



Derleme makalesi / Review article

Geçmişten günümüze potansiyel hammadde kaynağı: Likenler

Orcun Toksoz*¹ ¹ Marmara University, Institute of Pure and Applied Sciences, Biology Program, 34722, Istanbul, Türkiye

Öz

Likenler içerdikleri 1000'den fazla metabolit sayesinde antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, insektisidal, antikanser ve boyar madde potansiyelleri gibi biyolojik etkinliklerinden dolayı çeşitli sektörlerde bir hammadde kaynağı olarak tercih edilmektedir. Yüzlerce yıldır etnofarmakolojik olarak birçok hastalığın tedavisinde halk arasında kullanılmasının yanı sıra günümüzde hala likenlerin ilaç potansiyelleri araştırılmaya devam edilmektedir. Likenlerin kendilerine has aromatik yapısı ve besleyici özellikleri nedeniyle baharat, ekmek-pasta ve çay olarak tüketimleri gıda sektöründe uzun yıllardır devam etmektedir. Ekonomik anlamda en önemli kullanım alanlarından biri olan boyar madde içerikleri nedeniyle likenler başta tekstil sektörü olmak üzere birçok sektörde tercih edilmektedir. Ayrıca tarımsal alanda ise fitopatojenlere karşı insektisidal ve antifungal etkinliğe sahip oldukları bilinmektedir. Likenlerin ve içerdikleri metabolitlerin yalnızca bir kısmının etkinlikleri biliniyor olsa da, tüm özellikleri hala tam olarak aydınlatılmamıştır. Bu bağlamda, liken ve etken maddelerinin biyoaktivitelerinin gelecekte açığa çıkartılmasıyla birlikte, birçok sektörde potansiyel hammadde olarak kullanılması öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Boya; gıda; insektisidal; liken farmasötikleri

Potential raw material source from past to present: Lichens

Abstract

Lichens are preferred as a potential raw material source in various sectors due to their biological activities such as antioxidant, antimicrobial, antifungal, insecticidal, anticancer, and colorant potentials thanks to more than 1000 metabolites they contain. In addition to being used ethnopharmacologically for hundreds of years in the treatment of many diseases, the pharmaceutical potential of lichens is still being investigated today. Due to their aromatic structure and nutritional properties, lichens have been consumed as spices, bread-pastry and tea in the food sector for many years. Lichens are preferred in many sectors, especially in the textile sector, due to their dyestuff content, which is one of the most important economic uses of lichens. They are also known to have insecticidal and antifungal activity against phytopathogens in the agricultural field. Although only some of the activities of lichens and the metabolites they contain are known, all their properties are still not completely described. In this context, with the future discovery of the bioactivities of lichens and their active ingredients, they are expected to be used as potential raw materials in many sectors.

Keywords: Dye; food; insecticidal; lichen pharmaceuticals

* Sorumlu yazar / Corresponding author.

E-mail: toksozorcun@gmail.com (O. Toksoz).

<https://doi.org/10.51753/flsrt.1402906> Yazar katkıları / Author contributions

Geliş tarihi / Received 10 Aralık 2023 / 10 December 2023; Kabul tarihi / Accepted 26 Aralık 2023 / 26 December 2023

Çevrimiçi yayın / Available online 30 Aralık 2023 / 30 December 2023

2718-062X © 2023 This is an open access article published by Dergipark under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

1. Giriş / Introduction

Likenler, mikobiyont (mantarlar) ve fotobiyont (alg veya siyanobakter) simbiyotik birliklikleri sonucu oluşan karmaşık yapıları organizmalardır (Spribille ve ark., 2016; Arun ve ark., 2023). Mikobiyontlar genellikle, ascomycetes, phycomycetes, basidiomycetes şubesi üyelerinden oluşurken, fotobiyontların ise ökaryotik yeşil algler ve siyanobakterilerden oluştuğu bildirilmiştir (Kosanic ve ark., 2014). Fotobiyontlar klorofil içerdiklerinden dolayı, liken için fotosentez görevi görürken, mikobiyont kısmı ise fotobiyont için gelişim ortamı (nem ve besin) ve organik besin üretimini gerçekleştirirken aynı zamanda mekanik destek sağlamaktadır. Likenlerin dünya çapında farklı şekil, renk ve boyutlarda yaklaşık 20000 türe sahip olduğu tahmin edilmektedir (Kekuda ve ark., 2018). Likenler çöller, yüksek dağlar, kayalar, arktik bölgeler gibi çeşitli ekstrem koşullarda (aşırı sıcak ve soğuk, susuzluk, yüksek seviye ultraviyole radyasyon vb.) hayatta kalmaya adapte olmuş dirençli organizmalar olduklarından geniş bir yayılışa sahiptir (Grimm ve ark., 2021). Türkiye, iklim çeşitliliği ve zengin bitki örtüsü sayesinde likenlerin yetişmesi için uygun bir habitat sağlamaktadır. Türkiyede 4000'e yakın liken türü olduğu düşünülse de yaklaşık 1898 liken ve likenikol fungi türüne ev sahipliği yaptığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. (John ve Türk., 2017; John ve ark., 2020, Cobanoğlu., 2021). Her geçen yıl yapılan çalışmalar ile liken türlerine ait bu sayı artmaya devam etmektedir (Yazici ve Aslan., 2023).

