MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI HABİTATLARDAN TOPLANAN LİKEN TÜRLERİNİN ULTRAVİYOLE IŞINLARA KARŞI ANATOMİK, MORFOLOJİK VE METABOLİK TEPKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

DAMLA ÇUHA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gülşah Çobanoğlu

İSTANBUL, 2023

MARMARA UNIVERSITY
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN PURE AND APPLIED SCIENCES

INVESTIGATION OF ANATOMICAL, MORPHOLOGICAL AND METABOLIC RESPONSES OF LICHEN SPECIES COLLECTED FROM DIFFERENT HABITATS TO ULTRAVIOLET RAYS

DAMLA ÇUHA

MASTER THESIS
Department of Biology

Thesis Supervisor
Prof. Dr. Gülşah Çobanoğlu

ISTANBUL, 2023

İÇİNDEKİLER/

TEŞEKKÜR iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
SEMBOLLER vi
KISALTMALAR vii
ŞEKİL viii
TABLO LİSTESİ x

1. GİRİŞ 1
1.1. Likenlerin Biyolojik Özellikleri 1
1.2. Likenlerin Yaşam Alanları ve Habitatları 3
1.3. Likenlere Etki Eden Çevresel Stres Faktörleri 5
1.4. Likenlerin Çevresel Stres Faktörlerine Verdiği Yanıtlar 7
1.5. Liken Sekonder Metabolitleri ve UV Koruyucu Rolleri 20

2. AMAÇ VE HEDEFLER 26

3. MATERYAL VE METOD 26
3.1. Liken Örnekleme 26
3.1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı 27
3.1.2. Liken Örneklerinin Toplanması 27
3.2. Laboratuvar Çalışmaları 32
3.2.1. Morfolojik ve Anatomik İncelemeler 32
3.2.2. Floresan Mikroskobu İncelemeleri 32
3.2.3. Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografisi (HPTLC) Analizleri 33
3.2.4. İstatistiksel Analizler 38

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 38
4.1. Anatomik ve Morfolojik İncelemeler 38
4.2. Floresan Mikroskobu İncelemeleri 50
4.3. HPTLC Analizleri 66
4.3.1. *Xanthoria parietina* Analizlerinin Sonuçları 69
4.3.2. *Physcia adscendens* Analizlerinin Sonuçları 72
4.3.3. *Evernia prunastri* Analizlerinin Sonuçları 77
4.3.4. *Flavoparmelia caperata* Analizlerinin Sonuçları 80

4.3.5. *Parmelia sulcata* Analizlerinin Sonuçları 81
4.3.6. *Cladonia pyxidata* Analizlerinin Sonuçları 84
4.4. İstatistiksel Analizler 88
5. SONUÇLAR 90
6. KAYNAKLAR 91
ÖZGEÇMİŞ 100

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgisini, ilgisini, sevgisini ve tecrübesini esirgemeyen, sadece danışman olarak değil bir aile varlığı hissettiren, görüş ve önerileriyle tezimi hazırlamamı sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin floresan mikroskobu deneylerinde bana yardımcı olan, lisans dönemimden de hocalarım Prof. Dr. Filiz VARDAR ve Doç. Dr. Aslıhan ÇETİNBAŞ GENÇ, HPTLC deneylerimde Ege Üniversitesi'nde bana tekniği öğretip, deneylerimi yapmamı sağlayan Prof. Dr. Ayhan ŞENKARDEŞLER hocalarıma çok teşekkür ederim.

Tezim sırasında bana arazi çalışmalarında, tez öneri formunda, tez yazımında ve deneylerimde yardımcı olan Prof. Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU hocamın doktora ve yüksek lisans öğrencileri olan liken ekibimizden Ezgi ÖZEN'e, Handan KURTULMUŞ SANCAK'a ve Damla YAYMAN'a bütün destekleri için çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, benim eğitim hayatımın başarılı geçmesini sağlayan ve güzel bir gelecek kurmam için emeklerini esirgemeyen başta annem olmak üzere bütün aileme destekleri ve duaları için çok teşekkür ederim. Liseden ve lisans dönemimden arkadaşlarıma destekleri için çok teşekkür ederim. Bu tezimi 10 sene önce kaybettiğim ama varlığını ve desteğini her zaman hissettiğim babama ithaf ediyorum.

