastikler, tamamen veya kısmen biyokütleden veya gıda ürünleri gibi yenilenebilir kaynaklardan yapılan ve petrol bazlı plastiklerle aynı işleve sahip olan plastikler olarak tanımlanır. Biyoplastikler, farklı özelliklere sahip farklı malzemelerden yapılabilir (Yi Chia, Ying Ying Tang, Shiong Khoo, Ng Kay Lup and Wayne Chew, 2020:5). Biyoplastiklerin tarihi, petrokimyasal plastiklerin tarihinden daha geriye gitmektedir. İlk doğal kaynaklı termoplastik 1860'ta üretilmiş olan "selüloid"tir. Bu malzeme, selülozun kimyasal bir işlemle çözünmez hale getirilmesiyle hazırlanmış ve sonra çok sayıda biyobazlı plastiğin keşfine yönelik çalışmalar yapılarak patentler alınmıştır. Örneğin 1940'lı yıllarda biyobazlı etil alkolden (etanolden) suyun uzaklaştırılmasıyla etilen üretilmiştir. Ancak, 1930'lu ve 1940'lı yıllarda yapılan bu keşifler yalnızca laboratuvarlarda kalmış; 1950'li yıllarda ham petrol kullanılarak çok ucuza sentetik polimer üretimi yapılabildiği için de ticari kullanımı sağlanamamıştır. Son yirmi yılda biyoplastiklerle ilgili çalışmalarda bir çığır açılarak, şekerden üretilen polilaktik asit gibi çok sayıda yeni polimer geliştirilmiştir (Gümüşderelioğlu, 2012:77). Çevre kirliliği konusunda artan endişelerle birlikte fosil yakıtlara bağımlılığın azalması yönünde döngüsel bir sistem yaratmak isteyen tasarımcılar, mühendisler ve bilim insanları daha sürdürülebilir malzeme alternatifleri yaratmak için birlikte çalışmalarını sürdürmektedirler. Biyoplastiklerin birçoğu biyobozunur olup doğada ayrışarak tekrar doğanın döngüsüne katılabilen maddelerdir. Görsel 2'de biyoplastik malzemelerin yaşam döngüsü yer almaktadır.



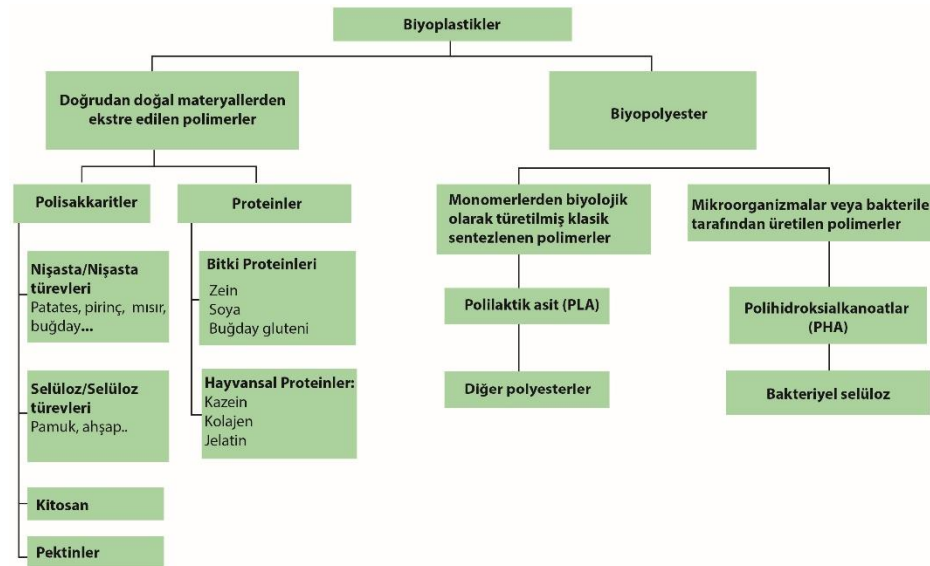
Görsel 2. Biyoplastiklerin yaşam döngüsü. Kaynak: <https://www.Hosgorplastik.com/biyobozunur-biobase-biyoplastik-poset/>

Son zamanlarda, biyoplastikler, atık, biyokütle, organik atıklar, tarım atıkları gibi yenilenebilir kaynaklardan yapılan biyolojik bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilen en yenilikçi malzemelerden biridir. Palm yağı, meyve kabukları, şeker kamışı, mısır nişastası, patates nişastası, pirinç samanı, kolza yağı, sebze yağı, bitkilerden elde edilen selüloz, nişasta, pamuk, bakteriler ve bazen karbonhidrat zincirleri (polisakkaritler) gibi birkaç nano boyutlu parçacıktan oluşan maddeler biyoplastik üretiminde kullanılmaktadır (Sidek, Draman, Abdullah and Anuar, 2019:1). Doğada çok miktarda polimer bulunmaktadır. Ağaçlar, yapraklar, meyveler, tohumlar, hayvan derisi ve kemikleri gibi pek çok doğal maddenin yapısında polimer vardır. Bu maddeler insanlar tarafından çok eski çağlardan beri çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır. Bu grubun iki üyesi endüstriyel açıdan önemlidir: Selüloz ve nişasta. Odundan elde edilen selüloz, polisakkarit grubunda yer alan doğal bir