Likenlerin ekstrem koşullarda hayatta kalma eğilimleri, liken maddeleri olarak bilinen içerdikleri benzersiz ve çeşitli metabolitlerin varlığından kaynaklanmaktadır. Liken metabolitlerinin büyük çoğunluğu mikobiyont ortak tarafından üretilirken bazı durumlarda fotobiyont ortağı da katkıda bulunabilmektedir (Cox ve ark., 2005). Bitkilerden farklı olarak tamamı likenlere özgü 1000'den fazla bileşik tanımlanmıştır (Molnár ve Farkas., 2010; Gill ve ark., 2022). Likenlere özgü bu metabolitlerin çoğu temel olarak, asetil-malonat, mevalonat ve şikimat yollarından üretilmektedir. Asetil-malonat yollarından genellikle; depsidler, depsidonlar, antrakonlar, ksantonlar, kromonlar, dibenzofuranlar, mevalonate yolağından, steroidler, karetonidler, terpenler ve şikimat yolları ile, terfenilkinonlar, pulvinik asit türevleri sentezlenmektedir (Goga ve ark., 2020). Likenlerin ürettiği sekonder metabolitlerin; antimikrobiyal (Kilic Yayla ve ark., 2023; Soloveva ve Kuzmina, 2023), antiviral (Bhat ve ark., 2023; Desmarettes ve ark., 2023), antioksidan (Soloveva ve Kuzmina, 2023) antikanser (Kello ve Goga, 2023; Thakur ve ark., 2023), antiinflamatuvar (Rajendran ve ark., 2023), antifungal, insektisidal (Loganathal ve ark., 2023; Tufan-Cetin ve ark., 2023) gibi çeşitli biyoaktivitelere sahip oldukları son yıllarda yapılan çalışmalarda detaylı olarak bildirilmiştir.

Likenlerin çok eski zamanlardan beri, başta Çin ve Mısır uygarlıklarında olmak üzere geleneksel tıpta tedavi amacıyla, antihistaminik ve antibiyotik özellikleri nedeni ile birçok hastalıkta ilaç olarak kullanıldığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Nayaka ve ark., 2010; Shukla ve ark., 2010). Geleneksel olarak liken preparatlarının, harici olarak dahilen veya bitkiler gibi diğer preparatların içerisinde katılarak kullanıldığı bilinmektedir. Genellikle ağız yaraları, cilt enfeksiyonları ve yaraların tedavisinde, sindirim, solunum ve akciğer rahatsızlıklarının tedavisinde etnomedikal olarak sıklıkla kullanıldığı bildirilmiştir (Rethinavelu ve ark., 2023). Günümüzde mevcut kullanılan ilaçların yerini alabilecek doğal etken maddeler ile ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu

bakımdan likenlerin sahip oldukları özgün sekonder metabolitler, farmasötik uygulamalar için potansiyel biyoaktivite gösteren doğal ürün kaynağı olarak araştırılmaktadır (Rankovic ve Kosanic, 2014; Ren ve ark., 2023; Singh., 2023).

Likenler yüzlerce yıldır birçok hastalığın tedavisinde kullanılmasının yanı sıra, besleyici özelliği nedeniyle gıda olarak, boyar madde özellikleri nedeniyle boya sektöründe, antifungal ve insektisidal etkinleri nedeniyle tarım gibi birçok sektör için umut vaat eden potansiyel hammadde kaynağı olarak görülmektedir (Rankovic ve Kosanic, 2019). Likenlerin güçlü biyoaktiviteleri onların birçok sektör için potansiyel kaynak olarak kullanılabilmesini düşündürse de endüstriyel anlamda kullanımları kısıtlıdır. Likenlerin doğada yavaş büyümesi, düşük biyokütleyle sahip olması ve *in vitro* koşullarda üretilmemesi onların endüstriyel olarak kullanımlarını kısıtlamakta ve bu nedenlerle büyük ölçekli ürünlerde kullanımları daha az tercih edilmektedir (Sharma ve Mohammad, 2020).

Tüm bunlara ek olarak, her ne kadar likenler ve liken maddelerinin biyoaktivitelerinin açığa çıkartılması ile ilgili çalışmalara uzun yıllardır devam etse de liken ve metabolitlerinin birçok özelliği hala tam olarak keşfedilmemiştir. Moleküler filogenetik, omik teknolojisi, modern doku kültürü, moleküler mühendislik gibi gelişen yeni biyoteknolojik yaklaşımlar likenlerin metabolit içeriklerinin belirlenmesi ve biyoaktivitelerinin keşfedilmesi açısından yenilikçi ve umut vaat eden yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalra ve ark., 2023).

Bu çalışmada liken ve metabolitlerinin farmakolojik etkinliklerin yanı sıra gıda, boya, tarım gibi sektörlerde potansiyel hammadde olarak kullanılabilirliğine dair mevcut bilgiler ve gelişmelerden bahsedilecektir.

2. Likenlerin gıda endüstrisinde kullanılması / Use of lichens in food industry

Likenler uzun yıllardan beri Çin, Japonya, Hindistan ve İzlanda gibi birçok ülkede gıda olarak kullanılmaktadır. Besin içerikleri açısından yüksek karbonhidrat ve enerji verici özelliğe sahip glukanlar, önemli düzeyde protein, esansiyel aminoasitler, polisakkaritler, bazı vitamin ve mineraller, fenolik içerik ve antioksidan özellikleri sayesinde likenlerin sağlıklı bir besin kaynağı olduğu belirtilmiştir (Thakur ve ark., 2023). Likenler birincil ve ikincil metabolitler bakımından zengin kaynaklardır. Birincil metabolitler; aminoasitler, peptidler, vitaminler, karotenoidlerdir (Dawes, 2017; Goga ve ark., 2020; Rethinavelu ve ark., 2023). Yenilebilir likenlerin ana sekonder metabolitleri ise kinonlar, depsidonlar, depsonlar ve pulvinik asit türevleridir (Shukla ve ark., 2010). Ayrıca askorbik asit, folik asit, riboflavin, tiamin vb. gibi birçok vitamende likenler tarafından sentezlenmesi onların besleyici değeri yüksek bir gıda kaynağı olduğunu göstermektedir (Rankovic, 2014).