Eylül, 2023 Damla ÇUHA

ÖZET

FARKLI HABİTATLARDAN TOPLANAN LİKEN TÜRLERİNİN ULTRAVİYOLE IŞINLARA KARŞI ANATOMİK, MORFOLOJİK VE METABOLİK TEPKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Likenler mantar ve alg birlikteliğiyle oluşan, uzun ömürlü, yavaş büyüyen, çevresel stresleri tolere edebilen, poikilohidrik organizmalardır. Tallus yapısında olan likenlerde bitkilerdeki kütikula gibi koruyucu doku bulunmadığından havadaki çeşitli kirleticileri içinde biriktirirler ve bu nedenle hava kirliliği biyoindikatörü olan organizmalardır. Doğada biyotik ve abiyotik birçok çevresel strese maruz kalırlar, ancak likenlerin simbiyotik yaşam neticesinde sentezlediği sekonder metabolitler onların çeşitli streslere karşı korumasını sağlar. Ultraviyole ışınlara (UV), sıcaklığa, başka canlıların etkilerine, kuraklığa ve antropolojik etkilere karşı mücadele etmek için çeşitli mekanizmalar gerçekleştirirler. Soğuk havalarda likenler fotosentezini durdurarak solunum yaparken hayatta kalmayı sürdürebilirler. Likenlere özgü olan 1050 adet yapısı bilinen sekonder metabolit olup mantar partneri tarafından üretilirler. Likenlere savunma sağlayan sekonder metabolitlerden günümüzde tıp ve kozmetik gibi alanlarda ekonomik olarak faydalanılmaktadır. Ozon tabakasının incelmesiyle ultraviyole ışınların olumsuzetkisi artmıştır. Organizmalara zararları olan ultraviyole ışınlara karşı likenler ışıma yeteneğiyle fazla ışığı yansıtabilirler. Ayrıca koruyucu pigment görevi gören sekonder metabolitler üreterek bir çeşit koruma mekanizması geliştirmişlerdir.

Bu bilgiler ışığında farklı habitatlardan topladığımız likenlerin UV ışınlara maruz kaldığında verdiği tepkilerin incelemesi amaçlanmıştır. Örneklenen istasyonlardaki hava kalitesi, UV indeksi, habitatların güneş ışığı alma durumları belirlenmiştir. Bunun için 6 liken türüne ait örnekler, *Xanthoria parietina* (L) Th.Fr., *Cladonia pyxidata* (L). Hoffm., *Physcia adscendens* H.Olivier, *Flavoparmelia caperata* (L). Hale, *Parmelia sulcata* Taylor ve *Evernia prunasti* (L). Ach. İstanbul'un Beykoz, Adalar, Şile, Üsküdar ve Sarıyer ilçelerindeki 26 istasyondan toplanmıştır. Orman, şehir içi, plaja yakın bölgeler, yol kenarı, yürüyüş alanı gibi farklı habitatlardan toplanan likenler teşhis edildikten sonra, ışık mikroskobunda anatomik ve morfolojik incelemeler yapılmıştır. Liken örneklerinin UV ışıma tepkisini gözlemlemek için floresan mikroskobu kullanılmıştır. Örneklerde hangi metabolitin ışımaya sebep olduğu ve sekonder metabolitlerindeki farklılıklar HPTLC analiziyle tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler literatürle de karşılaştırılmıştır. *Xanthoria parietina*'da UV koruyucu bileşik olan parietin pigmenti örneklerimizde saptanmış ve ışımaya sebep olduğu görülmüştür. *Physcia adscendens*'te tespit edilen atranorin maddesi ışımaya sebep olmuştur. *Flavoparmelia caperata*'da kaperatic, protosetrarik ve konprotosetrarik asit; *Parmelia sulcata*'da atranorin, salazinik ve konsalazinik asit bulunmuştur. Bu metabolitler literatürde de bahsedilen UV koruyucu metabolitlerdendir. *Evernia prunastri*'de usnik asit ve evernik asit bulunmuştur. Evernik asitin UV koruyucu görevi bilinmemektedir. Ancak usnik asit sayesinde UV stresine karşı koruma olabileceği düşünülmektedir. *Cladonia pyxidata*'da ise 1. İstasyondan toplanan örneklerde atranorin ve fumarprotocetraric asit görünürken 2.istasyondan toplananlarda sadece fumarprotocetraric vardır. 1. istasyon bol güneş alan bir alan olduğundan *Cladonia pyxidata* UV'ye karşı koruyucu metabolit olan atranorini üretmiş olabilir. Çalışmada incelenen liken örneklerinde bulunan UV koruyucu bileşiklerin güneşli ortamlarda daha yoğun sentezlendiği sonucuna ulaşılabilir. Bu sonuçlarla birlikte likenlerin UV ışınlara karşı verdiği tepkiler kimyasal olarak görülmektedir. UV koruyucu liken sekonder metabolitlerinin ve pigmentlerin miktarlarının tespit edilmesi ile daha ileri çalışmalar yürütülebilmesi mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Ultraviyole, Liken, Habitat, Sekonder Metabolit

