

FEN BİLİMLERİ VE MATEMATİKTE ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

Haziran 2023

EDİTÖRLER

PROF. DR. HASAN AKGÜL

PROF. DR. HAYRİ BABA

DOÇ. DR. NESLİHAN İYİT

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2023

ISBN • 978-625-6450-48-6

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruenyayinevi.com

e-mail: seruenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

FEN BİLİMLERİ VE MATEMATİKTE

ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

Haziran 2023

Editörler

PROF. DR. HASAN AKGÜL

PROF. DR. HAYRİ BABA

DOÇ. DR. NESLİHAN İYİT

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

OKSİRESVERATROL: KAYNAKLARI, ÜRETİM ŞEKİLLERİ, BİYOLOJİK VE FARMAKOLOJİK AKTİVİTELERİ

<i>Fatih Mehmet ATEŞ</i>	1
<i>Seda FANDAKLI</i>	1
<i>Gülseren DEMİRCİ</i>	1

Bölüm 2

MANYETİK DİVİNİL BENZEN 4-VİNİL PİRİDİN SENTETİK POLİMER SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE CR(VI) İÇERİKLİ SULU ÇÖZELTİLERDEN ADSORPSİYON TEKNİĞİ İLE UZAKLAŞTIRILMASI

<i>Burak SULAYAN</i>	17
<i>Ali KARA</i>	17

Bölüm 3

YEŞİL ÜRÜN TASARIM KİMYASI

<i>Hatice ÇALIŞ KARATEKİN</i>	35
-------------------------------------	----

Bölüm 4

MANTAR ZEHİRLENMELERİ VE ZEHİRLİ MANTARLAR

<i>Fatih KUTLUER</i>	59
----------------------------	----

Bölüm 5

MİKROBİYAL ÜRÜN OLARAK BİYOSÜRFİKTANLAR VE TARANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

<i>Ebru UYAR</i>	73
------------------------	----

Bölüm 6

DE LA VALLEE-POUSSIN ORTALAMASI YARDIMIYLA TANIMLANAN KESİRLİ MERTEBEDEN MODÜLER DİZİ UZAYI VE GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ

<i>Murat KARAKAŞ</i>	93
<i>Gülşah KARADİĞİNLİ</i>	93

Bölüm 1

OKSİRESVERATROL: KAYNAKLARI, ÜRETİM ŞEKİLLERİ, BİYOLOJİK VE FARMAKOLOJİK AKTİVİTELERİ

Fatih Mehmet ATE'Ş

Seda FANDAKLİ

Gülseren DEMİRCİ

1 Öğr. Gör. Bayburt Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO,
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

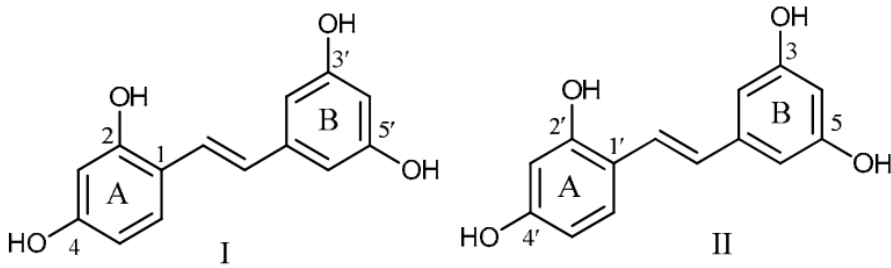
2 Doç. Dr. Avrasya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı

3 Avrasya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı



1.Giriş

Oksiresveratrol (2,3',4,5'-tetrahidroksistilben), basit kimyasal yapısı ve çeşitli terapötik potansiyele sahip olmasından dolayı günümüzde oldukça ilgi gören doğal stilbenlerden bir tanesidir (Xu vd., 2014; Lim vd., 2015). Oksiresveratrolün yapısı (sistematik adı: 4-[(E)-2-(3,5-dihidroksifenil)-etenil] benzen-1,3-diol; $C_{14}H_{12}O_4$), aromatik halkaların her birinde iki OH grubu bulunan bir trans-1,2-difeniletlen çekirdeği içerir. Oksiresveratrolün; henüz deneysel olarak kanıtlanamasa da bir polihidroksistilben olan resveratrol türevidir olduğu düşünülmektedir. A halkası ve etilen köprüsü karbonlarının 4-hidroksisinamoil CoA'dan bir araya geldiği ve B halkası karbonlarının shikimate-asetat yoluyla üç birim malonil-CoA'dan olduğu varsayılmaktadır. Başlangıç moleküllerinin dekarboksilasyonundan sonra resveratrol aldol reaksiyonu vermektedir. Resveratrolün C-2'deki hidroksilasyonu Oksiresveratrolü oluşturmaktadır. Literatürde oksiresveratrol (I ve II) için iki farklı karbon numaralandırma sistemi Şekil 1'de görüldüğü gibi kullanılmaktadır. Bu durumda, özellikle hidroksillerin konumları değiştirildiğinde, bazen karışıklığa yol açmaktadır. Araştırmaların büyük çoğunluğunda ilk sistemi (I) tercih edilmektedir. Oksiresveratrol de hem serbest hem de glikozidik formlar bulunur. Bileşik dört tane OH grubu içermesine rağmen, tri- veya tetra-O-glikozit formu bildirilmemiştir. Yakın zamana kadar, sadece mono- ve di-O-glukosidik oksiresveratroler izole edilmiş ve karakterize edilmiştir (Likhitwitayawuid, 2021).



Şekil 1. Oksiresveratrol'ün Kimyasal Yapısı (Likhitwitayawuid, 2021).

Oksiresveratrol, *Morus alba* (beyaz dut), *Vitis vinifera* (asma) ve *Artocarpus lakoocha* (jackfruit) dâhil olmak üzere birçok bitki türünde bulunan doğal bir bileşiktir. Üzüm ve diğer bitkilerde de bulunan resveratrolün bir türevidir. Oksiresveratrolün üretim şekli, kaynak bitkiye bağlıdır. Oksiresveratrolün üretim şekli, bileşiğin spesifik kaynağına bağlı olarak değişebilir. Örneğin oksiresveratrol, etanol veya metanol gibi solventlerle ekstraksiyon veya süperkritik sıvı ekstraksiyonu dâhil olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılarak *Polygonum cuspidatum*'un kökünden ekstrakte edilebilir. Alternatif

olarak; oksiresveratrol Wittig reaksiyonu gibi kimyasal yöntemler kullanılarak sentezlenebilir (Öztabağ, vd., 2022).

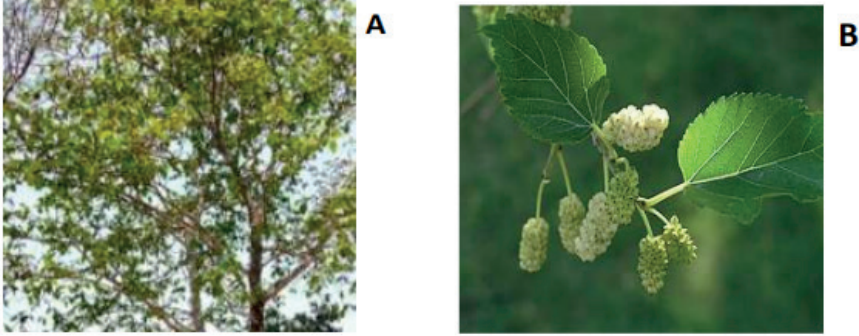
Oksiresveratrolün bir dizi biyolojik ve farmakolojik aktivite sergilediği bulunmuştur. Özellikle antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antidiyabetik ve obezite önleyici etkileri olduğu gösterilmiştir. Çalışmalar ayrıca oksiresveratrolün nöroprotektif ve kardiyoprotektif özelliklere sahip olabileceğini öne sürmüştür. Biyolojik aktivite açısından, oksiresveratrolün güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğu ve hürelere zarar verebilen ve çok sayıda hastalığın gelişimine katkıda bulunabilen çeşitli reaktif oksijen türlerini (ROT) ve serbest radikalleri temizleyebildiği gösterilmiştir. Bunların yanında; oksiresveratrolün, proinflamatuvar sitokinlerin ve kemokinlerin üretimini inhibe ederek antiinflamatuvar etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Oksiresveratrol, kanser hücrelerinde apoptozu indükleyerek ve tümörlerin büyümesini ve yayılmasını engelleyerek antitümör aktivitesi de göstermiştir. Ayrıca, oksiresveratrolün, hayvan modellerinde kan glikoz seviyelerini düşürerek ve insülin duyarlılığını iyileştirerek antidiyabetik etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (Yılmaz, 2015).

Oksiresveratrolün antioksidan aktivitesi, serbest radikalleri temizleme ve lipid peroksidasyonunu inhibe etme kabiliyetinden kaynaklanmaktadır. Bu aktivite, çeşitli hastalıklara ve yaşlanmaya neden olan oksidatif stresi önlemeye yardımcı olabilir. Oksiresveratrolün antiinflamatuvar aktivitesine, proinflamatuvar sitokinlerin ve enzimlerin üretimini inhibe etme yeteneğinin aracılık ettiğine inanılmaktadır. Bu aktivite, çok çeşitli kronik hastalıklarla ilişkili olan iltihaplanmayı hafifletmeye yardımcı olabilir. Oksiresveratrolün antikanser aktivitesinin, kanser hücrelerinde hücre döngüsünü durdurması ve apoptozu indüklemeye kabiliyetinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmalar, oksiresveratrolün meme, kolon, prostat ve akciğer kanseri dâhil olmak üzere çeşitli kanser türlerine karşı etkili olabileceğini göstermiştir. Oksiresveratrolün antidiyabetik ve antiobezite etkilerinin, insülin duyarlılığını artırma, enflamasyonu azaltma ve lipid metabolizmasını düzenleme yeteneğinden kaynaklandığına inanılmaktadır. Bu etkiler, diyabet ve obeziteyi önlemeye veya yönetmeye yardımcı olabilir. Oksiresveratrol, bir dizi potansiyel sağlık yararına sahip, umut verici bir doğal bileşiktir. Bununla birlikte, etki mekanizmalarını ve terapötik potansiyelini tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Topaloğlu, vd., 2020).

2.Kaynakları

Oksiresveratrol Şekil 2’de görüldüğü gibi, dut ağacının kökü (*Morus alba*), *Artocarpus lakoocha* ağacının öz odunu, asma (*Tinospora crispa*)’nın kök kabuğu ve *Rheum* bitki türlerinin kökleri dâhil olmak üzere çeşitli bitkilerde bulunan doğal bir bileşiktir. Yer fıstığının (*Arachis hypogaea*) çekirdeklerinde ve üzüm kabuğunda da bulunmuştur. Oksiresveratrol, solvent

ekstraksiyonu, maserasyon ve soxhlet ekstraksiyonu dâhil olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılarak bu doğal kaynaklardan ekstrakte edilebilir. Oksiresveratrol bitkilerde bulunmanın yanı sıra kimyasal olarak da sentezlenebilir. Oksiresveratrol, antioksidan, antiinflamatuvar ve antikanser özellikleri dâhil olmak üzere potansiyel sağlık yararları açısından incelenmiştir. Ayrıca diyabet, Alzheimer hastalığı ve kardiyovasküler hastalık gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde potansiyel kullanımını araştırılmaktadır (Aksoy, 2020).



Şekil 2. A) *Artocarpus Lakoocha Roxb* B) *Morus Alba* (Ateş ve Bayır, 2021).

2.1.Oksiresveratrolün Doğal Kaynaklardan Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması

Ekstraksiyon işlemi genellikle öz odunun ince bir toz halinde öğütülmesini ve ardından heksan veya diklorometan gibi polar olmayan bir solvent kullanılarak solvent ekstraksiyonuna tabi tutulmasını içerir. Nihai ekstrakt daha sonra buharlaştırma yoluyla konsantre edilerek diğer bileşiklerle birlikte oksiresveratrol içeren ham bir ekstrakt elde edilir. Oksiresveratrolü ham özütten saflaştırmak için kolon kromatografisi, hazırlayıcı yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve yeniden kristalleştirme dâhil olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılabilir. Kolon kromatografisinde, ham ekstrakt, polaritelerine ve diğer fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı bileşikler seçici olarak adsorbe eden durağan bir fazla (silika jel veya Sephadex LH-20 gibi) doldurulmuş bir kolondan geçirilir. Ayırıcı solvent sistemini dikkatli bir şekilde seçerek, oksiresveratrol diğer bileşiklerden ayrılabilir ve saf bir biçimde toplanabilir (Temiz, 2021).

Hazırlayıcı HPLC, oksiresveratrolün saflaştırılması için yaygın olarak kullanılan başka bir tekniktir. Bu yöntemde ham ekstrakt, hedef bileşiği diğer safsızlıklardan ayırmak için tasarlanmış sabit bir faz ile doldurulmuş yüksek performanslı bir sıvı kromatografi kolonuna enjekte edilir. Hareketli faz, oksiresveratrolü saf formda ayırıştırmak için dikkatlice seçilir. Son olarak yeniden kristalleştirme, ham özütün uygun bir çözücü içinde çözülmesini ve ardından oksiresveratrolün kristalleşmesine izin vermek için çözeltinin ya-

vaşça soğumasına izin verilmesini içerir. Nihai kristaller, saf oksiresveratrol verecek şekilde yıkanarak ve kurutularak saflaştırılabilir (Ağalar ve Temiz, 2020).

2.2.Yeni Doğal Oksiresveratrol Kaynaklarının Tanımlanması

Araştırmacılar, yeni doğal oksiresveratrol kaynaklarını belirlemek için tipik olarak geleneksel bitki özütleme yöntemleri ile HPLC ve kütle spektrometrisi (MS) gibi modern analitik tekniklerin bir kombinasyonunu kullanır. Bir yaklaşım, dut içeren *Moraceae* familyasının diğer üyeleri gibi, bilinen oksiresveratrol kaynaklarıyla yakından ilişkili olan bitkileri taramaktır. Başka bir yaklaşım, oksiresveratrol biyosentezinde yer alan enzimleri kodlayan genleri belirlemek için biyoinformatik araçlar kullanmak ve ardından benzer gen dizilerine sahip bitkileri aramaktır. Son yıllarda, tik ağacının (*Tectona grandis*) öz odunu, Japon knotweed'in (*Fallopia japonica*) yaprakları ve Çin şifalı bitkisi *Polygonum cuspidatum*'un kökleri dâhil olmak üzere birkaç yeni doğal oksiresveratrol kaynağı tanımlanmıştır. Bu ve diğer doğal kaynaklardan elde edilen oksiresveratrolün potansiyel sağlık faydalarını araştırmak ve ayrıca tıbbi ve diğer uygulamalarda kullanım için bileşiği çıkarmak ve saflaştırmak için etkili yöntemler geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Potansiyel terapötik uygulamaları nedeniyle yeni doğal oksiresveratrol kaynaklarının tanımlanmasına ilgi artmaktadır (Guler, vd., 2021). Son araştırmalar, aşağıdakiler dâhil diğer bitki kaynaklarında oksiresveratrol varlığını bildirmiştir:

Artocarpus heterophyllus (Jackfruit): 2019 yılında Journal of Food and Drug Analysis dergisinde yayınlanan bir çalışmada jackfruit kabuğunun oksiresveratrol içerdiği tespit edilmiştir. Araştırma, nefesi meyvesinde bulunan oksiresveratrolün güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve vücuttaki oksidatif stresi azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermiştir. Oksidatif stres, kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalık dâhil olmak üzere birçok kronik hastalığın ana nedenidir.

Rheum palmatum (Rhubarb): 2016 yılında Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi'nde yayınlanan bir araştırma, *Rhubarb*'ın köklerinden oksiresveratrol izolasyonunu bildirmiştir. Çalışma, *Rheum palmatum*'daki oksiresveratrol içeriğinin, yetiştirildiği yere ve hasat zamanına bağlı olarak değişebileceğini öne sürmüştür. Bitkinin kökündeki oksiresveratrol konsantrasyonu ayrıca bitkinin yaşına bağlı olarak değişebilir, genç bitkiler daha yüksek bileşik seviyelerine sahiptir.

Cannabis sativa (Kenevir): 2019 yılında Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi'nde yayınlanan bir çalışmada bildirildiği üzere kenevir tohumlarında ve yağında oksiresveratrol tespit edilmiştir. Araştırma, *Cannabis sativa*'da bulunan bir bileşik olan Cannabidiol (CBD)'nin kaygı, ağrı ve epilepsi için potansiyel faydaları olabileceğini göstermiştir. Oksiresveratrol ise kanser, kardi-

yovasküler hastalık ve nörodejeneratif bozukluklar da dâhil olmak üzere bir dizi sağlık koşulunda yer alan inflamasyonu ve oksidatif stresi azaltmadaki potansiyel faydaları açısından incelenmiştir.

Polygonum cuspidatum (Japon Knotweed): Bu bitkinin zengin bir resveratrol kaynağı olduğu bilinmektedir ve son araştırmalar Japon Knotweed'in köklerinde ve gövdelerinde oksiresveratrol bulunduğunu da bildirmiştir. Araştırmalar, *Polygonum cuspidatum*'un zengin bir oksiresveratrol kaynağı olduğunu ve bileşiğin özellikle bitkinin köklerinde yoğunlaştığını göstermiştir. Oksiresveratrol içeren *Polygonum cuspidatum* özleri, geleneksel tıbbın çeşitli formlarında kullanılmıştır ve son araştırmalar, oksiresveratrolün bir dizi sağlık durumu için terapötik bir ajan olarak potansiyelini araştırmıştır. *Polygonum cuspidatum*, bir dizi sağlık yararına sahip olabilecek güçlü antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklere sahip bir polifenol olan oksiresveratrolün değerli bir doğal kaynağıdır. Oksiresveratrolün potansiyel terapötik etkilerini ve tıptaki uygulamalarını tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Yukarıda belirtilen kaynaklara ek olarak, biyotahlil kılavuzluğunda fraksiyonlama ve bitki ekstraktlarının yüksek verimli taranması gibi çeşitli araştırma yaklaşımları yoluyla yeni doğal oksiresveratrol kaynaklarını belirlemeye yönelik devam eden çabalar vardır. Bu çabaların, potansiyel terapötik uygulamalara sahip yeni bitki oksiresveratrol kaynaklarının keşfedilmesine yol açması beklenmektedir (Guler, vd., 2022).

2.3.Oksiresveratrol Bazlı Ürünlerin Formülasyonu

Oksiresveratrol bazlı ürünlerin formülasyonu, spesifik ürün tipine ve kullanım amacına bağlı olmaktadır. Bununla birlikte, oksiresveratrol bazlı ürünlerin formüle edilmesinde kullanılan bazı yaygın bileşenler ve yöntemler aşağıdaki parametreleri içermektedir (Shirsath ve Goswami, 2021):

Çözünme: Oksiresveratrol suda çok fazla çözünmez, bu da su bazlı ürünlere dâhil edilmesini zorlaştırabilir. Bunun üstesinden gelmek için etanol veya propilen glikol gibi solventler veya polisorbitat 80 veya lesitin gibi yüzey aktif maddeler kullanmak gibi çeşitli çözündürme teknikleri kullanılır.

Stabilizasyon: Oksiresveratrol, gücünü ve stabilitesini etkileyebilecek şekilde bozulmaya ve oksidasyona eğilimli olabilir. Bu nedenle, antioksidanlar (E vitamini vb.) veya şelatlayıcı maddeler (EDTA vb.) gibi stabilizatörler, stabilitesini geliştirmek için genellikle oksiresveratrol bazlı ürünlere eklenir.

Taşıma sistemi: Oksiresveratrol, biyoyararlanımını ve etkinliğini artırmak için lipozomlar, nanopartiküller veya mikro küreler gibi çeşitli dağıtım sistemlerine dâhil edilebilir.

Diğer aktif bileşenler: Oksiresveratrol, faydalarını artırmak ve sinerjistik etkiler yaratmak için C vitamini, hyaluronik asit veya retinol gibi diğer aktif bileşenlerle birleştirilebilir.

Ürün tipi: Oksiresveratrol, istenilen uygulama ve konsantrasyona bağlı olarak serum, krem, maske, toner, leke tedavileri gibi çeşitli cilt bakım ve kozmetik ürünlerinde kullanılabilir.

Oksiresveratrol bazlı ürünlerin formülasyonunun, güvenlik ve etkinlik sağlamak için eğitimli profesyoneller tarafından ve düzenleyici yönergelere uygun olarak yapılması gerektiğine dikkat etmek önemlidir.

3. Üretim Şekilleri

Oksiresveratrol, bitkilerden ekstrakte edilebilir veya laboratuvarında sentezlenebilir. Oksiresveratrol üretiminin hem ekstraksiyon hem de sentez yöntemlerinin verim, saflık ve maliyet açısından kendi avantajları ve dezavantajları vardır. Yöntem seçimi, oksiresveratrol ürününün özel uygulamasına ve gereksinimlerine bağlıdır (Ateş ve Bayır, 2021).

3.1. Doğal Ekstraksiyon

Oksiresveratrol, *Artocarpus lakoocha*'nın öz odunu, *Morus alba*'nın kökleri, *Vitis thunbergii*'nin gövdeleri ve *Fallopia japonica*'nın rizomları gibi çeşitli bitki kaynaklarından ekstrakte edilebilen doğal bir polifenolik bileşiktir. Bu kaynaklardan oksiresveratrolün ekstraksiyonu genellikle, bitki materyalinin hasat edilmesi ve kurutulması, ince bir toz halinde öğütülmesi veya öğütülmesi ve etanol, metanol veya su gibi çözücüler kullanılarak ekstraksiyonun dâhil olduğu birkaç adımı içerir. Bitki kaynaklarından oksiresveratrol çıkarmak için en yaygın kullanılan yöntem, bitki materyalinin bir yüksük içine yerleştirilmesini ve bileşiğin tekrarlanan ısıtma ve soğutma döngüleri yoluyla ekstrakte edilmesi için bir solvent kullanılmasını içeren Soxhlet ekstraksiyon yöntemidir. Oksiresveratrol'ü çıkarmak için kullanılan diğer yöntemler arasında ultrasonik destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu bulunur. Bu yöntemler, daha kısa ekstraksiyon süreleri, daha yüksek verimler ve daha düşük solvent tüketimi gibi avantajlar sunar. Ekstraksiyondan sonra, ham oksiresveratrol ekstraktı tipik olarak kromatografi veya kristalizasyon gibi teknikler kullanılarak saflaştırılır. Ortaya çıkan saf oksiresveratrol, antioksidan, antiinflamatuvar ve antikanser özelliklerinden dolayı kozmetik, gıda katkı maddeleri ve farmasötikler gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir (Karataş ve Turhan, 2015).

3.2. Kimyasal Sentez

Oksiresveratrol doğal kaynaklardan elde edilebildiği gibi kimyasal sentez yoluyla da üretilebilir. Oksiresveratrol sentezlemenin bir yöntemi, üzümlede ve diğer bitkilerde bulunan başka bir bileşik olan resveratrol ile başlamayı

ve kimyasal reaksiyonlar kullanarak onu oksiresveratrole dönüştürmeyi içerir. Oksiresveratrolün kimyasal sentezi tipik olarak, resveratrolün hidroksil gruplarını deprotone etmek için sodyum hidrit veya potasyum karbonat gibi reaktiflerin kullanımını, ardından resveratrol iskeleti üzerinde istenen ikame edicileri sokmak için uygun substratlarla birleştirme reaksiyonlarını içerir.

Reaksiyon koşulları ve reaktiflerin ve substratların seçimi, kullanılan spesifik sentez stratejisine bağlı olarak değişebilir. Kimyasal sentezin bir avantajı, kontrollü ve tekrarlanabilir bir şekilde daha büyük miktarlarda oksiresveratrol üretimine izin vermesidir. Bununla birlikte, doğal kaynaklardan ekstraksiyondan daha pahalı ve zaman alıcı olabilir. Ek olarak, nihai ürünün saflığı ve kalitesi, seçilen spesifik sentetik yoldan ve reaksiyonların yürütüldüğü koşullardan etkilenebilir (Likhitwitayawuid, 2021).

Oksiresveratrol bitki kaynaklarından ekstraksiyon yoluyla elde edilebileceği gibi kimyasal sentez yoluyla da üretilebilir. Oksiresveratrol'ün sentezi, resveratrol ve çeşitli aldehitlerin veya ketonların yoğunlaşmasını ve ardından bir oksitleyici madde ile oksidasyonu içerir. Oksiresveratrol üretimi için aşağıdakiler dâhil birkaç farklı sentetik yol rapor edilmiştir:

Pd/C katalizli eşleştirme: Resveratrol, katalizör olarak Pd/C kullanılarak aldehitler veya ketonlar ile reaksiyona sokulur. Ürün daha sonra oksiresveratrol elde etmek için NaIO_4 veya KMnO_4 kullanılarak oksitlenir.

Suzuki-Miyaura eşleşmesi: Resveratrol, bir paladyum katalizörü ve bir baz varlığında arilboronik asitler veya esterlerle reaksiyona girer. Nihai ürün daha sonra NaIO_4 veya KMnO_4 gibi bir oksitleyici madde kullanılarak oksitlenir.

Asetik anhidrit aracılı sentez: Resveratrol, asetik anhidrit ve sülfürik asit varlığında çeşitli aldehitler veya ketonlarla reaksiyona girer. Ürün daha sonra oksiresveratrol elde etmek için bir oksitleyici madde kullanılarak oksitlenir.

Oksiresveratrolün kimyasal sentezi, doğal kaynaklardan ekstraksiyona uygun bir alternatif sunar ve farmasötikler, nutrasötikler ve kozmetikler dâhil olmak üzere çeşitli uygulamalar için büyük miktarlarda bileşik üretimini mümkün kılar. Bununla birlikte, başlangıç malzemelerinin maliyeti ve sentez yollarının karmaşıklığı, kimyasal sentez yoluyla büyük ölçekli oksiresveratrol üretiminin fizibilitesini sınırlayabilir (Sun, 2010).

3.3. Biyotransformasyon

Biyotransformasyon, bir substratı istenen bir ürüne dönüştürmek için mikroorganizmalar, bitkiler veya enzimler gibi biyolojik sistemlerin kullanıldığı bir süreçtir. Oksiresveratrol durumunda, bitki hücre kültürleri veya mikroorganizmalar kullanılarak bu bileşiği üretmek için biyotransformasyon kullanılabilir. Bitki hücre kültürleri, onları p-kumarik asit, resveratrol

veya stilben gibi öncülerle besleyerek oksiresveratrol üretmek için kullanılmıştır. Hücreler daha sonra öncülerini oksiresveratrole dönüştürmek için enzimler kullanır. Bu yöntem, yüksek üretim verimleri için optimize edilmiştir ve ticari üretim için ölçeklendirilebilir. Bakteriler ve mantarlar gibi mikroorganizmalar da biyotransformasyon yoluyla oksiresveratrol üretmek için kullanılabilir. Örneğin, bir *Bacillus subtilis* türü, resveratrolü oksiresveratrol üretmek üzere tasarlanmıştır. Bu yöntem ayrıca yüksek üretim verimleri için optimize edilmiştir ve ticari üretim için ölçeklendirilebilir. Bu işlem için en yaygın olarak kullanılan mikroorganizmalar, *Bacillus* ve *Pseudomonas* bakterileri suşlarının yanı sıra *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Phanerochaete* mantar suşlarıdır (Kim, vd., 2010). Biyotransformasyon süreci aşağıdaki adımları içerir:

Mikroorganizma kültürünün hazırlanması: Seçilen mikroorganizma, büyümesini ve metabolizmasını optimize etmek için belirli koşullar altında büyütülür.

Substratın eklenmesi: Kültür ortamına mikroorganizmalar için substrat olarak resveratrol eklenir.

Kuluçka: Kültür, mikroorganizmaların büyümesini ve resveratrolü oksiresveratrole dönüşümünü kolaylaştırmak için sıcaklık, pH ve ajitasyon dahil olmak üzere belirli koşullar altında inkübe edilir.

Ekstraksiyon ve saflaştırma: Kuluçka döneminden sonra kültür toplanır ve oksiresveratrol, solvent ekstraksiyonu, kolon kromatografisi ve kristalleştirme dâhil olmak üzere çeşitli teknikler kullanılarak ekstrakte edilir ve saflaştırılır.

Biyotransformasyonun geleneksel kimyasal sentez yöntemlerine göre daha yüksek seçicilik, daha düşük çevresel etki ve daha düşük maliyet gibi birçok avantajı vardır. Bu nedenle, oksiresveratrol ve diğer değerli bileşiklerin üretimi için umut verici bir yaklaşım haline gelmiştir (Park, vd., 2012).

3.4. Bitkisel Üretimlerin Yapıldığı Alanlardaki Tehlikeler ve Riskler

Tehlike, bir maddenin zarar verme potansiyelini ifade eder. Mahsul üretimi bağlamında, oksiresveratrol ile ilişkili tehlikeler, insanlar ve vahşi yaşam için toksisite, çevre kirliliği ve mahsul hasarı potansiyelini içerebilir. Oksiresveratrol, hayvan çalışmalarında bildirilen düşük toksisite ile nispeten güvenli kabul edilir. Bununla birlikte, insanlardaki güvenliği kapsamlı bir şekilde incelenmemiştir ve bileşik tarımsal ortamlarda kullanılırken ve kullanılırken dikkatli olunmalıdır (Woldetsadik, 2017).

Öte yandan risk, belirli bir durumda meydana gelebilecek zarar olasılığını ifade eder. Bitkisel üretimde oksiresveratrol ile ilişkili riskler, maruz kalma seviyesi ve süresi, uygulama yöntemleri ve belirli ürün ve çevre koşulları gibi faktörlere bağlı olacaktır. Örneğin, oksiresveratrol yüksek konsantrasyonlar-

da veya yetersiz güvenlik önlemleriyle uygulanırsa, insanlar ve yaban hayatı için toksisite riski daha yüksek olabilir. Benzer şekilde, hassas ekosistemlere sahip alanlarda oksiresveratrol uygulanırsa veya akış veya sızıntı meydana gelirse çevre kirliliği riski artabilir (Xie, vd., 2016).

Bitkisel üretimde oksiresveratrol ile ilişkili tehlikeleri ve riskleri en aza indirmek için uygun güvenlik yönergelerine ve düzenlemelerine uyulması önemlidir. Bu, koruyucu giysi ve ekipman giymeyi, uygun uygulama yöntemleri ve konsantrasyonları kullanmayı ve yüksek çevresel hassasiyete sahip alanlarda uygulamadan kaçınmayı içerebilir. Ek olarak, tarımsal ortamlarda oksiresveratrol ile ilişkili güvenlik ve potansiyel riskleri tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Keraita, vd., 2008).

4. Biyolojik ve Farmakolojik Aktiviteler

Oksiresveratrolün ana etki mekanizmalarından biri, hücreleri ve dokuları oksidatif hasardan korumaya yardımcı olan serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini temizleme yeteneğidir. Ayrıca kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalık gibi kronik hastalıkların gelişimine katkıda bulunabilen proinflatuar sitokinlerin ve enzimlerin üretimini engellediği de gösterilmiştir. Antikanser aktivitesi açısından, oksiresveratrolün, hücre döngüsünü durdurmasını ve apoptozu indükleyerek meme, prostat, akciğer ve kolon kanseri hücreleri dâhil olmak üzere çeşitli kanser hücrelerinin çoğalmasını engellediği gösterilmiştir. Ayrıca, tümör büyümesini desteklemek için yeni kan damarlarının oluşturulduğu süreç olan anjiyogenezi inhibe ettiği de bildirilmiştir (Li, vd., 2020).

Oksiresveratrolün, hayvan diyabet modellerinde insülin duyarlılığını artırarak ve kan şekeri düzeylerini düşürerek anti-diyabetik etkilere sahip olduğu da gösterilmiştir. Ek olarak, Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için etkileri olabilecek beyindeki oksidatif stresi ve iltihabı azaltarak nöroprotektif etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Oksiresveratrol tarafından sergilenen çok çeşitli biyolojik ve farmakolojik aktiviteler, onu çeşitli hastalıklar için potansiyel bir terapötik ajan olarak daha fazla çalışma ve geliştirme için ilginç bir bileşik haline getirir (Suzuki, 2019).

4.1. Antikanser Etkileri

Çalışmalar, oksiresveratrolün meme kanseri, prostat kanseri, akciğer kanseri ve kolon kanseri dâhil olmak üzere çeşitli kanser hücrelerinin büyümesini engelleyebileceğini göstermiştir. Kanser hücrelerinde apoptozu indüklediği ve kanser hücresi proliferasyonunu inhibe ettiği bulunmuştur. Oksiresveratrolün ayrıca, her ikisi de kanserin gelişmesine ve ilerlemesine katkıda bulunabilen oksidatif stresi ve iltihabı azaltmaya yardımcı olabilecek antiinflatuar ve antioksidan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir.

Oksiresveratrolün potansiyel antikanser özelliklerini ve kanser tedavisinde nasıl kullanılabileceğini tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulurken, mevcut çalışmalar, kanser yönetiminde terapötik potansiyele sahip doğal bir bileşik olarak umut vaat edebileceğini öne sürmektedir. Bununla birlikte, oksiresveratrol gibi doğal bileşiklerin, geleneksel kanser tedavilerinin yerine kullanılmaması ve yalnızca bir sağlık uzmanının rehberliğinde kullanılması gerektiğine dikkat etmek önemlidir (Amorntavechai, vd., 2022).

4.2. Antiinflamatuvar Etkileri

Çalışmalar, oksiresveratrolün, çeşitli hücre ve dokularda sitokinler ve kemokinler gibi inflamatuvar mediatörlerin üretimini inhibe etme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. İnflamatuvar moleküllerin üretiminden sorumlu olan siklooksijenaz-2 (COX-2) ve indüklenebilir nitrik oksit sentaz (iNOS) gibi inflamatuvar genlerin ekspresyonunu baskıladığı bulunmuştur. Antiinflamatuvar özelliklerine ek olarak, oksiresveratrolün ayrıca antioksidan, anti-kanser ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. Bu özelliklerin iltihabı azaltma yeteneği ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür. Oksiresveratrolün antiinflamatuvar etkilerinin altında yatan mekanizmaları tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulurken, mevcut kanıtlar bu doğal bileşiğin çeşitli inflamatuvar durumlar için terapötik bir ajan olarak umut verici bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Chung, vd., 2003).

4.3. Antimikrobiyal Etkileri

Çalışmalar, oksiresveratrolün *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* dâhil olmak üzere çeşitli patojenik bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesini bildirmektedir. Oksiresveratrolün, hücre zarlarını bozarak ve metabolik aktivitelerini inhibe ederek bu bakterilerin büyümesini engellediği gösterilmiştir. Oksiresveratrol ayrıca *Candida albicans*, *Aspergillus niger* ve *Trichophyton rubrum* dâhil olmak üzere çeşitli mantarlara karşı antifungal aktivite sergiler. Hücre zarlarını bozarak ve enzim aktivitelerini inhibe ederek bu mantarların büyümesini engellediği gösterilmiştir (Chen, vd., 2013).