polimerdir. Selülozun yapısal eksiklikleri kimyasal işlemler ile giderilmektedir. Bu işlemler sonucu hazırlanan ticari plastik malzemeler 1950'den beri esnek yapılı ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır (Gümüderelioğlu, 2012:77). Nişasta ve proteinler, paketlenme uygulamaları için yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen filmler ve kaplamalar olarak kullanılabilir. Örneğin, bu filmler ve ihracat meyveleri ve sert kabuklu yemişleri fiziksel hasardan korumak için kullanılabilir (Johansson ve diğ. 2012:2519). Biyoplastik ambalajların üretiminde yaygın olarak nişasta bazlı malzemeler kullanılmakta olsa da farklı birçok biyomalzeme ile çözüm alternatifleri yaratılmaya çalışılmaktadır.

Örneğin, selüloz plastikler genellikle pamuktan üretilirler ve en bilinen türü selüloz asetatıdır (Arıkan, 2009:28). Selüloz dünyada en yaygın bulunan ve oldukça ekonomik olan doğal bir polimerdir. Bununla birlikte hidrofilik özelliği, yüksek kristal yapısı ve düşük çözünürlüğü ambalajlar malzemesi üretiminde zorluklar meydana getirmektedir. Selüloz türevlerinin biyoplastik olarak kullanılabilmesi için ekonomik ve etkili proses teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Kılınç, Tomar ve Çağlar, 2017:991). Diğer bir örnek ise çeşitli mikroorganizmalardan elde edilen özel bir polyester grubu vardır. Polihidroksi alkonatlar (PHA) olarak adlandırılan bu polimerler, uygun koşullar sağlandığında mikroorganizmalar tarafından üretilir ve hücre içinde rezerv karbon kaynağı olarak depolanırlar. Uygun plastik işleme teknikleriyle istenilen şekle dönüştürülebilir ya da film şeklinde ve kaplama amaçlı olarak kullanılabilirler. Bu polimerler ticari olarak kozmetik ürün şişelerinde, kâğıt kaplamalarda ve tıbbi implantlarda kullanılırlar. Ancak, satış fiyatlarının petrol temelli sentetik polimerlerden çok daha yüksek oluşu kullanımlarına sınırlama getirmektedir. Laktik asit ilk kez sütte bulunduğu için süt asidi olarak bilinir ve çeşitli şeker kaynaklarından elde edilen glikozun fermentasyonu ile üretilir. Günümüzde PLA üretiminin önde gelen şirketleri mısır, şeker kamışı ve patates nişastasını şeker kaynağı olarak kullanır. Gelecekte ise PLA üretimi için selülozik biyokütlenin kullanılması hedeflenmektedir (Gümüderelioğlu, 2012:78). PLA, çok yönlülüğü nedeniyle biyoplastik üretiminde, farklı uygulamalarda kullanılabilirliği ile örnek bir malzemedir. PLA üretim tesisleri ABD, Hollanda, Japonya ve Çin'de bulunmaktadır. Özellikle kısa ömürlü ambalaj filmleri ve kaplarda (örneğin içecek ve yoğurt kapları, meyve, sebze ve et tabakları gibi) önemli bir potansiyeli vardır (Arıkan, 2009:27). Tablo 2'de, biyoplastiklerin sınıflandırması şematik olarak özetlenmiştir.

Tablo 2. Biyoplastiklerin şematik görünümü (Johansson ve diğ. 2012:2516)



Biyolojik bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin ana uygulamaları şu anda ambalaj, yemek servisi gereçleri, alışveriş poşetleri, elyaflar/dokunmamış kumaşlar ve tarım uygulamalarıdır. Bu malzemeler plastik atıkları azaltmak için geliştirilmiş ve biyolojik olarak parçalanabilir veya kompostlanabilirler. Hedef uygulamalar, nispeten kısa fonksiyonel ömrü olan ürünlerde (ambalaj ve tek kullanımlık ürünler) ve biyolojik olarak parçalanabilirliğin faydalı olduğu tarım gibi uygulamalardır. Daha düşük bir karbon ayak izi için yenilenebilir kaynaklardan yapılan malzemelerin geliştirilmesi ve ambalaj ürünlerinin çevresel etkilerine ilişkin artan farkındalık biyoplastiklerin gelişiminde ana itici güç olmuştur (Van Den Oever ve diğ., 2017:34). Petrolden elde edilen plastik malzemelerin yerini alabilen biyoplastiklerin günümüzde farklı uygulamaları ve kullanım alanları Tablo 3'te kısaca özetlenmiştir.