Özellikle Doğu Asya ve çeşitli kültürlerde 42 liken türünün baharat, çay, ekmekek ve pastacılık gibi çeşitli gıda sektörlerinde halen kullanıldığı bildirilmektedir (Yang ve ark., 2021; Vinayaka ve Kekuda, 2024). Baharat ve aromatik olarak, *Cetraria islandica*, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea* ve *Ramalina* sp. türleri gıda endüstrisinde yemeklerin içerisinde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. (Hawksworth, 2004; Upreti ve ark., 2005; Aoussar ve ark., 2017; Yusuf, 2020). *Parmelia perlata*, Hindistan, Nepal gibi ülkelerde kokusu ve kendine has aroması nedeniyle et ve balık yemeklerinde baharat olarak kullanılırken (Thakur ve ark., 2023), *Parmotrema* sp.,

Pseudocyphellaria sp., *Heterodermia* sp. ve *Dirinaria* sp. gibi liken türleri Güney Hindistan ve Arap ülkelerinde yemeklerin pişirilmesi aşamasında baharat karışımlarının içerisinde kullanıldığı bildirilmektedir (Ponmurugan ve Arunkumar, 2023). Yine benzer olarak *Bryoria fuscescens*, *Bryoria fremontii*, *Everniastrum cirrhatum*, *Evernia prunastri*, *Parmotrema perlatum* gibi liken türlerinin ekme ve pasta yapımında kullanıldığına dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Kirkpatrick ve ark., 2001; Culberson, 2002; Hawksworth, 2004; Devkota ve ark., 2017). Çek Cumhuriyeti, Norveç, İzlanda ve Estonya gibi ülkelerde, *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica* ve *Evernia prunastri* gibi liken türlerinin gıda kıtlığı dönemlerinde ekmeğin içerisinde kullanıldığı bilinmektedir (Airaksinen ve ark., 1986; Pawera ve ark., 2017). Likenlerin yiyecek olarak tüketilmesinin yanı sıra, *Cladonia fenestralis*, *Lobaria pulmonaria*, *Usnea florida*, *Lethariella* sp., *Thamnolia* sp., gibi liken türlerinin çay olarak tüketildiği de bilinmektedir (Cui ve ark., 2000; Wang ve ark., 2001; Odabasoglu ve ark., 2004; Yusuf, 2020). Bu likenlere ek olarak, *Usnea florida* içerdiği yüksek C vitamini içeriği ile soğuk algınlığı gibi hastalıklarda çay olarak tüketilir ve çay karışımlarına eklenerek dengeli ve hijyenik olmaları sağlanır (Yusuf, 2020). *Lethariella* sp. ve *Thamnolia* sp. liken türleri Çin ve Himalayalar'da çay olarak satılmakta ve yerel halk tarafından kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2021). Likenler kendilerine has aromatik ve tıbbi özellikleri nedeniyle çok eski zamanlardan beri çay olarak tüketilerek gıda sektöründe önemli bir yer almaktadır.

Likenlerin gıda endüstrisi açısından bir başka kullanım şekli de sahip oldukları antibakteriyel ve antioksidan gibi etkinlikleri nedeni ile gıdalarda koruyucu madde olarak raf ömrünün uzatılması ve sterilizasyon işlemlerinde kullanılabilme potansiyellerinin olmasıdır. Çeşitli çalışmalar likenlerin özellikle gıda patojeni bakteriler üzerinde antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir (Kumar ve ark., 2010; Abdallah, 2019; Toksoz ve ark., 2022). Gıda sektörüne yönelik çalışmalarının artmasıyla, liken etken maddelerinin etkinliklerinin belirlenmesi, gıda ürünlerinde koruyucu madde olarak kullanılmasıyla birlikte gıdaların raf ömrünü uzatarak sektörel anlamda ekonomik kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir (Queffelec ve ark., 2023).

Likenlerin içerisinde bulunan bazı liken polisakaritlerinin doğal olarak insanlar tarafından sindirilememesi ve bazı metabolitlerin insanlar için toksik olmaları nedeniyle tüketilmeden önce ön işlemlerden geçmesi gerektiği söylenmektedir (Yang ve ark., 2021). Bu nedenle likenlerin gıda olarak tüketilmeden önce çeşitli detoksifikasyon (kaynama, buharlama, odun külü) işlemlerinden geçmesiyle yenilebilir hammadde kaynağı olarak kullanılabilirliğinin artacağı düşünülmektedir (Thakur ve ark., 2023).

3. Likenlerin boyar madde olarak endüstride kullanılması / Use of lichens as dyes in industry

Likenler, çok eski zamanlardan beri yüksek pigmentli bileşiklere sahip olmaları sebebiyle boyar maddeler olarak kullanılmıştır. Özellikle 1950'li yıllarda sentetik boyaların keşfedilmesine kadar likenlerin boya olarak ekonomik potansiyellerinin yüksek olduğu bildirilmektedir (Rather ve ark., 2018). Likenlerin boyar madde olarak kâğıt, gıda, tekstil, kozmetik gibi sektörlerde tercih edildiği ve ticari öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Shukla ve Upreti, 2015). Likenlerden sarı, turuncu, mavi, mor, kahverengi, kırmızı, krem vb. gibi çok çeşitli renkler farklı ekstraksiyon işlemleri sonucunda elde

edilebilmektedir (Sen ve ark., 2014). Likenlerin sahip oldukları bu renk çeşitlerinin içerdikleri, atranorin, lökonarik asit, salazinik asit, emodin, pulvinik asit vb. gibi metabolitler dibenzofuranlar, depsiödanlar, depsonlar, kinonlar ve benzokinon türevlerinden kaynaklanmaktadır (Schweppe, 1993; Upreti ve ark., 2010; Rather ve ark., 2018).

Liken boyar maddelerinin sektörel anlamda kullanımının en güzel örneklerinden birisi *Roccella* sp. ve *Lecanora* sp. gibi liken türlerinde bulunan orsein ve litmus boyar maddelerin turmusol özellikleri göstererek pH gösterge kâğıtlarında kullanılmasıdır (Sharma ve Mohammad, 2020). Ayrıca orsein boyası yün, ipek, deri ve ahşapları boyamak için eski zamanlarda sıklıkla tercih edilmiştir (Elkhateeb ve ark., 2022).