Ayrıca; oksiresveratrolün, *Herpes simpleks* virüsü (HSV), insan immün yetmezlik virüsü (HIV) ve hepatit B virüsü (HBV) dâhil olmak üzere çeşitli virüslere karşı antiviral aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Viral girişi bloke ederek ve viral RNA sentezini inhibe ederek bu virüslerin replikasyonunu inhibe ettiği bildirilmiştir. Oksiresveratrolün antimikrobiyal özelliği, onu yeni antimikrobiyal ajanların geliştirilmesi için umut verici bir aday yapmaktadır. Bununla birlikte, etkinliğini ve güvenliğini *in-vivo* olarak değerlendirmek ve klinik ortamlarda potansiyel kullanımını belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Kim ve Lee, 2018).

4.4.Nöroprotektif Etkileri

Oksiresveratrolün nöroprotektif özelliklere sahip olduğunu gösteren artan kanıtlar mevcuttur ve bu da sinir sistemini hasara ve dejenerasyona karşı korumaya yardımcı olabileceği anlamına gelmektedir. Çeşitli araştırmalar, oksiresveratrolün, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı ve serebral iskemi dâhil olmak üzere çeşitli nörolojik bozukluk hayvan modellerinde nöronları oksidatif stres, iltihaplanma ve hücre ölümünden korumaya yardımcı olabileceğini göstermiştir. Örneğin, *Neurochemistry International* dergisinde yayınlanan bir çalışma, oksiresveratrolün, kültürlenmiş hücrelerde oksidatif stresi ve enflamasyonu azaltarak, Alzheimer hastalığı ile ilişkili bir protein olan β -amiloid tarafından indüklenen nörotoksositeye karşı koruduğunu göstermiştir. *Brain Research Bulletin* dergisinde yayınlanan bir başka çalışma, oksiresveratrolün dopaminerjik nöron kaybına karşı koruduğunu ve Parkinson hastalığının bir fare modelinde oksidatif stresi ve nöroinflamasyonu inhibe ederek motor fonksiyonunu iyileştirdiğini bulmuştur. Mevcut kanıtlar, oksiresveratrolün çeşitli nörolojik bozuklukların tedavisi ve önlenmesi için terapötik bir ajan olarak potansiyele sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, etki mekanizmalarını ve potansiyel klinik uygulamalarını tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Weber, vd., 2012).

4.5.Kardiyoprotektif Etkileri

Çeşitli çalışmalar, oksiresveratrolün kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkilerini araştırmıştır ve sonuçlar umut vericidir. Oksiresveratrolün, kalbi oksidatif stres ve iltihaplanmaya karşı korumaya yardımcı olabilecek antioksidan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bunun yanında; sağlıklı kan damarlarını korumak ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak için gerekli olan endotel fonksiyonunu iyileştirdiği bulunmuştur. Hayvansal çalışmalarda, oksiresveratrolün kan basıncını düşürdüğü, kandaki zararlı lipit seviyelerini düşürdüğü ve kan pıhtılarının oluşumunu önlediği gösterilmiştir. Bu etkiler kalp krizi ve felç riskini azaltmaya yardımcı olabilir. Oksiresveratrol ile ilgili araştırmalar henüz erken aşamalarında olsa da, mevcut kanıtlar önemli kardiyoprotektif faydalara sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte; etki mekanizmalarını ve potansiyel terapötik kullanımlarını tam olarak anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Hur, 2013).

5.Sonuç ve Öneriler

Oksiresveratrol, dut (*Morus alba L.*), üzüm (*Vitis vinifera L.*) ve yer fıstığının (*Arachis hypogaea L.*) kök kabuğu gibi çeşitli bitkilerde bulunan doğal bir stilbenoiddir. Oksiresveratrol ayrıca kimyasal yöntemlerle sentezlenebilir veya mikrobiyal kültürlerden ekstrakte edilebilir. Oksiresveratrolün kimyasal sentezi, resveratrolün potasyum permanganat veya demir klorür gibi oksitleyici maddelerle reaksiyonunu içerir. Oksiresveratrol ayrıca üzüm as-

masından (*Vitis vinifera*) veya *Botryosphaeria dothidea* mantar kültüründen stilben sentaz kullanımı gibi enzimatik yöntemlerle de üretilebilir. Oksiresveratrolün; antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antiobezite, antidiyabetik ve nöroprotektif etkiler dâhil olmak üzere çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğu gösterilmiştir. Bileşik, serbest radikalleri temizleyerek ve antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak oksidatif strese karşı koruma sağlayabilir. Oksiresveratrol ayrıca proinflamatuvar sitokinlerin üretimini inhibe ederek ve inflamatuvar enzimlerin aktivitesini azaltarak antiinflamatuvar aktivite gösterir. Bunun yanında oksiresveratrol; hücre döngüsünü durdurmasını, apoptozu indükleyebilir ve kanser hücrelerinde hücre proliferasyonunu inhibe edebilir.

Kardiyovasküler koruma, karaciğer koruması ve yaşlanma karşıtı etkiler dâhil olmak üzere oksiresveratrole çeşitli farmakolojik aktiviteler atfedilmiştir. Bileşiğin endotel fonksiyonunu iyileştirdiği, kan basıncını düşürdüğü ve ateroskleroza önlediği gösterilmiştir. Oksiresveratrol ayrıca karaciğeri çeşitli toksinlerden koruyabilir ve karaciğer fibrozunu önleyebilir. Ayrıca oksiresveratrolün; yaşlanma ve uzun ömürde çok önemli bir rol oynayan bir mekanizma olan sirtuin yolunu aktive ettiği gösterilmiştir. Oksiresveratrol umut verici farmakolojik aktiviteler göstermiştir. İlaç ve diyet takviyelerinin geliştirilmesi için potansiyel bir adaydır. Bununla beraber; tam terapötik potansiyelini keşfetmek ve insanlardaki güvenliğini ve etkinliğini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir ve çevre dostu bir üretim sağlamak için mikrobiyal fermantasyon veya bitki hücre kültürleri gibi biyoteknolojik yöntemlerle oksiresveratrol üretimi de araştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ağalar, H.G., Temiz, B., (2020). Ülkemizde Yetiştirilen Bazı *Citrus L.* Türleri Üzerine Fitokimyasal ve Biyolojik Aktivite Çalışmaları. (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi-Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Aksoy, M., (2020). Prevention of Enzymatic Browning by Inhibiting Polyphenol Oxidase with Some Natural Compounds and Benzenethiol. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 723-727.
- Amornravechai, A., Osathanon, T., Pavasant, P., Soompon, S., (2022). Effect of Resveratrol and Oksiresveratrol on Deferoxamine-Induced Cancer Stem Cell Marker Expression in Human Head and Neck Squamous Cell Carcinoma. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 12(2), 253-257.
- Ateş, F. M., Bayır, Y., (2021). L929 Fibroblast Hücrelerinde Hidrojen Peroksit İle Oluşturulan Oksidatif Stres Hasarında Oksiresveratrolün Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Chen, Y.C., Tien, Y.J., Chen, C.H., Beltran, F.N., Amor, E.C., Wang, R.J., Yang, W.C., (2013). *Morus alba* and Active Compound Oksiresveratrol Exert Anti-Inflammatory Activity Via İnhibition of Leukocyte Migration İnvolving MEK/ERK Signaling. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 1-10.
- Chung, K.O., Kim, B.Y., Lee, M.H., Kim, Y.R., Chung, H.Y., Park, J.H., Moon, J.O., (2003). *In-vitro* and *in-vivo* Anti-Inflammatory Effect of Oksiresveratrol from *Morus alba* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 55(12), 1695-1700.
- Guler, M.C., Tanyeli, A., Eraslan, E., Bozhuyuk, M.R., Akdemir, F.N.E., Toktay, E., Ozkan, G., (2021). Persimmon (*Diospyros Kaki Alleviates* Ethanol-Induced Gastric Ulcer in Rats/Persimmon (*Diospyros Kaki L.*) Sıçanlarda Etanol ile induklenen Mide Ülserini Hafifletir. *Southern Clinics of Istanbul Eurasia (SCIE)*, 32(1), 1-8.
- Guler, M.C., Ekin, F.N., Tanyeli, A., Eraslan, E., Bayır, Y., (2022). Gastroprotective Effects of Fraxin with Antioxidant Activity on the Ethanol-Induced Gastric Ulcer. *Southern Clinics of Istanbul Eurasia*, 33(1), 6-22.
- Hur, J., Kim, S., Lee, P., Lee, Y.M., Choi, S.Y., (2013). The Protective Effects of Oksiresveratrol Peroxide İmine Derivative Against Hydrogen-İnduced Cell Death in PC12 Cells. *Free Radical Research*, 47(3), 212-218.
- Karataş, A., Turhan, F., (2015). Phyto-Phospholipid Complexes as Drug Delivery System for Herbal Extracts/Molecules. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12(1), 93-102.
- Keraita, B., Drechsel, P., Konradsen, F., (2008). Perceptions of Farmers on Health Risks and Risk Reduction Measures in Wastewater-İrrigated Urban Vegetable Farming in Ghana. *Journal of Risk Research*, 11(8), 1047-1061.
- Kim, J.K., Kim, M., Cho, S.G., Kim, M.K., Kim, S.W., Lim, Y.H., (2010). Biotransformation of Mulberroside A from *Morus alba* Results in Enhancement of Tyrosi-

- nase Inhibition. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 37(6), 631-637.
- Kim, S., Lee, D.G., (2018). Oksiresveratrol-Induced DNA Cleavage Triggers Apoptotic Response in *Candida albicans*. *Microbiology*, 164(9), 1112-1121.
- Li, R., Song, Y., Ji, Z., Li, L., Zhou, L., (2020). Pharmacological Biotargets and the Molecular Mechanisms of Oksiresveratrol Treating Colorectal Cancer: Network and Experimental Analyses. *Biofactors*, 46(1), 158-167.
- Likhitwitayawuid, K., (2021). Oksiresveratrol: Sources, Productions, Biological Activities, Pharmacokinetics, and Delivery Systems. *Molecules*, 26(14), 4212.
- Lim, Y.H., Kim, K.H., Kim, J.K., (2015). Source, Biosynthesis, Biological Activities and Pharmacokinetics of Oxyresveratrol. *Korean J. Food Sci. Tech.* (47), 545-555.
- Öztabağ, C. K., Kurt, A. H., Lokman, A., & Sungur, M. A. (2022). Oksiresveratrolün, Deneysel Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonunda Oksidatif Strese Karşı Koruyucu Etkisi. *Abant Tıp Dergisi*, 11(3), 320-327.
- Park, K.T., Kim, J.K., & Lim, Y.H., (2012). Evaluation on Skin Irritation and Sensitization of Oksiresveratrol and Oksiresveratrol-3-O-glucoside Produced by Biotransformation of *Morus alba* extract. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 44(2), 251-256.
- Shirsath, N.R., Goswami, A.K., (2021). Design and Development of Solid Dispersion of Valsartan by a Lyophilization Technique: A 32 Factorial Design Approach. *Micro and Nanosystems*, 13(1), 90-102.
- Sun, H.Y., Xiao, C.F., Cai, Y.C., Chen, Y., Wei, W., Liu, X.K., Zou, Y., (2010). Efficient Synthesis of Natural Polyphenolic Stilbenes: Resveratrol, Piceatannol and Oksiresveratrol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 58(11), 1492-1496.
- Suzuki, Y., Muangnoi, C., Thaweest, W., Teerawonganan, P., Bhuket, P.R.N., Titapiwatanakun, V., Fukami, T., (2019). Exploring Novel Cocrystalline Forms of Oksiresveratrol to Enhance Aqueous Solubility and Permeability Across a Cell Monolayer. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 42(6), 1004-1012.
- Temiz, B. (2021). Ülkemizde Yetiştirilen Bazı citrus L. Türleri Üzerine Fitokimyasal ve Biyolojik Aktivite Çalışmaları (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Topaloğlu, E., Ustaömer, D., Yıldız, S., (2020). Bazı Meyve Ağaçlarının Diri ve Öz Odonlarının Çürüklük Mantarlarına Karşı Anti-fungal Dayanımlarının Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1), 609-615.
- Yılmaz, S., (2015). *Veratrum album* Bitkisi Sekonder Metabolitlerinin ve Sitotoksitelerinin Araştırılması (Master's thesis, Ege üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Xie, Z., Xu, J., Deng, Y., (2016). Risk Analysis and Evaluation of Agricultural Drought Disaster in the Major Grain-Producing Areas, China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(5), 1691-1706.
- Xu, L., Liu, C., Xiang, W., Chen, H., Qin, X., Huang, X., (2014). Advances in the Study of Oxyresveratrol. *Int. J. Pharmacol.* (10), 44-54.

- Weber, J.T., Lamont, M., Chibrikova, L., Fekkes, D., Vlug, A.S., Lorenz, P., Slemmer, J.E., (2012). Potential Neuroprotective effects of Oksiresveratrol Against Traumatic Injury. *European Journal of Pharmacology*, 680(1-3), 55-62.
- Woldetsadik, D., Drechsel, P., Keraita, B., Itanna, F., Gebrekidan, H., (2017). Heavy Metal Accumulation and Health Risk Assessment in Wastewater-Irrigated Urban Vegetable Farming Sites of Addis Ababa, Ethiopia. *International Journal of Food Contamination*, 4(1), 1-13.

Bölüm 2

MANYETİK DİVİNİL BENZEN 4-VİNİL PİRİDİN SENTETİK POLİMER SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE CR(VI) İÇERİKLİ SULU ÇÖZELTİLERDEN ADSORPSİYON TEKNIĞI İLE UZAKLAŞTIRILMASI¹

Burak SULAYAN²

Ali KARA³

1 DİPNOT:

Bu kitap bölümü “ PLASTİK ÜZERİ KAPLAMA UYGULAMALARINDA
YIKAMA SULARINDA VE PALADYUM İÇERİKLİ AKTİVASYON
ÇÖZELTİSİNDEN HEKSAVALEN KROMUN UZAKLAŞTIRILMASI VE
POLİMERİZASYON YOLUYLA BİR ADSORBANT GELİŞTİRİLMESİ”

Tez çalışmasına istinaden hazırlanmıştır.

2 Bursa Uludağ University Institute of Science, Department of Polymer
Materials, ORCID: 0000-0001-7725-172X

3 Prof., Bursa Uludağ University Faculty of Science Department of Chemistry,
ORCID: 0000-0003-2457-6314



1. Polimer Nedir?

Polimerler maddeler, monomer adı verilen yapıların reaksiyonları ile oluşan küçük birimlerin biraraya gelerek daha kompleks yapılar oluşturma yeteneğine sahip moleküllerdir. Küçük birimler olan monomerlerden polimer oluşumu meydana getiren kimyasal reaksiyonların tümü polimerleşme reaksiyonu adını alır.

1.1. Cr (VI) iyonlarının Sulardan Giderimini Sağlama Yöntemleri Nelerdir?

Çalışma kapsamında, sentezlenen manyetik özelliğe sahip sentetik polimer esaslı adsorbanın adsorbe edilecek çözelti içerisinde yüksek yüzey alanı ve poroziteye sahip olması ile fiziksel adsorpsiyon kuvvetinin artırılması ile birlikte aynı zamanda kimyasal bağ kuvvetini arttırabilmek amaçlı birbirini tamamlayan ve uyumlu fonksiyonel gruplar içeren bir özellikte olması ve ilgili polimerin adsorpsiyon işlemi sonrasında, tekrardan geri kazanımı ve desorpsiyon ortamında bozulmadan mekanik kararlık göstererek birden fazla kullanımı hedeflenmiştir. Polimerin, kararlılığı, rijitliği, sertliği gibi mekanik özelliklerini artırma ve adsorbana yeni fonksiyonel grupların dahil edilmesi ile adsorbe edilecek çözeltiler içerisinde krom yoğunluğunun azaltılarak seçiciliğin artırılması ve böylece çalışmadaki özgünlüğün artırılması hedeflenerek, çapraz bağlayıcı ajan (monomer) olarak DVB seçilmiştir. Literatürde, 4-Vinil Piridin (4-VP) monomeri ile DVB monomeri çapraz bağlanarak süspanسیون halde kopolimerizasyon reaksiyonu sonucunda, Cr(IV)'nın adsorpsiyonu amacıyla polimerik mikrokürelerin sentezi ve karakterizasyon çalışmaları ile ilgili akademik bir yayın bulunmamakla beraber, sentezlenecek m-poli (4-VP-DVB) polimer mikro kürelerin manyetik adsorban olarak kullanımı ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Benzer çalışmalarda kullanılan monomer ve çapraz bağlayıcı yalnızca iyon değiştirici reçine sentezi için iyon (anyon) değişimi proseslerinde kullanılmıştır.

1.2. Adsorpsiyon Nedir?

Adsorpsiyon yöntemi, adsorbent yüzeyinde veya iki faz arasında ki arayüzeyde adsorbantın birikmesi olarak ifade edebilir. Adsorpsiyon çoğunlukla adsorpsiyon bölgelerinde bulunan atomların yüzeyde tutularak adsorbat moleküllerinin hareketi sonucu bağlanması sonucu bir kuvvet ile uyarılarak adsorbanın yüzey enerjisinde ki azalma sonucu gerçekleşen egzotermik bir prosestir. Adsorbatlar, elektrostatik etkileşim, iyon değişimi, iyon çifti etkileşimleri, Van der Waals kuvveti, katyon- π etkileşimi, hidrofobik hidrasyon etkileşimleri ile adsorbente bağlanabilir. Adsorpsiyon prosesi kimyasal ve fiziksel olmak üzere 2 esas olarak çeşittir. Fiziksel adsorpsiyonda yüzeye zayıf kuvvette tersinir Van der Waals bağları ile bağlanırken kimyasal adsorpsiyonda bu bağların yerini daha güçlü ve çoğunlukla tersinmez olan kimyasal bağlar alır. Vusumzi vd. (2019).

1.3.Neden Adsorpsiyon Yöntemi Tercih Edilmektedir?

- Ucuz Olması
- Kolay Uygulanabilir olması
- Boyayı parçalamadığından kanserojen etki yaratmaması
- Sürdürülebilir olması

1.4. Adsorpsiyonda Prosesinde Kullanılacak Adsorbanda Aranacak Özellikler Nelerdir?

- Düşük maliyetli olması
- Zehirli olmaması
- Suda çözünmemesi
- Çevre dostu olması

Yüzey Alanının geniş olması

1.5. Adsorpsiyona Etki Eden Faktörler Nelerdir?

- pH
- Temas Yüzeyi
- Sıcaklık
- Adsorbanın Yüzey Alanı
- Adsorbanın Yapısı ve Tanecik Boyutu
- Adsorbanın Çözünürlüğü ve Molekül Büyüklüğü
- Karıştırma Hızı

1.6.Bu çalışmanın amacı Nedir?

1. m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin, süspansiyon halde kopolimerizasyonu sonucundan çapraz bağlı mikrokürelerin aynı boyutta, düzgün homojen bir yapıda sentezlenmesi,

2. Sentezlenen m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin Cr(IV) adsorpsiyon prosesini etkileyen pH, sıcaklık, Cr(IV) başlangıç konsantrasyonu gibi parametrelerin incelenmesi,

3. Adsorban olarak kullanılması öngörülen m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin adsorbe edilecek çözelti içerisinde yüksek yüzey alanı ve poroziteye sahip olması, aynı zamanda kimyasal bağ kuvvetini arttırabilmek amaçlı birbirini tamamlayan ve uyumlu fonksiyonel gruplar içeren bir özellikte olması ve ilgili polimerin adsorpsiyon işlemi sonrasında, tekrardan geri kazanımı ve desorpsiyon ortamında bozulmadan mekanik kararlık göstererek bir defadan

daha fazla kullanımı, FTIR ve BET karakterizasyon teknikleri ile açıklanması,

4. XRD analizi ile m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin Cr(IV) adsorpsiyon sonrasında yüzeyde bilinmeyen malzeme yapısının açık bir şekilde ortaya çıkarılması,

5. SEM EDS yüzey görüntüleri ile, m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin Cr(IV) adsorpsiyon sonrasında yüzey yapısı değişime uğrayarak polimer malzeme yüzeyinde başarılı bir şekilde adsorpsiyonun gerçekleştirilmesi ve malzeme yapısında bulunan atom yüzdelерinin açıklanması,

6. Polimer Yapısında bulunan manyetit nanopartikül varlığının ESR ile başarılı bir şekilde doğrulanması hedeflenmektedir.

7. Sentezlenen m-poli (4-VP-DVB) mikrokürelerin desorpsiyon, yeniden kullanılabilirlik çalışmalarının araştırılması hedeflenmektedir.

1.7. Materyal Yöntem

Tablo.1.

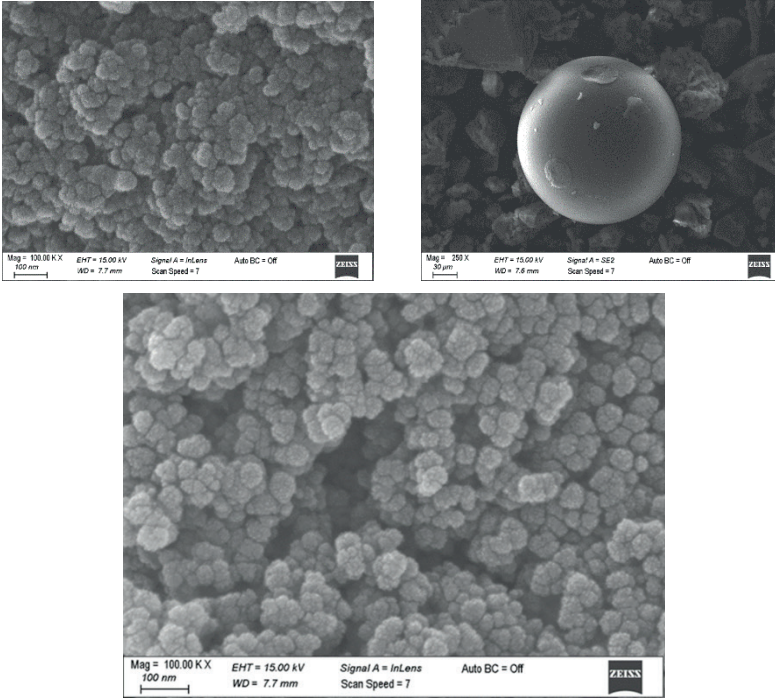
Manyetik Özelliğe Sahip m-poli(DVB-4-VP) Mikrokürelerin Sentez Prosedürü ve Polimerizasyon Koşulları.

Polimerizasyon Koşulları	Sulu Dispersiyon Fazı	Organik Faz
Reaktör Hacmi: 100 ml	PVA : 0,2 ml	DVB: 4,25 ml
Karıştırma Hızı: 2 saat 400 rpm	4-VP : 3,25 ml	BPO: 0,1g
ardından 3 saat boyunca 550 rpm.	Toluen: 10 ml	
Sıcaklık ve Reaksiyon Süresi: 2	Manyetit (Fe_3O_4): 0,5g	
saat boyunca 75 ° C ardından 3 saat	Karıştırma Süresi: 15 Dakika	
boyunca 85 ° C	Distile Su: 50 ml:	

Süspansiyon polimerizasyon tekniğiyle m-poli(DVB-4-VP) mikrokürelerinin 2 farklı monomerin çapraz bağlarla bağlanmasıyla sentezlenmiştir. Manyetik özellikteki m-poli(DVB-4-VP) polimer mikroküreler, dispersiyon faz ve organik faz olmak üzere iki ayrı aşamada hazırlanmıştır.

1.8. m-poli(DVB-4-VP) Mikrokürelerinin Karakterizasyonu

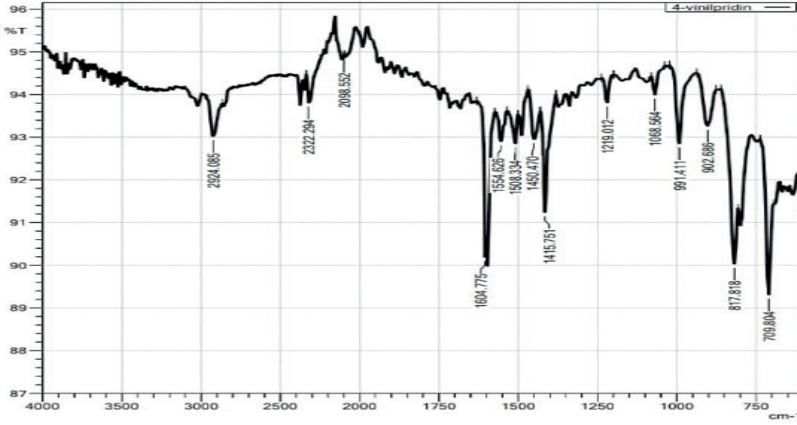
Karakterizasyon işlemleri için Polimer mikrokürelere taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yüzey morfolojisi analizi yapılmıştır bu sayede polimerin gözenekli mikro tanecikler halinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil.1. *m-poli(DVB-4-VP)* mikrokürelere ait SEM görüntüleri

1.9. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi Analizi

m-poli (DVB-4-VP) Mikrokürelere ait FT-IR analizi $400-4000\text{ cm}^{-1}$ frekans aralığında gerçekleştirilmiş ve sentezlenen polimer mikrokürelere ait FT-IR Spektrumu şekil 4.1'de belirtilmiştir. $1604, 1508, 1415, 817\text{ cm}^{-1}$ frekans değerleri, pridil gruplarına ait C=C and C=N bağ içerikli adsorpsiyon pikleri ile ilişkilendirilmiştir. $991, 1068\text{ cm}^{-1}$ frekans değerleri, pridil gruplarına ait C-H bağlarının düzlemsel ve düzlem dışı eğilme titreşim frekansları pikleri olarak tanımlanmıştır. Kopolimerizasyon aşamasında 4VP miktarının artırılması ile pik yoğunluklarının arttığı literatürde bildirilmiştir. Neagu ve Mikhalovsky (2010). Bu sonuç ile 4-VP, DVB ile başarılı bir şekilde kopolimerize edilerek başarılı bir şekilde polimer boncuklara dahil edilmiş ve polişmerin kimyasal yapısı doğrulanmıştır. 2924 cm^{-1} titreşim frekans değerinde beliren absorpsiyon piki aromatik halkada bulunan C=H bağ grubuna atfedilmiştir. Spektrumda 817 cm^{-1} frekansta gözlemlenen titreşim, kopolimerin disübstitüe aromatik halkalarına atfedilmiştir. 2924 ve 1415 cm^{-1} titreşim frekansında gözlemlenen adsorpsiyon pikleri etil grubunun veya alifatik zincirin CH_2 fonksiyonel grubuna atfedilmiştir Maksin vd. (2012).

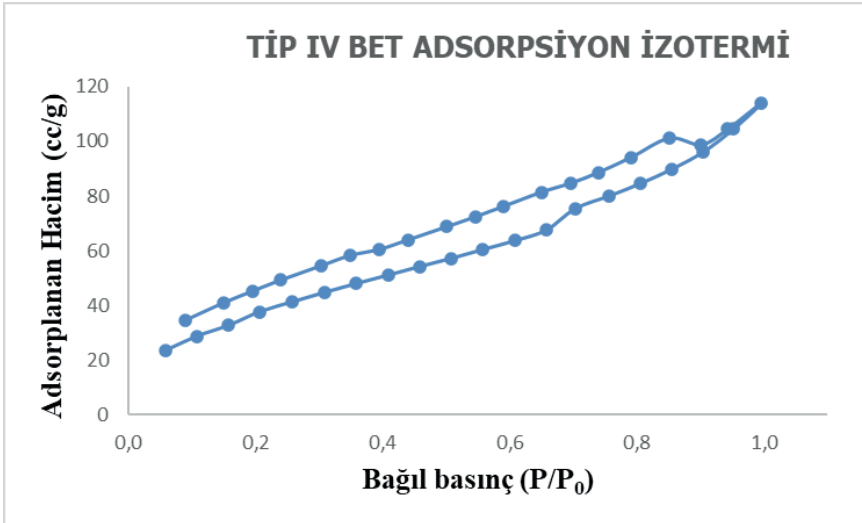


Şekil.2. *m-poli (DVB-4-VP) Mikrokürelerin FT-IR Spektrumu*

1.10 Brunauer-Emmett-Teller (BET) Analizi

Polimer mikrokürelerin spesifik yüzey alanı belirlenmesi, kuru halde bulunan mikrokürelerin çok noktalı yüzey alanı analizi ile sağlamıştır. Partiküllerin yaklaşık ortalama boyları N_2 adsorpsiyon/desorpsiyonu izoterm tekniği sayesinde mikrokürelerin toplam gözenek hacmi, ortalama gözenek çapı Barret-Joyner-Halenda (BJH) modeli aracılığı ile belirlenmiştir.

m-poli(4VP-DVB) polimer mikrokürelerin spesifik yüzey alanları BET analizi ile belirlenmiştir. Şekil 3.'te N_2 adsorpsiyon-desorpsiyon BET izotermi tip-IV izoterm olarak sınıflandırılmaktadır. Tip-IV izotermi doygunluk basıncına yakın bölgelerde basınç eksenine paralel seyretmektedir.



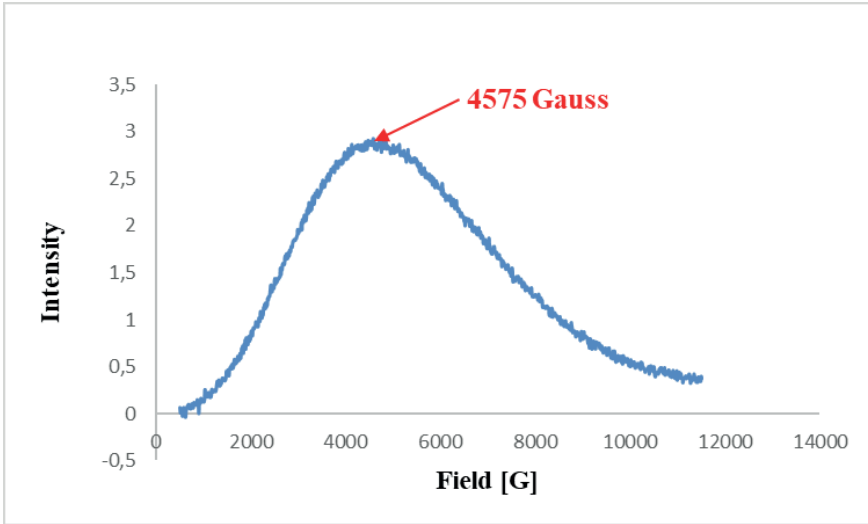
Şekil.3. *BET N_2 Adsorpsiyon/Desorpsiyon İzotermi*

Tablo.2. *m-poli 4VP-DVB Mikrokürelerin Fiziksel Özellikleri*

Numune	BET Yüzey Alanı (m ² .g ⁻¹)	Gözenek Hacmi (cm ³ .g ⁻¹)	Gözenek Boyutu (nm)
m-poli (4VP-DVB)	186	194,1	2,019

1.11. Elektron spin rezonans (ESR) spektroskopisi Analizi ve Manyetik Özelliklerin Belirlenmesi

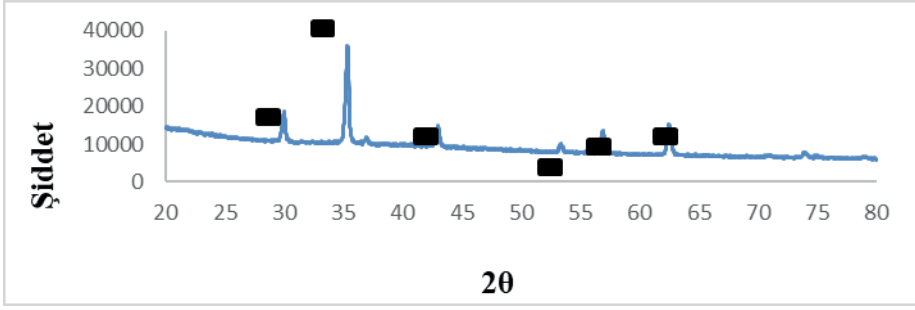
Manyetik özellik gösteren polimer malzemelerin mıknatıslanma özelliği, polimerizasyon reçetesine dahil edilen bileşenin türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Manyetik alan artması ile manyetik duyarlılık artmakta ve bir süre sonra manyetik alan artmaya devam ettiğinde doyum noktasına ulaşarak maksimum mıknatıslanma göstermekte ve daha şiddetli bir manyetik akı oluşmamaktadır. Şekil 4.4'te m-poli(4VP-DVB) mikrokürelerin yapısında ki manyetit varlığı ESR spektrumu ile ayrıca doğrulanarak manyetik alana karşı manyetit pikinin şiddeti 4575 Gauss olarak belirlenmiştir. Manyetik özellik göstermeyen polimer malzemelerin bu şartlarda mıknatıslanamayacağını kesinlikle unutmamak gerekir (Kara vd, 2009)



Şekil.4. Mıknatıslanma Eğrisi

1.12. X-Işını Kırınım Analizi

Fe₃O₄ nanopartikülleri, X-Ray ışını kırınım desenleri kullanılarak kristal formları karakterize edilerek Şekil 4.5'te gösterilmiştir. 30.14°, 35.51°, 43.08°, 53.57°, 56.96°, 62.62° de açık bir şekilde beliren 6 adet kırınım piklerinin standart Fe₃O₄ kırınım verileri ile uyumlu olduğu görülmektedir Zhao vd. (2018).

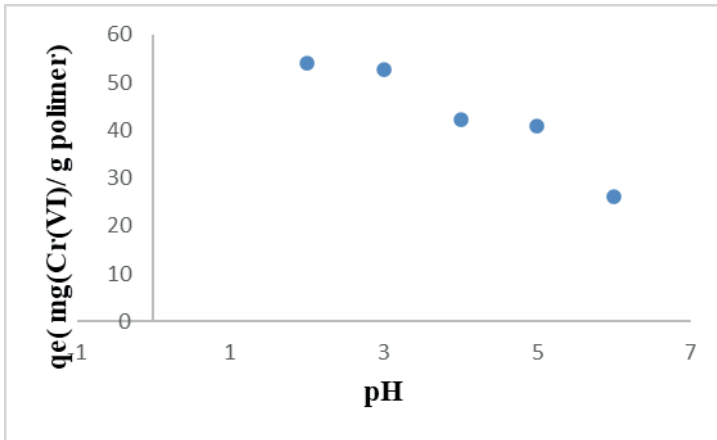


Şekil.5. *m-poli(4VP-DVB)* Mikrokürelerin XRD Desenleri

1.13. *m-poli(DVB-4-VP)* Mikrokürelerde Cr(VI) Adsorpsiyonunda pH Etkisi

pH 6'nın üzerindeki bazı çözeltilerde, CrO_3^- , tetrahedral CrO_4^{2-} sarı renkte kromat formunu oluşturur. pH 2 ile 6 arasında tetrahedral sarı kromat iyonu CrO_4^- ile ve turuncu-kırmızı dikromat iyonu Cr_2O_7^- iyonu ile denge halindedir. pH 1'in altında yüksek asidik ortamında esas tür olan H_2CrO_4 meydana gelmektedir.