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ANATOMICAL, MORPHOLOGICAL AND METABOLIC RESPONSES OF LICHEN SPECIES COLLECTED FROM DIFFERENT HABITATS TO ULTRAVIOLET RAYS

Lichens are long-lived, slow-growing, poikilohydric organisms that are formed by the association of fungi and algae and can tolerate environmental stresses. Since lichens, which have a thallus structure, do not have a protective tissue like the cuticle in plants, they accumulate various pollutants in the air and therefore they are organisms that are air pollution bioindicators. In nature, they are exposed to many biotic and abiotic environmental stresses, but the secondary metabolites synthesized by lichens as a result of symbiotic life protect them against various stresses. They carry out various mechanisms to combat ultraviolet rays (UV), temperature, the effects of other living things, drought and anthropological effects. In cold weather, lichens can stop photosynthesis and continue to survive while respiring. There are 1050 secondary metabolites with known structures that are unique to lichens and are produced by the fungal partner. Secondary metabolites that provide defense to lichens are now economically utilized in fields such as medicine and cosmetics. With the thinning of the ozone layer, the negative effects of ultraviolet rays have increased. Lichens can reflect excess light with their radiant ability against ultraviolet rays, which are harmful to organisms. They have also developed a kind of protection mechanism by producing secondary metabolites that act as protective pigments.

In line with this information, it was aimed to examine the reactions of lichens we collected from different habitats when exposed to UV rays. Air quality, UV index, and sunlight exposure of the habitats at the sampled stations were determined. For this purpose, examples of 6 lichen species are *Xanthoria parietina* (L) Th.Fr., *Cladonia pyxidata* (L). Hoffm., *Physcia adscendens* H.Olivier, *Flavoparmelia caperata* (L). Hale, *Parmelia sulcata* Taylor and *Evernia prunasti* (L). Ach. It was collected from 26 stations in Beykoz, Adalar, Şile, Üsküdar and Sarıyer districts of Istanbul. After the lichens collected from different habitats such as forests, urban areas, areas close to the beach, roadsides and walking areas were identified, anatomical and morphological examinations were carried out under the light microscope. Fluorescence microscopy was used to observe the response of lichen samples to UV irradiation. Which metabolite caused the luminescence in the samples and the differences in their secondary metabolites were determined by HPTLC analysis.