Tekstil ve boya sektöründe, atıkların içerdikleri boyalardan arındırılmadan çevreye salınımı kirliliğe sebep olarak ekolojik dengede birtakım hasarlara yol açmaktadır (Kulkarni ve ark., 2018). Bu açıdan likenlerin, yüksek yüzey alanına ve büyük hücreli boşluklara sahip olması onların biyosorbent potansiyelleri açısından gelecek vaat ettiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Gul, 2020). Koyuncu ve ark. (2020) *Pseudevernia furfuracea* likenin sulu çözeltilerden 'metilen mavisi' boyasının uzaklaştırılmasında ve benzer olarak Senol ve ark. (2021)'de yaptıkları bir çalışmada "Safranin O" boyasını sulu çözeltilerden uzaklaştırmak için *Evernia prunastri* likenin ve Kadi ve ark. (2023) yılında yaptıkları *Xanthoria parietina* likeninin "metilen mavisi ve jansiyen moru" olarak iki farklı katyonik boyada biyoabsorbsiyon özellikleri nedeniyle alternatif bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir.

Sentetik boyaların keşfedilmesinden sonra likenlerin boyar madde olarak kullanılması azalmış olsa da sentetik boyaların çevre ve insan sağlığına vermiş olduğu zararların ortaya çıkması ile birlikte doğal boyar maddeler tüm dünya da tekrar popüler hale gelmiştir (Garg ve Chopra, 2022). Çeşitli çalışmalar likenlerden farklı ekstraksiyon yöntemleri ile renk izole etme ve izole edilen renklerin özellikle tekstil sektöründe alternatif boyar madde olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Mohamed ve ark., 2016; Mendili ve ark., 2023).

4. Tarımda likenlerin kullanımı / Use of lichens in agriculture

Likenler antifungal, insektisidal ve biyomonitör özelliklere sahip canlılar olmasından dolayı tarım sektöründe kullanılma potansiyellerine sahiptirler. Özellikle toprakta organik madde içeriğini artırarak bitki büyümesini destekleyebilmektedirler (Akpınar ve ark., 2021; Fuji ve Hayakawa, 2022). Ek olarak, fitoremediasyon özellikleri nedeniyle toprakta ağır metalleri ve zararları maddeler ile mücadele ederek kirlenmiş toprakların temizlenmesine yardımcı olabilirler (Cansaran-Duman ve Aras, 2015; dos Santos Lima ve ark., 2020; Osyczka ve ark., 2023). Bu özellikleri sayesinde bitki hastalıklarının kontrolünde ve çevresel koşullara olan duyarlılıkları nedeniyle tarımsal arazilerin sağlığını izlemek için biyolojik göstergeler olarak da değerlendirilebilirler (Dhaouadi ve ark., 2022).

Özellikle küresel tarım üretimlerinde mikrobiyal patojenler, tarımsal ürünler üzerinde çok ciddi oranda (%10-15) kayıplara neden olmaktadır (Rizzo ve ark., 2021). Bu kayıplar, gıda güvenliğini ve tarımsal gelirleri ciddi anlamda tehdit etmektedir. Bu anlamda böcek, mantar ve bakterilerin neden olduğu bu bitkisel hastalıklarla başa çıkabilmek adına çeşitli sentetik ve kimyasal pestisitler kullanılmaktadır. Pestisitler bitkisel hastalıkları kontrol etmek için oldukça etkili olmasına rağmen bir yoğun ve sık olarak kullanılması zamanla bitkisel patojenlerin dirençli hale gelmesinin yanı sıra ekolojik anlamda

su, toprak ve havaya karışmasıyla kirlilik meydana getirerek ekolojik sistemlerde zararlara neden olmaktadır (Peng ve ark., 2021). Bu sebeplerle kimyasal ve sentetik pestisitlerin yerine geçebilecek doğal ve çevre dostu etkinliğe sahip bileşiklerin araştırılmasının önemi bildirilmektedir (Atanasov ve ark., 2021). Bu bileşikler bitkisel patojenlere karşı pestisitlere benzere etkileri olabileceği gibi ayrıca ekolojik anlamda daha az toksik özellikte olabilir. Bu nedenle, doğal bileşiklerin geliştirilmesi, tarımsal üretimde kimyasal pestisitlerin kullanımını azaltmak için önemli bir fırsat sunabilir. Likenlerden elde edilen salizininik asit, usnik asit, jiroforik asit, barbatik asit, evernik asit vb. gibi birçok metabolitin insektisidal, antifungal ve antimikrobiyal etkileri sayesinde bitkisel patojenlere karşı etkileri olduğu bilinmektedir (Kanivebagilu ve Mesta, 2020; Kalra ve ark., 2021). Bu bağlamda, doğal ve çevre dostu etkinliğe sahip olabilecek likenlerin fitopatolojik etkinliklerinin araştırılması ile tarımsal üretimde kimyasal pestisitlerin yerini alabilmesi için önemli bir temel oluşturacaktır.