Tablo-3. Farklı uygulama türleri için biyobazlı plastiklerin uygunluğuna ilişkin genel bakış tablosu

	Film	Sert Malzemeler	Şişeler	Diğerleri
PLA	Örneğin, kesilmiş sebze ve meyveler, çiçek ambalajları, ekmek poşetleri, shrink filmler bariyer laminatlar kullanılmadığı sürece raf ömrü uzun değildir.	Salatalar, sebzeler, meyveler, süt ürünleri, fırınlar, içecek kapları, et. Boş tepsi ve bardakları yüksek sıcaklıklarda saklamaktan kaçınım.	Küçük su şişelerinde ve soğutulmuş, kısa raf ömrüne sahip meyve sularında ve süt ürünlerinde ve şarap şişesi kapsüllerinde kullanılır.	Gübrelenenebilir çay poşetleri ve kahve kapsülleri. Kaplamalı karton kahve fincanları ve diğer servis gereçleri. Köpüklü tepsiler ve kutular.
Nişasta karışımları	Gıda atık torbaları, yarı saydam alışveriş torbaları. Sebzeler ve meyveler. Malç filmleri.	Sebzeler ve meyveler. Kahve kapsülleri	Kullanılmaz	Gevşek dolgu köpükleri. Servis eşyası, etiketler
Selüloz bazlı	Selofan, şeker sarma	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Bazı selüloz asetatlar çatal bıçak takımında kullanılabilir
Biyolojik olarak parçalanabilen polyesterler	Alışveriş torbası, sebzeler ve meyveler, dondurulmuş ürünler.	Sebze ve meyveler (şeffaf olmayan)	Kullanılmaz	Biyolojik olarak parçalanabilen ağlar, kaplamalı karton, ,kahve kapsülleri.

(Van Den Oever ve diğ., 2017:34).

Sürdürülebilir hammaddeye güvenme, fosil kaynaklara daha az bağımlı olma ve karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacına dayalı olarak, geleneksel petrol bazlı plastiklerin yerine geçen biyomalzemeler ve biyoplastikler, birçok malzeme bilimcinin, mimarın ve tasarımcının odak noktası haline gelmiştir. Okyanuslara atık olarak atılan petrol bazlı plastiklerin neden olduğu çevresel sorunlara yanıt olarak, biyoplastikler gibi biyokompozit malzemelerin gelişimi, geleneksel malzeme uygulamalarının evrimini yönlendiren paradigmatik bir değişimi temsil etmektedir. Biyobazlı plastik ürünlerin üç büyük avantajı vardır: biyokütle kullanarak fosil kaynaklarından tasarruf sağlarlar, karbon nötrlüğü olasılığını sağlarlar ve biyoplastikler genellikle biyolojik olarak parçalanabilirler (Özdamar and Ateş, 2018:250). Biyoplastiklerin üretimi geleneksel plastiklere kıyasla, atık depolama alanını azaltma, sera gazı emisyonlarını azaltma, deniz kirliliği ve insan sağlığı riskini azaltma gibi çevre üzerinde olumlu bir etki sağlamaktadır. Bunun nedeni, biyoplastiklerin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmeleri, biyolojik olarak parçalanabilir, çevre dostu, sürdürülebilir olmaları gibi iyi özelliklere sahip olmasıdır. Ancak, biyoplastik üretiminde en zorlu nokta üretimin potansiyel gıda kaynaklarını bozmayacak şekilde olması gerekliliğidir. Bu durum, gıda dışı kaynakların amaç için kullanılmasıyla azaltılabilir. Ayrıca, bakteri polimeri PLA'dan modifiye edilen bazı biyoplastikler, yalnızca belirli sıcaklık ve nem koşullarında biyolojik olarak bozunabilir ve bu biyoplastiklerin çöplüklerdeki her koşulda bozunabilmesini sağlamak için bu kısıtlamanın üstesinden gelinmelidir (Sidek, Draman, Abdullah and Anuar, 2019:3). Son yıllarda plastik kullanımına karşı oluşan farkındalık ile birlikte birçok ülkede plastik kullanımını sınırlandıran farklı uygulamalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Plastik kirliliğinin yol açtığı sorunları ortadan kaldırmak ve yeni sürdürülebilir alternatifler yaratmak için yenilenebilir kaynaklardan el edilen biyomalzemeler malzemeler gündeme gelmeye başlamıştır. Biyoplastiklerin olumlu yönlerinin yanı sıra ortaya çıkarabileceği olası çevresel sorunlar henüz araştırma aşamasındadır. Bu nedenle mevcut sınırlı doğal kaynakları verimli kullanmak, çevre sorunlarını azaltmak, biyoplastik malzemeyi doğada tam olarak çözünebilen şekilde piyasaya sunmak ve gıda üretim sistemimizi tehlikeye atmayan alternatiflerin geliştirilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