The data obtained in the study were also compared with the literature. Parietin pigment, a UV protective compound in *Xanthoria parietina*, was detected in our samples and was observed to cause luminescence. The substance atranorin detected in *Physcia adscendens* caused radiation. Caperatic, protocetraric and conprotocetraric acid in *Flavoparmelia caperata*; Atranorin, salazinic and consalazinic acids have been found in *Parmelia sulcata*. These metabolites are among the UV protective metabolites also mentioned in the literature. Usnic acid and evernic acid have been found in *Evernia prunastri*. The UV protective function of evernic acid is unknown. However, it is thought that it may provide protection against UV stress thanks to usnic acid. In *Cladonia pyxidata*, while atranorin and fumarprotocetraric acid are seen in the samples collected from the 1st station, only fumarprotocetraric is present in the samples collected from the 2nd station. Since station 1 is an area with plenty of sunlight, *Cladonia pyxidata* may have produced atranorin, a UV-protective metabolite. It can be concluded that the UV protective compounds found in the lichen samples examined in the study are synthesized more intensively in sunny environments. With these results, the reactions of lichens to UV rays can be seen chemically. It is possible to conduct further studies by determining the amounts of UV protective lichen secondary metabolites and pigments.

Key Words: Ultraviolet, Lichen, Habitat, Secondary Metabolite

SEMBOLLER/SYMBOLS

C : Karbon

°C : Sıcaklık/Derece

CO_2 : Karbondioksit

CO_X : Karbon Oksit

K : Potasyum

N : Nitrojen/Azot

NH_3 : Amonyak

NOx : Nitrojen Oksit

O_3 : Ozon

P: : Fosfor

Pd: : Parafenildiamin

SO_X : Kükürt Oksit

KISALTMALAR/ABBREVIATIONS

AB: Avrupa Birliği

DNA: Deoksiribonükleik Asit

FAR: Fotosentetik Aktif Radyasyon

FKS: Fotokimyasal Olmayan Söndürme

FV/FM: Fotosistem 2

GKF: Güneş Koruma Faktörü

HPTLC: High Performance Thin Layer Chromatography

KBSB: Karbon Bazlı Sekonder Bileşikler

KF: Koruma Faktörü

MAA: Mikosporin Benzeri Amino Asitler

MOC: Metil b-orsinolkarboksilat

PKS: Poliketid Sentaz

PTN: Parietin

ROS: Reaktif Oksijen

STK: Su Tutma Kapasitesi

UGHKI: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi

UV: Ultraviyole

UV-A: Ultraviyole A

UV-B: Ultraviyole B

UV-C: Ultraviyole C

ŞEKİL

Şekil 1. Likenlerin yaşadığı habitatlar ve substratlar

Şekil 2. Küçük Çamlıca korusundan toplanan, İstanbul çevresinde yaygın görülen, kozmopolit yapraksı liken *Xanthoria parietina*.

Şekil 3. Likenlere etki eden stres faktörleri

Şekil 4. Likenlerde sekonder metabolit üretiminde etkili çevresel etmenler

Şekil 5. Küçük Çamlıca Korusu 22 Nisan 2022 tarihli arazi çalışmasının resmi

Şekil 6. HPTLC aşamalarının görüntüsü

Şekil 7. HPTLC deneyi yapılışı sırasında çekilen fotoğraf

Şekil 8. HPTLC plağının görünür ışık ve UV ışık altındaki görüntüsü

Şekil 9. Heybeliada arazi çalışmasında *Cladonia pyxidata*

Şekil 10. A) İST-1 *Cladonia pyxidata* stereomikroskop altında, B) UV ışık altında görünümü C) Işık mikroskobunda İST-1 x40'lık objektifte podesyum kesitindeki algler

Şekil 11. A) Stereomikroskop altında *Cladonia pyxidata* (İST-2) B) UV lamba altında İST 2 *Cladonia pyxidata* C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte *Cladonia pyxidata* podesyum kesitinde algler

Şekil 12. *Evernia prunastri* arazi resmi

Şekil 13. A) Arazi çalışmasında *Evernia prunastri*, B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 14. A) *Evernia prunastri* stereomikroskop altında B) UV lamba altında *Evernia prunastri*

Şekil 15. *Flavoparmelia caperata* arazi resmi

Şekil 16. A) *Flavoparmelia caperata* stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında

Şekil 17. A) Stereomikroskop altında *Flavoparmelia caperata* B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 18. *Parmelia sulcata* arazi resmi

Şekil 19. A) *Parmelia sulcata* stereomikroskop altında, B) UV lambada ışıma yapan bölgeler