4.1. Likenlerin bitkisel patojenlere karşı insektisidal olarak kullanım potansiyelleri / Potentials for insecticidal use of lichens against plant pathogens

Çeşitli araştırmalar likenlerin ve içerdikleri bileşenlerin güçlü birer insektisidal aktiviteye sahip olduklarını göstermektedir. Atranorin, lekanorik asit, usnik asit gibi liken bileşiklerinin kın kanatlı böcekler üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Nimis ve Skert, 2006). Tufan-Cetin ve ark. (2023) yılında yaptıkları *Aedes aegypti* ve *Culex pipiens* patojen sivrisineklerinde, *Evernia prunastri* özütlerinin bu sivrisinekler üzerinde insektisidal etkinliğe sahip olduğunu bildirmişler ve çevre dostu larvasitlerin geliştirilmesi için bir kaynak olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Tarımsal anlamda bitkisel ürünleri doğrudan etkileyen böceklerle mücadelede çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Likenlerin bu anlamda potansiyel bir insektisidal kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Çeşitli çalışmalarda, *Usnea longissima* likenin'den izole edilen usnik asit ve difraktaik asitin, mısır, buğday ve patates bitkilerinde tarımsal mahsul verimini düşüren, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus granaries* ve *Leptinotarsa decemlineata* gibi böcekler üzerine insektisidal etkinliğe sahip oldukları bildirilmiştir (Yıldırım ve ark., 2012a,b; Emsen ve ark., 2015). Zolovs ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada önemli bir tarım zararlısı olan *Arion vulgaris* (İspanyol sümüklü böceği)'e karşı *Cladonia rangiferina*, *Cladonia stellaris* ve *Pseudevernia furfuracea* liken türlerinden *Pseudevernia furfuracea*'nın en etkili olduğu bildirilmiştir.

4.2. Likenlerin bitkisel patojenlere karşı antifungal olarak kullanımları / Potential for use of lichens as antifungal against vegetative pathogens

Likenlerin ve içerdikleri metabolitlerin antifungal etkinliklere sahip oldukları bilinmektedir. Özellikle tarımda ekonomik değere sahip bitkilerin fungal hastalıklara karşı savunmasız olduğu göz önüne alındığında, likenlerin antifungal potansiyelleri nedeniyle bu alanda kullanılabilmesine dair çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Halama ve Haluwin (2004), *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* ve *Cladonia*

portentosa likenlerinin aseton özütlerinin ve evernik asit, usnik asit ve atranorin moleküllerinin sekiz farklı bitki patojeni olan fungusunların inhibe edilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, kullanılan liken özütlerinin oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer olarak, Taghiyeva ve ark. (2022), *Usnea longissima* ekstraktlarının dünyada ciddi sorunlara yol açan, *Fusarium graminearum*'a karşı doğal antifungal etkinliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. *Xanthoparmelia pokornyii* likeninden izole edilen stenospirik ve divarikatik asitlerin son derece dirençli bir mantar olan *Fusarium oxysporum* dahil olmak üzere yedi farklı bitki patojeni fungusu karşı yüksek antifungal etkinliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Fernandez-Pastor ve ark., 2023).

5. Sonuç / Results

Likenler, biyolojik aktiviteleri nedeniyle halk arasında ve endüstriyel anlamda yüzyıllardır kaynak olarak kullanılmaktadır. Özellikle içerdikleri sekonder metabolitlerin antibakteriyel, antioksidan, antifungal ve antikanser gibi aktiviteleri olması sebebiyle farmakolojik olarak günümüzde hala sıklıkla araştırılan organizmalardır. Likenler, protein, karbonhidrat ve vitaminler bakımından zengin olmalarından dolayı gıda olarak tüketilmekte ve bu alanda yapılacak yeni araştırmalarla fonksiyonel özelliklere sahip gıda hammaddesi olarak kullanılma potansiyelini arttırmaktadır. Likenlerden çeşitli pigment maddelerinin izole edilmesi onları boyar madde alanında da ekonomik olarak değerli hale getirmektedir. Tarım sektöründe fitopatojenlerle mücadelede çeşitli liken ve etken maddelerinin antimikrobiyal, antifungal ve insektisidal gibi etkinlikleri tespit edilmiş olsa da hala birçok likenin bu alandaki etkinliklerine dair yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Likenlerin bu anlamda etkinliklerinin ortaya çıkartılması ile tarım sektörü için doğa dostu potansiyel pestisit hammaddesi olarak tarımsal kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Likenlerin ve metabolitlerinin biyoaktivitelerinin aydınlatılması ile ilgili çalışmalar uzun yıllardır devam ediyor olsa da hala tam anlamıyla aydınlatılamamıştır. Likenlerin doğada yavaş büyümesi ve büyük ölçekli üretimler için yeterli biyolojik hacme sahip olmamalarından dolayı endüstriyel olarak kullanılmalarında zorluk ve kısıtlamalar yaşanmaktadır. Mevcut sorun doğrultusunda potansiyel kaynak olan likenlerin gelişen moleküler, omik teknolojisi, doku mühendisliği gibi yeni nesil yöntemlerle beraber yapılacak çalışmalar onların bahsedilen sanayi sektörlerine adaptasyonu için umut vaat etmektedir. Sonuç olarak, likenler farmakoloji, gıda endüstrisi, doğal boyalar ve tarım gibi çeşitli sektörler için potansiyel aktif bileşik kaynağı olduğu düşünüldüğünde, gelişen teknolojilerin yardımı ve disiplinler arası yaklaşımların entegrasyonu ile likenlerin endüstriyel kullanım olanaklarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Çıkar çatışması / Conflict of interest: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder / The author declares that he has no conflict of interests.

Etik beyanı / Informed consent: Bu çalışmada, yazar, hiçbir insan ya da hayvan denek kullanılmadığını ve Etik Kurul iznine gerek olmadığını beyan eder / The author declares that this manuscript did not involve human or animal participants and informed consent was not collected.