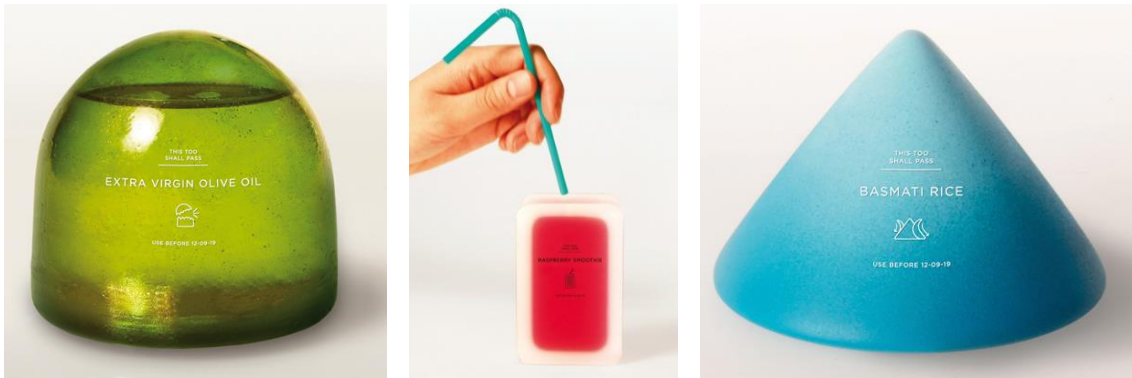
5. AMBALAJ TASARIMINDA BİYOPLASTİK UYGULAMALARI

Tasarımcılar, yöntemlerini değiştirmek ve çevrenin hızlanan bozulmasını ele alarak hedeflerini yeniden önceliklendirmek için benzeri görülmemiş bir aciliyetle karşı karşıyadırlar. Entelektüel, etik ve düzenleyici olan bu yeni baskı, doğanın kırılabilirliğinin ve gelecek nesiller için onu koruma sorumluluğumuzun kabul edilmesini gerektiriyor. Bu tür değişen ve yoğunlaşan kısıtlamalar altında, tasarımcılar, sistemlerin neredeyse mükemmel enerji ve malzeme ekonomilerine ulaştığı canlı dünyada gözlemlenen süreçleri kullanmak için öykünmenin ötesine geçmeye başlamışlardır. Bu arayış içinde, doğal sistemlerle entegrasyon yoluyla gelişmiş ekolojik performans elde etmek için çalışan tasarımcılar, uzmanlıkları ve rehberlikleri için biyologlara yönelmektedirler (Myers and Antonelli, 2018:10). Yakın zamanda yapılan bir araştırma, insan yapımı malzemelerin artık Dünya'nın yaşayan biyokütlesinin toplam kütesinden daha ağır bastığını bulan tasarımcılar, tasarladıkları ürünlerin gezegeni nasıl etkilediğinin giderek daha fazla farkına varıyorlar. Mantar, alg ve lateks gibi yenilenebilir, karbon tutucu malzemelerin kullanılmasından, geri kazanılmış gıda atıklarının gıda ambalajına dönüştürülmesine kadar, odak noktası artık bir ürünün tüm yaşam döngüsü üzerindedir. Yaşam döngüsü, ham maddelerin nasıl elde edildiğini ve ürün ömrünün sonuna ulaştığında nihai olarak nasıl yeniden kullanılabileceğini, geri dönüştürülebileceğini veya doğaya geri döndürülebileceğini içermektedir

(Hahn, 2021). Küresel ısınmayla birlikte dünyanın ekolojik dengesinin her geçen gün bozulması, atıkların kontrolden çıkması, doğal felaketler, tasarımcıların çevresel kaygılarla, sürdürülebilir yöntem ve malzemelere yönelmelerine neden olmuştur. Bu bölümde, estetik kaygıların yanı sıra, sürdürülebilirlik odağında ambalajların yaşam döngüsünü hesaplayan biyoplastik malzemeler üzerinde deneyler yapan ve çevreyle ilgili kaygılarını çalışmalarına yansıtan tasarımcıların yaratıcı çalışmalarına yer verilmektedir.

5.1. This Too Shall Pass: Biyobozunur Ambalajlar

İsveçli tasarımcılar Hanna Billqvist ve Anna Glansén, Stockholm ve Paris merkezli bir tasarım stüdyosu olan, yenilikçi projeler yaratan Tomorrow Machine'in arkasındaki beyinlerdir. Tasarımcılar gıda için işlevsel ama eğlenceli ambalajlar tasarlamıştır. 'This Too Shall Pass' (Bu da Gececek) isimli proje, biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerle yapılmıştır. Tasarımcılar bu projede, bugün mevcut olan teknolojiyi kullanarak yakın gelecekte ambalajın nasıl yapılabileceğine dair sorular sorarak oluşturmuşlar. Ambalajlar içerdikleri gıda ile aynı kısa ömre sahip olacak şekilde simbiyoz halinde çalışıyor. Proje üç model içeriyor: 1. Karamelize şeker ve balmumundan yapılmış sızdırmaz yağ ambalajı, bir yumurta gibi kırılarak açılır. Malzeme açıldığında balmumu artık şekeri korumaz ve suyla temas ettiğinde erir. 2. Kısa ömürlü ve soğutulması gereken içecekler için tasarlanan smoothie ambalajı sadece agar-agar deniz yosunu jeli ve sudan üretilmiştir. 3. Balmumundan yapılmış biyolojik olarak parçalanabilen ve bir meyve gibi soyarak açılan pirinç ambalajıdır (Görsel 3) (Indergaard Sundli, 2014). Tasarımcılar en sevdikleri biyobazlı malzeme hangisi diye sorulduğunda "hepsini seviyoruz ama birini seçmemiz gerekiyorsa selüloz olmalı" diyorlar. Ayrıca tasarımcılar, selülozun şaşırtıcı ve çok yönlü olduğunu, nasıl kullanıldığına bağlı olarak, farklı özellikler kazanabildiğini ve kağıt, plastik veya seramik gibi davranabildiğini belirtmekte (Saladino, 2015). Görsel 3'te Billqvist ve Glansén'in biyoplastik malzemelerden ürettikleri ambalaj tasarımları yer almaktadır. Bu yenilikçi ve yaratıcı ambalajlar, sürdürülebilir yaklaşımlar için tasarımda biyoplastik kullanımında tasarımcılara ilham olarak yol gösterici olabilir.