Şekil 20. A) *Parmelia sulcata* stereomikroskop B) UV lamba görüntüsü C) *Parmelia sulcata* x40'lık objektifte kesitinde alglerinin ve mantar hiflerinin görüntüsü

Şekil 21. A) Kanlıca arazisinden *Physcia adscendens* B) UV lamba altında *Physcia adscendens* C) Işık mikroskobu altında x40'lık objektifte algler

Şekil 22. A) Stereomikroskop altında *Physcia adscendens* B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte *Physcia adscendens* alglerinin görüntüsü

Şekil 23. Belgrat Ormanı Arazisinden *Xanthoria parietina*

Şekil 24. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-14) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumun stereomikroskop görüntüsü B) UV lambada turuncu-kırmızı görüntüsü C) Işık mikroskobu x40'lık objektifte spor

Şekil 25. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-20) sarı-turuncu renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskopta görüntüsü B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü

Şekil 26. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-23) sarı renkli stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 27. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-3) sarı renkli tallusu B) Turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü ve UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 28. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-4) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop altında görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte kesiti

Şekil 29. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-5) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) x40'lık objektifte sporlarının görüntüsü

Şekil 30. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-6) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumu B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve spor keselerinin görüntüsü

Şekil 31. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-7) sarı-yeşil tallusu ve turuncu apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alglerin görüntüsü

Şekil 32. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-8) sarı renkli görüntüsü ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli apotesyum ve tallus C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve sporlar

Şekil 33. A) UV lamba altında kırmızı renkli *Xanthoria parietina*'nın (İST-9) B) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte sporlar

Şekil 34. Stereomikroskopta *Xanthoria parietina*'nın (İST-1) sarı-yeşil renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumu B) UV lamba altında turuncu renkli ışıması C) ışık mikroskobunda x40'lık objektifte algleri

Şekil 35. *Xanthoria parietina*'nın (İST-12) sarı-turuncu renkli tallusunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 36. *Xanthoria parietina*'nın (İST-12) sarı-turuncu renkli tallusunun stereomikroskop

görüntüsü B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Şekil 37. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-15) sarı-yeşil tallusu ve turuncu apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntüsü

Şekil 38. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-17) sarı renkli tallus ve turuncu renkli apotesyum B) UV ışık altında turuncu renkli ışıma

Şekil 39. A) Stereomikroskopta *Xanthoria parietina*'nın (İST-18) yeşil renkli tallus ve turuncu renkli apotesyum B) UV lamba altında turuncu renkli görüntü

Şekil 40. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-19) sarı-turuncu renkli tallus ve turuncu renkli apotesyumun görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli tallus C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve sporlar

Şekil 41. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-21) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunu B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte sporlar

Şekil 42. A) Heybeliada-1 *Cladonia pyxidata*'nın podesyumunun yüzeyinde 1.ışık filtrede x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Cladonia pyxidata*'nın (Heybeliada-1) podesyumunun yüzeyinde 2.ışık filtrede x40'lık objektifte pembe-kırmızı renkli algler C) 3.ışık filtrede x10'luk objektifte yeşil ve mavi renkli algler

Şekil 43. A) *Cladonia pyxidata*'nın (Heybeliada-2) yüzeyinin kesitinde 1 ışık filtresi x20'lik objektifte yeşil renkli mantar hifleri ve kırmızı renkli algler B) Podesyum kesitininin alglerinin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli görünümü C) 3.ışık filtrede x40'lık objektifte turuncu algleri ve mavi hiflerinin görünümü

Şekil 44. A) *Evernia prunastri*'nin (Büyükada) tallus kesitinde 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri B) *Evernia prunastri* (Büyükada) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte sarı renkli soredi C) *Evernia prunastri*'nin (Büyükada) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi tallus

Şekil 45. A) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 2.ışık filtresi x10'luk objektifte kırmızı renkli algler C) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 3.ışık filtresi x40'lık objektifte turuncu renkli algler ve mavi renkli mantar hifleri

Şekil 46. A) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x4'lük objektifte yeşil renkli tallusu C) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli tallusu