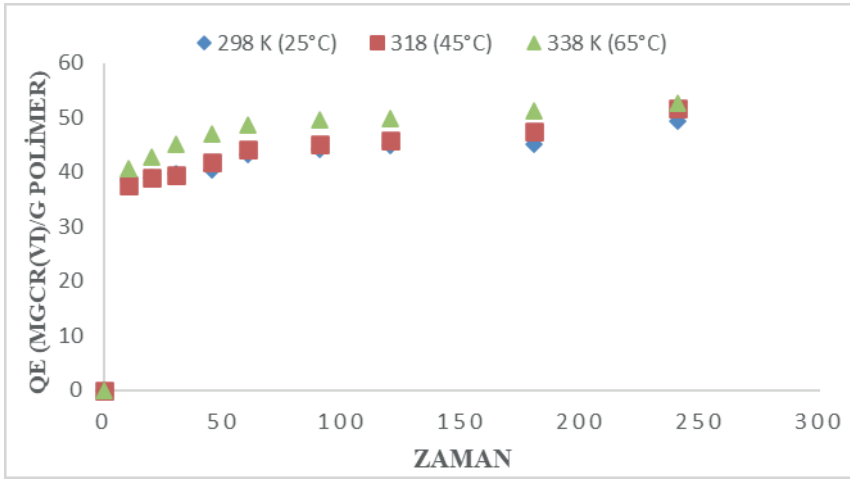
4-Vinil Piridin Hidrofilik bir benzen halkasına sahiptir, analit ile monomer arasında hidroksil grupları arasında hidrojen bağları, aktif iyonların negatif yükleri ile ligand arasında gerçekleşen iyonik bağlar gibi çoklu moleküler arası etkileşimler gerçekleşmektedir. Bu etkileşimler sonucu pH 6'dan sonra dikromat iyonlarının yüksüz bir formda bulunması sonucu elektrostatik bir itme kuvveti açığa çıkar ve Cr(VI) iyonlarının adsorpsiyonunun engellenmesine neden olmaktadır. pH 6'dan sonra alkali çözeltilerde 4-Vinil Piridin monomerinde negatif yüklerin artması sonucunda elektrostatik etkileşim azalmakta ve adsorpsiyon kapasitesinde düşüş meydana gelmektedir.



Şekil.6. *m-poli(DVB-4-VP)* Mikrokürelerin Cr(VI) Adsorpsiyonuna pH Etkisi

1.14. Cr(VI) Adsorpsiyonuna Sıcaklık ve Zaman Etkisi

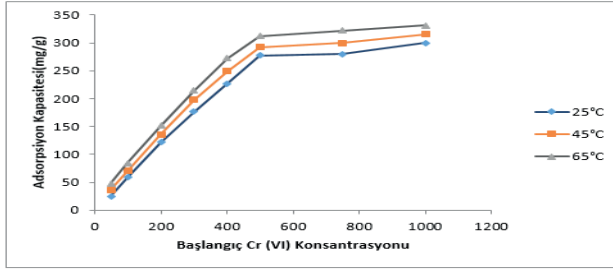
manyetik m-poli(4VP-DVB) mikropartiküllerin Cr(VI) adsorpsiyonuna etkisi gösterilmektedir. 10,20,30,45,60,90,120,180,240 ve 24 saat zaman aralıkları ile 25°C ila 65°C sıcaklık değerleri arasında deneysel çalışma yürütülmüştür. 24 saat içerisinde tüm çalışma sıcaklıklarında adsorpsiyon kapasitesinde artış görülmüş, 25°C'de 24 saat sonra adsorpsiyon kapasitesi 64,66 mg/g değerden 232,04 mg/g değere, 45°C sıcaklıkta 171,068 mg/g 287,185 mg/g değere yükseldi ve son olarak, 65°C sıcaklıkta ise 24 saat sonra adsorpsiyon kapasitesi 201,36 mg/g değerden 307,767 mg/g değere yükselebilmektedir. Bu sonuçlar ile 24 saat sürenin ardından farklı çalışma sıcaklıklarında adsorpsiyon kapasitesinde artış olmasına rağmen, 45°C üzerindeki sıcaklık değerlerinde sıcaklık arttıkça Cr(VI) iyonlarının uzaklaştırılması ve adsorpsiyon kapasitesinde kaydadeğer bir artış gözlemlenmemiştir. Sıcaklık zaman deneylerinde 400 ppm stok çözeltiler hazırlanarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür. m-poli(4VP-DVB) polimer mikrokürelerin Cr(VI) iyon içerikli sulu çözeltilerin gideriminde 20-40°C çalışma sıcaklıklarının uygun olduğu ve önerildiği literatürde ayrıca belirtilmektedir Neagu ve Mikhalovsky (2010).



Şekil.7. m-poli(4VP-DVB) mikrokürelerin Cr(VI) adsorpsiyonuna Sıcaklık ve Zaman Etkisi

1.15. Cr(VI) Başlangıç Konsantrasyonunun Etkisi

Sentezlenen manyetik m-poli(4VP-DVB) mikropartiküllerin Cr(VI) adsorpsiyonunda başlangıç konsantrasyonuna etkisini araştırmak amaçlı 25°C 45°C ve 65°C sıcaklıklarda olmak üzere 50,100,200,300,400 ve 500 ppm çözeltilerde deneysel çalışmalar yürütüldü ve hazırlanan stok çözeltiler 4 saat boyunca laboratuvar ortamında bekletilerek başlangıç konsantrasyon etkisi incelendi. 500 ppm'den yüksek konsantrasyon değerlerinde gerçekleşen adsorpsiyonlarda maksimum adsorpsiyon kapasitelerine ulaşılarak doygunluğa erişilerek adsorpsiyon dengesi elde edilmiştir.



Şekil.8. *m-poli(4VP-DVB)* Mikrokürelerin Cr(VI) Adsorpsiyonuna Başlangıç Konsantrasyonu Etkisi

SONUÇLAR

Manyetik özelliğe sahip *m-poli(4VP-DVB)* mikrokürelerin sentezinde 4-Vinil Piridin monomer, Divinil Benzen çapraz bağlayıcı, poli(vinil alkol) stabilizör, benzoil peroksit, başlatıcı olarak polimerizasyon reçetesinde dahil edilerek süspansiyon polimerizasyon tekniği ile sentezlenmiştir. Fe_3O_4 nanopartiküller varlığında mikrokürelere manyetik özellik kazandırılmış, ESR ve XRD karakterizasyon teknikleri ile mikrokürelere manyetit varlığı ayrıca doğrulanmıştır. Mikrokürelerin spesifik yüzey alanı $186 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ belirlendi, TİP IV. N_2 adsorpsiyon/desorpsiyon izoterm modelinin polimer mikroküreler gözenek yapısı ile uyumlu olduğu görülmüştür. Mikrokürelere dahil edilen fonksiyonel grup ve bağ içerikli FT-IR spektrofotometresi ile açıklanmıştır. Sentezlenen polimer mikrokürelerin krom içerikli sulu çözeltilerden uzaklaştırılması amacıyla pH ve sıcaklık etkisi araştırılmış, en yüksek adsorpsiyon kapasitesi pH 2'de $54,132 \text{ mg/g}$ olarak bulundu pH 6'dan sonra alkali çözeltilerde 4-Vinil Piridin monomerinde negatif yüklerin artması sonucunda elektrostatik etkileşim azalmakta ve adsorpsiyon kapasitesinde düşüş meydana geldiği, sıcaklık artışı ile adsorpsiyon kapasitesinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Adsorpsiyonda sıcaklık etkisi deneysel çalışmaları sırasıyla 25°C , 45°C ve 65°C sıcaklıklarda yürütülmüş, 24 saat sürenin ardından yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak adsorpsiyon kapasite sonuçları sırasıyla $64,66 \text{ mg/g}$ değerden $232,04 \text{ mg/g}$ değere, 45°C sıcaklıkta $171,068 \text{ mg/g}$ $287,185 \text{ mg/g}$ değere yükseldi ve son olarak, 65°C sıcaklıkta ise 24 saat sonra adsorpsiyon kapasitesi $201,36 \text{ mg/g}$ değerden $307,767 \text{ mg/g}$ 'a yükseldi. Bu sonuçlar ile 24 saat sürenin ardından farklı çalışma sıcaklıklarında adsorpsiyon kapasitesinde artış olmasına rağmen, 45°C üzerindeki sıcaklık değerlerinde sıcaklık arttıkça Cr(VI) iyonlarının uzaklaştırılması ve adsorpsiyon kapasitesinde belirgin bir yükselme görülmemiştir. Cr(VI) adsorpsiyonunun konsantrasyona üzerindeki etkisini çalışmalarında, 500 ppm 'den yüksek konsantrasyon değerlerinde gerçekleşen adsorpsiyonlarda maksimum adsorpsiyon kapasitelerine ulaşılmış ve bir süre doygunluğa erişilerek adsorpsiyon dengesi sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Abdelwahab, O.; Amin, N.K.; El-Ashtoukhy, E.S. (2013). Removal of zinc ions from aqueous solution using a cation exchange resin. *Chem. Eng. Res. Des.*, 91: 165-173.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2013).
- Akkurt S., (1991). Plastik Malzeme Bilgisi. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Akman, M.S., (1987). Yapı Malzemesi. İTÜ Yayınevi, İstanbul
- Anon. (1974). Medical and Biological effects of pollutants: chromium. National Academy Press, Washington.
- Arslan, M. (2005). Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solutions Using Poly(4-vinyl pyridine) Beads, *Journal of Applied Polymer Science*, 101(5):2865 - 2870
- Arslan, H. (2009) Yerfistği Kabuğunun Lindan ve Metabolitlerinin Sulu Çözeltilerden Giderilmesinde Kullanımının Araştırılması, Doktora tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin 174 s.
- Bağda, E. (1976). Polimer Kimyası. Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart, pp: 65-71.
- Bayramoğlu, G. (2011). "Synthesis of Cr(VI)-imprinted poly(4-vinyl pyridine-co-hydroxyethyl methacrylate) particles: Its adsorption propensity to Cr(VI)", *Journal of Hazardous Materials*, 187, 213-221 s.
- Baysal, B. (1994). Polimer Kimyası. ODTÜ Basım İşliği, Ankara, 332 s.
- Behl, M. and Lendlein, A. (2010). Triple-shape polymers, *Journal of materials chemistry, C Vol. 20 (17)*, pp: 3335-3345.
- Bellin, I., Kelch, S., Langer, R., and Lendlein, A. (2006). Polymeric triple-shape materials, *Proceedings of the National Academy of Sciences, C Vol. 103 (48)*, pp: 18043-18047.
- Bianchi, V., ve A. G. Levis. (1984). Mechanisms of chromium genotoxicity. *Toxicological and Environmental Chemistry* 9: 1-25.
- Brinson HF. (2008) *Polymer Engineering Science and Viscoelasticity an Introduction*, Springer, pp: 149-151
- Carraher, C. E. (2007). *Seymour/Carraher's Polymer Chemistry*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 186 pp
- Cervantes C, Campos-García J, Devars S, Gutiérrez-Corona F, Loza-Tavera H, Torres-Guzmán JC, Moreno-Sánchez R. (2001). Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Microbiol Rev.* May;25(3):335-47. doi: 10.1111/j.1574-6976.2001.tb00581.x. PMID: 11348688.
- Chao, C.H., Wu, C.S., Huang, C.C., Liang, J.C., Wang, H.T., Tang, P.T., Lin, L.Y., Ko,

- F.H. (2012). A rapid and portable sensor based on protein-modified gold nanoparticle probes and lateral flow assay for naked eye detection of mercury ion, *Microelectronic Engineering*, 97; 294-296.
- Chu, P., Porcella, D.B. (1995). *Water Air Soil Pollut.* 80, 135–144.
- Clarkson, T.W., Magos, L., Myers, G.J., Engl, N., Med, J. (2003). The Toxicology Mercury-Current Exposures and Clinical Manifestations, *The New England Journal of Medicine*, 349:1731-7.
- Darrin, M. (1956). Chromium compounds-Their industrial use, p. 251–262. In M. J. Udy (ed.), *Chromium*. Reinhold, New York.
- Dawood, S., Şen, TK ve Phan, C. (2014). Atık biyokütle çam kozalaklarından yeni aktif karbonun sentezi ve karakterizasyonu ve adsorpsiyon yoluyla kongo kırmızısı boyasının sulu çözeltiden uzaklaştırılmasında uygulanması. *Su, Hava ve Toprak Kirliliği*, 225 (1), 1-16.
- Deliyanni, E.A.; Peleka, E.N.; Matis, K.A. (2007). Removal of zinc ion from water by sorption onto iron-based nanoadsorbent. *J. Hazard Mater.*, 141: 176- 184.
- Demirbel, E. 2011. Manyetik Poli(Divinilbenzen-N-Vinil İmidazol) Mikrokürelerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Sulu Çözeltilerden Ağır Metal İyonları Adsorpsiyonunun Fizikokimyasal Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.
- Dere, N. (2013). Cu²⁺ baskılanmış polimerler ve potansiyometrik mikrosensör uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 98s.
- Dirilgen, N., Doğan, F., (2002). Speciation of Chromium in the Presence of Copper and Zines and Their Combined Toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53: 397- 403
- Dragone, R., Frazzoli, C., Grappelli, C., Campanella, L. (2009). A new respirometric endpoint-based biosensor to assess the relative toxicity of chemicals on immobilized human cells *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 72 (1), 273– 279.
- Dursun A Y (2006) A comparative study on determination of the equilibrium kinetic and thermodynamic parameters of biosorption of copper (II) and lead (II) ions onto pretreated *Aspergillus niger*. *Biochemical Engineering Journal*, 28: 187–195.
- Elias, M. (1977). John Wiley & Sons, New York, pp: 331-348.
- Erbakov, E. (2005). Polimer kimyası ve polimer teknolojisi lisans ders notları. Cumhuriyet Üniversitesi, Bursa, 147 s.
- Eren, Z., & Acar, F. N. (2006). Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies. *Desalination*, 194(1-3), 1-10
- Fanous, A., Weiss, W., Görg, A., Jacob, F., Parlar (2008). A proteome analysis of the cadmium and mercury response in *Corynebacterium glutamicum*. *Proteomics* 8 (23–24), 4976–4986
- Federal Register, (2004), Occupational Safety and Health Administration. Occupati-

- onal Exposure to Hexavalent Chromium. 69 Federal Register 59404. October 4, 2004.
- Fontanals, N., Puig, P., Galià, M., Marcé, R.M. Borrull, F. 2004. "New hydrophilic polymeric resin based on 4-vinylpyridine-divinylbenzene for solid-phase extraction of polar compounds from water", *J. Chromatogr. A*, 1035(2), 281–284.
- Friis, RH. (2007). *Essentials of environmental health Essential public health*. Jones & Bartlett Learning, Sudbury.
- Gadd, G.M, Griffiths, A.J. (1978). Microorganisms and heavy metal toxicity, *Microbial Ecology*, 4; 303-317.
- Gohre, V. and Paszkowski, U. (2006) Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. *Planta*, 223, 1115-1122.
- Hall, E.A.H. (1990). *Biosensors*. Ch: 1 biosensors in context, Open university Press, İngiltere, s;3-30
- Hartford, W. H. (1979). Chromium compounds, p. 82-120. In *Encyclopedia of chemical technology*. John Wiley & Sons, New York
- Hunkeler, D. and Hamielec, A.-E. 1992. Heterophase Synthesis of Acrylic Water Souble Polymers, *Polyelectrolyte Gels Properties, Preparation and Applications*. American Chemical Society, 107-120.
- İskender, E. & Aksoy, A. (2021). Nanokil/Polimer/Bitüm Nanokompozit Hazırlama Yönteminin Asfalt Karışım Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Teknik Dergi*, 32 (3), 10885-10906. DOI: 10.18400/tekderg.686346
- Jennifer W. Sekowski, Linda H. Malkas, Yuetong Wei, Robert J. Hickey, (1997). Mercuric Ion Inhibits the Activity and Fidelity of the Human Cell DNA Synthesome, *Toxicology and Applied Pharmacology*, Volume 145, Issue 2, Pages 268-276,
- Kannan, N. ve Sundaram, MM (2001). Çeşitli karbonlar üzerinde adsorpsiyon yoluyla metilen mavisinin uzaklaştırılmasının kinetiği ve mekanizması- karşılaştırmalı bir çalışma. *Boyalar ve pigmentler*, 51 (1), 25-40.
- Kara, A. (2004). Çapraz Bağlı Polimerlerin Sentezi ve İyon Seçimliliklerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.
- Kara, A. (2009). Adsorption of Cr(VI) ions onto poly(ethylene glycol dimethacrylate-1- vinyl-1,2,4-triazole), *Journal of Applied Polymer Science*, 114: 948-955
- Kara (2015). Magnetic vinylphenyl boronic acid microparticles for Cr(VI) adsorption: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Journal of Hazardous Materials*, 286: 612-623
- Kara, A., Osman, B. Yavuz, H., Beşirli, N., Denizli, A. (2005). Immobilization of amylase on Cu²⁺ chelated poly(ethylene glycol dimethacrylate-n-vinyl imidazole) matrix via adsorption, *Reactive & Functional Polymers*, 62, 61–68
- Kaufman SM, Elzay RP, Irish EF. (1970). Styloid Process Variation: Radiologic and Clinical Study. *Arch Otolaryngol.* ;91(5):460–463. doi:10.1001/archotol.1970.00770040654013

- Kiilunen, M., (1994). Occupational exposure to chromium and nichel in Finland and its estimation by biological monitoring. Doctoral thesis, Kuopio Universty Publications C, Natural and Environmental Sciences, 17.
- Kim, DW., Suh, BC., Shim, MS. *et al.* (2013). Texture Evolution in Mg-Zn-Ca Alloy Sheets. *Metall Mater Trans A* 44, 2950–2961. <https://doi.org/10.1007/s11661-013-1674-2>
- Kotaś J, Stasicka Z. (2000). Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Environ Pollut. Mar*;107(3):263-83. doi: 10.1016/s0269-7491(99)00168-2. PMID: 15092973.
- Kong Z, (2021). Synthesis of a new ion-imprinted polymer for selective Cr(VI) adsorption from aqueous solutions effectively and rapidly, *Journal of Colloid and Interface Science*, 588: 749-760
- Kumar, PS, Varjani, SJ ve Suganya, S. (2018). Ultrasonik destekli nanoparçacık yığınlı aktif karbon kullanılarak boya atık suyunun arıtılması: kinetik ve izoterm modelleme. *Bioresource Teknolojisi*, 250, 716-722.
- Kurbanova R, Okudan A, Mirzaoğlu R, Kurbanov S, Karataş İ, Ersöz M, Özcan E, Ahmedova G, Pamuk V (1998). Effects of the functionals groups of polystyrene on its adhesion improvment and corrsion resistance. *Journal of Adhesion Science ond Technology* 12(9): 947–955.
- Kurimura, Y. and Kaneko, M. (1996). Metal-Polymer Complexes, ed. Salamone, *Polymeric materials encyclopedia*, 6 (M-O): 4149-4155.
- Langard, S. (1980). *Metals in the environment*, p. 111–132. Academic Press, New York.
- Lee, J., Patel, Rajkumar. 2022. “Wastewater Treatment by Polymeric Microspheres: A Review”, *Polymers (Basel)*, 14(9), 1890.
- Li Q, Li Y, Ma X, Du Q, Sui K, Wang D, Wang C, Li H and Xia Y (2017) Filtration and adsorption properties of porous calcium alginate membrane for methylene blue removal from water. *Chemical Engineering Journa*, 316:623–630.
- Liang Q, (2017).Fast and selective removal of Cr(VI) from aqueous solutions by a novel magnetic Cr(VI) ion-imprinted polymer, *Journal of Molecular Liquids*, 24: 767-774
- Lilis, R., Valciukas, JA., Kon, S., Sarkosi, L., Campbell, C., Selikoff, IJ. (2007). Assessment of lead health hazards in a body shop of an automobile assembly plant. *American Journal of Industrial Medicine*. 3(1), 33–51,
- M. Shamsipur, H. R. Rajabi, O. Khani, V.Vatanpour, (2013). High-performance pure and Fe³⁺-ion doped ZnS quantum dots as green nanophotocatalysts for the removal of malachite green under UV-light irradiation, *Journal of Hazardous Materials*, Volumes 250–251, Pages 370-378, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.02.007>.
- Machado, R.A.F, Pinto, J.C., Araújo, P.H.H, ve Bozlan, A., (2000). Mathematical Modelling of Polystyrene Particle Size Distribution Produced by Suspension Polymerization. *Brazilian Journal Chemical Engineering*, 17: 4-7.

- Maksin, D.D., Kljajević, S.O, Đolić M.B., Marković, J.P. Ekmešić B.M. (2012) Kinetic modeling of heavy metal sorption by vinyl pyridine based copolymer. *Hem. Ind* 66 (6): 795–804.
- Marck, H.F and Gaylord, N.G. (1985). *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, ed. Mac. Grow Hill, John Willey & Sons, New York, pp: 765-787.
- McKeen, L. W. (2019). *The effect of UV light and weather on plastics and elastomers*. William Andrew:1-3
- Mehta, P. (2004). *An Introduction to Quality Assurance for the Retailers*. iUniverse. Lincoln NE.
- Mertz, W. (1969). Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiol. Rev.* 49: 163–167.
- Mosbach K., Zhang H, Ye L, (2006). Non-covalent molecular imprinting with emphasis on its application in separation and drug development. *J Mol Recognit.* Jul-Aug;19(4):248-59. doi: 10.1002/jmr.793. PMID: 16924655.
- NAS, (National Academy of Science), (1974), In Chromium, National Research Council, Committee on Biological Effects of Atmospheric Pollutants. National Academy of Sciences, Washington, DC. Page 155.
- Neagu, V., Mikhalovsky, S. 2010. “Removal of hexavalent chromium by new quaternized crosslinked poly(4-vinylpyridines)”, *Journal of Hazardous Materials* 183, 533–540.
- Nishide, H., Deguchi, J., Tsuchida, E. (1976). Selective Adsorption Of Metal Ions On Crosslinked Poly(Vinylpyridine) Resin Prepared With A Metal Ion As A Template. *Chem. Lett.*, 5: 169-174.
- Nolan, E.M., Lippard, S.J. (2008). *Chem. Rev.* 108, 3443–3480.
- Nomura, M., Ikoma, J. and Fujita, K. (1993). Kinetics and mechanisms of emulsion polymerization initiated by oil-soluble initiators. Kinetic modeling of unseeded emulsion polymerization of styrene initiated by 2,2'-azobisisobutyronitrile. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 31: 2103-2113.
- Odian, G. (1991). *Principles of Polymerization*. A Wiley-Interscience Publication, New York, USA, 42 pp.
- Ofomaja, A. E., & Ho, Y. S. (2007). Equilibrium sorption of anionic dye from aqueous solution by palm kernel fibre as sorbent. *Dyes and Pigments*, 74(1), 60-66.
- Ofomaja, A. E., Ho, Y. S. (2007). Equilibrium sorption of anionic dye from aqueous solution by palm kernel fibre as sorbent. *Dyes and Pigments* 74: 60-66. <https://doi:10.1016/j.dyepig.2006.01.014>
- Khan, S., Farooq, R., Shahbaz, S., Khan, M.A., Sadique, M. (2009). Health Risk Assessment of Heavy Metals for Population via Consumption of Vegetables. *World Appl Sci J.*, 6 (12), 1602-1606.
- Osman B., Kara A., Uzun L., Beşirli N., Denizli A. (2005). Vinyl imidazole carrying metal-chelated beads for reversible use in yeast invertase adsorption. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 37(1-6): 88-94.

- Özcan, A., Ömeroğlu, Ç., Erdoğan, Y., & Özcan, A. S. (2007). Modification of bentonite with a cationic surfactant: An adsorption study of textile dye Reactive Blue 19. *Journal of Hazardous Materials*, 140(1-2), 173-179. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2006.06.138>
- Özkahraman, B.; Acar, I.; Güçlü, K; Güçlü, G. (2011). Synthesis of Zn(II) Ion Imprinted Polymeric Adsorbent for Selective Removal of Zinc from Aqueous Solutions. *Polym-Plast. Technol. Eng.*, 50: 216-219.
- Özkan, Y. (2005). Tanık Asitle Modifiye Edilmiş Mineral Kökenli Bir Adsorban Üzerinde Bazı Ağır Metal İyonlarının Adsorpsiyonu. (Yüksek Lisans Tezi). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Özkan, Y. (2005). Tanık Asitle Modifiye Edilmiş Mineral Kökenli Bir Adsorban Üzerinde Bazı Ağır Metal İyonlarının Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Samsun.
- Özkara, S.; Andaç, M.; Karakoç, V.; Say, R. ve Denizli, A. (2011). Ion-imprinted PHEMA based monolith for the removal of Fe³⁺ ions from aqueous solutions. *J. Appl. Polym. Sci.*, 120: 1829-1836.
- 2 Pakade, V.E., Tavengwa, N.T., Madikizela, L.M. 2019. "Recent advances in hexavalent chromium removal from aqueous solutions by adsorptive methods", *RSC Advances*, 9, 26142-26164.
- Patel S and Hota G (2014) Adsorptive removal of malachite green dye by functionalized electrospun PAN nanofibers membrane. *Fibers and Polymers*,15: 2272-2282.
- Pişkin, E. 1987. Polimer teknolojisine giriş, İnkılap Kitabevi, 412 s.
- Prasad, B. B.; Jauhari, D.; Verma, A. (2013). A dual-ion imprinted polymer embedded in sol-gel matrix for the ultra trace simultaneous analysis of cadmium and copper. *Talanta*, 120: 398-407.
- Pratt, P.F. (1966) Chromium. In: Chapman, H.D., Ed., *Diagnostic Criteria for Plants and Soils*, Quality Printing Co. Inc., Abilene, 136-141.
- Q. Liu, Y. Li, J. Zhang, Y. Chi, X. Ruan, J. Liu, G. Qian (2011). Effective removal of zinc from aqueous solution by hydrocalumite, *Chemical Engineering Journal*, Volume 175, Pages 33-38, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.09.022>.
- Ralph T. Yang, (2003). *Adsorbents: Fundamentals and Applications*. Johned Wiled and Sons Inc. Canada.
- Rammika, M.; Darko, G., Torto, N. (2011). Incorporation of Ni(II)- dimethylglyoxime ionimprinted polymer into electrospun polysulphone nanofibre for the determination of Ni(II) ions from aqueous samples. *Water SA*, 37: 539-546.
- R. Narain, (2020) *Polymer Science and Nanotechnology*, Elsevier, Amsterdam, 1st edn,31-32.
- Ramos, R.; Jacome, L.A; Barron, M.; Rubio, L.F; Coronado, R.M. (2002). Adsorption of zinc(II) from an aqueous solution onto activated carbon. *J. Hazard. Mater.*, 90: 27-38.

- Saçak, M. (2002). *Polimer Kimyası*, Gazi Kitabevi, Ankara, 483s.
- Saçak, M. (2006). *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara, s. 2-10
- Saçak, M., 2008. *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Salleh, M. A. M., Mahmoud, D. K., Karim, W. A. W. A., & Idris, A. (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review. *Desalination*, 280(1-3), 1-1
- Sarkar, B. (2002). *Heavy Metals in the Environment*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Schaumlöffel, D.J (2012). Trace Nickel species: analysis and toxic effects. *Elem Med Biol*.
- Sekowski, J.W., Malkas, L.H., Wei, Y., Hickey, R.J. (1997). *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 145, 268–276.
- Shakerian, F.; Dadfarnia, S.; Shabani, A.M.H. (2012). Synthesis and application of nano-pore size ion imprinted polymer for solid phase extraction and determination of zinc in different matrices. *Food Chem.*, 134: 488-493.
- Shamsipur, M.;Rajabi, H. R.; Pourmortazavi, S. M.; Roushani, M. (2013). Ion imprinted polymeric nanoparticles for selective separation and sensitive determination of zinc ions in different matrices. *Spectrochim. Acta, Part A*, 117: 24-33.
- Shek, T.; Ma, A.; Lee, V.; McKay, G. (2009). Kinetics of zinc ions removal from effluents using ion exchange resin. *Chem. Eng. J.*, 146: 63-70.
- Sözen, E. (2014). Zn(II) iyon baskılanmış polimer ve analitik uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 87s.
- Thirumoorthy K and Krishna S K (2020) Removal of cationic and anionic dyes from aqueous phase by ball clay-manganese dioxide nanocomposites. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8 (1): 103582.
- US EPA, (2001). *Mercury Update: Impact of Fish Advisories*. EPA Fact Sheet EPA823-F-01-011. EPA, Office of Water: Washington, DC.
- Uzun, L., Kara, A., Osman, B., Yılmaz, E., Beşirli, N., Denizli, A. (2009). Removal of Heavy Metal ions by Magnetic Beads Containing Triazole Groups, *Journal of Applied Polymer Science*, 114: 2246-2253.
- Vural, H., (1993). Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi* 8: 3-8.
- Wang, X., Zhang, T., Wang, X., Huang, J. (2018). 4-Vinylpyridine-modified post-cross-linked resins and their adsorption of phenol and Rhodamine B, *Journal of Colloid and Interface Science*, 531, 394–403.
- Xie, T. (2011). Recent advances in polymer shape memory, *Polymer*, C Vol. 52 (22), pp: 4985- 5000.
- Yagub M T, Sen T K, Afroze S and Ang H M (2014) Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 209: 172– 184.

- Yassi, A., ve E. Nieboer. (1988). Carcinogenicity of chromium compounds, p. 443–496. In J. O. Nriagu and E. Nieboer (eds.), Chromium in natural and human environments. John Wiley and Sons, New York.
- Yörükoğulları, E. (1997). Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No 988, Fen Fakültesi Yayınları: No:7, Eskişehir.
- Yücel, E., Yılmaz, G., Hatipoğlu, A. (2009). Ecotoxicological effects of some different heavy metal compounds' (Cd, Pb and Cu) concentrations on the seed germination, growth of seedling and mitotic cell division of *Salvia candidissima* subsp. *occidentalis*, Internatonal Conference on Plants & Environmental Pollution, 77, Kayseri, Turkey..
- Zhang, Z. & Kong, J. (2011). Novel magnetic Fe₃O₄@C nanoparticles as adsorbents for removal of organic dyes from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*. 193: 325–329.
- Zhao, J.; Han, B.; Zhang, Y.; Wang, D. (2007). Synthesis of Zn (II) ion-imprinted solid-phase extraction material and its analytical application. *Anal. Chim. Acta*, 603: 87-92.
- Zhao, Q., Behl, M., and Lendlein, A. (2013). Shape-memory polymers with multiple transitions: complex actively moving polymers, *Soft Matter*, C Vol. 9 (6), pp: 1744-1755.
- Zhao, Q., Zhao H., Yang, X., Zhang, H., Dong, A., Wang, J., Li, B. (2018). Selective recognition and fast enrichment of anthocyanins by dummy molecularly imprinted magnetic nanoparticles. *Journal of Chromatography A*, 1572:9-19.
- Zhu, X., Zheng, Y., Chen, Z., Chen, Q., Gao, B. ve Yu, S., (2013). Removal of Reactive Dye From Textile Effluent through Submerged Filtration Using Hollow Fiber Composite Nanofiltration Membrane. *Desalination and Water Treatment*, 51 (31-33), 6101-6109.

Bölüm 3

YEŞİL ÜRÜN TASARIM KİMYASI

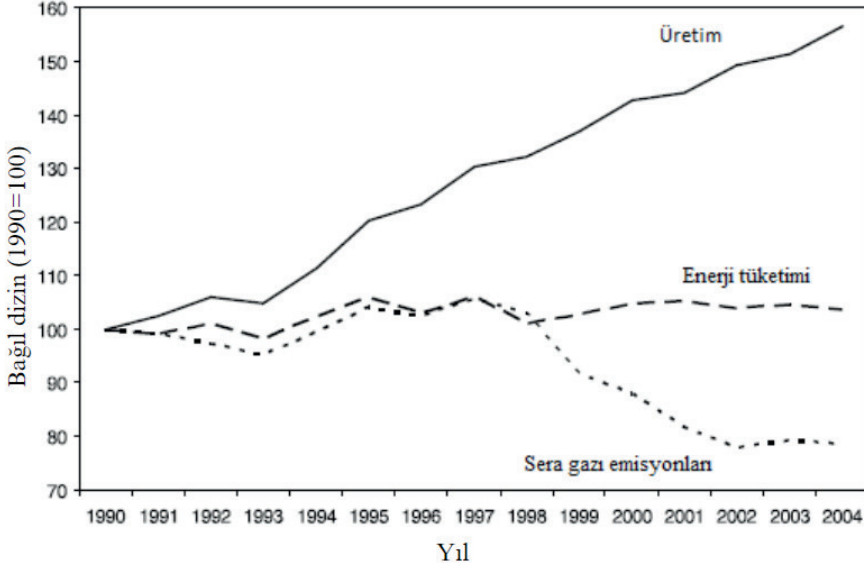
Hatice ÇALIŞ KARATEKİN¹



¹ Dr. Öğr. Üyesi Hatice ÇALIŞ KARATEKİN , Muradiye Meslek Yüksekokulu,
Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
, Van, 0000-0003-4193-9666 , haticekaratekin@yyu.edu.tr

1.GİRİŞ

Kimya endüstrisi, çevresel etkisini kademeli olarak azaltmada çok başarılı olmuştur. Şekil 1, Avrupa kimya endüstrisi için 1990'dan 2011'e kadar 15 yıllık bir dönemde enerji tüketiminin sabit kaldığını ve sera gazı emisyonlarının %20'nin üzerinde düştüğünü, üretim hacminin ise %50'nin üzerinde arttığını göstermektedir(Council, 2011).Endüstri ayrıca havaya verilen kükürt dioksit, nitrojen oksitler ve uçucu organik bileşikler gibi diğer etki-leri de önemli ölçüde azaltmıştır.(Murdayanti ve Khan, 2021).Bu kazanımlar, toplumun çıkarlarını yansıtan hükümetler ve düzenleyicilerden gelen dış baskılar ve temel bir iş durumu tarafından yönlendirildi. Düzenleyiciler hava, su ve toprağa emisyonların azaltılmasını ve daha düşük içsel toksisiteye sahip malzemelerin kullanılmasını teşvik ettiler. Aynı zamanda proses mühendisleri, malzeme kullanımını azaltarak, atıkları en aza indirerek ve enerji tüketimini azaltarak kimya endüstrisinin genel verimliliğini artırmak için çalışmaktadır. Bu iki güç, kimya endüstrisinin genel çevresel etkisinde istikrarlı ve sürekli bir gelişme sağlamak için uzun yıllar boyunca bir araya geldi. Ne yazık ki bu kazanımlar tüm sektörlerde görülmemektedir. Delft Üniversitesi'nden Roger Sheldon, kimyasal bir süreçte kullanılan malzemeler için, üretilen atık miktarını ürün miktarına bölerek bir verimlilik veya E-faktörü tanımlamıştır (Sheldon, 2000).Tablo 1, kimya endüstrisinin farklı sektörleri için bazı tipik örnekleri göstermektedir. Yağ arıtma için 0,1 veya daha az ile farmasötiklerde 100'ün üzerinde değişir. Düşük E-faktörleri genellikle yüksek üretim hacimlerinin, süreçlerinin ve düşük marjların olduğu yerlerde bulunur. Büyük hacimli atıklarla ne yapılacağı sorunu ve süreç verimliliğindeki küçük iyileştirmelerin ekonomik değeri, her zamankinden daha verimli süreçlerin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Mevzuatın dikkati ayrıca, emisyonları azaltmak için daha fazla kapsamın olduğu yüksek hacimli ürünlerine odaklanma eğiliminde olmuştur. Buna karşılık, yüksek değerli, yüksek marjlı, düşük üretim hacmi ve toplu işlemler için yüksek E-faktörleri bulunur. Süreçlerin enerji verimliliğine bakıldığında da benzer bir sıralama ortaya çıkar. Ticari kimyasallarda çok iyi işleyen tekniklerin daha yüksek değerli sektörlerle uygulanması çevresel etkiyi azaltacak ve ekonomiyi iyileştirecektir. Ancak kazanımlar daha küçük olacaktır. Özellikle, ekonomik faydalar iyileştirmeye yapılan yatırımı haklı çıkarmayabilir. Çevresel ayak izinde daha fazla azalma, soruna yeni bir bakış açısı gerektirecektir.