Kaynaklar / References

- Abdallah, E. M. (2019). Evaluation of antimicrobial activity of a lichen used as a spice (*Platismatia glauca*). *Advancements in Life Sciences*, 6(3), 110-115.
- Airaksinen, M. M., Peura, P., Ala-Fossi-Salokangas, L., Antere, S., Lukkarinen, J., Saikkonen, M., & Stenbäck, F. (1986). Toxicity of plant material used as emergency food during famines in Finland. *Journal of Ethnopharmacology*, 18(3), 273-296.
- Akpinar, A., Cansev, A., & Isleyen, M. (2021). Effects of the lichen *Peltigera canina* on Cucurbita pepo spp. pepo grown in soil contaminated by DDTs. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 14576-14585.
- Aoussar, N., Manzali, R., Nattah, I., Rhallabi, N., Vasiljevic, P., Bouksaim, M., ... & Mellouki, F. (2017). Chemical composition and antioxidant activity of two lichens species (*Pseudevernia furfuracea* L and *Evernia prunastri* L) collected from Morocco. *J Mater Environ Sci*, 8(6), 1968-1976.
- Arun, A. B., Girish, S., & Ravi, L. (2023). Photobiont symbiotic association in lichens. In *Microbial Symbionts* (pp. 161-175). Academic Press.
- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature reviews Drug discovery*, 20(3), 200-216.
- Bhat, N. B., Das, S., Sridevi, B. V., Nayaka, S., Birangal, S. R., Shenoy, G. G., & Joseph, A. (2023). Molecular docking and dynamics supported investigation of antiviral activity of Lichen metabolites of *Roccella montagnei*: An in silico and in vitro study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-14.
- Cansaran-Duman, D., & Aras, S. (2015). Lichens as an alternative biosorbent: a review. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*, Volume 2, 233-241.
- Cox, P. A., Banack, S. A., Murch, S. J., Rasmussen, U., Tien, G., Bidigare, R. R., ... & Bergman, B. (2005). Diverse taxa of cyanobacteria produce β -N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(14), 5074-5078.
- Cui, G.-Y.; Duan, H. Study on edible lichens in China. *Jiangsu Agric. Res.* 2000, 21, 59–62.
- Culberson, W. L. (2002). Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region—Volume 1. *The Bryologist*, 105(4), 725-725.
- Cobanoğlu, G. (2021). Geçmişten Bugüne İstanbul Liken Çalışmaları Üzerine Bir Derleme. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(1), 259-266.
- Dawes, E. A. (2017). Carbon metabolism. In *Continuous cultures of cells* (pp. 1-38). CRC Press.
- Desmarettes, L., Millot, M., Chollet-Krugler, M., Boustie, J., Camuzet, C., François, N., ... & Séron, K. (2023). Lichen or Associated Micro-Organism Compounds Are Active against Human Coronaviruses. *Viruses*, 15(9), 1859.
- Devkota, S., Chaudhary, R. P., Werth, S., & Scheidegger, C. (2017). Indigenous knowledge and use of lichens by the lichenophilic communities of the Nepal Himalaya. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1), 1-10.
- Dhaouadi, S., Khalloufi, N., Ayati, K., Ayeb, N., & Béjaoui, M. (2022). Use of lichen species for air pollution biomonitoring: Case of Dar-Chichou forest (Cap-Bon, North-East Tunisia). *Environmental and Sustainability Indicators*, 16, 100211.
- dos Santos Lima, D. N., de Oliveira Silva, A. K., da Silva, N. H., & Pereira, E. C. (2020). Bioremediation of salinized soils by the lichen *Cladonia substellata* fomented by a nitrogen source and gamma radiation. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 49, 78-93.
- Elkhateeb, W. A., El-Ghwas, D. E., & Daba, G. M. (2022). Lichens uses surprising uses of lichens that improve human life. *J Biomed Res Environ Sci*, 3(2), 189-194.
- Emsen, B., Yildirim, E., & Aslan, A. (2015). Insecticidal activities of extracts of three lichen species on *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).
- Fernandez-Pastor, I., González-Menéndez, V., Martínez Andrade, K., Serrano, R., Mackenzie, T. A., Benítez, G., ... & Reyes, F. (2023). Xerophytic Lichens from Gypsiferous Outcrops of Arid Areas of Andalusia as a Source of Anti-Phytopathogenic Depsides. *Journal of Fungi*, 9(9), 887.
- Fuji, K., & Hayakawa, C. (2022). Recalcitrance of lichen and moss litters increases soil carbon storage on permafrost. *Plant and Soil*, 472(1-2), 595-608.
- Garg, A., & Chopra, L. (2022). Dye Waste: A significant environmental hazard. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1310-1315.