Görsel 3. Soldan sağa; Şeker ve balmumundan yapılmış yağ ambalajı, biyoplastik smoothie ambalajı, biyobozunur pirinç ambalajı, Hanna Billqvist ve Anna Glansén. Kaynak: uture Packaging Concepts. <https://trendland.com/future-packaging-concepts/>

5.2. Shellworks: Kitin Maddesinden Elde edilen Biyoplastik Ambalajlar

Royal College of Art ve Imperial College'dan dört tasarımcı, deniz ürünleri atıklarını biyolojik olarak parçalanabilir ve geri dönüştürülebilir bir biyoplastiğe dönüştüren bir dizi makine geliştirmişlerdir. Tasarımcılar, deniz kabuklularından elde edilen kitin adı verilen bir biyopolimer karışımından oluşan kağıt benzeri bir malzeme elde etmişlerdir. Kitinin ticari versiyonunun satın alınmasının oldukça pahalı olduğunu ve mevcut ekstraksiyon işlemlerinin çok zaman alıcı olduğunu fark ettikten sonra, tasarımcılar deniz kabuklularını farklı nesnelere dönüştürmek için Shelly, Sheety, Vacky, Dippy ve Drippy adlı beş üretim makinesi icat etmişlerdir. Shelly adı verilen ilk makine, deniz ürünleri atıklarından kitini çıkarmanın ilk sürecini sağlayan küçük ölçekli bir çıkarıcıdır. Diğer dört makinenin her biri, potansiyelini göstermek için biyoplastik çözümün belirli bir özelliğini kullanır ve bu da anti-bakteriyel blister ambalaj, gıda için güvenli taşıma torbaları ve kendi kendini gübreleyen bitki saksıları gibi farklı ürünlerin tasarlanmasında kullanılabilir. Malzemenin çok yönlülüğü, tasarımcıların temel bileşenlerin oranlarını ayarlayarak malzemenin sertliği, esnekliği ve optik netliği ile kalınlığını kontrol edebilecekleri farklı malzeme özellikleri elde etmelerini de sağladı. Materyal kurutulduktan sonra, orijinal biyoplastik solüsyona geri dönüştürülebilir ve bu da onu sonsuz şekilde geri dönüştürülebilir hale getirmiştir (Hitti, 2020). Görsel 4'te tasarımcıların deniz kabuklularından elde edilen kitin maddesini kullanarak oluşturdukları biyoplastik ürün ve ambalaj örnekleri yer almaktadır. Kabuklu deniz canlılarından elde edilen, kitin maddesinden üretilen hammadde ile yapılan bu biyoplastik malzeme çeşitleri gelecekte tek kullanımlık plastiklerin yerini almayı almaya aday olabilirler.



Görsel 4. Shellworks tasarımları, Ed Jones, Insiya Jafferjee, Amir Afshar ve Andrew Kaynak:
<https://www.dezeen.com/2019/02/22/shellworks-bioplastic-lobster-shell-design/>

5.3. Just Bones&Bioplastic Skin: Hayvansal Atıklardan Biyoplastik Ambalajlar

İzlandalı tasarımcı Valdís Steinarsdóttir, et endüstrisinden gelen yan ürünleri, kemikten yapılmış kaplara ve paketlenme için biyoplastik bir malzemeye dönüştürmektedir. Tasarımcı 'Just Bones' projesinde, öğütülmüş hayvan kemiklerinden kaplar oluştururken, 'Bioplastic Skin' projesinde, et ürünleri için mezbaha atık ürünlerinden gıda ambalajı tasarlamıştır. Her iki malzeme de sıcak suda çözülür ve haftalar içinde biyolojik olarak parçalanır. Tasarımcı, 'Just Bones' için tasarladığı kase ve vazoları, kemikleri öğütülerek toz haline getirip bir harç makinesinde karıştırarak üretmektedir. 'Bioplastic Skin' projesinde ise gıda ambalajı için kullanılmasını öngördüğü, hayvan derilerinden yapılmış ve daha ince bir malzeme üretmektedir (Carlson, 2021). Steinarsdóttir, Just Bones tasarımında ambalajın içindeki etle aynı son kullanma tarihine sahip olmasını ve böylece son kullanma tarihi kullanma gerekliliğinin ortadan kalkmasını amaçlamıştır. Görsel 5'te tasarımcının üretmiş olduğu projelerin örnekleri yer almaktadır.



Görsel 5. Soldan sağa: Just Bones biyoplastik kaplar, Bioplastic Skin gıda ambalajı, biyoplastik denemeleri, Valdís Steinarsdóttir.
 Kaynak: <https://www.dezeen.com/2021/04/22/sustainable-materials-design-earth-day/><https://www.dezeen.com/2021/01/27/valdis-steinarsdottir-food-packaging-vessels-animal-skin-bones/>.