Şekil.1 Avrupa Kimya Endüstrisinin çevresel etkisinin azaltılması(Council, 2011)

Tablo 1. Kimya endüstrisi sektörleri için tipik E-faktörleri.(Sheldon, 2000)

Sektör	Ürün tonajı	E faktörü (kg atık kg ürün başına)
Petrol arıtma	10^6-10^8	<0,1
Dökme kimyasallar	10^4-10^6	<1 - 5
Hassas kimyasallar	10^2-10^4	50>5
İlaçlar	$10-10^2$	100 >25

Mevcut düşünce, üretim sürecine odaklanır. Fabrikanın içinde neler olup bitiyor ve işin doğrudan kontrolü altında neler var ? Hem yukarı hem de aşağı yönde olanları görmezden gelme eğilimindedir; Hammaddelerin nereden ve nasıl elde edildiği, ürünlerin fiilen nasıl kullanıldığı vb. sorular ile Kimya endüstrisinde ihtiyaç duyulan şey, yaşam döngüsü düşüncesine geçmiştir. Toplam yaşam döngüsünü anlamak, yenilik için çok daha fazla alan açar. Müşterilerimizin ve müşterimizin müşterilerinin nihai son kullanıcıya kadar ne yapmaya çalıştığını anlarsak, onların inovasyonuna katılmak için daha birçok fırsatımız olur. Karşılaştıkları zorluklar inovasyon için fikirlerimiz haline gelebilir. Örneğin, ambalaj endüstrisi müşterilerinden, düzenleyicilerden ve halktan gelen birçok zorlukla karşı karşıyadır. İstedikleri diğer şeylerin yanı sıra:

- Daha hafif ambalajlar üretebilmeleri için daha güçlü polimerler
- Gıdaları daha iyi koruyabilmeleri için yağ, su ve gazlar için daha iyi bariyer özelliklerine sahip polimerler
- Daha iyi yazdırılabilirliğe sahip polimerler
- Kurcalamaya açık ambalajlarda kullanılacak malzemeler
- Karmaşık paketleri birleştirmek için daha iyi yapıştırıcılar
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilen polimerler
- Biyo bozunur polimerler
- Karmaşık çok malzemeli paketleme sistemlerini geri dönüştürmenin yeni yolları. Diğer tüm endüstriler için, çevresel ayak izini azaltmaya yardımcı olacak ürünler için karşılanmamış taleplerin bir listesi üretilebilir. Artık sahip olduğumuzu düşündüğümüz sorunları çözmeye odaklanamayız. Amaç, diğer insanların sorunlarını çözmektir.

1.1 Yeşil Ürün Tasarımı

Yeşil ürün tasarımı, ekonomik, teknik ve sosyal performansı korurken veya geliştirirken genel çevresel etkiyi azaltmak için bir ürün veya hizmet tasarlamak olarak tanımlanabilir. Sadece çevresel konulara odaklanmamamız çok önemlidir. Amaç, yalnızca yeşil tasarım ödülleri kazanmak değil, pazarda rekabet edebilecek bir ürün veya hizmet üretebilmektir. Yeşil ürün tasarımının tarihi, mevcut çözümler kadar iyi çalışmayan veya onlardan daha pahalı olan başarısız ürün ve hizmetlerle doludur. Daha düşük bir çözüm nadiren başarılı olabilir; genellikle acil bir güvenlik sorununun olduğu yerlerde. Yeşil ürün tasarımının arkasındaki konsept, çevre hareketinin ilk günlerinden beri var. Pek çok isim verildi; eko-tasarım, eko-inovasyon, sürdürülebilir ürün tasarımı, çevre için tasarım ve sürdürülebilirlik için tasarım dahil. Her biri benzer sorunlara çözüm bulmak için mücadele ettiğinden ve bağımsız olarak kendi programlarını geliştirdiğinden, etiket sektörden sektöre değişir. Terminoloji değişir, ancak yaklaşımlar benzerdir. Yeşil ürün tasarımı, bir ürün veya hizmetin tüm yaşam döngüsünü gözden geçirmekle ilgilidir; ihtiyaç duyulan tüm hammaddelerin tedarik edilmesinden, kullanım ömrünün sonunda nihai olarak bertaraf edilmesine kadar. Performansı artırmak, maliyetleri düşürmek ve çevresel etkiyi azaltmak için fırsatlar aramak.

Bir ürün veya hizmeti yeniden düşünmek için dört yenilik stratejisi belirlenmiştir. Şunları yapabilirsiniz:

- Mevcut ürünü iyileştirin. Bilinen veya şüphelenilen toksik etkileri olan bir bileşen gibi algılanan bir sorunu çözmek için halihazırda piyasada bulunan bir üründe küçük değişiklikler ve iyileştirmeler yapmak. Ürün, üretim süreci ve işlevsellik temelde aynı kalır.

• Ürünü yeniden tasarlayın. Ürün amacı, konsepti ve işlevselliği aynı kalsın, ancak ürünün bir araya getirilme şekli tamamen değişsin.

• Yeni işlevler sağlayın. Mevcut ürün konseptini geliştirmek yerine, müşteri ihtiyaçlarını karşılamamanın yeni yollarını bulun. Örneğin, ürünü bir hizmete dönüştürerek.

• İş sistemini yeniden tasarlayın. Ürün, üretim sistemi, teslimat sistemi, tedarik zinciri ve müşteri hizmetlerinin değiştirilebileceği yeni bir iş modeli oluşturun.

Tablo 2. Farklı inovasyon stratejileri için çevresel etkiyi azaltma potansiyeli (Micheaux & Aggeri, 2021)

Strateji	Etkide azalma
Mevcut ürünü geliştirin	x2
Ürünü yeniden tasarlayın	x5
Yeni fonksiyon	x10
Yeni iş sistemi	x20

Madde



Malzeme



Ürün

TBBA, PBB/BDE'nin yerini alıyor

Polimerize TBBA

Fosfor bazlı geciktiriciler

Mineral bazlı geciktiriciler

Temel malzemeyi değiştir

Gerilimi azaltın



Şekil 2. Elektronik alev geciktiricilerde yenilik derinliği (Lohse ve ark., 2003).

Çevresel etkiyi azaltma potansiyelinin, Tablo 2'de gösterildiği gibi, bu stratejiler arasında önemli ölçüde değiştiği iddia edilmektedir. Mevcut ürünleri basit bir şekilde iyileştirmek, etkiye 2 faktörden daha fazla azalma sağla-

maz. Üründe ve iş sisteminde daha temel değişiklikler yapıldıkça, etkideki potansiyel azalma artar; ancak, projedeki zaman ölçüğü ve risk de artar. Etkideki bu azalma düzeylerini belirli stratejilerle ilişkilendiren yalnızca anekdot niteliğinde kanıtlar vardır, ancak birçoğu, sürdürülebilir bir ekonomi için gerekli olan 10 ve 20 kat iyileştirmeleri sağlamak için yeni ürün ve hizmet türleri bulmanın gerekli olduğunu savunmuştur.(Hawken ve ark., 2013). Bunu düşünmenin başka bir yolu da sığ yenilik, yüzeysel yenilik ve derin inovasyon açısındandır. Sığ yenilik, mevcut ürün ve hizmetlerde kademeli değişikliklere odaklanır. Yüzeysel yenilik, hızlı bir şekilde sunulabilir ve nispeten düşük riskli olabilir. Faydaları çok büyük olmayabilir, ancak elde edilmesi kolaydır. Derin inovasyon, gerçek kullanıcı ihtiyaçlarına derinlemesine bakar. Bir pazarı dönüştürebilecek yeni konseptler üretmek için bir ürün veya hizmetin nasıl kullanıldığına ve sağladığı faydalara ilişkin kapsamlı bir anlayış kullanır. Farklı inovasyon stratejilerine ve inovasyon derinliğine iyi bir örnek, yangın geciktirici baskılı devre kartları tasarlamının zorluklarında bulunabilir(-Lohse ve ark., 2003). Endüstri tarafından benimsenen farklı stratejilerden bazıları Şekil 2’de gösterilmektedir. Buradaki zorluk, polibromlu bifenil (PBB) ve penta bromo difenil eter (PBDE) gibi tehlikeli bromlu alev geciktiricilerin kullanımından kaçınmaktır. İlk strateji, PBB ve PBDE’yi tetrabromo-bisfenol-A (TBBA) ile değiştirmektir. Bu, çok daha düşük bir toksisiteye sahiptir, ancak yine de güvenlik kaygıları olan bir bromlu yangın geciktiricidir. Stratejideki bir gelişme, polimerize TBBA kullanmaktır. Bu çok daha az hareketlidir ve bu nedenle çevrede kaçma olasılığı daha düşüktür. Fosfor bazlı yangın geciktiriciler, devre kartlarının yüzeyini karbonize ederek, taze malzemenin yanmaya hazır hale gelmesini engellemektedir. Alüminyum hidroksit gibi mineral yangın geciktiriciler, dökme malzemedeki yanıcı organik bileşikleri seyreltir, malzemeyi soğutur ve ısındığında suyu serbest bırakır. Epoksi reçineler, baskılı devre kartları için standart temel malzemeler olmasına rağmen, polisiloksan gibi yanıcılığı azaltılmış başka malzemeler de kullanılabilir. Elektronik cihazlarda yangın için ana risk faktörü yüksek voltaj olduğundan, örneğin bir dizüstü bilgisayar için harici bir güç kaynağı kullanılarak yüksek voltaj ve alçak voltaj sistemleri birbirinden ayrılabilirse daha az yangın geciktiriciye ihtiyaç duyulur. Nihayetinde, bir ürünü yalnızca alçak gerilim sistemlerinin kullanılacağı şekilde yeniden tasarlamak mümkün olabilir. Üründe kullanılan malzemeleri değiştirerek belirli maddeleri ikame etmekten ürünün kendisini yeniden tasarlamaya kadar bir fikirler sürekliliği vardır. Bu seviyeler, artan bir yenilik derinliğini ve artan müşteri faydası ve pazar farklılaşması potansiyelini temsil eder. Yüzeysel yenilik çekici bir strateji gibi görünebilir. Özellikle belirli bir bileşenin endişe kaynağı olduğu durumlarda, ikame madde bulmak en hızlı ve en uygun maliyetli çözüm gibi görünüyor. ABD’deki Çevre Koruma Ajansı gibi kuruluşlar, çevre veya sağlık ve güvenlik profiline endişeye neden olduğu malzemeler için bilinen ikame maddelerine ilişkin tablolar derlediler. Bu yaklaşım özellikle solventler için kullanı-

lır ve oldukça etkili olmuştur(Haggett ve Hiltz, 2000).Bununla birlikte, basit ikame ve sığ inovasyonun maliyeti önemli olabilir. Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi ve İzni (REACH) ile ilgili yeni AB düzenlemelerinin, şu anda serbestçe temin edilebilen çok sayıda kimyasalın piyasadan silinmesiyle sonuçlanması bekleniyor. Mürekkepler, yapıştırıcılar ve boyalar gibi formüle edilmiş ticari ürünler, bir formülasyonda 60'a kadar ayrı kimyasal içerebilir. Araştırma sonucunda bunlardan biri geri çekilirse, yeniden formüle etmenin potansiyel maliyetleri çok yüksek olabilir.

İngiliz Kaplama Federasyonu, REACH uyarınca bir bileşenin geri çekilmesi nedeniyle bir uçak üst kaplamasını astara bağlayan reçineyi yeniden formüle etmek gerekirse, ikame için gereken çabanın şöyle olacağını tahmin etmiştir:

- Uçak boyaları üreticisi için yeniden formüle etme ve test etme konusunda 4 adam yılı çalışma;
- Hava aracı bileşen üreticisi için değerlendirme ve üretimde 1,2 adam yılı;
- Hava aracı üreticisi için değerlendirme ve izleme için 2,5 adam yılı;
- Bakım ve yeniden boyama konusunda havayolları için 1,2 adam yılı gerekmektedir. Geri çekilen bir maddenin tek bir uygulamasını değiştirmek yaklaşık 9 yıl sürecek bir çalışma gerektirecek ve bu maliyetin çok azı piyasadan geri kazanılabilecektir (Norton, 1997). Bu, sonuç tam olarak başlamadan önce bulunduğunuz yerde bir Ar-Ge programına önemli bir yatırımdır. Pazar konumunu korumak için bunu yapmak gerekli olabilir, ancak bu cazip bir seçenek değildir. Derin inovasyon, yeşil ürün tasarımı düşüncesinin önemli bir parçasıdır. Çevresel, teknik, ekonomik ve sosyal performansta en büyük kazanımları sunar.

1.2 Yeşil ürün tasarımı için stratejiler

Bu bölüm, yeşil ürün tasarımı için fırsatların belirlenmesi ve uygulanmasına yönelik yaklaşımları pratik endüstriyel örneklerle açıklayacaktır.

1.2.1 Zihniyet geliştirme

Başarılı yeşil ürün tasarımı, teknik uzmanlık kadar zihniyetle de ilgilidir. Meydan okunması gereken ortak varsayımlar ve ortak fırsat alanları vardır. Yeşil ürün tasarımı üzerine düşünmeyi engelleyen varsayımlardan yola çıkarak:

- Çevre sorunları sadece genel giderler değildir. Birçok şirket, çevre sorunlarını bir fırsat olarak değil, bir tehdit olarak görür. En aza indirilmesi gereken bir maliyet, rekabet avantajı yaratma şansı değil. Bir dış baskı uygulandığında, eğilim “vagonları daire içine almak” ve algılanan tehdide karşı savaşmaya çalışmaktır. Şirket, alternatifleri değerlendiremediği bir savunma

pozisyonunda sıkışıp kalır. Akıllı şirketler çevre sorunlarını bir fırsat olarak görürler. Mevcut ürün, çözüm baskı altındaysa, sorunu çözmek için bir iş fırsatı vardır.

- Sadece sorunu çözmeyin. Sorunların kaynağını ortadan kaldırmaktansa, sorunları ortaya çıktıklarında düzeltme eğilimi vardır. Kullanım ömrü sonu çözümleri yüzeysel olarak çekicidir çünkü geri dönüp daha önce yapılmış bir işi tekrarlamak zorunda kalmazsınız. Bununla birlikte, genellikle hem çevresel hem de mali açıdan verimsizdir. Genellikle teknik düzeltme, tüm sistem çökene kadar teknik düzeltme üzerine yığılır. Derin inovasyon düşüncesi daha talepkârdır, ancak rekabette bir adım önde olma şansı sunar.

- Atık yoktur

Ürününüz veya süreciniz için bir atık yönetimi stratejisi geliştirdikten sonra, sisteme atıkları tasarlamış olursunuz. Atık olmadığı varsayımıyla başlamak daha iyidir. Ürünlerinizden ve süreçlerinizden arta kalan herhangi bir malzeme, başka bir teknik süreç veya biyolojik süreç için bir hammaddedir. Amaç, her malzemenin mümkün olduğunca kapalı bir döngüye yakın olması olmalıdır. Bu yaklaşım, William McDonagh ve Michael Braungart tarafından daha alışılmış olan “beşikten mezara” yerine “beşikten beşiğe” olarak savunulmuştur (McDonough & Braungart, 2010)

- Daha az etki ve daha yüksek değer elde edebilirsiniz

Yaygın bir varsayım, azalan çevresel etkinin daha yüksek fiyatlar veya daha düşük kar marjları ile ödenmesi gerektiğidir. Bu tehlikeli bir varsayım çünkü çevre sorunlarının bir sorun ve maliyet olduğu fikrini güçlendiriyor. İyi bir tasarımla aynı anda daha az etki ve daha yüksek değer elde edebilirsiniz.

Yeni fırsatlar bulmak için kilit alanlar şunlardır:

- Ürünü değil hizmeti düşünün Kimya şirketleri, müşterinin satın aldığı hizmeti değil ürünleri düşünme eğilimindedir. Müşteri perspektifinden düşünmeye kendinizi zorlamak, onların ihtiyaçlarını karşılamak için gereken hizmete veya işlevselliğe odaklanmak, yeni inovasyon alanı açar. Ürüne odaklanırsanız, ürünü geliştirir, yükseltir veya yeniden tasarlırsınız. Hizmeti düşünürseniz, tamamen yeni iş fırsatları açılacaktır.

- Yaşam döngüsünü düşünün

Kimya endüstrisi, fabrika kapısından fabrika kapısına kadar düşünme konusunda güçlü bir eğilime sahiptir. Çevre sorunlarına tarihsel olarak odaklanmaları, kendi operasyonlarından kaynaklanan atık ve emisyonları en aza indirmek olmuştur. Birçok kimya şirketi, fabrikalarının yukarısında veya aşağısında neler olup bittiğine bakma konusunda zayıftır. Bir ürünün tüm yaşam döngüsü hakkında düşünmek, geliştirilmiş performans için birçok yeni fırsatın tanımlanmasına olanak tanır.

- Aşağı yönde faydaları arayın

Kimya şirketler ayrıca kendi operasyonlarının devamındaki fırsatları arama konusunda da zayıflar. Çoğu, müşterilerinin işlerini anlama ihtiyacının farkında olsa da, çok azı daha ileriye bakıp müşterilerinin müşterisini anlamaya çalışıyor. Bununla birlikte, malzemeleriniz nihai bir üründe enerji tüketimini veya atık üretimini azaltabilirse, maliyetleri daha da düşürür ve potansiyel olarak tüm tedarik zinciri boyunca değer dağılımını değiştirirsiniz. Ürünlerinizin aşağı yukarı nasıl kullanıldığını anlarsanız, bu değeri müşterilerinizle paylaşabilirsiniz.

1.2.2 Etkiyi Tanımlama

Yeşil ürün tasarımını başarılı bir şekilde yürütmek için, temel durumu, belirli bir hedefe ulaşmaya yönelik mevcut yöntemlerin çevresel etkisini doğru bir şekilde tanımlayabilmek ve bu hedefe ulaşmak için alternatif seçenekleri karşılaştırabilmek önemlidir. Tüm yararlı yöntemler, ürün veya hizmetin tüm ömrü boyunca tüm etkileri yakalamaya ve açıklamaya çalışır; beşikten mezara kadar'. Bu, topluca Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) olarak bilinen ölçüm araçları kümesinin temelidir.

LCA ayrıca hizmet biriminin temel kavramını kullanır. Hizmet birimi, kullanıcıya gerçekte neyin teslim edildiğinin uygun bir ölçüsüdür. Bir otomobil için hizmet birimi yolcu kilometresi olabilir. Bir yapıştırıcı için, tanımlanmış bir güçte 1 cm² yapıştırılmış malzeme veya bir fotokopi makinesi için %5 kaplamalı bir A4 kopyası olabilir. Hizmet birimi, kullanıcının elde ettiği faydaya odaklanarak, bu faydayı çok farklı şekillerde sağlamak için ürün ve hizmetleri karşılaştırmamıza olanak tanır. Örneğin, bir böcek ilacını plastik bir tuzak içinde teslim etmek, onu hedef alana dağıtmaktan daha fazla malzeme kullanımını gerektirir. Ancak tuzak, böcek ilacını tam olarak ihtiyaç duyulan yere verebilir, çevreye yayılmasını önleyebilir, diğer hayvanlara yönelik riskleri azaltabilir ve gereken aktif bileşen miktarını azaltabilir. Genel olarak, gerekli faydaya, haşerelerin yok edilmesine odaklanırsak, daha güvenli ve daha etkili bir şekilde hedef alan bir ürün muhtemelen daha düşük bir etkiye sahip olacaktır. Ancak, yeşil ürün tasarımıyla ilgili olduğu için YBD ile ilgili bazı önemli noktalar vardır. Farklı çözümleri karşılaştırabilmek önemlidir, ayrıca LCA'nın sınırlamalarının farkında olmak da önemlidir. Bunlar şunları içerir:

- Sistem sınırlarına duyarlılık; Analize nelerin dahil edildiğine ve nelerin hariç tutulduğuna bağlı olarak LCA'nın sonucunu tamamen değiştirebilirsiniz.

- Verilerin mevcudiyeti; Hem genel hem de özel veri tabanlarında çok sayıda yaşam döngüsü verisi mevcuttur. Bununla birlikte, mevcut olan veriler genellikle sektör toplu verileri olacaktır ve güncelliğini yitirmiş olabilir. Ay-

rica, yenilik yapmaya çalıştığınız belirli durumla ilgili olmayabilir. Maliyet en güvenilir LCA araçları, büyük ölçüde insan uzmanlığına dayanır. Bu, bir değerlendirmenin maliyetinin çok yüksek olabileceği anlamına gelir. Genellikle, değerlendirme yöntemine duyulan güveni teslim etme maliyeti ve süresine karşı dengelemek gerekir.

- Elmalar ve armutların karşılaştırılması; LCA yöntemleri, bir dizi farklı kategoride etkilerin bir listesini oluşturur. Bu kategoriler nasıl karşılaştırılır? Hangisi daha kötü, belirli bir miktarda sera gazı salınımı mı yoksa hafif eko-toksik bir malzemenin su yollarına yönelik riskte hafif bir artış mı?

Karmaşıklığı ve maliyeti azaltmak için, yaşam döngüsü etkisini değerlendirmeye yönelik ana yöntemler şunlardır:

- ISO 14000 kapsamında Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Bu, çevresel etki değerlendirmelerinin altın standardıdır. 20 yılı aşkın bir süredir geliştirilmiştir ve uluslararası ISO 14040 ve ISO 14044 standartlarına tabidir. Süreç çok ayrıntılıdır ve her LCA kendi başına bir projedir. İnovasyon fikirlerini taramak için çok pahalı ve zaman alıcıdır. Büyük ölçekli politika soruları için ve yeni bir ürün veya hizmet piyasaya sürüldüğünde belirli çevresel iddiaları gerekçelendirmek için en etkili şekilde kullanılır.

- Yazılım tabanlı LCA

Kolaylaştırılmış LCA yöntemleri kullanılarak bir dizi yazılım aracı geliştirilmiştir. Bunlar genellikle mevcut maddi etkiler ve süreç adımı etkileri veri tabanlarından alınan verileri kullanır. Ürünün yaşam döngüsü boyunca başlıca çevresel etkilerini belirlemek ve tasarım sürecinde ele alınması gereken çevresel öncelikleri belirlemek için kullanılabilirler. Elektronik gibi “montaj” imalat endüstrilerinde yaygın olarak kullanılırlar, ancak genellikle kimya ve kimyasal kullanan endüstriler için gerekli verilerden yoksundurlar.

- Matris tabanlı LCA

Daha düzenli bir yaklaşım, yaşam döngüsünün her aşamasını bir dizi çevresel gösterge üzerindeki etki açısından puanlar. Tipik göstergeler arasında kaynakların tükenmesi, küresel ısınma potansiyeli, duman üretimi, asitleşme, ötrofikasyon, zehirli atık üretimi ve biyolojik çeşitlilik etkisi yer alır. Etki, basit bir sayısal ölçek kullanılarak tahmin edilmektedir. Tamamlanan matris, dikkati iyileştirilecek alanlara odaklamak için kullanılır.

- Vekaleten önlemler

Kolaylaştırılmış LCA yöntemleri birçok uygulama için hala çok karmaşıktır. Bu nedenle, bir ürünün veya malzemenin çevresel etkisini temsil etmek için tek bir değer kullanan vekil ölçüler geliştirilmiştir. Örnekler şunları içerir:

Gömülü enerji; Yaygın olarak bulunan bir göstergedir ve paketleme ve inşaat gibi enerji kullanımının baskın olduğu sistemler için iyi çalışır.

- Hizmet birimi başına malzeme girişi (MIPS); Tüm malzeme hareketlerini hesaba katarak bazı somutlaşan enerji sorunlarının üstesinden gelir, ancak farklı çevresel risklere sahip malzemeler arasında gerçekten bir ayırım yapmaz.
- Ekolojik ayak izi; Hizmet, ürün veya yaşam tarzının üretimini desteklemek için gereken toplam arazi alanını ölçer. Her bir toplumu desteklemek için gereken toplam arazi miktarı üzerindeki farklı yaşam tarzlarının etkisini iletmek için yaygın olarak kullanılır, yeşil ürün tasarımı amaçları için yeterince ayrıntılı değildir.
- Eko göstergeler; Daha sonra birbirine göre ağırlıklandırılan ve tek bir değerde toplanan çok çeşitli etkileri modelleme girişimi. Farklı etki kategorilerini ağırlıklandırmak için oluşturulmuş değer yargıları nedeniyle, bunlar gerçek etkinin zayıf ölçüleridir. Ancak, çok popülerdirler ve eko-gösterge 99 modeli tasarımcılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır ve bunu destekleyen bir yazılıma sahiptir.

Bilinen sorunlar ve mevcut çok çeşitli yöntemler göz önüne alındığında, yeşil ürün tasarımında çevresel etkileri karşılaştırmanın en iyi yolu nedir? Cevap, hangi bilgilerin hazır olduğuna ve tasarım projesinin hangi aşamada olduğuna bağlı olacaktır. Fikir taraması yapıyorsanız, çok hızlı, düşük maliyetli bir yöntem ihtiyacınız var. Yakında piyasaya sürülecek bir ürüne son şeklini veriyorsanız, pazarlama hikayenizin bir parçası olacak daha detaylı ve kaliteli bilgilere ihtiyaç duyabilirsiniz.

Yeşil ürün tasarımı girişiminde bulunan çoğu insan için asıl sorun, fikir tarama aşamasındadır. Potansiyel etkinin gerçekçi bir değerlendirmesini yaptığımızdan nasıl emin olabiliriz?

İlk adım, hizmet birimi hakkında çok dikkatli düşünmektir. Kötü seçilmiş bir hizmet birimi, dikkati yanlış yere odaklayarak yenilikçi fikirleri engelleyebilir. Bu, hizmet birimi kullanıcının aradığı fayda yerine mevcut çözüm açısından tanımlandığında sıklıkla olur. İkinci adım, etki değerlendirme yöntemini mümkün olduğunca basit hale getirmektir. Belirli bir güvenlik veya toksisite sorunu olmadıkça, yaşam döngüsü etkisine genellikle enerji hakimdir. Bu nedenle, tarama sırasında basit bir vekil önlem etkili olabilir. Yeşil ürün tasarımında yaşam döngüsü verilerinin temel amacı, daha fazla geliştirme için çekici fırsatların seçilmesine yardımcı olmaktır. LCA kendi başına bir amaç değildir, yalnızca karar verme için bir kılavuzdur. Bu nedenle, ekonomist John Maynard Keynes'e atfedilen tavsiye konuyla alakalı: "Tam olarak yanlış olmaktansa belli belirsiz doğru olmak daha iyidir".

1.2.3 İnovasyon Fırsatları Bulmaya Yönelik Araçlar

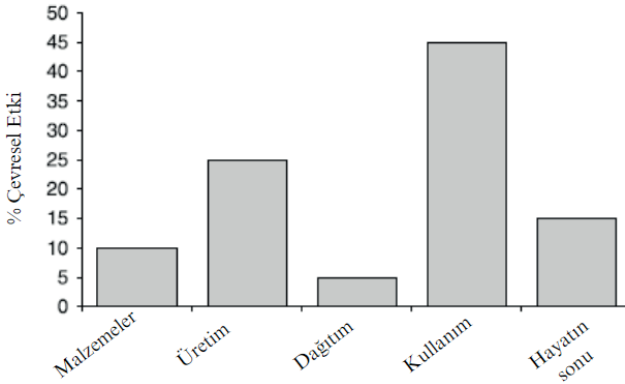
Yeşil ürün tasarımında yenilik fırsatları aramayı başlatmanın birçok yolu vardır. İki tanesi aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır; yaşam döngüsü profili ve eko-inovasyon pusulası.

1.2.3.1 Yaşam Döngüsü Profili

Yaşam döngüsü, bir ürünün veya hizmetin yaşam döngüsünün beş aşamasının her birinde çevresel etkisini kaydeder:

- 1- Hammadde çıkarma ve üretim
- 2- İmalat
- 3- Dağıtım
- 4- Kullanım
- 5- Kullanım ömrü sonunda imhası.

Yaşam döngüsünün her aşamasına tahsis edilen toplam etkinin yüzdesi daha sonra basit bir çubuk grafik olarak görüntülenebilir. Bu, dikkatin, çevreci ürün tasarımının en fazla etkiye sahip olacağı maksimum çevresel etkiye sahip aşamaya odaklanmasını sağlar.



Şekil 3 Yaşam döngüsü etki profili.

Yaşam döngüsü profilleri, mevcut ürünleri iyileştirmeyi ve yeniden tasarlamayı düşünmek için daha uygundur. Maksimum etkiye sahip alanlar hakkında düşünmek, mevcut modeli 'ince ayar yapmaya' doğru itme eğilimindedir. Bu araç, daha derin inovasyon için daha az kullanışlıdır. Yeşil ürün tasarımında yaşam döngüsü profillerinin kullanımına ilişkin ayrıntılı bilgi, Wimmer ve Züst'ün mükemmel kitabında bulunabilir.

Aşağıda açıklanan stratejilerin çoğu, bu kaynaktan Şekil 3, ana etkilerin üretim ve kullanım aşamasında olduğu açıklayıcı bir durumu göstermekte-

dir. Bu, buzdolabı veya bulaşık makinesi gibi dayanıklı tüketim malları için tipik olacaktır. En fazla çevresel etkiye sahip olan yaşam döngüsünün aşaması, ürün tipine bağlıdır:

- Hammadde yoğun ürün

Etkilerin çoğu, ürünün içerdiği malzemelerle sağlanır. Buna atık üretimi ve hammadde üretiminde enerji tüketimi dahildir. Tipik yüksek etkili malzemeler, nadir metalleri, parfüm bileşenleri gibi doğal özleri ve tuğla, beton gibi enerjisi yoğun malzemeleri içerir. Elektronik ve elektrikli ekipmanlar bu kategorideki tipik ürünlerdir.

- Üretim yoğun ürün

Üretim sırasında hammaddelerin işlenmesi en büyük etkiye neden olur. Tipik üretimi yoğun ürünler, üretim sırasında kapsamlı işlemlerden geçen veya büyük hacimlerde atık üreten malzemeleri kullanır. Örnekler arasında birçok tüketici ürünü ve kimyasal yer alır.

- Dağıtım yoğun ürün

Genel çevresel etkiye dağıtım sistemi hakimdir. Bu kategori, uzun mesafelerde taşınan, ağır ve çok fazla ambalaj kullanılan ürünleri içerir. Örnekler, mevsiminden yeni çıkmış taze sebzeleri içerir.

- Yoğun ürün kullanın

Kullanım aşamasında çevresel etkiler profile hakimdir. Dayanıklılığı yüksek ve birçok kullanım döngüsünden geçen ürünler bu kategoride yer almaktadır. Örnek olarak otomobiller, bulaşık makineleri ve lazer yazıcılar verilebilir.

- İmha gerektiren ürün

Ana çevresel etkinin ömrünün sonuna geldiği ürünler. Tehlikeli maddeler içeren ürünler genellikle pahalıdır ve güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi zordur. Piller bu sınıfın bir örneğidir. Sonraki bölümler, yukarıda açıklanan beş farklı kategorinin her biri için genel çevresel etkiyi azaltmaya yönelik inovasyon stratejilerini açıklamaktadır. Bunlar beyin fırtınası sürecine yardımcı olmak için kullanılabilir. Hammadde yoğun ürünler için tasarım stratejileri.

Mevcut çözüm ham madde yoğun olduğunda çevresel etkiyi azaltmak için fikirler:

- Kullanılan malzemelerin tehlikesini azaltan kalıcı, biyo birikimli veya bir güvenlik düzenleyicisi tarafından yayınlanan herhangi bir yüksek riskli malzeme listesinde adı geçen malzemelerin kullanımından kaçının.

- Yenilenebilir ham maddeler kullanın örneğin, karbonhidratlar, lipitler veya biyopolimerler.

- Ürün için geri dönüştürülmüş malzemeler kullanın.
- Başka bir sürecin atık akışından elde edilen ham maddeleri kullanın.
- Kullanılan farklı hammadde sayısını azaltın.
- Üretimi çok fazla atık oluşturan ham maddelerden kaçının.
- Üretimi özellikle enerji yoğun olan ham maddelerden kaçının.
- Çevreye zarar verecek şekilde üretilen ham maddelerden kaçının.

Başlangıç malzemelerinin seçimine bir örnek olarak NEC, tüketici elektroniğinde petrokimyasal olarak türetilmiş plastikler ve kompozitler yerine biyopolimerleri geniş çapta kullanmakla ilgilenmiştir. Yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığı azaltmak ve petrokimyasal olarak türetilmiş malzemelerin tahmin edilen artan maliyetinden kaçınmak için yenilenebilir malzemeleri kullanma isteği vardır. Halihazırda bir dizi biyopolimer mevcuttur, ancak bunlar cep telefonları, taşınabilir eğlence cihazları ve mobil bilgisayarlar gibi ürünler için gereken performanstan yoksundur. NEC, özellikle cep telefonu kılıfları için polilaktik asit (PLA) kullanmakla ilgilendi, ancak ticari olarak temin edilebilen polimer, güç, ısı direnci ve işlenebilirlikten yoksundur. NEC, kenaf elyafı kullanılan bir kompozit geliştirdi. Kenaf, Afrika ve Asya'da yetişen ebegümecin hızla büyüyen bir akrabasıdır. Çoğunlukla kâğıt yapımında kullanılan yüksek kaliteli lifler üretir. Kompozit, geleneksel petrokimyasal ABS polimerlerinden daha iyi ısı direncine ve sertliğe sahiptir ve saf PLA'dan çok daha fazla kalıplanabilir.

2006'da malzeme, Japonya'da büyük ölçüde biyoplastik kasalı cep telefonlarının ilk ticari lansmanı için kullanıldı. Telefonun yüzeyinin %75'i biyoplastiktir ve yalnızca ekran ve tuş takımları geleneksel malzemelerden yapılmıştır. Ürün, onu tüketiciler için çekici kılan iyi bir yüzey hissine sahiptir ve yeşil satın alma ve yeşil elektronik cihazlarla ilgili tüm Japon düzenlemelerine uygundur.

Daha büyük ölçekli bir örnek, büyüyen endüstriyel ekoloji alanında çimento endüstrisinin yer almasıdır. Bu, geniş bir çok malzeme ve enerji dönüşüne sahip bir ekosistem fikrini alır ve endüstriyel sistemlere uygular. Bir sektörde kullanılmayan bir malzeme başka bir sektörde hammadde olabileceken, neden işlenmemiş ham maddeleri kullanalım ve bunları lineer bir sistemden geçirerek atık üretelim?