- Gill, H., Sorensen, J. L., & Collemare, J. (2022). Lichen fungal secondary metabolites: progress in the genomic era toward ecological roles in the interaction. In *Plant Relationships: Fungal-Plant Interactions* (pp. 185-208). Cham: Springer International Publishing.
- Goga, M., Elečko, J., Marcinčinová, M., Ručová, D., Bačkorová, M., & Bačkor, M. (2020). Lichen metabolites: an overview of some secondary metabolites and their biological potential. *Co-evolution of secondary metabolites*, 175-209.
- Grimm, M., Grube, M., Schiefelbein, U., Zühlke, D., Bernhardt, J., & Riedel, K. (2021). The lichens' microbiota, still a mystery?. *Frontiers in Microbiology*, 12, 714.
- Gul, U. D. (2020). Investigate the Antibacterial Activity of Lichen Biomass Used in Textile Dye Removal. *Journal of Biology and Life Science*.
- Halama, P., & Van Haluwin, C. (2004). Antifungal activity of lichen extracts and lichenic acids. *BioControl*, 49(1), 95-107.
- Hawksworth, D. L. (2004). Rediscovery of the original material of Osbeck's Lichen chinensis and the re-instatement of the name *Parmotrema perlatum* (Parmeliaceae). *Herzogia*, 17(105), 37.
- John, V. & Turk, A. (2017). A Checklist of the Lichens of Turkey (Türkiye Likenleri Listesi). *İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayın*, xv + 831 pp.
- John, V., Güvenc, S. & Turk, A. (2020). Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey. –*Archive for Lichenology*, 19: 1-32.
- Kadi, S., Lellou, S., Lellou, A., Hattab, F., Benhebal, H., Boussoum, M. O., ... & Schott, J. (2023). Study of the biosorption of two cationic dyes in aqueous media by heat-treated lichens (*Xanthoria parietina*). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-20.
- Kalra, R., Conlan, X. A., & Goel, M. (2023). Recent advances in research for potential utilization of unexplored lichen metabolites. *Biotechnology Advances*, 62, 108072.
- Kalra, R., Conlan, X. A., & Goel, M. (2021). Lichen allelopathy: a new hope for limiting chemical herbicide and pesticide use. *Biocontrol Science and Technology*, 31(8), 773-796.
- Kanivebagilu, V. S., & Mesta, A. R. (2020). Lichens: A Novel Group of Natural Biopesticidal Sources. In *Plant Pathogens: Detection and Management for Sustainable Agriculture* (pp. 231-240). CRC Press.
- Kello, M., & Goga, M. (2023). Lichen, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf: Analytical Compositional Features, Biological Activity and Use in Cancer Studies. In *Ancient and Traditional Foods, Plants, Herbs and Spices used in Cancer* (pp. 281-296). CRC Press.
- Kekuda, T. P., Lavanya, D., & Pooja, R. (2019). Lichens as promising resources of enzyme inhibitors: A review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(2-s), 665-676.
- Kilic Yayla, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. Ş., İlgün, S., & Ceylan, A. (2023). Analyzing the Impact of *Ramalina digitellata*, *R. fastigiata*, *R. fraxinea*, and *R. polymorpha*'s Usnic Acid Concentration on Antioxidant, DNA-Protective, Antimicrobial, and Cytotoxic Properties. *Chemistry & Biodiversity*, 20(1), e202200816.
- Kirkpatrick, R. C., Zou, R. J., Dierenfeld, E. S., & Zhou, H. W. (2001). Digestion of selected foods by Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* (Colobinae). *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 114(2), 156-162.
- Kosanic, M., Rankovic, B., Stanojkovic, T., Vasiljevic, P., & Manojlovic, N. (2014). Biological activities and chemical composition of lichens from Serbia. *Excli Journal*, 13, 1226.
- Koyuncu, H., & Kul, A. R. (2020). Removal of methylene blue dye from aqueous solution by nonliving lichen (*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf.), as a novel biosorbent. *Applied Water Science*, 10, 1-14.
- Kulkarni, A. N., Watharkar, A. D., Rane, N. R., Jeon, B. H., & Govindwar, S. P. (2018). Decolorization and detoxification of dye mixture and textile effluent by lichen *Dermatocarpon vellereceum* in fixed bed upflow bioreactor with subsequent oxidant oxidative stress study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148, 17-25.
- Kumar, S. V., Kekuda, T. R., Vinayaka, K. S., & Yogesh, M. (2010). Synergistic efficacy of lichen extracts and silver nanoparticles against bacteria causing food poisoning. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 3(1), 67-70.
- Loganathan, K., Chellamuthu, V., Karupuswami, D., Mohan, K., Suresh, U., Panneerselvam, C., ... & Alhawiti, A. S. (2023). Bio-inspired