Çevreyle ilgili konular tasarımcılara malzeme ve üretim süreçleriyle ilgili sorumluluklar yüklemektedir. Sürdürülebilir tasarımın gerçekleşebilmesi için ihtiyacımız olan şey sınırlı olan doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılması, toplumun düşünce yapısının değişerek doğaya karşı duyarlı olması ve çevre - insan etkileşiminin yeniden yapılandırılmasıdır. Yeni gelişmekte olan biyomalzemeler ve teknolojiler gelecekte her alanda karşımıza sıkça çıkan konular olacaktır. Bu yeni deneysel alanlar, birçok farklı disiplinin bir arada kolektif bir şekilde çalışmasını gerektiren ortamlar yaratacaktır. Tasarımcılar bu noktada bütünleştirici, farkındalık yaratıcı bir rol oynayabilirler.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günlük hayatımızı kolaylaştıran ve ayrılmaz bir parçası olan ambalajlar, tüketimin artmasıyla birlikte ve plastik malzemelere karşı hızla büyüyen küresel taleple birlikte günümüzün en büyük problemlerinden biri haline gelen atık sorununu karşımıza çıkarmaktadır. Her geçen gün büyüyen çöp yığını problemini çözmek için geri dönüşüm gibi sürdürülebilir olduğu düşünülen yöntemler bile yetersiz kalmaktadır. Bu noktada gelecek için yenilenebilir ve biyobozunur malzemelere yönelmek bir çıkış noktası oluşturabilir. Ambalaj endüstrisinde kullanılan petrol kaynaklı plastik malzemeleri azaltmak için geri dönüşümlü veya biyobozunur malzemeler olan yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyoplastiklerle ilgili çevresel etkileri azaltmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Biyoplastiklerin önemli kısmı nişasta, selüloz ve protein gibi doğal

kaynaklardan oluşturulan malzemelerdir ve biyoplastikler geleneksel plastiklerin yerine kullanılabilecek doğa dostu plastiklerdir. Aynı zamanda bu malzemeler, yenilenebilir özellikleriyle doğal kaynakların korunması, atıkların kontrol altına alınması, karbon ayak izinin azaltılması gibi sürdürülebilirlik adına pek çok avantaja sahiptirler.

Günümüzde biyoplastiklerin hammadde yelpazesi hızlı bir biçimde gelişmekte ve yenilikçi araştırmalar devam etmektedir. Sürdürülebilir bir alternatif olarak biyoplastikler pazarda yer edinmeye başlamış olsalar da, petrol bazlı plastiklerle rekabet edebilmesi için zamana ihtiyaç vardır. Ayrıca, dünya genelinde biyoplastiklerin elde edilmesinden kullanımına, seri üretiminden atık yönetimine kadar birçok aşamanın sürdürülebilir şekilde işleyebilmesi için belirli standartların ve mevzuatın geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olmasının gelecekte petrole ulaşmayı oldukça zorlaştıracığı ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyomalzemelerin plastiklerin yerini alacağı düşünülmektedir. Biyomalzemeler, mimariden tekstile, tarımdan ambalaj sanayisine ve tıp alanına kadar farklı endüstriler için uygulanabilmesi sorunlara yeni çözümler yaratılmasına olanak sağlayabilir. Ayrıca, yeni gelişmekte olan biyomalzeme alanı ticarette yeni pazarlar yaratma potansiyeliyle petrol üreticisi olmayan ülkelerin ekonomilerine katkı sağlayabilir.

Yapılan araştırmalara göre, bir ürünün yaşam döngüsü ve sürdürülebilirliği ilgili konuların büyük bir kısmı tasarım aşamasında tamamlanmaktadır. Üretilen ürünlerin her aşamasında düzenleme yapabilme imkânına sahip tasarımcıların bakış açısı ve doğal yaşam ile empati kurmayı öğrenmeleri çok önemlidir. Tasarımcılar, gezegenimizin yok oluşuna dikkat çekebilecek ve yaratıcı çözümler oluşturabilecek güce sahiptir. Doğanın yaşam döngüleri tam olarak anlaşılıp tasarım alanlarına entegre edilebilirse günümüzde yaşamakta olduğumuz birçok sorun için ihtiyaç duyulan malzeme ve teknikler kolaylıkla geliştirilebilir.

Çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinde biri olan ambalaj atıkları sorunu, tasarım alanında üzerinde durulması gereken en önemli konulardan biridir. Tasarımda kullanılan sürdürülebilir yaklaşımlar, tüketici ihtiyaçlarını göz önünde bulundururken ekolojik dengeyi koruyan, gezegenin geleceği ile ilgili kaygıları da içeren bir yapıda şekillenebilir. Ambalaj tasarımında çevre dostu malzeme alternatifleri yaratılmaya çalışılırken, eş zamanlı olarak ürünün yaşam döngüsü de planlanabilir. Tasarımcılar, bilim insanları, mühendisler, biyomalzemeler konusunda disiplinlerarası ortak çalışmalar yürüterek sürdürülebilir yaklaşımlarla yaşamakta olduğumuz çevresel sorunlara çözümler yaratabilirler. Dünyada ve ülkemizde gerçekleştirilecek olan biyomalzemelerle ilgili çalışmalar bütüncül bir çerçevede ele alınabilirse tasarlanan ürünlerin üretimden atık aşamasına kadar olan süreçleri kontrol altına alınabilir. Ülkemizde biyoloji, mimarlık, endüstriyel tasarım, tekstil, grafik tasarım gibi farklı alanları birleştiren biyomalzemeleri araştıran laboratuvarların oluşturulması, sürdürülebilir malzeme ve tekniklerinin hayata geçirilmesine fırsat sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma ve geliştirme aşamasında olan biyoplastiklerin olumlu yönlerinin yanı sıra ortaya çıkarabileceği olası çevresel sorunlar henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle mevcut sınırlı doğal kaynakları verimli kullanmak, çevre sorunlarını azaltmak, biyoplastik malzemeyi doğada tam olarak çözünebilir şekliyle piyasaya sunmak ve gıda üretim sistemimizi tehlikeye atmayan alternatiflerin geliştirilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Biyoplastikler yaygınlaşsa bile plastiklerin bugüne kadar vermiş olduğu zararı geri döndürmemiz pek mümkün gözüküyor. Her alanda gerçekleşen üretimde sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklara yönelmek hayati önem taşımaktadır. Ancak, insanlık olarak tüketim alışkanlarımızı değiştirmeden sürdürülebilir bir dünya kurabilmemiz çok zor gözüküyor.