Çimento endüstrisi, endüstriyel ekoloji için ideal bir konuma sahiptir; sürdürülebilir bir şekilde tedarik edilemeyen büyük miktarlarda birincil ekstrakt edilmiş hammaddeler kullanır, ancak çok çeşitli hammaddelerle uyumlu kimya kullanır. Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi'nin yardımıyla çimento endüstrisi bu olasılıkları aktif olarak araştırıyor. Elektrik santrallerinden çıkan uçucu kül, çelik fabrikalarından çıkan fırın cürufu ve

kömürlü termik santrallerdeki kükürt gidermeden elde edilen alçıtaşı hali-hazırda ham madde olarak kullanılıyor ve çimento yapımının ağır metalleri kimyasal olarak hareketsiz hale getirmek ve onları çöp sahası ve çevreden uzak tutmak için potansiyel bir yol olduğu gösterildi. Ayrıca çimento endüstrisi, fırınlar için yakıt olarak çok çeşitli yanıcı atıkları kullanabilir. Üretim yoğun ürünler için tasarım stratejileri. Mevcut çözüm üretim yoğun olduğunda çevresel etkiyi azaltmak için fikirler:

- Üretim sürecinin enerji verimliliğini artırın.
- Atık ve emisyon üretimini en aza indiren üretim teknolojilerini kullanın.
- Üretim sürecindeki bir arıza veya kaza hangi çevresel riskleri temsil eder? Bu riskleri azaltmak için neler yapılabilir?
- Ürün imalatında yenilenebilir enerji kullanın.
- Süreçte yenilenebilir malzemeler kullanın.
- Tehlikeli proses ve yardımcı malzemelerin kullanımından kaçının.
- Kapalı döngü üretim süreçleri kullanın. Yardımcı ve işlem malzemelerini üretim sürecine geri dönüştürün.
- Proses atığı için çevresel etkiyi en aza indiren imha yöntemlerini seçin.
- Herhangi bir atığı başka bir işlem için hammadde olarak kullanın.

Çok fazla atık üreten bir sürecin alışılmadık bir örneği, domuzların yoğun şekilde yetiştirilmesidir. Sağlıklı büyüme için yemlerinde ek fosfora ihtiyaç duyarlar ve bu genellikle mono kalsiyum fosfat (kalsiyum dihidroksi-oksido-okso-fosforan) formunda inorganik fosfor olarak eklenir. Emilmeyen fosfor gübreye geçer ve gübre olarak tarlalara yayılırsa aşırı fosforun nehirlere ve göllere akarak ötrofikasyona yol açmasına neden olabilir. Fitik asit (inositol heksakisfosfat), bitkilerde fosforun ana depolama şeklidir. Fosfor, onu parçalayacak enzimlere sahip olmadıkları için geniş getirmeyen hayvanlar için biyolojik olarak mevcut değildir. Novozyme, fosforu serbest bırakmak için hayvan yemine eklenebilen fitaz adlı ticari bir enzim geliştirmiştir. İnorganik fosfor eklenmesine gerek yoktur. Fosfor kaynağındaki bu kayma, domuz yetiştiriciliğinin çevresel ayak izi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Danimarka'daki tüm domuz sürüsünü MCP takviyesi yerine fitaz takviyeli bir diyetle kaydırmanın yıllık etkisi, sera gazlarında 27 kT CO₂ eşdeğeri azalma, asitleşmede 450 T SO₂ eşdeğeri azalma, besin zenginleştirmede azalma olacaktır. 1200 T fosfat eşdeğeri ve 20 kT fosfat içeren kaya madenciliğinin önlenmesine yardımcı olur.

Sorunlu atık olma riski taşıyan diğer bir malzeme de gliseroldür. Gliserol, sıvı ve katı yağlardan sabun, yağ asitleri ve biyodizel üretiminden elde

edilen bir yan üründür. İşlenen her ton yağ için yaklaşık 100 kg gliserol oluşur. Biyodizele olan talep arttıkça, mevcut gliserol pazarları doymuş hale geldi ve fiyat düştü. Acilen alternatif pazarlara ihtiyaç var. Şu anda iki seçenek geliştiriliyor. Birincisi, gliserolden 1,2-propandiol (propilen glikol) üretmektir. 1,2-Propandiol, antifrizde etilen glikole daha az toksik bir alternatif olarak dahil olmak üzere bir dizi endüstriyel kullanıma sahiptir. Geleneksel olarak 1,2-propandiol, bir petrokimyasal hammadde olan propilen oksitten yapılıdır. Yeni işlem, bir bakır-kromit katalizörü ve reaktif damıtma kombinasyonunu kullanıyor. Katalizör, alternatif sistemlerden daha düşük bir sıcaklık ve basınçta çalışır; 260° C'ye kıyasla 220° C ve 150 bar'a kıyasla 10 bar. Süreç aynı zamanda daha az yan ürün üretiyor ve mevcut doğal gliserol fiyatlarıyla petrokimya yollarından daha ucuzdur. İlk ticari tesis yapım aşamasındadır ve süreç diğer şirketlere aktif olarak lisanslanmaktadır.¹¹ İkinci bir seçenek ise epiklorohidrin üretimidir. Solvay, gliserolün hidroklorik asitle reaksiyona sokulmasıyla biyo-dizel gliserolden epiklorohidrin üretimi için bir süreç geliştirmiştir. Epiklorohidrin, epoksi reçinelerinde ve kaplamalarda kullanılmaktadır ve talep hızla artmaktadır. Mevcut proses, hammadde olarak petrokimyadan türetilen propilen kullanıyor ve yeni proses, petrokimya yolu ile maliyet açısından rekabetçi olmaktadır. Solvay şu anda yıllık 10 kT'lik bir tesis inşa ediyor. Fransa'da fabrika; 2007'de devreye girmesi bekleniyor. Tarihi tersine çevirerek, sentetik gliserol, doğal gliserol kıtlığı varken epiklorohidrin'den üretiliyordu.

Dağıtım yoğun ürünler için tasarım stratejileri. Mevcut çözüm dağıtım yoğun olduğunda çevresel etkiyi azaltmak için fikirler:

- Hizmet birimi başına gereken paketlemeyi en aza indirin.
- İade edilebilir ambalaj kullanın.
- Ürünün ambalaj kısmını ambalaj israfı olmayacak şekilde yapınız.
- Ambalajda “sorunlu” malzemelerin, örneğin PVC'nin kullanılmasından kaçının.
- Ambalaj malzemesini yenilenebilir hammaddelerden yapın.
- Geri dönüştürülebilir ambalaj kullanın.
- Ürünü kullanım noktasında üretin.
- Hizmet birimi başına nakliye mili sayısını en aza indirin.
- Daha az etkili bir ulaşım şekli kullanın.
- Taşıma sırasında muhafaza kaybıyla ilişkili riski azaltın.
- Nakliye sırasındaki kayıpları en aza indirmek için ambalajı yeterince sağlam yapın.

Kimya endüstrisinde dağıtım etkilerini doğrudan değiştirme fırsatları daha az belirgindir. Bununla birlikte, olası rotaları öneren çok şey oluyor. Birleşik Krallık'taki Atık ve Kaynaklar Eylem Programı (WRAP) ile Coca-Cola Enterprises arasındaki ortak bir projede, şişe üretiminin yeniden tasarlanarak 500 ml PET şişelerin ağırlığının %8 oranında azaltılmasının mümkün olduğu kanıtlandı. Bu daha hafif şişeler gerekli tüm performans standartlarını karşılar ve üretim yılda 700 milyon tam ölçeğe ulaştığında, 1400 ton PET tasarrufu sağlayacak. Bu küçük bir gelişme gibi görünebilir, ancak hafif içecek şişeleri yıllardır devam eden bir süreç olmuştur ve yine de ilerleme kaydedilmesi mümkündür. Genel olarak ambalajın hafifliği üzerindeki sınır, kullanılan malzemelerin sağlamlığı ve performansıdır. Geliştirilmiş koruyucu performansa sahip yeni, uygun maliyetli malzemeler, ambalaj dünyasında hemen bir pazar bulacaktır. Farklı bir konsept, malzemeleri taşımak yerine kullanım noktasında üretme fikridir. Basit ve tanıdık bir örnek, ofis su soğutucusudur. Etrafta gördüğünüz çoğu kişi büyük su şişeleri kullanıyor. Bunların taşınması ve depolanması ve boş şişelerin geri dönüştürülmesi gerekir. 1999'da Birleşik Krallık'a 600 kT'den fazla şişelenmiş su ithal edildi ve bu da önemli bir ulaşım etkisi yarattı. Alternatif, şebeke suyunu yerinde soğutmak ve filtrelemektir. Tüketici algılarını ve beklentilerini karşılamak için suyun filtrelenmesi ve arıtılması gerekir. Bu sistemler, kullanıcılara ihtiyaç duydukları güveni vermek için gelişmiş filtreler, UV dezenfeksiyonu ve gümüşle işlenmiş yüzeyler gibi saflaştırma tekniklerinin bir karışımını kullanır. Kullanım noktasında çok çeşitli kimyasalların üretilmesine artan bir ilgi var. Fosgen, klor ve hidrojen siyanür gibi bazı durumlarda bu kimyasalların taşınması ve işlenmesinde açık bir risk vardır. Talep üzerine toksik ve tehlikeli kimyasallar üretmek, nakliyeden kaçınmak ve envanteri minimumda tutmak için çeşitli türlerdeki mikro reaktörlerin kullanılması konusunda çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Yoğun kullanımlı ürünler için tasarım stratejileri. Mevcut çözümün yoğun kullanım olduğu durumlarda çevresel etkiyi azaltmak için fikirler:

- Hizmet birimi başına enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarın.
- Ürün kullanıcı ve çevre için daha güvenli hale getirilebilir mi?
- Yanlış kullanımdan kaynaklanan olumsuz çevresel etkiler var mı? Bunlar tasarlanabilir mi?
- Kullanıcı hatasını önlemek için ürün kullanım miktarı otomatikleştirilebilir mi?
- Kullanımdaki atık ve emisyonları tasarlayın.
- Emisyonları veya atıkları çevreye zararsız hale getirin.
- Hizmet birimi başına yardımcı ve proses malzemelerinin kullanımını

en aza indirin. Bu malzemeleri yenilenebilir, güvenli ve geri dönüştürülebilir hale getirin.

- Tüm atıkları toplayın ve geri dönüştürün.
- Kullanım aşamasından itibaren atıkların bertaraf edilmesi için çevre açısından kabul edilebilir bir yol bulun.
- Ürünü, kullanılmayan ve kullanılmayan üründen kaynaklanan atıklar en aza indirilecek şekilde paketleyin.

Baskın etkinin kullanım aşamasında olduğu bir uygulama da otomobillerdir. Bunlar, uzun bir ömre ve hizmet birimi başına nispeten yüksek etkilere sahiptir. Geleneksel lastikler, dayanıklılığı ve performansı artırmak için büyük miktarlarda karbon siyahı ve silika kullanır. Ancak, aynı zamanda ağırlığı arttırırlar ve yuvarlanma direncini ve yakıt tüketimini arttırırlar. 2001 yılında Goodyear, dolgu maddesi olarak mısır nişastası kullanan BioTred lastik serisini tanıttı. Bu, yuvarlanma direncini ve ağırlığı azalttı ve böylece yakıt verimliliğini artırdı, ancak kullanıcılar için gerçekten çekici olmaya yetmedi. Goodyear şimdi daha iyi bir dolgu maddesi bulmak için Novamont ile birlikte çalışıyor. Novamont'un Nişasta ve polikaprolaktondan oluşan MaterBi karışımını kullanarak yakıt tüketiminde %5 daha azalma sağladılar ve 2006 Goodyear'da Novamont ve BMW, daha da düşük yuvarlanma direncine, daha kısa fren mesafelerine ve daha iyi dayanıklılığa sahip lastikleri hedefleyen bir proje için AB fonu aldı. Toksisitenin söz konusu olduğu bir uygulama pestisitlerdir. Ticari tarım, bir dizi bitki patojeniyle başa çıkmak için etkili pestisitlere, özellikle fungusitlere ihtiyaç duyar. Şu anda mevcut faaliyetlerin çoğu oldukça zehirlidir ve hem operatör hem de çevre için bir risktir. Uygulama ile hasat arasında bir bekleme süresi olmalıdır ve bu ürünlerin çok azı organik tarımda kullanılabilir. Pazar ihtiyaçlarını karşılamak için AgraQuest Inc, doğal olarak oluşan bir Bacillus subtilis türünden bir biyo-fungisit olan Serenade®'yi geliştirdi. Bu organizma, spor çimlenmesini, mikrop tüpü oluşumunu ve misel büyümesini bozmak için sinerjistik olarak hareket eden üç farklı lipopeptit grubu, iturinler, agrastatinler-plipastatinler ve yüzey aktif maddeler üretir. Ayrıca patojenin bitki yaprağına tutunmasını da engellerler. Çoklu etki modları nedeniyle, patojenin direnç geliştirmesi zordur. Hedef organizmalar dışında düşük insan ve çevre toksisitesine sahiptir, geniş spektrumludur ve organik tarıma uygundur, toprakta ve yeraltı sularında birikme yapmaz ve hasat anına kadar uygulanabilir.

Ömrünü tamamlamış yoğun ürünler için tasarım stratejileri. Mevcut çözümün kullanım ömrü sonu yoğun olduğu durumlarda çevresel etkiyi azaltmaya yönelik fikirler:

- Üreticinin ürünü kullanım ömrü sonunda geri kazanıp yeniden kullanabileceği şekilde tasarlayın.

- Parçaları sökme ve ayırma kolaylığı için tasarım.
- Bireysel bileşenler ömürlerinin sonunda geri dönüştürülebilir mi?
- Kullanım ömrü sonunda yeniden kullanım, yükseltme veya yenileme için tasarım.
- Kullanım ömrü sonunda açığa çıkabilecek zararlı maddelerden kaçının.
- Herhangi bir zararlı maddenin üründen kolayca çıkarılabilmesini sağlayın.
- Ürünü, ömrünün sonunda yalnızca iyi huylu malzemeler kalacak şekilde tasarlayın – düşük eko-toksisiteye sahip biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlayabilir malzemeler.

Kağıt geri dönüşümü, kullanılmış kağıt üzerindeki yapışkanları kirletir. Bu “yapışkanlar” büyük sorunlara neden olur. Geri dönüştürülmüş kâğıdı bozarak lekeler ve delikler bırakırlar ve VOC üreten solventler kullanılarak düzenli olarak durdurulması ve temizlenmesi gereken makineleri bloke ederler. Bazı atık kâğıt türleri o kadar kirlidir ki, ekonomik olarak geri dönüştürülemezler ve bu da atık bertaraf maliyetlerini artırır. Soruna neden olan ana yapıştırıcı polivinil asetat(PVA)tır. Buckman Laboratuvarları, polimeri polivinil alkolü hidrolize etmek için bir esteraz kullanarak Optimize adlı bir enzim işlemi geliştirdi. Bu suda çözünür, yapışkan değildir ve çıkarılması kolaydır. Bir kâğıt fabrikasında yeni işlem şunlardan içermektedir:

- Solvent kullanımını günde yaklaşık 750 litre azaltmak
- Kimyasal kullanımını yılda yaklaşık 270 ton azaltmak
- Azaltılmış duruş süresi sayesinde üretimi yaklaşık %6 artırma
- İlk kullanım yılında yaklaşık 1 milyon \$'lık mali fayda sağlanması.

Bazen atıkları etkili bir şekilde tasarlamak imkansızdır ve onu bertaraf etmek için güvenli araçlar bulunmalıdır. Birçok endüstriyel proses, kül, kirlenmiş toprak, arıtma çamurları ve benzeri gibi ince bölünmüş veya dağılmış bir biçimde nispeten yüksek seviyelerde atık üretir. Bu kontamine malzemenin işlenmesi zordur. Bu sorunun üstesinden gelmek için yaygın bir yaklaşım, katı bir matris içindeki kirleticileri hareketsiz kılan bir bağlayıcı kullanarak atığı “stabilize etmek ve katılaştırmaktır”. Bu, kirleticileri yok etmez, ancak çevredeki ortama hareket etmelerini engeller. Carbon Systems Ltd, atıkları arıtmak için hızlandırılmış karbonasyon adı verilen bir süreç geliştirdi.

Atık, çimentolu bir bağlayıcı ile karıştırılır ve katılmış bir malzeme üretmek için bir karbondioksit atmosferinde reaksiyona sokulur. Silikat içeren atıklar doğrudan karbondioksit ile reaksiyona girebildikleri için bir bağlayıcıya ihtiyaç duymayabilirler. Süreç, karbon tutulmasına yardımcı olmak için endüstriyel süreçlerden gelen atık CO₂'yi kullanabilir. Süreç, ağır metal-

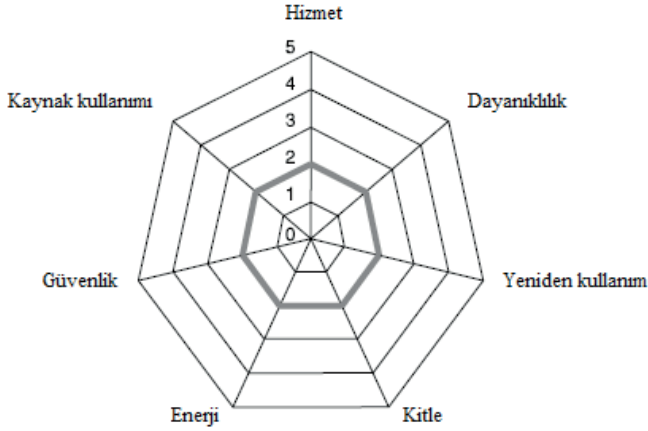
le kirlenmiş atıklar da dahil olmak üzere çok çeşitli malzemeleri işleyebilir. Geleneksel proseslere göre çok hızlıdır ve inşaatlarda kullanılacak kolay işlenen bir ürün üretir. Atık CO₂ yakalanabilir ve karbon kredisi elde etmek için karbonata dönüştürülebilir. Hedef uygulamalar, bertaraf edilmeden önce atığın ön arıtılmasını, endüstriyel atıkların geri dönüştürülmesini ve yeniden kullanılmasını ve kirlenmiş kahverengi sahaların iyileştirilmesini içerir.

1.2.3.2 Eko-inovasyon pusulası

Eko-inovasyon pusulası, Dow ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) tarafından geliştirilmiştir. Şekil 4.(Brown ve ark., 2000; Hojnik & Ruzzier, 2016)

Eko-inovasyon pusulası, bir ürün veya hizmetin çevresel etkisini iyileştirmek için yenilik yapabileceğiniz yedi yönü tanımlar:

- Ürünü, soyut kısmından daha fazla değer elde edecek şekilde bir hizmete dönüştürün.
- Değiştirme ve elden çıkarmanın finansal ve çevresel maliyetlerini azaltacak şekilde ürünün dayanıklılığını artırın.
- Ürünü yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm için tasarlayarak kullanılan işlenmemiş ham madde miktarını ve kullanım ömrünün sonunda bertaraf üzerindeki etkisini azaltın.
- Ürünün hizmet birimi başına kütle yoğunluğunu azaltın.
- Ürünün hizmet birimi başına enerji yoğunluğunu azaltın.
- Zehirli malzemeleri azaltarak ve emisyonları önleyerek ürünün insan ve çevre güvenliğini iyileştirin.
- Tükenmekte olan kaynakları koruyarak ve mümkün olduğunda yenilebilir veya geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak kaynak kullanımını geliştirin.



Şekil 4. Eko-inovasyon pusulası (Brown ve ark., 2000; Hojnik & Ruzzier, 2016)

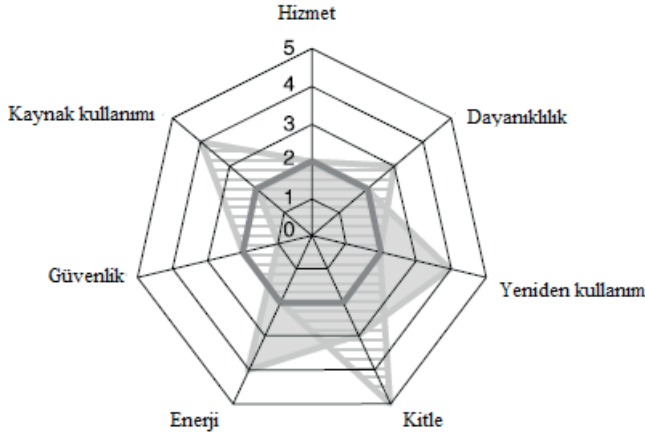
Karşılaştırma amacıyla, yeni fikirlerin karşılaştırılacağı temel çözümün performansı tüm boyutlarda 2'ye ayarlanmıştır. Alternatif kavramlar, başlangıç düzeyine göre değerlendirilir ve daha iyi veya daha kötü olabilir. Taban çizgisinden pusulanın kenarına doğru hareket etmek, performansı iyileştirmek anlamına gelir; taban çizgisinden merkeze doğru hareket etmek daha kötü bir performans anlamına gelir. Eko-inovasyon pusulasının 0 ile 5 arasında değişen bir ölçeği vardır. Ölçek şu şekildedir:

- 0 = Faktör 0,5 – %50 veya daha fazla azalma
- 1 = Belirsiz boyutta azalma veya %50'den az
- 2 = Temel çözüme kıyasla değişiklik yok
- 3 = Belirsiz boyutta veya %100'den az bir iyileştirme
- 4 = Faktör 2 – performansın ikiye katlanması
- 5 = Faktör 4 – performansta dört kat artış.

İnovasyon için olası alanları belirlerken, yedi boyut yararlı bir kontrol listesi sağlar. Dayanıklılığı artırarak kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak mümkün mü? Kütle yoğunluğunu azaltma potansiyeline yeterince dikkat ettik mi? Yeni ürün konseptleri, gerçek bir gelişme olup olmadığını kontrol etmek için taban çizgisine göre test edilir ve bir örümcek diyagramı şeklinde çizilebilir (Şekil 5). Bu, alternatif çözümlerin kolayca karşılaştırılmasını sağlar ve özellikle yapılması gereken takasları vurgular. Yeni bir fikrin mevcut çözümden her boyutta daha az veya eşit etki yapmasını sağlamak mümkün olmayabilir. Diğer boyutlarda bir dizi fayda sağlamak için bir boyutta ödenmesi gereken

bir bedel olabilir. Aşağıdaki bölümler, yedi boyutun her biri boyunca yenilik için fikirler ve çeşitli sektörlerden başarılı yeşil ürün tasarımı örnekleri içermektedir.

Hizmet genişletmenin temel fikri, ürünün soyut kısmında daha fazla değer yakalamaktır. Bu, geliri artırmanın, ilgili maliyetleri ve çevresel etkileri ile kullanılan fiziksel kaynakları artırmak anlamına gelmez. Bu “kaydileştirme”, endüstride, hatta imalatta bile güçlü bir eğilimdir.



Şekil 5. Eko-inovasyon pusulası ile seçeneklerin karşılaştırılması.

“Çözüm satışı”, “katma değerli hizmetler” ve “artı ürün” kaydileştirme anlamına gelen yaygın pazarlama kavramlarıdır. Bir ürünü hizmete dönüştürmenin birkaç yolu vardır:

Müşterinin sorumluluklarından bazılarını devralın ve bunları ürün sunumunuza entegre edin. Birçok büyük üretici, kimyasal yönetim sistemleri sağlamak ve tüm kimyasal envanteriyle ilgilenmek için tedarikçileri kullanır. Bazı şirketler, müşteri sahasında ölçülü tanklar kurarak ve bakımını yaparak emtia bileşenlerini hizmetlere dönüştürdü. Telemetri, kullanımın izlenmesini sağlar ve tanklar, tedarikçinin uygun gördüğü şekilde yeniden doldurulabilir. Ürün, elektrik prizinden elektrik gibi bir hizmete dönüşür ve müşterinin asla sipariş vermesi gerekmez. Sadece her ay kullandıkları kadar ücretlendirilirler. Bir kez ayarlandıktan sonra bu, tedarikçileri değiştirmemek için güçlü bir teşviiktir.

Müşteriye, ürünü verimli bir şekilde nasıl kullanacaklarını öğreten uygulama rehberliği ve desteği sağlayın. Bu, maliyetlerini azaltır, onlar için bir bilgi sorununu çözer ve tedarikçiyi kilitlenmelerine yardımcı olur.

- Ürünü kiralama modeli açısından düşünün. Bu, değerli metal katali-

zörleri için katalizör endüstrisinde halihazırda yaygın bir şekilde uygulanmaktadır ve Temiz Üretim Girişimi'nin bir parçası olarak BM Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) tarafından desteklenmektedir.

- Ürünle tasarım hizmeti vermek.

- Daha küçük müşterilere kendi ürün geliştirmelerinde yardımcı olmak için formülasyon kılavuzları sağlayın. Çeşitli formülasyonlar tedarikçi ürünü temel aldığından, iyi bir formülasyon kılavuzunun satışları artırması muhtemeldir.

- Tedarikçi ürününe kilitlenmiş tasarım ve kullanım araçları sağlayın. Bazı katalizör şirketleri, müşterilerine, süreçlerini optimize etmelerini ve maksimum verimlilik elde etmelerini sağlayan gelişmiş bilgi işlem modelleri sunar. Bu bilgisayar modellerinde, yalnızca tedarikçinin kendi katalizör markasıyla ilgili kapsamlı veri kümeleri sağlanır.

Klorlu çözücüler son derece etkili temizlik maddeleridir. Ne yazık ki, önemli toksikolojik ve çevresel tehlikeler birçok şirketin bunları kullanmayı tamamen bırakmasına neden oldu. Tedarikçiler, en iyi seçim oldukları uygulamalarda bunları güvenli ve sorumlu bir şekilde kullanmanın bir yolunu bulabilir mi?

Dow'un bir yan kuruluşu olan SafeChem, klorlu çözücüler için kapalı döngü yağ giderme sistemlerinde kullanılmalarına izin veren bir taşıma sistemi geliştirmiştir. Safe-Tainer sistemi, iki özel çift cidarlı kap kullanır; biri taze çözücüyü ve diğeri kullanılmış çözücüyü tutmak için. Konteynerler, temizlik ekipmanına sıfır ölü hacimle, kullanım sırasında dökülmeleri, sızıntıları veya buhar emisyonlarını önleyen sızdırmaz bağlantılar ile bağlanır. Kullanılmış solvent, geri dönüşüm ve kalıntıların profesyonel olarak bertaraf edilmesi için toplanır. Sistem solvent kullanımını ve çevreye salınımını en aza indirir. Avusturya'daki bir deneme sırasında Dow tarafından gerçekleştirilen bir çalışma, müşteriler tarafından kullanılan solventte %60'lık bir azalma olduğunu gösterdi. Bu çözücünün neredeyse tamamı çevreye salınabilir veya yönetilmesi gereken tehlikeli bir atık akışı haline gelebilirdi. Ancak bu sadece güvenli bir konteyner değildir. Aslında, iş modelini bir kimyasalın satışından yaşam döngüsü boyunca bir kimyasal prosesin yönetimine kaydırır. SafeChem temelde bir hizmet şirkettir. Bir müşteri için sadece ihtiyaçlarını karşılamak yerine kimyasalların yaşam döngüsünü yönetmek, çok başarılı bir iş modeli olduğunu kanıtlıyor. Kimyasallara harcanan her 1 Dolar için satın alma, envanter ve imha yönetimine 1 ila 10 Dolar harcadığı tahmin edildiğinden, kullanıcı tarafından yapılacak önemli maliyet tasarrufları vardır. Uzman bir şirket, bu görevleri uygun maliyetli bir şekilde gerçekleştirmek için son kullanıcıya göre çok daha iyi bir konumdadır. Bu yaklaşım, şaşırtıcı sayıda kimyasalın kullanıldığı otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Brown, D., Green, J., Hall, F., Rocchi, S., Rutter, P., & Dearing, A. (2000). Building a better future: Innovation, technology and sustainable development. *World Business Council for Sustainable Development*.
- Council, E. C. I. (2011). The european chemical industry in a worldwide perspective. Facts and figures 2011. In: Cefic Bruselas.
- Haggett, R. D., & Hiltz, J. A. (2000). *Evaluation of Candidate Solvent Based Paint Strippers for the Replacement of Methylene Chloride Based Paint Strippers-Phase 2*.
- Hawken, P., Lovins, A. B., & Lovins, L. H. (2013). *Natural capitalism: The next industrial revolution*. Routledge.
- Hojnik, J., & Ruzzier, M. (2016). What drives eco-innovation? A review of an emerging literature. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 19, 31-41.
- Lohse, J., Wirts, M., Ahrens, A., Heitmann, K., Lundie, S., Lißner, L., & Wagner, A. (2003). Substitution of hazardous chemicals in products and processes. *Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection of the Commission of the European Communities, Hamburg*.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press.
- Micheaux, H., & Aggeri, F. (2021). Eco-modulation as a driver for eco-design: A dynamic view of the French collective EPR scheme. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125714.
- Murdayanti, Y., & Khan, M. N. A. A. (2021). The development of internet financial reporting publications: A concise of bibliometric analysis. *Heliyon*, 7(12), e08551.
- Norton, M. (1997). The UK Parliamentary Office of Science and technology and its interaction with the OTA. *Technological Forecasting and Social Change*, 54(2-3), 215-231.
- Sheldon, R. A. (2000). Atom efficiency and catalysis in organic synthesis. *Pure and applied chemistry*, 72(7), 1233-1246.

Bölüm 4

MANTAR ZEHİRLENMELERİ VE ZEHİRLİ MANTARLAR

Fatih KUTLUER¹



¹ Dr. Öğr. Üyesi Fatih KUTLUER Kırıkkale Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mantarcılık Programı fatihkutluer@kku.edu.tr
ORCID No: 0000-0001-7035-0995

1.GİRİŞ

Mantarlar doğada yaygın olarak bulunan ve gıda maddesi olarak tüketilen canlılardır. İlk besin kaynağı olarak tüketilen mantarlar günümüzde “çayır mantarı, beyaz şapkalı mantar ve kültür mantarı ” gibi isimlendirilen ve bilimsel adı *Agaricus bisporus* olan kültür mantarıdır (Lee E,1997). Kültür mantarı üretimi ticari olarak günümüzde yeni yeni artmakla birlikte doğadan toplanarak tüketilmesi de oldukça yaygındır (Atilla Günay, 1995). Mantarlar besin değeri oldukça yüksek olması ve doğadan toplanabilir olması sebebiyle her zaman gıda kaynağı olarak kullanılmıştır. Gıda kaynağı olmasının yanı sıra alternatif tıp, kozmetik gibi birçok alanlarda da kullanımı mevcut olduğu gibi ekolojik dengenin korunmasında önemli rol almakla birlikte oldukça dikkat çekmeye başlamıştır. Doğada birkaç ay hariç neredeyse tüm yıl boyunca bulunabilirler. Özellikle kırsal bölgelerde yaşayan insanlar tarafından çayırılık alanlardan veya ağaçların altlarından toplanırlar. Mantarlar halk pazarlarında doğadan toplanılan mantarları tezgâhlarda görmek mümkündür. Yenilebilir ve zehirli mantarlar arasında ayırım yapmayı kolaylaştıran hiçbir kural yoktur. Doğadan toplanan bir mantarın yenilebilir, zehirli veya içeriğinden dolayı yenilemez olduğunu anlamak ve ayırt edebilmek için mutlaka literatürlerde yer alan kılavuzlara bakmak gereklidir (Ian R Ian ve ark. 2003).Bir mantarın yöresel olarak birden fazla adı olduğu için Elsevier Sözlüğü kullanılarak ortak isimleri ve bilimsel isimleri kullanılarak aynı çatı altında toplamak mümkündür(Chandra 1989) Mantarları tüketmeden önce pişirmek en iyi yöntemdir çünkü bazı mantarların zehirleri ısı ile yok olabilirler. Ama bazı mantarların zehir etkileri pişirmekle geçmez özellikle doğadan toplanan mantarlar tüketilirken son derece dikkatli olunmalıdır. Yol kenarlarından toplanan mantarların da tüketilirken dikkatli olunması gereklidir çünkü ağır metal bakımından zengin içeriğe sahip olabilirler bu durumda sağlığı olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle kırsal kesimlerde yaşayanlar için bahçelerinde doğada veya çimlerinin üzerinde birçok farklı türlerde mantar yetişebilir. Bu durumda mantarlara olan ilgi artabilir ve toplayıcılık hobisi uyarılabilir. Maalesef ki mantarlar birbirlerine çok benzediği için yenilebilir mantar ile zehirli mantarları bu anlamda tam bilgisi olmayan kişiler ayırt edemezler ve tüketebilirler. Bu da sağlık açısından istenmeyen durumların ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılabilir. Yaygın yenilebilir tarla mantarı (*Agaricus campestris*) büyüyen çok sayıda kahverengi solungaçlı türle karıştırılabilir(Zehirli *Panaeolus* ve *Psilocybe* türleri de dâhil olmak üzere çim ve *Agaricus*'un zehirli türleri gibi) (Ian R Ian ve ark 2003). Bir mantarın yemenin güvenli olup olmadığını bilmenin tek yolu, ne yediğinizden emin olmak ve konunun uzmanından tavsiye almaktır. Mantar zehirlenmeleri ve neden olduğu sendromları şu şekilde sıralamak mümkündür:

1. Amatoksin sendromu

Semptomlara mantar neden olur, sekiz amino asitten oluşan amanitin ve amanin gibi toksinler bir halka (siklopeptitler) halinde düzenlenir ve mantarları yedikten altı ila yirmi dört saat arasında gelişir. Yaklaşık bir gün sürecektir olan şiddetli kusma, ishal ve mide kramplarını takiben düşük kan değerleri gibi belirtiler ile ortaya çıkar. Bu belirtiler erken dönemde ortaya çıkmadıkları için çoğunlukla ilk müdahale yapılamamakta ve sarılık böbrek ve karaciğer yetmezliği gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Bresinsky ve ark 1990). Ve amatoksin içeriği pişirilerek yok edilebilecek bir zehir türü değildir. Amatoksin sendromuna neden olan bazı türler:



Şekil 1. *Amanita bisporigera*
(wikimedia.org)



Şekil 2. *Amanita phalloides*
(Buchanan, P. K. 1995)



Şekil 3. *Amanita virosa*
(wikimedia.org)



Şekil 4. *Conocybe filaris*
(Kühner 1935)



Şekil 5. *Conocybe rugosa*
(wikimedia.org)



Şekil 6. *Galerina marginata*
(wikimedia.org)



Şekil 7. *Galerina venenata*
(multimedia20stg)



Şekil 8. *Hypholoma fasciculare*
(wikimedia.org)

2. Gyromitirin sendromu

Semptomlar iki ila yirmi dört saat arasında başlar. Yenildikten sonra karın ağrısı, ishal, kusma, koma, konvülsiyonlar, ateş, baş ağrısı, huzursuzluk, solunum yetersizliği ve sarılığa yol açan karaciğer hasarı gibi belirtiler ile ortaya çıkar. Böbrek yetmezliği de rneydana gelir ve ağır vakalarda ölüm mümkündür. Gyromitirin kanserojen olan hidrazinlerdir; ancak, bunların insanlarda kansere neden olduğuna dair bir kanıt yoktur (Ian ve ark, 2003).. Gyromitirin sendromuna neden olan bazı türler:



Şekil 9. *Cudonia circinans*
(mantarliyasam.com)



Şekil 10. *Gyromitra ambigua*
(avesis.istanbul.edu.tr)



Şekil 11. *Gyromitra californica*
(iucn.ekoo.se)



Şekil 12. *Gyromitra esculenta*
(mykoweb.com)



Şekil 13. *Gyromitra fastigiata*
(wikimedia.org)



Şekil 14. *Gyromitra gigas*
(wikimedia.org)



Şekil 15. *Gyromitra infula*
(inaturalist.org)



Şekil 16. *Gyromitra korfii*
(mushroomexpert.com)

3. Orellanın sendromu

Semptomlar tipik olarak mantarın tüketilmesinden yaklaşık otuz altı saat ila üç hafta sonra ortaya çıkar. Ciddi oranda böbrek yetmezliğine neden olmaktadır. Sürekli açlık, susuzluk ve sık idrara çıkma, mide bulantısı, kusma, uyuşukluk, ateş baş ağrısı ve titreme başlıca zihirlenme belirtileridir (Ian ve ark 2003).Orellanın sendromuna neden olan bazı türler:



Şekil 17. *Cortinarius gentilis*
(wikimedia.org)



Şekil 18. *Cortinarius orellanoides*
(fichasmicologicas.com)



Şekil 19. *Cortinarius orellanus*
(micologica-barakaldo.org)



Şekil 20. *Cortinarius splendens*
(wikimedia.org)

4. Pantherin sendromu

Bu sendrom oldukça hızlı bir şekilde etkisini göstermekle birlikte baş dönmesi, uyuşukluk, mide bulantısı, kusma, kas krampları, titreme, nöbetler, halüsinasyonlar ve genişlemiş veya kısıtlanmış gözbebekleri, hasta sonunda koma benzeri bir duruma geçmektedir (Ian ve ark 2003). Pantherin sendromuna neden olan bazı türler:



Şekil 21. *Amanita muscaria*
(wikimedia.org)



Şekil 22. *Amanita pantherina*
(mantarliyagam.com)



Şekil 23. *Amanita pantherina*
(amanitaceae.org)



Şekil 24. *Amanita gemmata*
(mantarliyasam.com)



Şekil 25. *Amanita crenulata*
(marylandbiodiversity.com)



Şekil 26. *Amanita cothurnata*
(fungikingdom.net)

5. Coprin sendromu

Semptomlar, alkolizm tedavisinde kullanılan Antabuse (disülfiram) ile benzerdir. Belirtiler yuttuktan hemen sonra gelişir ve şiddetli baş ağrıları, hızlı nabız, Yüzde ve göğüste kızarma, terleme, düşük kan basıncı, kafa karışıklığı, mide bulantısı ve kusma başlıca belirtilerdir (Ian ve ark, 2003). Coprin sendromuna neden olan bazı türler:



Şekil 27. *Clitocybe clavipes*
(wikimedia.org)



Şekil 28. *Coprinus atramentarius*
(wikimedia.org)



Şekil 29. *Coprinus insignis*
(www.hlasek.com)



Şekil 30. *Coprinus micaceus*
(wikimedia.org)



Şekil 31. *Coprinus quadrifidus*
(indianamushrooms.com)



Şekil 31. *Coprinopsis variegata*
(wikimedia.org)

6. Sonuç ve Öneriler

Mantarlar uygun ortam bulduklarında genellikle çayırılık, ağaçlık alanlarda hemen hemen her mevsim yetişebilecek canlılardır. Hemen her ortamda bulunabilir olmaları nedeniyle gerek hobi amaçlı gerek beslenme amaçlı her zaman ilgi odağı olmuşlardır. Kırsal kesimlerde yaşayan bazı yerli halkında doğadan topladıkları mantarları yerel pazarlar da satışa sundukları bilinmektedir. Mantarlar hakkında detaylı bilgiye sahip olanların bile doğadan toplanılan mantarların zehirli veya yenilebilir olduğunun laboratuvar araştırmaları yapılmadan söylenmesi uygun değildir. Özellikle yerel halk ve mantar toplamayı hobi edinmiş kişilere gerekli bilinçlendirmenin yapılması gerekmektedir. Halk arasında doğru bilinen yanlış inanışlardan bir tanesi de daha önce toplanılan bölgeden yenilen mantarın zehirlemediği o bölgeden her zaman mantarın toplanıp yenilebileceğidir. Ama unutulmamalıdır ki mantarlar sporla çoğalan canlılardır ve daha sonra o bölgeye zehirli mantar sporu gelmiş ve yetişmiş olabilir. Bu durumda o bölgeden daha önce toplanıp yenilen ve zehir etkisi olmadığı için veya yenilebilir mantar olduğu için olumsuzluklarla karşılaşılma riski olsa bile aynı bölgeden daha sonra zehirli mantar toplanılabilir ve olumsuz durumlarla karşılaşılabilir. Doğadan toplanılan mantarlara her zaman temkinli davranmak olumsuz durumlarla karşılaşma riskini en aza indirecektir. Sonuç olarak mantar toplayıcıları doğadan topladıkları mantarlara dikkat etmeli her daim toplanılan mantarın öldürücü zehirli etkiye sahip olabileceğini aklından çıkarmamalıdır. Ama maalesef bazı toplayıcıların düşünceleri bu yönde olmayıp ölse te yeriz düşüncesiyle hareket etmektedirler.