- synthesis of AgNPs from lichen as potential antibacterial and mosquito larvicidal activity with negligible toxicity on *Gambusia affinis*. *Entomological Research*.
- Mendili, M., Aschi-Smiti, S., & Khadhri, A. (2023). Phytochemical screening of natural textile dyes extracted from Tunisian lichens. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-18.
- Mohamed, N. A., Ahmad, M. R., Abd Kadir, M. I., Ismail, A. S. M. I. D. A., & Wan Ahmad, W. Y. (2016). Dyeing of Silk Fabric with Extracted Dyes from Lichens. *Advanced Materials Research*, 1134, 165-170.
- Molnár, K., & Farkas, E. (2010). Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 65(3-4), 157-173.
- Nayaka S, Upreti DK, Khare R. (2010). Medicinal lichens of India. Drugs from plants. Jaipur: Avishkar Publishers, Distributors; 1-54.
- Nimis, P. L., & Skert, N. (2006). Lichen chemistry and selective grazing by the coleopteran *Lasioderma serricorne*. *Environmental and Experimental Botany*, 55(1-2), 175-182.
- Odabasoglu, F., Aslan, A., Cakir, A., Suleyman, H., Karagoz, Y., Halici, M., & Bayir, Y. (2004). Comparison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(11), 938-941.
- Oszczka, P., Chowanec, K., & Skubała, K. (2023). Membrane lipid peroxidation in lichens determined by the TBARS assay as a suitable biomarker for the prediction of elevated level of potentially toxic trace elements in soil. *Ecological Indicators*, 146, 109910.
- Queffelec, J., Flórez-Fernández, N., Torres, M. D., & Domínguez, H. (2023). *Evernia prunastri* lichen as a source of bioactive glucans with potential for topical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128859.
- Pawera, L., Łuczaj, Ł., Pieroni, A., & Polesny, Z. (2017). Traditional plant knowledge in the White Carpathians: Ethnobotany of wild food plants and crop wild relatives in the Czech Republic. *Human Ecology*, 45, 655-671.
- Peng Y, Li SJ, Yan J, Tang Y, Cheng JP, Gao AJ, Yao X, Ruan JJ, Xu BL. Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents. *Front Microbiol*. 2021;12:670135.
- Ponmurugan, P., & Arunkumar, D. (2023). Biodiversity & Conservative Research.
- Rajendran, K., Karuppiyah, P., Ponnusamy, P., Shaik, M. R., Khan, M., Oh, T. H., & Shaik, B. (2023). Anti-Inflammatory Activity of Mycobiont Extract of *Parmotrema austrosinense* (Zahlbr.) Hale in a Zebrafish Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(5), 1081.
- Rankovic, B., & Kosanic, M. (2019). Lichens as a potential source of bioactive secondary metabolites. *Lichen secondary metabolites: bioactive properties and pharmaceutical potential*, 1-29.
- Rankovic, B., Kosanic, M. (2014). "Lichens as a Potential Source of Bioactive Secondary Metabolites," in *Lichen Secondary Metabolites Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential*. Ed. Ranković, B. (Switzerland: Springer International Publishing), 1–26.
- Rather, L. J., Jameel, S., Ganie, S. A., & Bhat, K. A. (2018). Lichen derived natural colorants: history, extraction, and applications. *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*, 1, 103-14.
- Ren, M., Jiang, S., Wang, Y., Pan, X., Pan, F., & Wei, X. (2023). Discovery and excavation of lichen bioactive natural products. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1177123.
- Rethinavelu, G., Lavanya, M., Krishnamoorthy, S., Baskaran, N., & Sivanandham, V. (2023). Edible lichens and its unique bioactives: A review of its pharmacological and food applications. *Food and Humanity*.
- Rizzo, D. M., Lichtveld, M., Mazet, J. A., Togami, E., & Miller, S. A. (2021). Plant health and its effects on food safety and security in a One Health framework: Four case studies. *One health outlook*, 3, 1-9.
- Schweppe, H., (1993). *Handbuch der Naturfarbstoffe*, Ecomed, Landsberg/Lech.
- Sharma, M., & Mohammad, A. (2020). Lichens and lichenology: Historical and economic prospects. *Lichen-Derived Products: Extraction and Applications*, 101-118.
- Shukla, P., & Upreti, D. K. (2015). Lichen dyes: current scenario and future prospects. *Recent Advances in Lichenology: Modern Methods and Approaches in Lichen Systematics and Culture Techniques, Volume 2*, 209-229.
- Shukla, V., Joshi, G. P., & Rawat, M. S. M. (2010). Lichens as a potential natural source of bioactive compounds: a review. *Phytochemistry reviews*, 9, 303-314.
- Singh, G. (2023). Linking lichen metabolites to genes: emerging concepts and lessons from molecular biology and metagenomics. *Journal of Fungi*, 9(2), 160.
- Soloveva, M. I., & Kuzmina, S. S. (2023). Antioxidant and antimicrobial activity of extracts of *Cetraria islandica* (L.) Ach. and *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. *Acta Biologica Sibirica*, 9, 139-146.
- Spribile, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M. C., ... & McCutcheon, J. P. (2016). Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 353(6298), 488-492.
- Sen, H., Aksoy, A., Cobanoğlu, G., & Selvi, S. (2014). Natural dyeing works on some lichens species distributed in Ayvacık (Çanakkale) and İvrindi (Balıkesir/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 7(3), 184-189.
- Senol, Z. M., Gul, U. D., & Simsek, S. (2021). Bioremoval of Safranin O dye by the identified lichen species called *Evernia prunastri* biomass; biosorption optimization, isotherms, kinetics, and thermodynamics. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.
- Taghiyeva, A., Dulger, A. F. T., Yoruk, E., & Engin, T. A. (2022). Investigation of the antifungal activity of lichen (*Usnea longissima*) extracts against *Fusarium graminearum*. *Anatolian Journal of Botany*, 6(2), 104-108.
- Thakur, M., Kapoor, B., Kapoor, D., & Sharma, N. R. (2023). Lichens: A promising source of anti-cancerous activity and their molecular mechanisms. *South African Journal of Botany*, 159, 155-163.
- Toksoz, O., Turkmenoglu, I., Berber, D., & Sesal, C. (2022). Assessment of the Antibacterial Potency of *Usnea* sp. against Foodborne Pathogens. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(2), 342-349.
- Tufan-Cetin, O., Cengiz, A., Gultekin, Z. N., Kahraman, S., Polat, B., Koc, S., & Cetin, H. (2023). Total phenolic and flavonoid contents of oakmoss lichen *Evernia prunastri* extracts and their insecticidal activities against larvae of two vector mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(4), 1355-1363.
- Upreti, D. K., Divakar, P. K., & Nayaka, S. (2005). Commercial and ethnic use of lichens in India. *Economic botany*, 59(3), 269-273.
- Vinayaka, K. S., & Kekuda, T. P. (2024). Ethnic Knowledge on Medicinal and Nutritional Attributes of Lichens with Emphasis on the Western Ghats. *Ethnic Knowledge and Perspectives of Medicinal Plants*, 57-69.
- Wang, L. S., Narui, T., Harada, H., Culberson, C. F., & Culberson, W. L. (2001). Ethnic uses of lichens in Yunnan, China. *The Bryologist*, 104(3), 345-349.
- Yang, M. X., Devkota, S., Wang, L. S., & Scheidegger, C. (2021). Ethnolichenology—the use of lichens in the Himalayas and southwestern parts of China. *Diversity*, 13(7), 330.
- Yazici, K., & Aslan, A. (2023). Additional records of lichens and lichenicolous fungi from the Giresun, Trabzon and Rize provinces, Turkey. *Phytologia Balcanica*, 29(1), 15-34.
- Yildirim, E., Aslan, A., Emsen, B., Cakir, A., Ercisli, S. (2012a). Insecticidal effect of *Usnea longissima* (Parmeliaceae) extract against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Int J Agric Biol*, 14(2):303–6.
- Yildirim, E., Emsen, B., Aslan, A., Bulak, Y., Ercisli, S. (2012b). Insecticidal activity of lichens against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Egypt J Biol Pest Control*, 22(2):151-6.
- Yusuf, M. (2020). A review on trends and opportunity in edible lichens. *Lichen-Derived Products: Extraction and Applications*, 189-201.
- Zolovs, M., Jakubāne, I., Kirilova, J., Kivleniece, I., Moisejevs, R., Koļesnikova, J., & Pilāte, D. (2020). The potential antifedant activity of lichen-forming fungal extracts against the invasive Spanish slug (*Arion vulgaris*). *Canadian Journal of Zoology*, 98(3), 195-201.

Cite as / Atıf şekli: Toksoz, O. (2023). Geçmişten günümüze potansiyel hammadde kaynağı: Likenler. *Front Life Sci RT*, 4(SI), 38-44.