KAYNAKÇA

Akın, Emel (2007). “Sürdürülebilirlik Sürdürülebilir mi?”, Sürdürülebilirlik: Kent ve Mimarlık, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, (51). <http://mimarlarodasiankara.org/dosya/dosya5.pdf#page=12>. Erişim Tarihi: 5.08.2021)

Ambrose, G. & Harris, P. (2012). Grafik Tasarımın Temelleri (Çev. M. E. Uslu), Literatür Yayınları, İstanbul.

Arıkan, A. (2009). “Biyoplastikler”, Ambalaj Bülteni, 26-32. Erişim Adresi: <https://ambalaj.org.tr/files/es/Ambalajbulteniicerik/dosya/ocak-subat-2009-dosya.pdf>. Erişim Tarihi: 10.11.2021.

Berman, D. B. (2009). Do Good Design How Designers Can Change The World, New Riders and AIGA Design Press, California.

Bingöl, B. (2011). “Çevreye Duyarlı ve Sürdürülebilir Tasarım”, Başkent Üniversitesi 1. Sanat ve Tasarım Eğitimi Sempozyumu, Dün Bugün Gelecek Bildiriler Kitabı, 363-366, Ankara.

- Bishop, M., (2016). “The Sustainable Fashion Paradox Solved? How Bio-design can answer the environmental and sustainability issues of the 21st century fashion industry” (Master's thesis). Leiden University, Leiden. Erişim Tarihi: 15.10.2021
- Carlson, C. (2021). “Valdis Steinarsdóttir Turns Animal Skin And Bones Into Food Packaging”, Dezeen. Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2021/04/22/sustainable-materials-design-earth-day/>, Erişim Tarihi: 22.11.2021
- Düzakın, E. (2021). “Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımı Açısından Biyoplastiklerin İncelenmesi”, Sanat ve Tasarım Dergisi, 11 (1) , 73-92 . DOI: 10.20488/sanattasarim.970913, Erişim Tarihi: 29.08.2021.
- European Bioplastics (2016). “What are bioplastics? Material types, terminology, and labels an introduction” Erişim Adresi: https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf. Erişim Tarihi:23.09.2021
- European Commission (2020). “Biodegradable Waste”. Erişim Adresi: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/biodegradable-waste_en. Erişim Tarihi: 13.10.2021
- Godfrey Anak, G. Y., Shing Yui, J. H., Jin Ling, J. L. & Hui Hsing, J. L. (2019). “The Making Of Starch-Based Bioplastic. Chemistry Project”, STPM Session, 962/4. Erişim Adresi: <https://pdfcoffee.com/the-making-of-starch-based-bioplastic-pdf-free.html>, Erişim Tarihi: 17.11.2021
- Gümüşderelioğlu, M. (2012). “Biyoplastikler”, Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2012, 76-79. Erişim Adresi: <https://edergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=46&sayi=791&sayfa=76&yaziid=33993>, Erişim Tarihi: 17.10.2021
- Hahn, J. (2021). “Seven Key Materials Designers Are Relying On To Create More Sustainable Products”, Dezeen, Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2021/04/22/sustainable-materials-design-earth-day/> Erişim Tarihi: 22.11.2021
- Hitti, N., (2020). “Shellworks Turns Discarded Lobster Shells Into Recyclable Bioplastic Objects”, Dezeen, Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2019/02/22/shellworks-bioplastic-lobster-shell-design/> Erişim Tarihi: 15.11.2021
- Johansson, C., Bras, J., Mondragon, I., Nechita, P., Plackett, D., Simon, P., Gregor Svetec, D., Virtanen, S., Giacinti Baschetti, M., Breen, C., Clegg, F. & Aucejo, S. (2012). “Renewable Fibers And Bio-Based Materials For Packaging Applications- A Review Of Recent Developments”, BioResources 7(2), 2506-2552. Erişim Adesi: https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_07_2_2506_Johansson_BMNPSGS_VGBBA_Renewable_Fibers_BioBased_Mater_Packaging_Review/1571 Erişim Tarihi: 15.11.2021
- Karalar, R. & Kiracı, H. (2015). “Çevresel Sorunlara Karşı Bir Çözüm Önerisi Olarak Sürdürülebilir Tüketim Düşüncesi”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (30):63-76, Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/55700>. (E.T.: 3.08.2021)
- Keskin, B., Altay, B. N., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O. & Fleming, P. (2018). “Küresel Ambalaj Trendleri”, 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 01-03 Kasım 2018, İstanbul Üniversitesi, 483-503. Erişim Adresi: <http://works.bepress.com/bilge-nazli-altay/> 14/ Erişim Tarihi: 12.09.2021
- Lewis, H., Fitzpatrick L., Verghese K., Sonneveld K. & Jordon, R. (2007). “Sustainable Packaging Redefined”, Australia: Sustainable Packaging Alliance, 1-26, Melbourne. Erişim Adresi: <http://www.helenlewisresearch.com.au/wp-content/uploads/2012/03/Sustainable-Packaging-Redefined-Nov-2007.pdf>. (E.T.:11.08.2021)
- Manana, S., Wajid Ullaha, M., Ul-Islamb, M., Attaa, O. M. & Yanga, G. (2021). “Synthesis and Applications Of Fungal Mycelium-Based Advanced Functional Materials”, Journal of Bioresources and Bioproducts 6, 1-10. Erişim Adresi: <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.001> Erişim Tarihi: 30.10.2021
- Meriç, D. (2019). “Sürdürülebilir Yaklaşımlara Bir Örnek Olarak Biyoesaslı Malzemelerin Tekstil ve Moda Tasarımı Alanlarında Kullanımı”, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12 (2):111-121. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/usaksosbil/issue/51480/605624>, Erişim Tarihi: 25.10.2021
- Myers, W. & Antonelli P., (2018). “Bio Design: Nature, Science, Creativity”, Bio Design Revised and Expanded Edition, London: Thames &Hudson. Erişim Adresi: <https://www.biology-design.com/> Erişim Tarihi: 15.10.2021