Mantardan 25 kişi oldu, 110 kişi olumle pençeleşiyor



MANTAR KAVURMA Tapa abasim mullağında mantar pişmeye devam ediyor. Hissiyet Tapa, kapın parayı kurtarı koruyduğunda mantarın peşine peşine baki de yarı bî mantar helise amika peşinepeşine.

SEVINEMEDİ! Dıştan Kınar'ı İstanbul 2 i Gültüçte ültüçte gita kampın helise amika çözülen ültü ve kanadasi şakalan içte şğıyor.

'Ölsek de yeriz'

Uzmanlar uyarıyor!

"Mantardan kurtulan sakat kalır"

● Mantarlar, süm toksiklerini artıran havaya kavurmanın da mantar zehirlenim nücrerini çok etmesi neticesinde, yâşımın boyunda ka-

□ Zehirlenmiş mantar zehiri tıbbi dokümanlar i, yani mungar beğenme de yetişimier çok tehlikelidir □ Çirkiniz kırıyıkla, bittirilmiş yâşım

"CAHİL DEĞİLİZ" Son günlerdeki mantar zehirlenmelerinin, yâşımın kurtulmuş kanadasi lantıdır. Zehirlenimier kışılır. "Biz cahil değiliz. Kültürümüz et gırmıyor. Eği-lete an çok benceyem de mantar" şğıyor.

"MANTAR BEDAVA" Zehirlenme olaylarının önün olarak görüldüğü kışılır in Kib-çatay Mahallesi sakinlerinden Çözülen Fransız "Her yıl mevsiminde mantar verti. Zehiri



Şekil 32. Gazete küpürü

KAYNAKÇA

Atilla Günay, Mantar Yetiştiriciliği, ilke yayın evi 1995

Bresinsky, A., and H. Besl. 1990. A Colour Atlas of Poisonous <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8314388>

Buchanan, P. K. 1995. Recent mushroom poisonings in NewZealand. Australasian Mycological Newsletter 14 (4): 57–60.

Conocybe filaris (Fr.) Kühner 1935

Edible And Poisonous mushrooms of the World Ian R. Hall Steven L. Stephenson Peter K. Buchanan Wang Yun Anthony L. J. CO

For other mycological terms and names see Elsevier's Dictionary of Edible

http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/331620/

<http://www.amanitaceae.org/?Amanita+solitaria>

<https://avesis.istanbul.edu.tr/resume/downloadfile/afifemat?-key=18ab0981-78c7-42b3-9d1e-ad1d5ae91c24>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10033622>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1144657>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=167760>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18730680>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=73669140>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cortinarius_gentilis_group.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/Coprinellus_micaceus#/media/File:Coprinellus_micaceus_Glimmer-Tintling.jpg

https://es.wikipedia.org/wiki/Coprinus_atramentarius

<https://mantarliyasam.com/amanita-gemmata/>

<https://mantarliyasam.com/amanita-pantherina/>

<https://mantarliyasam.com/cudonia-circinans/>

<https://micologica-barakaldo.org/cortinarius-orellanus/>

<https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/especies/206949Galerina-venenata-2.jpg>

https://ro.wikipedia.org/wiki/Clitocybe_clavipes#/media/Fi%C8%99ier:Pseudoomphalina.pachyphylla.-lindsey.jpg

https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinek_mantar%C4%B1

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Cortinarius_splendens_tsj.jpg

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Hypholoma_fasciculare_stipe.jpg

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Gyromitra_gigas_85397.jpg

https://www.fichasmicologicas.com/?micos=1&alf=*&art=379

<https://www.fungikingdom.net/fungi-photos/basidiomycota/agaricomycetidae/agaricales-order-2/amanitaceae-family/amanita-multisquamosa-amani-2.html>

https://www.hlasek.com/coprinus_insignis_cz3437.html

<https://www.inaturalist.org/photos/172415270>

https://www.indianamushrooms.com/images/coprinus_quadridus_1.JPG

<https://www.marylandbiodiversity.com/view/12312&showAll=1>

https://www.mushroomexpert.com/images/kuo/gyromitra_korfii_01.jpg

https://www.mykoweb.com/CAF/species/Gyromitra_esculenta.html

Lee E. Extraordinary mushrooming. The San Diego Tribune, April 9, 1997.

Mushrooms (Chandra 1989)

Bölüm 5

MİKROBİYAL ÜRÜN OLARAK BİYOSÜRFİKTANLAR VE TARANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Ebru UYAR¹



¹ Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye, ebruuyar@harran.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4022-3845>

GİRİŞ

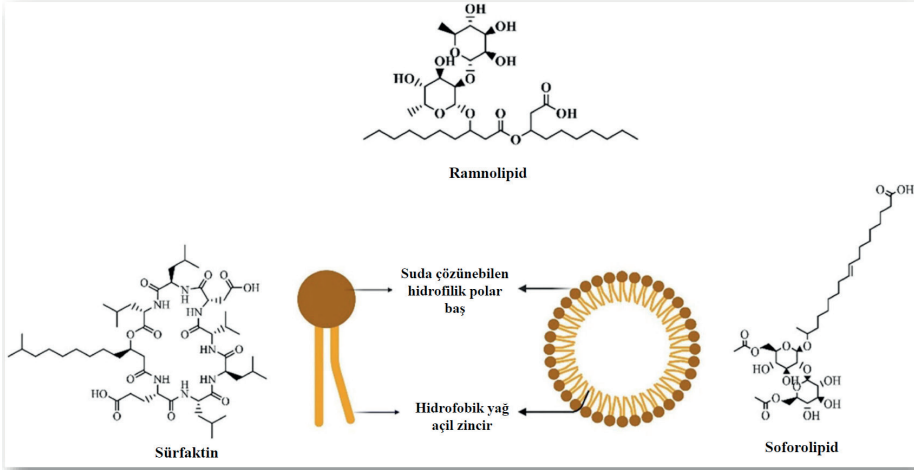
Yüzey aktif maddeler olarak bilinen sürfaktanlar, 20 milyon ton/yıl üretim hacmi ile önde gelen kimyasallar arasında yer almaktadır. Yüzey aktif özellikleri sayesinde kişisel bakım ürünleri, kozmetikler, temizlik ürünleri, boya ve kaplama, kimya endüstrisi, farmasötikler, tekstil, yumuşatıcılar, gıda ve yem, içecekler, biyoremediasyon, metal ekstraksiyonu, paketleme ve kağıt endüstrisi de dahil olmak üzere hayatımızın her alanına girişim yapmış performans molekülleridir. Endüstriyel öneme sahip olan bu kimyasalların 2017 yılında küresel pazardaki değeri 43 milyar \$ iken 2027 yılında 55 milyar \$'a ulaşacağı öngörülmektedir (Roelants ve Soetaert, 2022). Ancak, sentetik sürfaktanların bazı dezavantajları bulunmaktadır. Çevresel kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahip olan sürfaktanlar, belli bir dereceye kadar biyolojik olarak parçalanabilen inatçı kimyasallardır. Çevrede varlığını uzun zaman sürdüren sentetik sürfaktanlar, canlılar üzerinde cilt tahrişlerine ve alerjik reaksiyonlara sebep olmaktadır. Epidermal yağlar ve proteinler ile de etkileşime girerek yağ asitlerini uzaklaştırıp hücreler arası düzenlenmeleri bozmak gibi sayısız zararlı etkilere sahiptir (Sharma, 2021).

Son yıllarda çevre kirliliğine yönelik artan toplumsal bilinç sayesinde çevresel kirleticilerin remediasyonunda kullanılabilecek yeni teknolojilerin araştırılması ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda, sürdürülebilir bir çevre için doğa dostu ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar da oldukça ivme kazanmıştır. Çevresel düzenlemeler dolayısıyla bu ürünlere yönelik talep artışı, hem endüstriyel hem de evsel uygulamalar için doğal kaynaklara yönelme konusunda araştırmacılara ilham vermiştir. Çok yönlü endüstriyel uygulamaları bulunan biyosüpfaktanlar, öne çıkan doğal ürünler arasında yerini almıştır. Biyosüpfaktan pazarının, %5.3 değerindeki yıllık birleşik büyüme oranı ile 2027 yılında 6.5 milyar \$'a ulaşması beklenmektedir (Mgbechidinma vd., 2023)

Sentetik sürfaktanların fonksiyonel muadilleri olan biyosüpfaktanlar; bakteri, maya ve filamentöz fungusların da dahil olduğu geniş bir mikrobiyal grup tarafından üretilen amfifilik sekonder metabolitlerin bir grubudur. Tek bir molekül içerisinde yer alan hidrofilik ve hidrofobik gruplar dolayısıyla belirgin düzeyde yüzey ve arayüzey aktivitesi göstermektedirler (Şekil 1). Hidrofilik baş kısmı bir asit, anyonik veya katyonik peptidler ve şekerler (mono-, di-, oligo- ve polisakkaritler) içerebilmesine karşın hidrofobik kuyruk kısmı uzun zincirli yağ asitleri ve hidroksi yağ asitlerini içermektedir (Shoeb vd., 2013; Saranraj vd. 2021).

Biyolojik yan ürünler olarak üretilen mikrobiyal süpfaktanlar, sentetik muadillerine kıyasla kolayca biyodegradasyona uğrayabilmektedirler. Bu özellik ekolojik açıdan biyosüpfaktanları çekici kılmaktadır. Yapılan çalışmalar, kontrollü test koşulları altında biyosüpfaktanların degradasyonunun hemen başladığını ve genellikle 10 gün içerisinde parçalanmanın tamamlandığını göstermiştir. Buna karşılık, aynı koşullar altında sentetik süpfaktanlar bozulmaya başlamadan önce genellikle 1-3 hafta gecikme sergilemiştir. Ek olarak, biyosüpfaktanların biyodegradasyonu hem aerobik hem de anaerobik

koşullarda (daha düşük bir hızda) gerçekleşmesine karşın sentetik sürfaktanlar genellikle anaerobik koşullar altında bozunmamıştır (Myers, 2020). Biyosürfaktanlar yüksek biyobozunurluk avantajının yanı sıra; (1) yüzey ve arayüzey aktivitesi, (2) farklı çevresel koşullara (pH, sıcaklık ve iyonik güce tolerans gibi) esneklik, (3) toksik etkisinin düşük veya hiç olmaması, (4) kimyasal çeşitliliği, (5) yüksek özgünlük, (6) biyoyumlu ve sindirilebilir olması, (7) emülsiyon oluşturma ve emülsiyon giderme yetenekleri ve (7) biyolojik aktiviteleri nedeniyle ümit vaatmektedirler (Saranraj vd. 2021).



Şekil 1. Biyosürfaktanları yapısı (Raj vd., 2021)

Yapı ve Fonksiyonel Gruplarına Göre Biyosürfaktanların Sınıflandırılması

Biyosürfaktanlar, heterojenik yapıları nedeniyle farklı kriterlere göre sınıflandırılmaktadırlar. Yaygın olarak kullanılan sınıflandırmalardan birisi moleküler ağırlıklarına göre olanıdır. Bu yaklaşımda, düşük moleküler ağırlıklı ve yüksek moleküler ağırlıklı biyosürfaktanlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Düşük moleküler ağırlıklı biyosürfaktanlar sınıfında: glikolipidler, lipopeptidler, lipoproteinler, yağ asitleri ve fosfolipidler yer almaktadır. Polimerik ve partiküler biyosürfaktanlar ise yüksek moleküler ağırlıklı biyosürfaktanlar olarak değerlendirilmektedirler (Rosenberg ve Ron, 1999; Saranraj vd., 2021). Düşük moleküler ağırlıklı biyosürfaktanlar yüzey ve arayüzey aktivitesinin düşürülmesinde, yüksek moleküler ağırlıklı biyosürfaktanlar ise emülsiyonların stabilizasyonunda daha etkilidirler (Rosenberg ve Ron, 1999). İyonik yüklerine (anyonik, katyonik, non-iyonik ve nötral biyosürfaktanlar) ve salgılanma türlerine göre (hücre içi, hücre dışı ve mikrobiyal hücrelere yapışık) de sınıflandırılabilirler. Ancak, mikrobiyal türevli yüzey aktif bileşiklerin sınıflandırılması için temel kriter kimyasal yapıları olup 5 alt sınıfı bulunmaktadır (Tablo 1). Bu sınıflar: (1) glikolipidler, (2) fosfolipid-

ler, nötral lipidler ve yağ asitleri, (3) lipopeptidler veya lipoproteinler, (4) polimerik biyosüraktanlar ve (5) partiküler sürfaktanlar'dır (Mnif vd., 2018).

Glikolipidler

Çoğunlukla *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine üye bakteriler tarafından üretilen glikolipidler, yapısal olarak karbodihidrat içeren kısım ile kombine olmuş yağ asidinden oluşmaktadır. Karbohidrat kısmın türüne bağlı olarak ramnoz lipidler, trehaloz lipidler, soforoz lipidler, sellobioz lipidler ve mannozileritritol lipidler gibi alt sınıflara ayrılmaktadırlar (Mnif ve Ghribi, 2016). En iyi bilinen glikolipidler içerisinde ramnolipidler, soforolipidler, mannozileritritol lipidler ve trehalolipidler yer almaktadır (Şekil 1).

Glikolipidler arasında en çok çalışılan ramnolipidlerin, çevresel kirleticilerin önemli bir türü olan hidrokarbonların biyoremediasyonu çalışmalarında başarılı uygulamaları rapor edilmiştir (Ng vd., 2023). Düşük toksisite ve yüksek biyoparçalanabilirliği sahip olan glikolipidler, biyoremediasyondaki rolleri sayesinde ekim alanlarındaki toprak kalitesini iyileştirerek bitkiler için besin mevcudiyetini de arttırabilmektedirler. Ayrıca, antifungal aktiviteleri dolayısıyla *Fusarium oxysporum* and *Colletotrichum gloeosporioides* gibi bitki patojenlerinin biyokontrolünde zirai alanlara uygulanabilecek potansiyel ajanlar olarak görülmektedirler (Sha vd., 2012; Nalini ve Parthasarathi, 2014; Deepika vd., 2015). Bu uygulama, zararlı agrokimyasalların kullanımı nedeniyle ekim alanlarında meydana gelen toprak kirliliğini de azaltmış olacaktır. Böylece, fungusidlerin kullanımı ve bu bitkilerin tüketimiyle insanlar üzerinde oluşacak yan etkiler de ortadan kaldırılmış olacaktır.

Tablo 1

Yapı, fonksiyonel grup ve uygulama alanlarına göre biyosürfaktanların sınıflandırılması (Dhuldhaj ve Bora, 2021)

Biyosürfaktanlar	Alt türleri	Varyantları	Uygulamaları
Glikolipidler	Ramnolipidler		Hidrofobik substratların alınımı, antimikrobiyal özellikler
	Trehalolipidler		Ekstrem koşullarda sürfaktan aktivitesi
	Soforolipidler		Biyomateryallerin yapı taşları
Lipopeptidler ve lipoproteinler	Sürfaktin	Esperin	Geliştirilmiş mikrobiyal petrol geri kazanımı
		Likenisin	Geliştirilmiş mikrobiyal petrol geri kazanımı
		Pumilasinidin	Antiviral antibiyotikler
	İturin	İturin A	Antifungal lipopeptid
		İturin C	Enzim inhibitörü
		Basillomisin D	Antifungal ajan
		Basillomisin F	Antifungal ajan, antibiyotik
		Basillomisin L	Biyokontrol
		Mikosubtilin	Antifungal ve hemolitik
		Fengisin	Fengisin A
Fengisin B	Antifungal lipopeptid		

Yağ asitleri	Yağ asidi esterleri ve şeker yağ asidi esterleri	Biyodizel
	Şeker alkolü	Gıda endüstrisi, kıvam arttırıcılar
Fosfolipidler		Hücre membranlarının temel bileşenleri
Nötral lipidler		Depo lipidler
Polimerik biyosümfaktanlar	Emülsan	Yapısal şekillendirme ve emülsifikasyon
	Alasan	Çözünürleştirme
	Biodispersan	Geliştirilmiş mikrobiyal petrol geri kazanımı
	Liposan	Çözünürleştirme ve emülsifikasyon
	Lipomannan	Gıda endüstrisi
Partiküler biyosümfaktanlar		Mikroemülsiyonlar
Baş gruplarına göre biyosümfaktan sınıfları		
Anyonik		Deterjanlar
Katyonik		Kozmetikler
Non-iyonik		Biyoremediasyon
Zwitteriyonik		Deterjanlar

Lipopeptidler veya lipoproteinler

Yüksek moleküler ağırlığa sahip biyosümfaktanlar olarak fungal ve bakteriyel türler tarafından üretilmektedirler. Yağ yayma aktivitesi, emülsifikasyon ve biyodegradasyon özellikleri sayesinde endüstriyel uygulamalar için oldukça uygundur. Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* türleri tarafından üretilen sümfaktin, %0.005'lik düşük konsantrasyonlarda bile suyun yüzey gerilimini 72 mN/m'den 27 mN/m'ye düşürebilen en etkili biyosümfaktan olarak bilinmektedir (Şekil 1). Bu gruba dahil bilinen diğer lipopeptid biyosümfaktanlar arasında iturin, likenisin, esperin, pumilasidin, basillomisin, fengisin ve mikosubtilin de bulunmaktadır. Antiviral, antibakteriyel, antimitömor, antiinflamatuar, antibiyofilm ve pıhtı oluşumunu önleyici biyolojik aktiviteleri sayesinde tıbbi amaçlı uygulamalar için yüksek potansiyel taşımaktadır (Chen vd., 2015; Dhuldhaj ve Bora, 2021)

Fosfolipol, nötral lipidler ve yağ asitleri

Düz zincirli doymuş hidrokarbonlar üzerinde büyüyen bakteri ve maya türleri tarafından bol miktarda yağ asitleri ve fosfolipid sümfaktanlar sentezlenmektedir. *Acinetobacter* sp. tarafından üretilen fosfatidiletanolamin, su içerisinde alkan mikroemülsiyonları oluşturmaktadır. Bazı *Aspergillus* türleri ile *Thiobacillus thiooxidans* tarafından da fosfolipid üretimi rapor edilmiştir. Hegzadekan ve zeytin yağında kültürü yapılan *Acinetobacter* suşu ve *Pseudomonas aeruginosa*'da benzer lipidlerin %40-80 oranında akümüle edildiği gözlenmiştir (Saranraj vd., 2021).

Polimerik biyosümfaktanlar

Acinetobacter, *Saccharomyces*, *Candida* ve *Yarrowia* gibi bazı mikropolar tarafından üretilen yüksek moleküler ağırlıklı hücre dışı polimerlerdir. Hidrofobik substratların emülsifikasyonunda, düşük pH'da vizkozitenin art-

tırılmasında ve mikrobiyal etkileşimde rol oynamaktadırlar. Yüzey özelliklerine ilişkin çok fazla veri bulunmamakla birlikte en iyi bilinen örnekleri *Acinetobacter calcoaceticus* tarafından üretilen emülsan ve biodispersan, *Acinetobacter radioresistens* tarafından üretilen alasan, *Acinetobacter venetianus* tarafından üretilen apoemülsan ile *Candida lipolytica* tarafından üretilen liposan'dır (Dhuldhaj ve Bora, 2021; Saranraj vd., 2021).

Partiküler biyosümfaktanlar

Kimyasal olarak protein, fosfolipid ve lipopolisakkarit kompleksleri olan partiküler biyosümfaktanlar, hücre dışında mikroemülsiyonlarını oluşturmak suretiyle hidrokarbonların mikrobiyal alımlarını kolaylaştırmaktadırlar (Uyar ve Yalçın, 2013).

Mikrobiyal Biyosümfaktan Üretiminde Kullanılan Tarama Testleri

Hedef mikrobiyal metabolitlerin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de ilgili ürünü üretme potansiyeli olan mikroorganizmaların doğal çevrelerden izolasyonu ve taranmasıdır. Ancak, doğal çevrelerde yayılış gösteren mikroplar genellikle farklı suş ve türlerin karışık popülasyonları şeklinde bulunmaktadır. Bu nedenle, tarama testlerinin uygulanacağı saf mikrobiyal kültürlerin izolasyon işlemleri öncelik arz etmektedir.

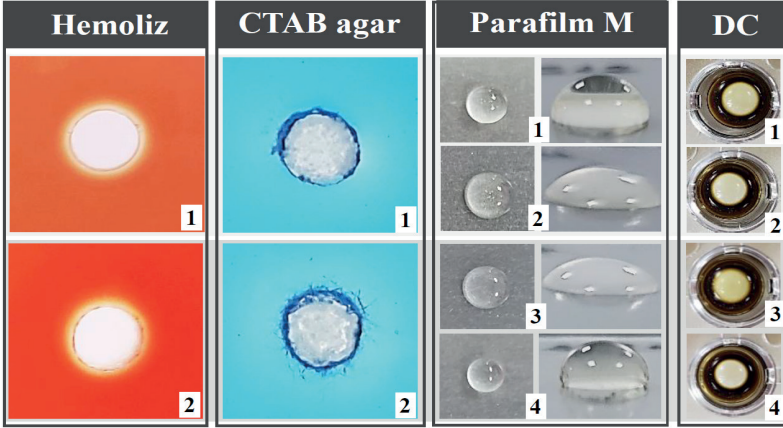
Mikrobiyal biyosümfaktanların tespit edilmesinde kullanılan çeşitli kalitatif ve kantitatif yöntemler bulunmaktadır (Sharma, 2021; Trindade vd., 2022). Çok sayıda mikrobiyal izolatın taranmasını gerektiren çalışmalarda genellikle düşük maliyetli ve sonuçların hızlı bir şekilde alındığı testler tercih edilmektedir. Testlerin büyük bir kısmı, hücresiz kültür ortamının yüzey veya arayüzey aktivitesine dayandırılmıştır. Ayrıca, bazı tarama testleri ise hücre yüzeyinin hidrofobikliğini incelemektedir. Bununla birlikte, glikolipidler gibi anyonik biyosümfaktanların taranması için geliştirilmiştir testler de mevcuttur. Her ne kadar söz konusu testlerin bazı sınırlamaları olsa da taramada kullanılacak test sayısını arttırmak suretiyle elde edilecek sonuçlar iyileştirilebilmektedir. Biyosümfaktan üreten mikroorganizmaların taranması için literatürde sıklıkla kullanılan tarama yöntemleri; hemoliz testi, setiltrimetilamonyum bromid (CTAB) agar testi, lipaz/esteraz aktivitesinin belirlenmesi, hidrokarbonla kaplanmış agar yöntemi, yağ yayılma testi, drop collapse testi, parafilm M testi, emülsifikasyon indeksi (E_{24})'nin belirlenmesi ve Du Noüy hakla yöntemi ile yüzey gerilimi düşürme aktivitesinin ölçülmesi şeklinde sıralanabilmektedir.

Hemoliz testi

Mikroorganizmaların biyosümfaktan üretiminde tespit edilmesinde kullanılan kalitatif tarama testlerden biridir. Mulligan vd. (1984) tarafından geliştirilen bu deneme, biyosümfaktanların eritrositleri parçalayabilme kabiliyetine dayanmaktadır. Saf kültürlerin hücre süspansiyonlarının %5

(v/v) koyun kanı içeren petrilere ekimini veya küçük hacimlerdeki hücresiz biyosüfaktan üretim ortamlarının bu petrilere açılan kuyucuklara transferini takiben 25-35 °C sıcaklıkta 2-3 günlük inkübasyona bırakılmasıyla uygulanmaktadır. Biyosüfaktan üretimi açısından pozitif olan suşlar, kan hücrelerinin lizis olması nedeniyle koloni çevresinde şeffaf ve renksiz bir zon oluşturmaktadır (Şekil 2) (Mulligan vd., 1984; Shatila vd., 2021; Uyar ve Sağlam, 2021).

Besiyerine ilave edilen kan dolayısıyla mikroorganizmalar için zengin bir besiyeri sunulmuş olsa da bu testin bazı sınırlamaları mevcuttur. Kan hücrelerinin parçalanmasına neden olan proteazlar gibi litik enzimlerin de kültür sıvısında bulunabilme ihtimali dolayısıyla spesifik bir test değildir. Ayrıca, üretilen biyosüfaktanın katı besiyerindeki difüzyon davranışı şeffaf zon oluşumunu engelleyebilmektedir. İlave olarak, biyosüfaktan üretim potansiyeline sahip bazı mikroorganizmaların hemolitik aktivite göstermediği de rapor edilmiştir (Schulz vd., 1991; Uyar ve Sağlam, 2021; Uyar ve Avcı, 2023).



Şekil 2. *Yarrowia lipolytica* OS12 (1) ve *Y. lipolytica* TY24 (2) suşları ile elde edilen tarama testlerinin sonuçları. DC: drop collapse, 3: Sodyum dodesil sülfat (SDS, %1) ve 4: steril biyosüfaktan üretim ortamı sırasıyla pozitif ve negatif kontrol olarak kullanılmıştır (Shatila vd., 2021).

CTAB agar testi

Siegmund ve Wagner (1991) tarafından geliştirilen bu semi-kantitatif kolorimetrik test, hücre dışı glikolipidlerin tespit edilmesini sağlamaktadır. Mineral tuzlar, bazik bir boya olan metilen mavisi (0.005 g/L) ve katyonik bir süfaktan olan setiltrimetilamonyum bromid (CTAB: 0.2 g/L) içerecek şekilde hazırlanan katı besiyerlerine test edilecek mikroorganizmaların ekimi yapılmaktadır. İnkübasyon sırasında mikroorganizmalar tarafından sentezlenen anyonik biyosüfaktanlar, besiyerindeki CTAB ve metilen mavisi ile koyu mavi renkte çözülmeyen bir iyon çifti oluşturmaktadır. Koloni etrafında

gözlenen renk oluşumu, test edilen organizmanın biyosüpfaktan üretimi açısından pozitif olduğunu işaret etmektedir (Şekil 2).

Uygulaması kolay olan bu testin en önemli sınırlaması ise anyonik karakterdeki glikolipidler ve ekstraselüler biyosüpfaktanların tespitine yönelik olmasıdır. Ayrıca, besiyerine ilave edilen CTAB *Escherichia coli*'nin de dahil olduğu bazı bakteriler için toksik etki gösterdiğinden her mikroorganizmanın taranması için uygun olmayabilir (Williams ve Trindade, 2017). Bu durumda, toksik etki oluşturan CTAB yerine bir başka katyonik süpfaktan ilave edilerek besiyeri içeriği modifiye edilebilmektedir (Siegmond ve Wagner, 1991; Walter vd. 2010).

Parafilm M testi

Hidrofobik bir yüzeye sahip olan Parafilm M üzerine küçük hacimlerde hücretsiz biyosüpfaktan üretim ortamının transfer edildiği ve 1 dakika sonrasında süpernatantın yayılma karakteristiklerinin incelendiği bir testtir. Transfer edilen süpernatantın yayılması, biyosüpfaktan içerdiğini göstermekte ve pozitif olarak değerlendirilmektedir (Kuiper vd., 2004; Yalçın vd., 2018). Biyosüpfaktan içeren kültür ortamları bazen şeffaf olabilmekte ve bu nedenle parafilm M üzerindeki yayılmanın tespiti zorlaşmaktadır. Bazı araştırmacılar, yayılmaya etkisi olmayan metilen mavisi ve ksilen siyanol gibi boyaları %1 (w/v) oranında kültür sıvısına ilave ederek yöntemi modifiye ettiklerini ve daha kolay gözlem yapılabilirdiğini rapor etmişlerdir (Kuiper vd., 2004; Hewald vd., 2005; Techaoei vd., 2007).

Drop collapse testi

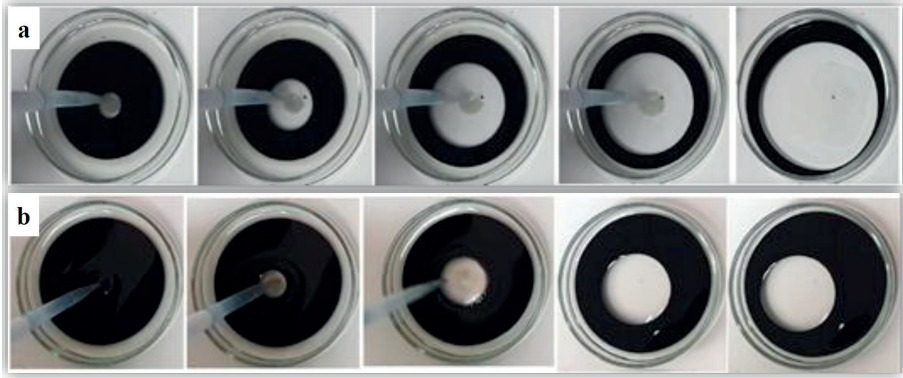
Bu deneme, biyosüpfaktanın içerisinde bulunduğu sıvı damlaları destabilize ederek yağ ile kaplanmış bir yüzeyde yayması prensibine dayanmaktadır. 96 kuyucuklu plakalardaki kuyucukların her biri sabit hacimde mineral yağ ile kaplanarak denge durumuna gelmesi için oda sıcaklığında 24 saat bekletilmektedir. Biyosüpfaktan içeren hücretsiz kültür sıvısının yayılma özellikleri, denge durumundaki yağları içeren her bir kuyucuğun merkezine 45° açı ile transfer edildikten 1 dakika sonra incelenmektedir (Şekil 2). Eğer damlacık yayılmadıysa sonuç negatif, yayılma gözlemlendi ise pozitif olarak değerlendirilmektedir (Bodour ve Maier, 1998).

Küçük hacimlerle bir ekipman kullanılmadan bu testin uygulanabilmesi en önemli avantajıdır. Ancak, özellikle düşük miktarlarda biyosüpfaktan içeren kültür ortamları için yanlış negatif sonuç alınma olasılığı bulunmaktadır (Satpute vd., 2008)

Yağ yayılma (yer değiştirme) testi

Morikawa vd. (1993) tarafından geliştirilen bu test, yağ-su arayüzündeki temas açısının biyosüpfaktan tarafından değiştirilmesi prensibine dayan-

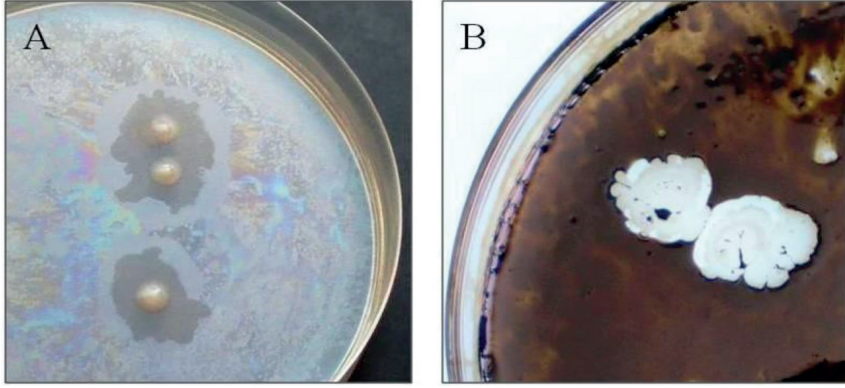
maktadır. Özel bir ekipmana ihtiyaç duyulmadan sonuçlar birkaç dakika içinde ölçülebilmektedir. Ham petrol, kullanılmış motor yağı, bitkisel yağlar gibi hidrofobik maddeler kullanılarak petrolere aktarılan distile su üzerinde ince bir yağ tabakası oluşturulmaktadır. Oluşturulan yağ filminin üzerine biyosümfaktan içeren hücresiz kültür ortamı nazikçe transfer edilmekte ve sonrasında yağ filminde meydana gelen açılmanın çapı ölçülmektedir (Şekil 3). Biyosümfaktanı içeren hücresiz kültür ortamı veya süpernatantın yayılma alanı ile test edilen biyosümfaktan konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Morikawa vd., 2000; Čipinytė vd., 2011). Bu nedenle, hassas ve semi-kantitatif bir test olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Trindade vd., 2022).



Şekil 3. *Proteus mirabilis* SLM-B52 (üstte) ve *Klebsiella pneumoniae* SLM-B39 (altta) suşlarının çoğaltılmasıyla elde edilen hücresiz kültür sıvılarının kullanılmış motor yağı üzerinde oluşturduğu yayılma alanı (Uyar ve Sağlam, 2021)

Hidrokarbonla kaplanmış agar yöntemi

Hidrokarbonları parçalayan ve biyosümfaktan üreten mikrobiyal suşların aynı anda tespit edilmesine olanak sağlayan bir testtir. Kolayca uygulanabilen bu yöntem için ilave bir ekipmana ihtiyaç duyulmamaktadır. Katı besiyerinin yüzeyi kerosen, hegzadekan, benzene, toluen ve motorin gibi petrol türevleri hidrokarbonlardan biriyle kaplanmaktadır. Saf mikrobiyal kültürler spot ekim ile besiyeri yüzeyine transfer edildikten sonra petrilere uygun sıcaklıklarda 7-10 gün boyunca inkübe edilmektedir. İnkübasyon süresi sonunda koloni etrafında gözlenen emülsifiye olmuş bir zon varlığı, biyosümfaktan üretimi bakımından pozitif olduğunu göstermektedir (Şekil 4) (Satpute vd., 2008). Ancak, bu yöntemin hidrokarbonları parçalama yeteneğinde olmayan mikroorganizmalar için uygulanamaması ve elde edilen pozitif sonuçların daha sonra başka yöntemler kullanılarak onaylanmasına ihtiyaç duyulması gibi sınırlamaları mevcuttur (Trindade vd., 2022).

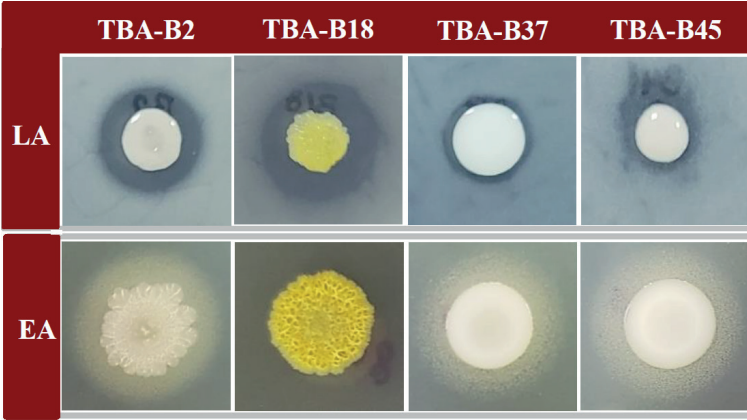


Şekil 4. Motorin (A) ve fuel oil (B) ile kaplanmış mineral agar üzerinde büyüyen *Arthrobacter sp N3* suşu tarafından biyosümfaktan üretimi (Çipinytė vd., 2011)

Lipaz/esteraz aktivitelerinin belirlenmesi

Muneeswari vd. (2021) petrol hidrokarbonlarının biyodegradasyonu sırasında lipaz ve esteraz enzim üretiminde artış rapor etmişlerdir. Yağlı maddelerin katabolizmasında rol alan biyosümfaktanlarla birlikte her iki enzimin de üretildiği bildirilmiştir (Colla vd., 2010; Sekhon vd., 2011, 2012; Kreling vd., 2020; Muneeswari vd., 2021). İlave olarak, yüzey aktif maddelerin lipaz aktivitesi üzerine sinerjistik etki gösterdiği de tespit edilmiştir (Zhang vd. 2018; Janek vd. 2020). Bu nedenle, hücre dışı lipaz ve esteraz aktivitelerinin belirlenmesi biyosümfaktan üretim potansiyelinin taranmasında kullanılan testler arasında yerini almıştır (Eldin vd. 2019; Shatila vd. 2021; Uyar ve Sağlam, 2021; Uyar ve Avcı, 2023).

Normal koşullar altında esterazlar ve lipazlar ester bağlarını ayırmalarına rağmen her iki enzimin de substrat spesifikliğı farklıdır. Esterazlar (Karbosiklik ester hidrolazlar; EC 3.1.1.1) suda çözünebilir kısa zincirli triaçilgliseroller üzerinde etki göstermelerine karşın lipazlar (Triaçilgliserol açilhidrolazlar; EC 3.1.1.3) suda çözünmeyen uzun zincirli triaçilgliseroller üzerinde etkilidir (Singh vd. 2006; Chahiniana ve Sarda, 2009). %1 (v/v) tributrin ilavesi yapılmış katı besiyerine mikrobiyal izolatların spot ekimleri yapıldıktan sonra uygun sıcaklıkta 2-3 günlük inkübasyona bırakılmaktadır. Koloni etrafındaki şeffaf zon oluşumu lipaz üretimini işaret etmektedir (Şekil 5). Esteraz aktivitesinin belirlenmesi için de Tween 80 ilave edilmiş katı besiyerlerine mikroorganizmaların spot ekimleri yapılarak uygun sıcaklıkta yaklaşık 10 güne kadar inkübe edilmektedir. Esteraz aktivitesi ile salınan yağ asitleri, besiyeri bileşiminde bulunan kalsiyum iyonları ile koloniler etrafında presipitasyon zonu meydana getirmektedir (Şekil 5) (Uyar ve Avcı, 2023).



Şekil 5. *Pseudomonas balearica* TBA-B2, *Pseudomonas* sp. TBA-B18, *Acinetobacter radioresistens* TBA-B37 ve *Acinetobacter baumannii* TBA-B45 suşlarının hücre dışı lipaz (LA) ve esteraz (EA) aktiviteleri (Uyar ve Avcı, 2023).

Emülsifikasyon indeksi (E_{24})'nin belirlenmesi

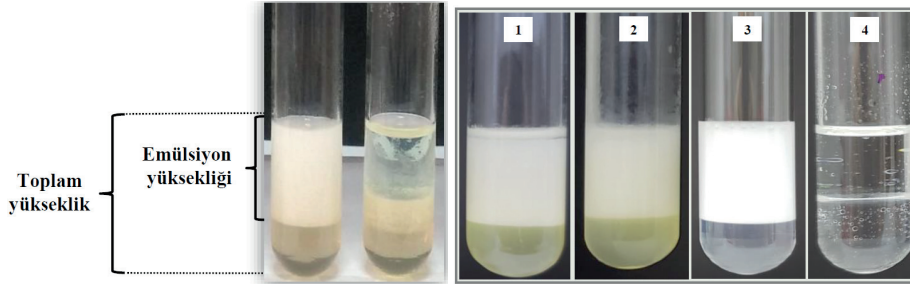
Suda çözünmeyen karbon kaynaklarını içeren ortamlarda bulunan mikroorganizmalar, büyümeleri sırasında bu karbon kaynaklarının suda çözünmesini sağlayan biyoemülsifiye edicileri üretmektedirler. Mikrobiyal hücreler tarafından sentezlenen bu amfipatik moleküller, yüzey aktif özellikleri sayesinde yağ-su arayüzeyindeki arayüzey gerilimini düşürerek mikroskobik damlacıklar olarak nitelendirilen mikroemülsiyonları oluşturmak suretiyle bir sıvının diğer bir sıvı içerisinde dağılmasını sağlamaktadırlar. Biyoemülsifiye ediciler, özellikle hidrofobik substratların bulunduğu bir ortamda gerçekleşecek mikrobiyal büyüme için hayati bir önem taşımaktadır (Patil ve Chopade, 2001; Mnif vd., 2018).

Satpute vd. (2010), biyosürfaktanların hem yüzey gerilimini düşürebilme hem de emülsifiye edebilme yeteneğine sahip olduğunu ve yüksek moleküler ağırlıklı biyosürfaktanların emülsifikasyon aktivitesinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, düşük moleküler ağırlıklı glikolipidlerle yapılan çalışmalara bakıldığında hidrokarbon emülsifikasyonunda çok iyi performans gösterdikleri rapor edilmiştir (Mnif vd., 2018). Biyoemülsifiye ediciler, faz dağılımına aracılık yapmaları nedeniyle de kozmetik, gıda, ziraat ve farmasötik endüstrisinde potansiyel uygulamalara sahiptirler (Patil ve Chopade, 2001; Mnif vd., 2018).

Biyosürfaktanların taranmasında kullanılan yöntemlerin bir çoğu yüzey gerilimindeki düşüşü temel almaktadır. Ancak yalnız yüzey gerilimindeki azalmayı baz alan bu uygulamalar, biyoemülsifiye edicileri üreten mikroorganizmaların tespitinde pek kullanışlı değildir. Bu nedenle, arayüzey aktivitesini belirlemek için emülsifikasyon indeksinin de hesaplanması gerek-

mektedir (Palladino vd., 2023). Hücresiz biyosüpfaktan üretim ortamlarının n-hegzan, n-hegzadekan, kerosen, benzene ve bitkisel yağlar gibi farklı hidrofobik bileşikleri emülsifiye etme yeteneği E_{24} değerlerinin hesaplanmasıyla belirlenmektedir (Yalçın vd., 2018). Iqbal vd. (1995) tarafından geliştirilen bu denemede; eşit hacimde (2 mL) hidrofobik test bileşiği ile biyosüpfaktan içeren hücresiz kültür sıvısı karıştırılarak maksimum hızda 2 dakika boyunca vortekslenmekte ve sonrasında 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmektedir (Şekil 6). Farklı hacimlerdeki hücresiz kültür ortamı ve hidrokarbonları kullanılarak yöntemin modifiye edildiği çalışmalar da rapor edilmiştir (Abdel-Mawgoud vd., 2008). Deney tüpünde oluşan emülsiyon yüksekliği ve sıvı kolonun toplam yüksekliği ölçülerek aşağıdaki formüle göre emülsifikasyon indeksi hesaplanmaktadır:

Emülsifikasyon indeksi (E_{24})= Emülsiyon yüksekliği/Sıvı kolonun toplam yüksekliği x 100



Şekil 6. Emülsifikasyon aktivitesinin belirlenmesi için ölçülen emülsiyon yüksekliği ve toplam yükseklik (solda). *Bacillus sp. TBA-B10* (1) ve *Acinetobacter baumannii TBA-B56* (2) suşlarından elde edilen hücresiz kültür ortamlarının, pozitif kontrol %1 (w/v) SDS (sodium dodesil sülfat) (3), negatif kontrol steril biyosüpfaktan üretim ortamının (4) benzeni emülsifiye etme kapasiteleri (sağda) (Uyar ve Avcı, 2023).

Semi-kantitatif bir yöntem olarak emülsifikasyon indeksinin belirlenmesi tarama testlerinde yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Bununla birlikte biyosüpfaktanlar ile oluşturulan emülsiyonların kararlılığı, biyosüpfaktan verimliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir parametredir. Emülsiyonların uzun süre stabil olarak kalması, fonksiyonlarını yerine getirmeleri için önem arz etmektedir. Bu nedenle, aynı deneme için daha uzun bir bekleme süresi (10-30 gün gibi) sonunda ölçümlerin yeniden yapılması ile emülsiyon stabilitesi belirlenmektedir (Felix vd., 2019; Uyar ve Sağlam, 2021).

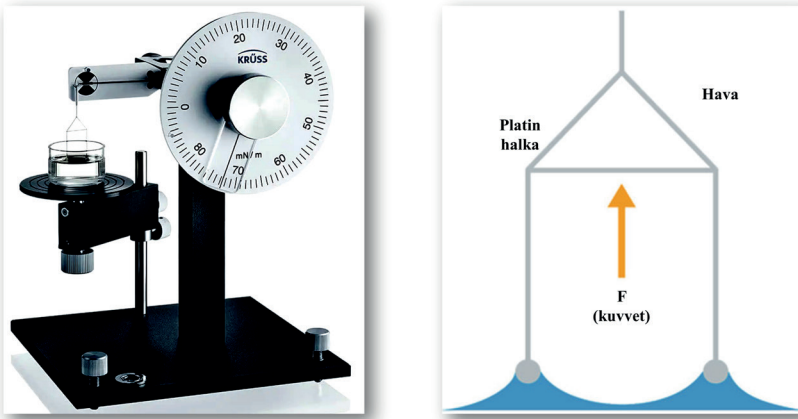
Du Noüy halka yöntemi

Kalitatif yöntemler, sadece biyosüpfaktan üreten mikroorganizmaların tespitinde fayda sağlamaktadır. Ancak, yüzey ve arayüzey gerilimlerinin belirlenmesi için kullanılan kantitatif yöntemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, Du Noüy halka yöntemi altın standart yöntem olarak değerlendiril-

dirilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Sharma, 2021; Trindade vd. 2022; Uyar ve Avcı, 223).

Du Noüy halka yöntemi, platin bir halkayı bir yüzey veya arayüzeyden ayırmak için gereken kuvvetin ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Ayırma için kullanılacak kuvvet, yüzey ve arayüzey gerilimi ile orantılıdır. Ölçümün yapılabilmesi için tensiyometre cihazına ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 7). Cihazda bulunan platin halka, her ölçüm öncesinde alevden geçirilerek sterilizasyon yapmak suretiyle kontaminantlar uzaklaştırılmalıdır. İçinde bulunduğu sıvının yüzey gerilimini 40 mN/m ve altına düşürebilen biyosüfaktanların umut vaat ettiği düşünülmektedir (Walter vd., 2010).

Yöntemin en önemli avantajı kolay bir şekilde doğru sonuçların alınmasıdır. Diğer tarama testleri ile kıyaslandığında; ölçüm için özel bir cihaza ihtiyaç duyulması, daha fazla hacimde (yaklaşık 25 mL) örneklerle ölçümün yapılabilmesi ve aynı anda tek bir analizin yapılması gibi kısıtlamaları bulunmaktadır.



Şekil 7. Yüzey gerilimi ölçümlerinde kullanılan tensiyometre cihazı (solda) ve Du Noüy halka yönteminin şematik gösterimi (<https://www.kruss-scientific.com>)

Sonuç ve Geleceğe Yönelik Perspektifler

Çevresel farkındalığın artması ile birlikte yeşil ürünlere olan ilgi de artmıştır. Biyoyuumlulukları nedeniyle bu kapsamda değerlendirilen biyomoleküllerden birisi de mikrobiyal biyosüfaktanlardır. Günümüze kadar devam eden birçok endüstriyel uygulamada yoğun bir şekilde kullanılan süfaktanlarla eş fonksiyona sahip olan bu moleküllere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Mikroorganizmaların çeşitli metabolik yolları ile üretilen biyosüfaktanlar, sentetik süfaktanların aksine geniş bir yapısal çeşitlilik sunarak bioprosese özgü uygulama alanları bulabilmektedir. Yüksek biyobozunurluk, ekstrem koşullara tolerans, düşük toksisite başta olmak üzere sayısız avantaj-

lara sahiptirler. Ancak, yüksek maliyet uygulama alanlarını kısıtlamaktadır. Sentetik sürfaktanlar için piyasa fiyatı 1-3 \$/kg iken biyosürfaktanlar için bu değer yaklaşık 20-25 \$/kg'dır. Üretim maliyetini etkileyen temel parametrelerden birisi biyosürfaktanların üretiminde kullanılan ham maddedir. Çevresel atıkların kullanıldığı üretim prosesleri ve optimizasyonu ile maliyetin belirgin düzeylere düşürülmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Biyosürfaktan kullanımını yaygınlaştırarak maliyeti azaltacak bir diğer strateji ise yüksek biyosürfaktan üretim kapasitesine sahip mikroorganizmaların izolasyonu ve taranmasıdır. Farklı ekolojik çevrelerden izole edilen mikroorganizmalardaki biyosürfaktan üretim yeteneklerinin test edildiği tarama çalışmaları ile değişik moleküler yapılarda ve yüksek üretim potansiyeline sahip etkin biyosürfaktan üreticileri elde edilmiş olacaktır. Ayrıca, genetik manipülasyonlarla hem biyosürfaktanların hem de diğer mikrobiyal ürünlerin sentezinde rol alan genlerin bir araya getirildiği mikrobiyal suşların inşa edilmesi sayesinde maliyet makul seviyelere çekilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Mawgoud, A. M., Aboulwafa, M. M., & Hassouna, N. A. H. (2008). Characterization of surfactin produced by *Bacillus subtilis* isolate BS5. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 150, 289-303. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8153-z>
- Bodour, A. A., & Miller-Maier, R. M. (1998). Application of a modified drop-collapse technique for surfactant quantitation and screening of biosurfactant-producing microorganisms. *Journal of Microbiological Methods*, 32(3), 273-280. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(98\)00031-1](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(98)00031-1)
- Chahiniana, H., & Sarda, L. (2009). Distinction between esterases and lipases: comparative biochemical properties of sequence-related carboxylesterases. *Protein and Peptide Letters*, 16(10), 1149-1161. <https://doi.org/10.2174/092986609789071333>.
- Chen, W. C., Juang, R. S., & Wei, Y. H. (2015). Applications of a lipopeptide biosurfactant, surfactin, produced by microorganisms. *Biochemical Engineering Journal*, 103, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.07.009>
- Čipinytė, V., Grigiškis, S., Šapokaitė, D., & Baškys, E. (2011). Production of biosurfactants by *Arthrobacter* sp. N3, a hydrocarbon degrading bacterium. In *Environment, Technologies, Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (Vol. 1, pp. 68-75).
- Colla, L. M., Rizzardi, J., Pinto, M. H., Reinehr, C. O., Bertolin, T. E., & Costa, J. A. V. (2010). Simultaneous production of lipases and biosurfactants by submerged and solid-state bioprocesses. *Bioresource Technology*, 101(21), 8308-8314. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.086>
- Deepika, K. V., Sridhar, P. R., & Bramhachari, P. V. (2015). Characterization and antifungal properties of rhamnolipids produced by mangrove sediment bacterium *Pseudomonas aeruginosa* strain KVD-HM52. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 608-615. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.09.009>
- Dhuldhaj, U. P., & Bora, C. R. (2021). Microbial Surfactants-an Overview. *Microbial Surfactants*, pp. 1-26.
- Eldin, A. M., Kamel, Z., & Hossam, N. (2019). Isolation and genetic identification of yeast producing biosurfactants, evaluated by different screening methods. *Microchemical Journal*, 146, 309-314. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.01.020>
- Felix, A. K. N., Martins, J. J., Almeida, J. G. L., Giro, M. E. A., Cavalcante, K. F., Melo, V. M. M., ... & de Santiago Aguiar, R. S. (2019). Purification and characterization of a biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* in cashew apple juice and its application in the remediation of oil-contaminated soil. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 175, 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.11.062>
- Hewald, S., Josephs, K., & Bölker, M. (2005). Genetic analysis of biosurfactant production in *Ustilago maydis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3033-3040. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.6.3033-3040.2005>

<https://www.kruss-scientific.com> (Erişim tarihi: 15.06.2023)

- Iqbal, S., Khalid, Z. M., & Malik, K. A. (1995). Enhanced biodegradation and emulsification of crude oil and hyperproduction of biosurfactants by a gamma ray-induced mutant of *Pseudomonas aeruginosa*. *Letters in Applied Microbiology*, 21(3), 176-179. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1995.tb01035.x>
- Janek, T., Mironczuk, A. M., Rymowicz, W., & Dobrowolski, A. (2020). High-yield expression of extracellular lipase from *Yarrowia lipolytica* and its interactions with lipopeptide biosurfactants: a biophysical approach. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 689, 108475. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108475>
- Kreling, N. E., Simon, V., Fagundes, V. D., Thomé, A., & Colla, L. M. (2020). Simultaneous production of lipases and biosurfactants in solid-state fermentation and use in bioremediation. *Journal of Environmental Engineering*, 146(9), 04020105.
- Kuiper, I., Lagendijk, E. L., Pickford, R., Derrick, J. P., Lamers, G. E., Thomas-Oates, J. E., ... & Bloemberg, G. V. (2004). Characterization of two *Pseudomonas putida* lipopeptide biosurfactants, putisolvin I and II, which inhibit biofilm formation and break down existing biofilms. *Molecular Microbiology*, 51(1), 97-113. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.2003.03751.x>
- Mgbechidinma, C. L., Zhang, X., Wang, G., Atakpa, E. O., Jiang, L., & Zhang, C. (2023). Advances in Biosurfactant Production from Marine Waste and Its Potential Application in the Marine Environment. In *Marine Surfactants* (pp. 223-254). CRC Press.
- Mnif, I., & Ghribi, D. (2016). Glycolipid biosurfactants: main properties and potential applications in agriculture and food industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4310-4320. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7759>
- Mnif, I., Ellouz-Chaabouni, S., & Ghribi, D. (2018). Glycolipid biosurfactants, main classes, functional properties and related potential applications in environmental biotechnology. *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 2192-2206. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-1076-4>
- Mulligan, C. N., Cooper, D. G., & Neufeld, R. J. (1984). Selection of microbes producing biosurfactants in media without hydrocarbons. *Journal of Fermentation Technology*, 62(4), 311-314. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001785](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001785)
- Muneeswari, R., Swathi, K. V., Sekaran, G., & Ramani, K. (2021). Microbial-induced biosurfactant-mediated biocatalytic approach for the bioremediation of simulated marine oil spill. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03086-0>
- Morikawa, M., Daido, H., Takao, T., Murata, S., Shimonishi, Y., & Imanaka, T. (1993). A new lipopeptide biosurfactant produced by *Arthrobacter* sp. strain MIS38. *Journal of Bacteriology*, 175(20), 6459-6466. <https://doi.org/10.1128/jb.175.20.6459-6466.1993>
- Morikawa, M., Hirata, Y., & Imanaka, T. (2000). A study on the structure-function relationship of lipopeptide biosurfactants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1488(3), 211-218.

- Myers, D. (2020). *Surfactant Science and Technology* (4th ed.). USA: John Wiley & Sons.
- Nalini, S., & Parthasarathi, R. (2014). Production and characterization of rhamnolipids produced by *Serratia rubidaea* SNAU02 under solid-state fermentation and its application as biocontrol agent. *Bioresource Technology*, 173, 231-238. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.051>
- Ng, Y. J., Chan, S. S., Khoo, K. S., Munawaroh, H. S. H., Lim, H. R., Chew, K. W., ... & Show, P. L. (2023). Recent advances and discoveries of microbial-based glycolipids: Prospective alternative for remediation activities. *Biotechnology Advances*, 108198. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108198>
- Palladino, F., Rodrigues, R. C., dos Santos, Y. S., & Rosa, C. A. (2023). Microorganisms Producing Biosurfactants in the Current Scenario. *Biosurfactants and Sustainability: From Biorefineries Production to Versatile Applications*, 11-27. <https://doi.org/10.1002/9781119854395.ch1>
- Patil, J. R., & Chopade, B. A. (2001). Studies on bioemulsifier production by *Acinetobacter* strains isolated from healthy human skin. *Journal of Applied Microbiology*, 91(2), 290-298. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01382.x>
- Raj, A., Kumar, A., & Dames, J. F. (2021). Tapping the role of microbial biosurfactants in pesticide remediation: an eco-friendly approach for environmental sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 3886. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.791723>
- Roelants, S. L., & Soetaert, W. (2022). Industrial Perspectives for (Microbial) Biosurfactants. In *Biosurfactants for the Biobased Economy* (pp. 1-15). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/10_2021_175
- Rosenberg, E., & Ron, E. Z. (1999). High-and low-molecular-mass microbial surfactants. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 52, 154-162. <https://doi.org/10.1007/s002530051502>
- Saranraj, P., Sayyed, R. Z., Sivasakthivelan, P., Devi, M. D., Al Tawaha, A. R. M., & Sivasakthi, S. (2021). Microbial Biosurfactants-Sources, Classification, Properties and Mechanism of Interaction. In *Microbial Surfactants* (pp. 243-265). CRC Press.
- Satpute, S. K., Banpurkar, A. G., Dhakephalkar, P. K., Banat, I. M., & Chopade, B. A. (2010). Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30(2), 127-144. <https://doi.org/10.3109/07388550903427280>
- Satpute, S. K., Bhawsar, B. D., Dhakephalkar, P. K., & Chopade, B. A. (2008). Assessment of different screening methods for selecting biosurfactant producing marine bacteria. Sayyed, R. Z., El-Enshasy, H. A., & Hameeda, B. (Eds.). (2021). *Microbial Surfactants: Volume I: Production and Applications*. CRC Press.
- Schulz, D., Passeri, A., Schmidt, M., Lang, S., Wagner, F., Wray, V., & Gunkel, W. (1991). Marine biosurfactants, I. Screening for biosurfactants among crude oil degrading marine microorganisms from the North Sea. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 46(3-4), 197-203. <https://doi.org/10.1515/znc-1991-3-407>

- Sekhon, K. K., Khanna, S., & Cameotra, S. S. (2011). Enhanced biosurfactant production through cloning of three genes and role of esterase in biosurfactant release. *Microbial Cell Factories*, 10, 1-10. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-49>
- Sekhon, K. K., Khanna, S., & Cameotra, S. S. (2012). Biosurfactant production and potential correlation with esterase activity. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, 3(7), 133. <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000133>
- Sha, R., Jiang, L., Meng, Q., Zhang, G., & Song, Z. (2012). Producing cell-free culture broth of rhamnolipids as a cost-effective fungicide against plant pathogens. *Journal of Basic Microbiology*, 52(4), 458-466. <https://doi.org/10.1002/jobm.201100295>
- Sharma, D. (2021). *Biosurfactants: Greener surface active agents for sustainable future*. Singapore: Springer.
- Shatila, F., Uyar, E., & Yalçın, H. T. (2021). Screening of biosurfactant production by *Yarrowia lipolytica* strains and evaluation of their antibiofilm and anti-adhesive activities against *Salmonella enterica* ser. Enteritidis biofilms. *Microbiology*, 90, 839-847.
- Shoeb, E., Akhlaq, F., Badar, U., Akhter, J., & Imtiaz, S. (2013). Classification and industrial applications of biosurfactants. *Academic Research International*, 4(3), 243.
- Siegmund, I., & Wagner, F. (1991). New method for detecting rhamnolipids excreted by *Pseudomonas* species during growth on mineral agar. *Biotechnology Techniques*, 5(4), 265-268. <https://doi.org/10.1007/BF02438660>
- Singh, R., Gupta, N., Goswami, V. K., & Gupta, R. (2006). A simple activity staining protocol for lipases and esterases. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 70, 679-682. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0138-z>
- Techaoei, S., Leelapornpisid, P., Santiarwarn, D., & Lumyong, S. (2007). Preliminary screening of biosurfactant-producing microorganisms isolated from hot spring and garages in Northern Thailand. *Current Applied Science and Technology*, 7(1-1), 38-43.
- Trindade, M., Sithole, N., Kubicki, S., Thies, S., & Burger, A. (2022). Screening strategies for biosurfactant discovery. In *Biosurfactants for the Biobased Economy* (pp. 17-52). Cham: Springer International Publishing.
- Uyar, E., & Avcı, T. (2023). Screening and molecular identification of biosurfactant/bioemulsifier producing bacteria from crude oil contaminated soils samples. *Biologia*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01330-9>
- Uyar, E., & Sağlam, Ö. (2021). Isolation, screening and molecular characterization of biosurfactant producing bacteria from soil samples of auto repair shops. *Archives of Microbiology*, 203(8), 4929-4939. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02483-4>
- Uyar, E., & Yalçın, H. T. (2013). Mikrobiyal Biyosümfaktanlar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 93-102.

- Walter, V., Sylđatk, C., & Hausmann, R. (2010). Screening concepts for the isolation of biosurfactant producing microorganisms. *Biosurfactants*, 1-13.
- Williams, W., & Trindade, M. (2017). Metagenomics for the discovery of novel biosurfactants. *Functional Metagenomics: Tools and Applications*, 95-117. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61510-3_6
- Yalçın, H. T., Ergin-Tepebaşı, G., & Uyar, E. (2018). Isolation and molecular characterization of biosurfactant producing yeasts from the soil samples contaminated with petroleum derivatives. *Journal of Basic Microbiology*, 58(9), 782-792. <https://doi.org/10.1002/jobm.201800126>
- Zhang, R., Liu, Y., Huang, X., Xu, M., Liu, R., & Zong, W. (2018). Interaction of a digestive protease, *Candida rugosa* lipase, with three surfactants investigated by spectroscopy, molecular docking and enzyme activity assay. *Science of the Total Environment*, 622, 306-315. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.305>

Bölüm 6

DE LA VALLEE-POUSSIN ORTALAMASI YARDIMIYLA TANIMLANAN KESİRLİ MERTEBEDEN MODÜLER DİZİ UZAYI VE GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ¹

Murat KARAKAŞ²
Gülşah KARADİĞİNLİ³

1 *Bu çalışma Gülşah KARADİĞİNLİ' nin yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Tez Adı: Kesirli Mertebeden Fark Operatörü Yardımıyla Tanımlanan
Yeni Bir Dizi Uzayı ve Geometrik Özellikleri. 2021

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat KARAKAŞ

Tez No: 691289

2 Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü,
mkrks33@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5174-0282

3 Bitlis Eren Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
Matematik Ana-bilim Dalı., gulsahkaradiginli@hotmail.com,
ORCID: 0000-0003-1517-3919



1. Giriş

“De la Valle-Poussin ortalaması” ilk kez (V, λ) -toplanabilirlik kavramını tanıtmak amacıyla 1965 yılında Leindler [1] tarafından toplanabilme teorisinde ele alınmıştır. Daha sonra 2000 yılında Malkowsky ve Savaş [2] genelleştirilmiş de la Vallee-Poussin kavramından yola çıkarak bazı dizi uzaylarını tanımlamışlardır. Ayrıca (V, λ) -toplanabilir dizi uzayları Savaş [3] ve Et [4] gibi pek çok yazar tarafından çalışılmıştır. Son zamanlarda dizi uzaylarının geometrik özelliklerinin incelenmesi büyük ilgi görmektedir. Özellikle l_p ($1 < p < \infty$) uzayının yansımali ve konveks oluşu l_p -tipi dizi uzaylarının geometrik yapısının incelenmesini elverişli kılmaktadır. Literatürde bazı Banach uzaylarının geometrik özellikleriyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Şimşek, Savaş ve Karakaya [5-7], Et, Karakaş ve Karakaya [8-9], Şimşek [10], Mursaleen, Çolak ve Et [11], Karakaş, Çınar ve Et [12-13] bu çalışmalardandır. Gamma fonksiyonu $\alpha \notin \{0, -1, -2, -3, \dots\}$ ve $\alpha \in \mathbb{R}$ olmak üzere;

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\alpha-1} dt$$

şeklinde tanımlanır. Baliarsingh [14] tarafından Gamma fonksiyonu ve özellikleri kullanılarak $(\Delta^{\alpha}x)_k$ ve $(\Delta^{-\alpha}x)_k$ fark operatörleri tanımlanmıştır. $\alpha = 1$ ve $\alpha = m$ ($m \in \mathbb{N}$) olması durumunda bu operatörler sırasıyla Kızmaz [15] ile Et ve Çolak [16] tarafından tanımlanan $(\Delta x)_k$ ve $(\Delta^m x)_k$ operatörlerine indirgenir. Fark operatörlerinde kesirli olan α 'lar $\tilde{\alpha}$ ile gösterilerek kesir dereceli fark operatörü Baliarsingh ve Dutta [15] tarafından

$$(\Delta^{\tilde{\alpha}}x)_k = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{\Gamma(\tilde{\alpha}+1)}{i! \Gamma(\tilde{\alpha}-i+1)} x_{k+i}$$

şeklinde verilmiştir. Kesirli fark operatörü son yıllarda Baliarsingh [16], Baliarsingh ve Nayak [17], Nayak vd. [18], Meng ve Mei [19], Yaying vd. [20], Baliarsingh vd. [21], Özger [22-23] gibi birçok yazar tarafından çalışılmaktadır.

Bu bilgiler ışığında çalışmamızın amacı kesir dereceli fark operatörü ve (V, λ) -toplanabilirlik kavramlarını birleştirerek yeni bir Banach uzayı tanımlayıp bu uzayın modüler yapısını da ele alarak geometrik yapısını araştırmaktır. Bu anlamda çalışmamız yeni ve ilginç sonuçlar içereceğinden literatüre katkısı kaçınılmaz olacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

X bir Banach uzayı ve $B(X)$ ile $S(X)$ sırasıyla bu uzayda birim yuvar ve birim küre olsun. $u, v \in B(X)$ için $2t = u + v$ iken $u = v$ oluyorsa, $t \in S(X)$ noktasına bir extrem nokta adı verilir. Ayrıca birim küre üzerindeki her zayıf yakınsak dizi norma göre yakınsak ise, X Banach uzayı (H) özelliğine sahiptir denir. Bu geometrik kavramlar ve literatürdeki önemleri için Chen[24], Cui ve Hudzik [25], Diestel [26] and Musielak [27] vb. çalışmalara bakılabilir.

Banach uzayların geometrik karakterizasyonları çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Örneğin, sabit nokta teorisiyle ilişkili olan Opial özelliği Opial [28] tarafından verilmiştir ve bu özelliğin $1 < p < \infty$ için ℓ_p uzayında sağlandığı ancak $L_p[0,2\pi]$, $p \neq 2$ uzayında sağlanmadığı gösterilmiştir. Daha sonra Prus [29] Banach uzayları için düzgün Opial özelliği fikrini tanıtmıştır. Ayrıca hemen hemen düzgün konvekslik kavramı Huff [30] tarafından çalışılmıştır ve bu özelliğe sahip Banach uzayların yansılmalı ve düzgün Kadec-Klee özelliğine sahip olduğu gösterilmiştir. Buna ek olarak, Kutzarova [31] tarafından k-hemen hemen düzgün konvekslik fikri ortaya atılmıştır. Şimdi bu kavramlardan bazılarını tanımlayalım:

Tanım 2.1 X bir Banach uzay olsun. $\forall \varepsilon > 0$ ve $u, v \in S(X)$ için $\|u - v\| > \varepsilon \implies \left\| \frac{1}{2}(u + v) \right\| < 1 - \gamma$ olacak şekilde bir $\gamma > 0$ var ise X 'e düzgün konvektir (UC) denir.