- National Science Foundation (2020). “Engineered Living Materials”, Erişim Adresi: <https://nfsf2026imgallery.skild.com/entries/living-materials> Erişim Tarihi: 13.10.2021
- Pan, Y., Farmahini, F. M., O'Hearn, P., Xiao, H. & Ocampo, H.(2016). “An Overview Of Bio-Based Polymers For Packaging Materials”, Journal of Bioresources and Bioproducts , 1(3): 106-113. Doi: 10.21967/jbb.v1i3.49
- Rameshkumar, S., Shaiju, P.N., O'Connor, K.E., & Babu, R.B. (2020). “Bio-Based and Biodegradable Polymers - State-Of-The-Art, Challenges and Emerging Trends”, Green and Sustainable Chemistry, (21):75-81. DOI:10.1016/j.cogsc.2019.12.005 Erişim Tarihi: 03.10.2021
- Olejník, O. & Masek, A. (2020). “Bio-Based Packaging Materials Containing Substances Derived from Coffee and Tea Plants. Materials”, (13):5719; doi:10.3390/ma13245719 Erişim Tarihi: 09.08.2021
- Özdamar, E. G. & Ateş, M. (2018). “Rethinking Sustainability: A Research On Starch Based Bioplastic”, Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies, 3(3):249-260. DOI: <https://doi.org/10.29187/jscmt.2018.28> Erişim Tarihi: 25.10.2021
- Sidek, I. S., Draman, S. F., Abdullah, S. N., & Anuar, N. (2019). “Current Development On Bioplastics and Its Future Prospects: An Introductory Review”, Inwascon Technology Magazine. DOI:10.26480/itechmag.01.2019.03.08. Erişim Tarihi: 22.09.2021
- Thakur, S., Chaudhary, J., Sharma, B., Verma, A.K., Tamulevičius, S., & Thakur, V.K. (2018). “Sustainability of bioplastics: Opportunities and challenges”, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. DOI: 10.1016/j.cogsc.2018.04.013. Erişim Tarihi: 03.11.2021
- Wahl, D. C. (2006), “Bionics vs. Biomimicry: From Control of Nature To Sustainable Participation in Nature”, Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering, (87):289-298. DOI:10.2495/DN060281, Erişim Tarihi: 5.08.2021)
- Van Den Oever, M., Molenveld, K., Van Der Zee, M. & Bos, H. (2017). “Bio-Based and Biodegradable Plastics - Facts And Figures”, Wageningen Food & Biobased Research. DOI Number: <http://dx.doi.org/10.8174/408350>, Erişim Tarihi: 03.11.2021
- Yıldız, E. (2021). “Biyo-bozunur Plastik Araştırması”, <https://www.beverageandwater.org/post/biyo-bazl%C4%B1-biyo-bozunur-plastik-ara%C5%9Ft%C4%B1rmas%C4%B1>. Erişim Tarihi: 12.11.2021.
- Yi Chia, W., Ying Ying Tang, D., Shiong Khoo, K., Ng Kay Lup ,A. & Wayne Chew, K. (2020). “Nature’s Fight Against Plastic Pollution: Algae For Plastic Biodegradation And Bioplastics Production”, Environmental Science and Ecotechnology, October 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.es.2020.100065> Erişim Tarihi: 10.11.2021.
- Zeren, A. & Nakıboğlu, A. (2009). “Sürdürülebilir Ürün Tasarımında Tanım ve Yöntemler”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18(2):458-480. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/issue/4382/60151>. (E.T.:7.08.2021)