Tanım 2.2 $\varepsilon > 0$ için $sep(u_n) = \inf\{\|u_n - u_m\| : m \neq n\} > \varepsilon$ olmak üzere bir $\{u_n\} \subset X$ dizisi var ise bu diziye ε -ayrılmış dizi denir.

Tanım 2.3 $\varepsilon > 0$ ve $sep(u_n) > \varepsilon$ olacak şekilde $\forall (u_n) \subset B(X)$ dizisi için $conv(u_n) \cap ((1 - \gamma)B(X)) \neq \emptyset$ olmak üzere bir $\gamma \in (0,1)$ sayısı mevcut ise X Banach uzayına hemen hemen düzgün konveks (NUC) adı verilir.

Tanım 2.4 Bir X Banach uzayına, $\varepsilon > 0$ ve $sep(u_n) < \varepsilon$ olmak üzere herhangi bir $(u_n) \subset B(X)$ dizisi için $\left\| \frac{u_{n_1} + u_{n_2} + \dots + u_{n_k}}{k} \right\| < 1 - \gamma$ olacak şekilde $\gamma > 0$ sayısı mevcutsa k-hemen hemen düzgün konveks (k-NUC) denir.

Tanım 2.3 ve Tanım 2.4'den, k hemen hemen düzgün konveks Banach uzayların hemen hemen düzgün konveks olduğu ancak tersinin genellikle sağlanmadığı açıkça ifade edilebilir.

Tanım 2.5 Bir X Banach uzayında sıfıra zayıf yakınsak herhangi $\{u_m\}$ dizisi ve herhangi $u \in X - \{0\}$ iken $\liminf_{m \rightarrow \infty} \|u_m\| < \liminf_{m \rightarrow \infty} \|u_m + u\|$ şartı sağlanırsa X Banach uzayı Opial özelliğini sağlar denir.

Tanım 2.6 $\varepsilon > 0$ olsun. $\|u\| \geq \varepsilon$ iken herhangi $u \in X$ ve sıfıra zayıf yakınsak $\{u_m\} \subset S(X)$ için $1 + r < \liminf_{m \rightarrow \infty} \|u_m + u\|$ olacak şekilde bir $r > 0$ mevcut ise X Banach uzayı düzgün Opial özelliğine sahiptir denir.

Tanım 2.7 $\beta(A)$, kompakt olmayan Hausdorff ölçümü olmak üzere $\forall \varepsilon > 0$ iken kompakt olmayan konvekslik modülü

$$\Delta(\varepsilon) = \inf\{1 - \inf(\|u\| : u \in A) : \beta(A) \geq \varepsilon, A \subset \beta(X)\}$$

olarak tanımlanır. $\lim_{\varepsilon \rightarrow 1} \Delta(\varepsilon) = 1$ ise X Banach uzayı L özelliğine sahiptir denir.

Teorem 2.8 X Banach uzayının L özelliğine sahip olması için gerek ve yeter şart X uzayının yansılmalı ve düzgün Opial özelliğine sahip olmasıdır.

Tanım 2.9 X bir Banach uzay ve $B \subset X$ olmak üzere $u, v \in B$ olmak üzere $\|Au - Av\| \leq \|u - v\|$ koşuluyla $A : B \rightarrow X$ dönüşümü genişlemeyen (non-expansive) dönüşüm olarak adlandırılır.

Tanım 2.10 Sınırlı, kapalı, konveks her $B \neq \emptyset$ kümesi ve her $A : B \rightarrow B$ genişlemeyen dönüşümü için $A(u) = u$ olacak şekilde bir $u \in B$ varsa X Banach uzayında sabit nokta özelliği mevcuttur denir.

Teorem 2.11 X , duali X^* olan bir Banach uzayı olmak üzere X^* , L- özelliğine sahipse, X uzayı sabit nokta özelliğine sahiptir.

Tanım 2.12 Bir X Banach uzayının (β) özelliğine sahip olması için gerek ve yeter koşul $\forall \varepsilon > 0, u, (u_n) \in B(X), \text{sep}(u_n) \geq \varepsilon$ için $\left\| \frac{u+u_m}{2} \right\| < 1 - \delta$ şartını sağlayan bir m indisi var olacak şekilde $\delta > 0$ sayısının mevcut olmasıdır. Herhangi bir Banach uzayında, Rfx yansılalığı göstermek üzere, aşağıdaki ifade sağlanır:

$$(UC) \Rightarrow (\beta) \Rightarrow (NUC) \Rightarrow (D) \Rightarrow Rfx.$$

X reel vektör uzayı olmak üzere $\varrho : X \rightarrow [0, \infty]$ için;

i. $\varrho(x) = 0 \Leftrightarrow x = 0$,

ii. $|\alpha| = 1$ olacak şekilde $\forall \alpha$ skaleri için $\varrho(\alpha x) = \varrho(x)$,

iii. $\alpha + \beta = 1$ olacak şekilde $\forall \alpha, \beta \geq 0, \forall x, y \in X$ iken $\varrho(\alpha x + \beta y) \leq \varrho(x) + \varrho(y)$

şartları sağlanıyorsa ϱ , modül adını alır ve bununla birlikte

iv. $\alpha + \beta = 1$ olacak şekilde $\forall \alpha, \beta \geq 0, \forall x, y \in X$ iken $\varrho(\alpha x + \beta y) \leq \alpha \varrho(x) + \beta \varrho(y)$ şartı ile de konvektir.

X uzayında herhangi bir ϱ modülü için, $X_\varrho = \{x \in X : \varrho(\lambda x) \rightarrow 0, \lambda \rightarrow 0^+\}$ şeklinde tanımlanan uzay, modüler uzay olarak adlandırılır. (x_n) , X_ϱ 'nin elemanlarının bir dizisi olmak üzere, $n \rightarrow \infty$ iken $\varrho(\lambda(x_n - x)) \rightarrow 0$ olacak şekilde $\lambda > 0$ var ise $x \in X_\varrho$ 'e modüler yakınsak denir.

Bir modül her zaman alt toplamsal değildir. Bu sebeple norm ya da uzaklık fonksiyonu olarak düşünülmez, fakat bir modülü F – normuyla ilişkilendirebiliriz. Şimdi F –normu açıklayalım:

$\| \cdot \| : X \rightarrow [0, \infty]$ fonksiyonu

$$\text{i. } \| x \| = 0 \Leftrightarrow x = 0,$$

$$\text{ii. } |\alpha| = 1 \text{ olmak üzere } \| \alpha x \| = \| x \|,$$

$$\text{iii. } \| x + y \| \leq \| x \| + \| y \|,$$

$$\text{iv. } \alpha_n \rightarrow \alpha \text{ ve } \| x_n - x \| \rightarrow 0 \text{ ise } \| \alpha_n x_n - \alpha x \| \rightarrow 0$$

şartlarıyla F –norm olarak adlandırılır. X 'de F –norm $d(x, y) = \| x - y \|$ olarak uzaklık tanımlar. (X, d) lineer metrik uzayı tam ise F –uzay denir. X_ϱ modüler uzayını

$$\| x \| = \inf \left\{ \alpha > 0 : \varrho \left(\frac{x}{\alpha} \right) \leq \alpha \right\}$$

normu ile tanımlayıp F –normu ile beraber düşünelim. ϱ konveks modül olmak üzere;

$$\| x \|_L = \inf \left\{ \alpha > 0 : \varrho \left(\frac{x}{\alpha} \right) \leq 1 \right\}$$

şeklinde tanımlanan norma X_ϱ üzerinde Luxemburg normu denir.

Teorem 2.13 $(x_n) \subset X_\varrho$ olsun. $\| x_n \| \rightarrow 0$ olması için gerek ve yeter koşul $\forall \lambda > 0$ için $n \rightarrow \infty$ iken $\varrho(\lambda(x_n)) \rightarrow 0$ olmasıdır.

Tanım 2.14 $\varepsilon > 0$ olsun. $\varrho(x) \leq \alpha$ iken $\forall x \in X_\varrho$ için $\varrho(2x) \leq K\varrho(x) + \varepsilon$ olacak şekilde $K \geq 2$ ve $\alpha > 0$ olmak üzere K, α sabit sayıları varsa, ϱ modülü δ_2 şartını sağlar denir ve $\varrho \in \delta_2$ olarak ifade edilir.

Tanım 2.15 ϱ modülü, $\alpha > 0$ sayısına bağlı $K \geq 2$ sabitiyle δ_2 şartını sağlıyorsa, ϱ kuvvetli δ_2 şartını sağlıyor denir ve $\varrho \in \delta_2^S$ ile gösterilir.

Teorem 2.16 $\varrho \in \delta_2^s$ olmak üzere $L > 0$ ve $\varepsilon > 0$ verilsin. $\varrho(u) \leq L$ ve $\varrho(v) \leq \zeta$ eşitsizliklerini sağlayan $u, v \in X_\varrho$ için $|\varrho(u+v) - \varrho(u)| < \varepsilon$ olacak şekilde $\zeta > 0$ mevcuttur.

3. Bulgular

$\Lambda = (\lambda_k)$, pozitif reel sayıların sonsuza giden azalmayan bir dizisi olmak üzere $\lambda_1 = 1$, $\lambda_{k+1} \leq \lambda_k + 1$ iken, $x = (x_k)$ dizisi için $I_k = [k - \lambda_k + 1, k], (k = 1, 2, \dots)$ olacak şekilde de la Valée-Poussin ortalaması $t_k(x) = \frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} x_j$ eşitliği yardımıyla tanımlanır. De la Valée-Poussin ortalaması kullanılarak aşağıda verilen uzaylar tanımlanmıştır:

$$[V, \lambda]_0 = \left\{ x \in \omega : \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |x_j| = 0 \right\},$$

$$[V, \lambda] = \{x \in \omega : (x - le) \in [V, \lambda]_0\},$$

$$[V, \lambda]_\infty = \left\{ x \in \omega : \sup_k \frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |x_j| < \infty \right\}.$$

$\forall k \in \mathbb{N}$ için $\lambda_k = k$ olduğunda Maddox [32], yukarıda verilen uzayları w_0 , w ve w_∞ uzaylarına indirgemıştır.

$\forall n \in \mathbb{N}$ için $p_n \geq 1$ iken $p = (p_n)$, pozitif reel sayıların bir dizisi olmak üzere Şimşek, Savaş ve Karakaya [6] de la Valée-Poussin ortalamasıyla $V(\lambda, p)$ uzayını

$$V(\lambda, p) = \left\{ x \in \omega : \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |x_j| \right)^{p_k} < \infty \right\}$$

şeklinde tanımlamışlardır. Daha sonra Karakaş [33] bu ortalamayı kullanarak $C_{(p)}(\Delta_\lambda^m)$ genelleştirilmiş fark dizi uzayını tanımlamış ve geometrik yapısını incelemiştir. Şimdi $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ modüler dizi uzayını, kesirli fark operatörü $\Delta^{\tilde{\alpha}}$ ve de la Valée-Poussin ortalamasını kullanarak $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) =$

$\sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k}$ olmak üzere;

$$V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = \left\{ x \in \omega : \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(\tau x) < \infty, \exists \tau > 0 \right\}$$

şeklinde tanımlıyoruz. $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayını

$$\|x\|_L = \inf \left\{ \tau > 0 : \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}} \left(\frac{x}{\tau} \right) \leq 1 \right\} \quad (6)$$

Luxemburg normuyla beraber göz önüne alıyoruz. (p_k) dizisinin sınırlı olması halinde uzayımızı

$$V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = \left\{ x \in \omega : \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} < \infty \right\}$$

şeklinde yazıyoruz. $\forall k \in \mathbb{N}$ için $p_k = p$ olması halinde $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ uzayı $V_p(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}})$ uzayına indirgenir. Özel olarak $\tilde{\alpha} = m$ ise $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = C_{(p)}(\Delta_\lambda^m)$ [33], $\tilde{\alpha} = m = 0$ ise $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = V(\lambda, p)$ [6], $\lambda_k = k$, $\tilde{\alpha} = m = 0$ ise $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = ces_{(p)}$ [34], $\lambda_k = k$, $\tilde{\alpha} = m = 0$ ve $p_k = p$ ise $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = ces_p$ [35], $\lambda_k = k$, $\tilde{\alpha} = m$ ve $p_k = p$ ise $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) = C_p(\Delta^m)$ [36] uzayları elde edilir.

Bu kısımdan itibaren tezimiz boyunca $p_k > 1$ ve $M = \sup_k p_k$ olarak alınacaktır. Öncelikle uzayımızın modüler yapısını inceleyeceğiz. Bunun için ilk olarak aşağıdaki teoremleri verelim:

Teorem 3.1 $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}$ fonksiyoneli, $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ üzerinde bir konveks modüldür.

Teorem 3.2

a) $H = \max(1, M = \sup_k p_k)$ olsun. $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayı

$$\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) = \left(\sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} \right)^{\frac{1}{H}}$$

paranormu ile tam paranormlu uzaydır,

b) $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayı $1 \leq p \leq \infty$ olmak üzere

$$\|x\|_{V_p(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}})} = \left(\sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

normuyla, BK - uzayıdır.

Teorem 3.3 $x \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ için $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}$ modülü aşağıdaki özellikleri sağlar.

i. $0 < a < 1$ iken, $a^N \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}} \left(\frac{x}{a} \right) \leq \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x)$ ve $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(ax) \leq a \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x)$,

ii. $a \geq 1$ iken, $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \leq a^N \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}} \left(\frac{x}{a} \right)$,

iii. $a \geq 1$ iken, $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \leq a\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}\left(\frac{x}{a}\right) \leq \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(ax)$.

Teorem 3.4 Herhangi bir $x \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ için,

i. $\|x\|_L < 1 \Rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \leq \|x\|_L$,

ii. $\|x\|_L > 1 \Rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \geq \|x\|_L$,

iii. $\|x\|_L = 1 \Leftrightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) = 1$,

iv. $\|x\|_L < 1 \Leftrightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) < 1$,

v. $\|x\|_L > 1 \Leftrightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) > 1$,

vi. $0 < a < 1$ ve $\|x\|_L > a \Rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) > a^N$,

vii. $a \geq 1$ ve $\|x\|_L < a \Rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) < a^N$.

Teorem 3.5 $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayı (6)'da tanımlanan Lüksemburg normu ile bir Banach uzayıdır.

Teorem 3.6 $(x_t) \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ olmak üzere;

i. $t \rightarrow \infty$ iken $\|x_t\|_L \rightarrow 1 \Rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x_t) \rightarrow 1$,

ii. $t \rightarrow \infty$ iken $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x_t) \rightarrow 0 \Rightarrow \|x_t\|_L \rightarrow 0$.

Teorem 3.7 $x \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ ve $(x_m) \subseteq V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ olmak üzere $\forall j \in \mathbb{N}$ için $m \rightarrow \infty$ iken $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x_m) \rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x)$ ve $\Delta^{\tilde{\alpha}}x_m(j) \rightarrow \Delta^{\tilde{\alpha}}x(j)$ ise, $m \rightarrow \infty$ iken $x_m \rightarrow x$ dir.

Teorem 3.8 $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayı, (H) –özelliğine sahiptir.

İspat. $t \rightarrow \infty$ iken $\|x_t\|_L \rightarrow 1$ ve $x_t \xrightarrow{w} x$ olacak şekilde $x \in S(V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p))$ ve $(x_t) \subseteq B(V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p))$ olsun. O halde Teorem 3.4 (iii) den $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) = 1$ olur ve Teorem 3.6 (i)'den $t \rightarrow \infty$ iken $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x_t) \rightarrow \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x)$ elde edilir. $\vartheta_k : V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p) \rightarrow \mathbb{R}$ ve $\vartheta_k(y) = \Delta^{\tilde{\alpha}}y(k)$ şeklinde tanımlanan ϑ_k dönüşümü $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ üzerinde sürekli ve lineer bir fonksiyonel olduğu için $\forall k \in \mathbb{N}$ için $t \rightarrow \infty$ iken $\Delta^{\tilde{\alpha}}x_t(k) \rightarrow \Delta^{\tilde{\alpha}}x(k)$ dir. Buradan ve Teorem 3.7'den $t \rightarrow \infty$ iken $x_t \rightarrow x$ bulunur.

$V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayının k-hemen hemen düzgün konvekslik özelliğine sahip olduğunu göstermek için aşağıda ispatsız olarak verilen iki yardımcı teoremden yararlanacağız:

Yardımcı Teorem 3.9 Herhangi bir $x \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ ve $\lambda \in (0,1)$ için $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(x) \leq 1 - \lambda$ iken $\|x_t\|_L \leq 1 - \varepsilon$ olacak şekilde $\varepsilon \in (0,1)$ vardır [46].

Yardımcı Teorem 3.10 $\varrho \in \delta_2^s$ ise, bu takdirde $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(u) \leq L$, $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(v) \leq \zeta$, $s, t \in V(\lambda, \Delta^{(\alpha)}, p)$ olmak üzere herhangi bir $L > 0$ ve $\varepsilon > 0$ için $|\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(s + t) - \varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(s)| < \varepsilon$ olacak şekilde $\zeta = \zeta(L, \varepsilon)$ vardır [33].

Teorem 3.11 $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ dizi uzayı k-hemen hemen düzgün konvektir.

İspat. $\varepsilon > 0$, $sep(x_n) \geq \varepsilon$ iken $(x_n) \subseteq B(V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p))$ olacak şekilde (x_n) dizisi alalım. Bu takdirde $(x_n(i))_{n=1}^\infty$ dizisi sınırlı olduğundan, $\forall i \in \mathbb{N}$, $1 \leq i \leq m$ için $(x_{n_j}(i))$ yakınsak olacak şekilde (x_n) dizisinin (x_{n_j}) alt dizisi vardır. Bu ise $\exists i \in \mathbb{N}$ için $sep\{(x_{n_j}^m)_{i>\theta_m}\} \geq \varepsilon$ olacak şekilde (θ_m) artan dizisinin var olması anlamına gelir. $\|x_{\tau_m}^m\|_L \geq \frac{\varepsilon}{2}$ iken $\exists m \in \mathbb{N}$ için $(\tau_m)_{m=1}^\infty \mathbb{Z}^+$ 'da artan bir dizidir. Teorem 3.6'dan $\forall m \in \mathbb{N}$ için

$$\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(x_{\tau_m}^m) \geq \mu \tag{14}$$

olacak şekilde $\mu > 0$ olduğunu kabul edebiliriz. $\alpha > 0$ ve $1 < \alpha < \liminf p_n$ iken; $z \geq 2$ sabit tamsayısı için $\Omega = \frac{\mu}{2} \left\{ \frac{z^\alpha - z}{(z-1)z^{\alpha+1}} \right\}$ alalım. Yardımcı Teorem 3.10'dan $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(u) \leq 1$ ve $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(v) \leq \zeta$ olduğunda

$$|\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(u + v) - \varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(u)| < \Omega \tag{15}$$

olacak şekilde $\zeta > 0$ vardır. Teorem 3.4 (i)'den $\forall j \geq m_{z-1}$, $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(x_{p_i}^{m_i}) \leq \zeta$ ve $\alpha \leq p_i$ iken $m_1 < m_2 < \dots < m_{z-1}$ olacak şekilde $m_i (i = 1, 2, 3, \dots, z - 1)$ pozitif tamsayısı vardır. $m_z = m_{z-1} + 1$, $s_z = \tau_{m_z}$, $s_i = i (i = 1, 2, 3, \dots, z - 1)$ olsun. Bu takdirde (14)'den $\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda}(x_{\tau_{m_z}}^{m_z}) \geq \mu$ olur. $\forall z \in \mathbb{N}$ için $\theta \rightarrow |\theta|^{p_z}$ fonksiyonu konveks olduğundan ve (14),(15) eşitsizlikleri sağlandığından

$$\begin{aligned} & \varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}_\lambda} \left(\frac{x_{\tau_1} + x_{\tau_2} + \dots + x_{\tau_z}}{z} \right) \\ &= \sum_{k=1}^\infty \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \left| \frac{\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_1}(j) + x_{\tau_2}(j) + \dots + x_{\tau_z}(j)\}}{z} \right| \right)^{p_k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{k=1}^{m_1} \sum_{i=1}^z \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \left| \frac{\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}}{z} \right| \right)^{p_k} \\
&+ \sum_{k=m_1+1}^{m_2} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \left| \frac{\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_1}(j) + x_{\tau_2}(j) + \dots + x_{\tau_i}(j)\}}{z} \right| \right)^{p_k} \\
&+ \sum_{k=m_2}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \left| \frac{\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_1}(j) + x_{\tau_2}(j) + \dots + x_{\tau_i}(j)\}}{z} \right| \right)^{p_k} + \Omega \\
&\leq \sum_{k=1}^{m_1} \sum_{i=1}^z \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\
&+ \sum_{k=m_2+1}^{m_3} \sum_{i=3}^z \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} + \dots \\
&+ \sum_{k=m_{z-1}+1}^{m_z} \sum_{i=z-1}^z \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\
&+ \sum_{k=m_{z+1}}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \left| \frac{\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}}{z} \right| \right)^{p_k} + \Omega(z-1) \\
&\leq \frac{1}{z} \sum_{k=1}^{m_z} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\
&+ \sum_{k=m_z+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\
&+ \frac{\varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}}(x_{\tau_1}) + \varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}}(x_{\tau_2}) + \dots + \varrho_{\Delta^{\tilde{\alpha}}}(x_{\tau_{z-1}})}{z} + \Omega(z-1) \\
&\leq \frac{1}{z} \sum_{k=1}^{m_z} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} + \frac{1}{z^\alpha} \sum_{k=m_z+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\
&\quad + \frac{z-1}{z} + \Omega(z-1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\leq \frac{1}{z} - \frac{1}{z} \sum_{k=m_z+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\ &+ \frac{1}{z^\alpha} \sum_{k=m_z+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}}\{x_{\tau_i}(j)\}| \right)^{p_k} \\ &\quad + \frac{z-1}{z} + \Omega(z-1) \leq 1 - \frac{\mu}{2} \left\{ \frac{1}{z} - \frac{1}{z^\alpha} \right\} \end{aligned}$$

elde edilir. Yardımcı teorem 3.9'dan ispat tamamlanır.

Sonuç 3.12 Kesirli mertebeden Banach uzayı olan $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$, (β) -özelliğine sahiptir, hemen hemen düzgün konvektir, yansımalıdır ve drop özelliği mevcuttur.

Aşağıdaki yardımcı teoremler $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ uzayının düzgün Opial özelliğini sağladığını göstermemiz için bize yol gösterici olacaktır:

Yardımcı Teorem 3.13 $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}} \in \delta_2$ ise $(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ uzayında norma göre yakınsaklık ile modüler yakınsaklık denktir [37].

Yardımcı Teorem 3.14 $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \in \delta_2^s$ olsun. $\varepsilon > 0$ ve $T > 0$ verilsin. $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u) \leq T$ ve $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(v) \leq \varphi$ eşitsizliklerini sağlayan $u, v \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ için $|\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u+v) - \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u)| < \varepsilon$ olacak şekilde $\varphi > 0$ vardır [37].

Yardımcı Teorem 3.15 $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \in \delta_2^s$ iken herhangi bir $\varepsilon > 0$ için $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \geq 1 + \varepsilon$ olacak şekilde $\|x\|_L \geq 1 + \varphi$, $\varphi = \varphi(\varepsilon) > 0$ vardır [37].

Teorem 3.16 $\limsup p_k < \infty$ için $V(\lambda, \Delta^{(\tilde{\alpha})}, p)$ kesirli Banach uzayı düzgün Opial özelliğe sahiptir.

İspat. $\varepsilon > 0$ ve $\|x\|_L \geq \varepsilon$ ve $x \in V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ olmak üzere $S[V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)]$ 'den 0'a yayıf yakınsak bir (x_n) dizisi alalım. $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \in \delta_2^s$ ve $\limsup p_k < \infty$ için Yardımcı Teorem 3.13'den $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) > \xi$ olacak şekilde x 'den bağımsız $\xi \in (0,1)$ vardır. Ayrıca, $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \in \delta_2^s$ olduğundan $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u) \leq 1$ ve $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(v) \leq \xi_1$ iken;

$$|\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u+v) - \varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(u)| < \frac{\xi}{4} \quad (16)$$

olacak şekilde $\xi_1 = (0, \xi)$ vardır. Herhangi bir a doğal sayısı için;

$$\sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} < \frac{\xi_1}{4} \quad (17)$$

eşitsizliğini yazabiliriz. Buradan;

$$\begin{aligned} \xi &< \sum_{k=1}^a \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} + \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} \\ &\leq \frac{\xi_1}{4} + \sum_{k=1}^a \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} \end{aligned}$$

eşitsizliğini elde ederiz ve bu eşitsizlik

$$\sum_{k=1}^a \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x(j)| \right)^{p_k} > \xi - \frac{\xi_1}{4} > \frac{3\xi}{4} \quad (18)$$

sonucunu verir. $x_n \xrightarrow{w} 0$ ise $x_n \rightarrow 0$ olduğundan (18)'den

$$\sum_{k=1}^a \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} (x_n(j) + x(j))| \right)^{p_k} > \frac{3\xi}{4} \quad (19)$$

olacak şekilde $a \in \mathbb{N}$ vardır. $x_n \rightarrow 0$ olduğundan $\forall n \in \mathbb{N}$ için $p_k \leq M \in \mathbb{N}$ iken $\|x\|_L < 1 - \left(1 - \left(\frac{4-\xi}{4}\right)\right)^{\frac{1}{M}}$ olacak şekilde $\forall n > a_1$ için $a_1 > a$ vardır. Üçgen eşitsizliğinden $\|x\| > \left(\frac{4-\xi}{4}\right)^{\frac{1}{M}}$ yazılabilir. $\|\cdot\|_L$ 'nin tanımından;

$$\begin{aligned} 1 &\leq \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} \frac{|\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j)|}{\left(\frac{4-\xi}{4}\right)^{\frac{1}{M}}} \right)^{p_k} \\ &\leq \left(\frac{1}{\left(\frac{4-\xi}{4}\right)^{\frac{1}{M}}} \right)^M \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j)| \right)^{p_k} \\ &= \left(\frac{4}{4-\xi}\right) \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j)| \right)^{p_k} \end{aligned}$$

elde edilir. Bu sonuç ile (16), (17), (18) ve (19) eşitsizlikleri, $\Delta^{\tilde{\alpha}}$ operatörünün lineerliği ve $x_n \xrightarrow{w} 0$ ise $x_n \rightarrow 0$ olduğundan

$$\begin{aligned}
\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x_n + x) &= \sum_{k=1}^a \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j) + x(j)| \right)^{p_k} \\
&\quad + \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j) + x(j)| \right)^{p_k} \\
&\geq \frac{\xi}{2} + \sum_{k=a+1}^{\infty} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sum_{j \in I_k} |\Delta^{\tilde{\alpha}} x_n(j)| \right)^{p_k} \geq 1 + \frac{\xi}{4}
\end{aligned}$$

olur. Yardımcı Teorem 3.15'den $\varrho_{\Delta_\lambda^{\tilde{\alpha}}}(x) \in \delta_2^S$ için $\|x_n + x\| \geq 1 + \varphi$ olacak şekilde sadece ξ 'ye bağlı φ vardır.

$\liminf \|x_n + x\| > 1 + \varphi$ olur ve ispat tamamlanır.

Sonuç 3.17 $V_p(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}})$ uzayı düzgün Opial özelliğini sağlar.

Sonuç 3.18 $V(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}}, p)$ uzayı L-özelliği ve sabit nokta özelliğini sağlar.

Sonuç 3.19 $V_p(\lambda, \Delta^{\tilde{\alpha}})$ uzayı L-özelliği ve sabit nokta özelliğini sağlar.

4. Sonuç

Bu çalışmada Karakaş [33] tarafından tanımlanan genelleştirilmiş fark dizi uzayı, kesirli mertebeden fark operatörü kullanılarak yeniden tanımlandı ve daha genel bir uzay elde edildi. Elde edilen yeni uzayın modüler yapısı incelemeye buna ilişkin bazı geometrik özellikleri araştırıldı. Literatürde Banach uzaylara ilişkin birçok geometrik özellik yer almaktadır ve tanımladığımız uzayın bu çalışmada ele alınan özelliklerin dışında topolojik özellikleri ile farklı geometrik özelliklere sahip olduğu araştırmacılar tarafından dikkate alınabilir. Bu yönü sebebiyle yeni bulgular içeren çalışmanın literatüre katkısı kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Leindler L, 1965. Über Die Verallgemeinerte de la Vallee-Poussinsche Summierbarkeit Allgemeiner Orthogonalreihen. Acta Math. Acad. Sci. Hungar., 16 (3-4): 375-387.
- [2] Malkowsky E, Savaş E, 2000. Some λ -Sequence Spaces Defined by a Modulus. Arch. Math., 36 (3): 219-228.
- [3] Et M, 2006. Spaces of Cesaro Difference Sequences of Order r Defined by a Modulus Function in a Locally Convex Space. Taiwan J. Math., 10: 865-879.
- [4] Savaş E, Savaş R, 2003. Some λ -Sequence Spaces Defined by Orlicz Functions. Indian J. Pure Appl. Math., 34: 1673-1680.
- [5] Savaş E, Karakaya V, Şimşek N, 2009. Some $\ell(p)$ -Type New Sequence Spaces and Their Geometric Properties. Abstract Appl. Anal., 2009 (696971): 1-12.
- [6] Şimşek N, Savaş E, Karakaya V, 2010. Some Geometric and Topological Properties of a New Sequence Space Defined by de la Vallee-Poussin Mean. J. Comput. Anal. Appl., 12 (4): 768-779.
- [7] Şimşek N, Savaş E, Karakaya V, 2013. On Geometrical Properties of Some Banach Spaces. Appl. Math. Inf. Sci., 7 (1): 295-300.
- [8] Et M, Karakaş M, Karakaya V, 2014. Some Geometric Properties of a New Difference Sequence Space Defined by de la Vallée-Poussin Mean. Appl. Math. Comput., 234: 237-244.
- [9] Karakaş M, Et M, Karakaya V, 2013. Some Geometric Properties of a New Difference Sequence Space Involving Lacunary Sequences. Acta Math. Sci., 33B (6): 1711-1720.
- [10] Şimşek N, 2011. On Some Geometric Properties of Sequence Space Defined by de la Vallée-Poussin Mean. J. Comput. Anal. Appl., 13 (3): 565-573.
- [11] Mursaleen M, Çolak R, Et M, 2007. Some Geometric Inequalities in a New Banach Sequence Space. J. Inequal. Appl., 2007 (086757): 1-6.
- [12] Et M, Karakaş M, Çınar M, 2013. Some Geometric Properties of a New Modular Space Defined by Zweier Operator. Fixed Point Theory Appl., 2013 (165): 1-10.
- [13] Karakaş M, Çınar M, Et M, 2013. Some Geometric Properties of a New Sequence Space. J. Comput. Anal. Appl., 15 (1): 23-31.

- [14] Baliarsingh P, 2013. Some New Difference Sequence Spaces of Fractional Order and Their Dual Spaces. *Appl. Math. Comput.*, 219 (18): 9737-9742.
- [15] Kızmaz H, 1981. On Certain Sequence Spaces. *Canadian Math. Bull.*, 24 (2): 169-176.
- [16] Et M, Çolak R, 1995. On Some Generalized Difference Sequence Spaces. *Soochow J. Math.*, 21 (4): 376-387.
- [17] Baliarsingh P, Dutta H, 2015. An Unifying Approach to the Difference Operators and Their Applications. *Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática*, 33 (1): 49-56.
- [18] Baliarsingh P, 2016. On Difference Double Sequence Spaces of Fractional Order. *Indian J. Math.*, 58: 287-310.
- [19] Baliarsingh P, Nayak L, 2018. A Note on Fractional Difference Operators. *Alexandria Engineering J.*, 57 (2): 1051-1054.
- [20] Nayak L, Et M, Baliarsingh P, 2019. On Certain Generalized Weighted Mean Fractional Difference Sequence Spaces. *Proc. Natl. Acad. Sci. India, Sect. A Phys. Sci.*, 89: 163-170.
- [20] Meng J, Mei L, 2018. A Generalized Fractional Difference Operator and Its Applications. *Linear and Multilinear Algebra*, 68 (9): 1848-1860.
- [21] Baliarsingh P, Kadak U, Mursaleen M, 2018. On Statistical Convergence of Difference Sequences of Fractional Order and Related Korovkin Type Approximation Theorems. *Quaestiones Mathematicae*, 41 (8): 1117-1133.
- [22] Özger F, 2019. Some Geometric Characterizations of a Fractional Banach Set. *Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Ser. A1 Math. Stat.*, 68 (1): 546-558.
- [23] Özger F, 2019. Compact Operators on the Sets of Fractional Difference Sequences. *Sakarya Univ. J. Sci.*, 23 (3): 425-434.
- [24] S.T. Chen, Geometry of Orlicz spaces, *Dissertationes Math.* 356 (1996) 1-204.
- [25] Y.A. Chui, H. Hudzik, On the Banach-Saks and weak Banach-Saks properties of some Banach sequence spaces, *Acta Sci. Math. (Szeged)* 65 (1999) 179-187.
- [26] J. Diestel, Geometry of Banach spaces-Selected topics, Springer-Verlag, 1984.
- [27] J. Musielak, Orlicz spaces and Modular spaces, *Lecture Notes in Math.* 1034, Springer-Verlag, 1983.
- [28] Z. Opial, Weak convergence of the sequence of successive approximations for non-expansive mappings, *Bull. Amer. Math. Soc.* 73 (1967) 591-597.

- [29] S. Prus, Banach spaces with uniform Opial property, *Nonlinear Anal. Theory Appl.* 18 (8) (1992) 697-704.
- [30] R. Huff, Banach spaces which are nearly uniformly convex, *Rocky Mountain J. Math.* 10 (4) (1980) 743-749.
- [31] D.N. Kutzarova, $k\beta$ and k – nearly uniformly convex Banach spaces, *J. Math. Anal. Appl.* 162 (2) (1991) 322-338.
- [32] Maddox IJ, 1968. On Kuttner's Theorem. *J. London Math. Soc.*, 43: 285-290.
- [33] Karakaş M, 2012. Genelleştirilmiş Fark Dizi Uzaylarının Bazı Geometrik Özellikleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [34] Suantai S, 2003. On Some Convexity Properties of Generalized Cesaro Sequence Spaces. *Georgian Math. J.*, 10 (1): 193-200.
- [35] Shiue JS, 1970. On the Cesaro Sequence Spaces. *Tamkang J. Math.*, 1 (1): 19-25.
- [36] Et M, 1996. On Some Generalized Cesaro Difference Sequence Spaces. *İstanbul Üniv. Fen Fak. Mat. Dergisi*, 55: 221-229.
- [37] Cui YA, Hudzik H, 1998. On the Uniform Opial Property in Some Modular Sequence Spaces. *Funct. Approx. Comment.*, 26: 93-102.