Şekil 47. A) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 1.ışık filtresi x10'luk

objektifte turuncu renkli algleri B) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 2.ışık filtresi x20'lik objektifte kırmızı renkli algleri C) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli alglerinin görüntüsü

Şekil 48. A) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri B) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri C) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte yeşil renkli algleri ve mavi renkli mantar hifleri

Şekil 49. A) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık x40'lık objektifte turuncu renkli algleri B) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli tallus

Şekil 50. A) Şile *Physcia adscendens*'in tallusunun 1.ışık filtresi x4'lük objektifte yeşil renkli görüntüsü B) Tallusun 2.ışık filtresi x4'lük objektifte kırmızı renkli görüntüsü C) Tallusun 3.ışık filtresi x4'lük objektifte mavi renkli görüntüsü

Şekil 51. A) *Xanthoria parietina* (Kanlıca) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar C) Alg ve sporlar 3.ışık filtresi x40'lık objektifte

Şekil 52. A) *Xanthoria parietina* (Uskumruköy) 1.ışık x40'lık objektifte algler B) Sporların 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte turuncu algler, kırmızı sporlar ve mavi hiflerinin görüntüsü

Şekil 53. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-5 Demirci Plaj Yolu Siteler Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte algler ve sporlar B) 1.ışık filtresi x10'luk objektifte görüntüsü C) algler ve sporlarının 3.ışık x40'lık objektifte görüntüsü

Şekil 54. A) *Xanthoria parietina* (İST-6 Demirci Plaj Yolu Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporları

Şekil 55. A) *Xanthoria parietina* (İST-6 Demirci Plaj Yolu Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporları

Şekil 56. A) *Xanthoria parietina'*nın (İST-8 Kumköy Kilyos Caddesi Sarıyer) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x20'lik objektifte görünümü C) Alg ve sporlarının 3.ışıkta x40'lık objektifte görünümü

Şekil 57. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-9 Kumköy Bıldırcın Sokak Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) Tallusun 2.ışık filtresi x10'lık objektifte görüntüsü C) Tallusun 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Şekil 58. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-10 Büyükada-1 Maden Tabiat Parkı Karşısı Adalar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) alg ve sporlarının 2.ışık x20'lik

objektifte görüntüsü
Şekil 59. A) *Xanthoria parietina* (İST-11 Büyükada-2 Maden Orman Yolu Adalar) 1.ışık filtrede x40'lık objektifte alg ve sporlar B) 2.ışık x20'lık objektifte alg ve sporlarının görüntüleri C) Alg ve sporlarının 3.ışık x10'lık objektifte görüntüleri
Şekil 60. A) *Xanthoria parietina* (İST-12 Büyükada-3 Aya Yorgi Yolu Adalar) 1.ışık filtresix40'lık objektifte algler B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x10'lık objektifte tallus
Şekil 61. A) *Xanthoria parietina* (İST-13 Atatürk Kent Ormanı-1 Çamlıtepe Fatih Ormanı Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının B) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının
Şekil 62. A) *Xanthoria parietina* (İST-14 Atatürk Kent Ormanı -2 Maslak Fatih Orman Kampüsü Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporların 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 63. A) İST-15 Çamlıtepe Atatürk Kent Ormanı-3 Sarıyer *Xanthoria parietina* alglerinin 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte algler ve sporlar
Şekil 64. A) *Xanthoria parietina* (İST-17 Büyük Çamlıca Korusu Üsküdar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 65. A) *Xanthoria parietina* (İST-18 Kısıklı Küçük Çamlıca Korusu Girişi Üsküdar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporlarının 3.ışık x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 66. A) *Xanthoria parietina* (İST-19 Küçük Çamlıca Korusu Tepelik Alan Üsküdar) alg ve sporların 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporların 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporların 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 67. A) İST-20 Merkez Belgrad Ormanı-1 Sarıyer *Xanthoria parietina* alglerinin 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alglerin 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 68. A) Tallusun 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) *Xanthoria parietina* talluslarının 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görünümü C) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 69. A) *Xanthoria parietina* (İST-22 Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı-3 Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte tallus B) 2.ışık x40'lık objektifte tallus C) 3.ışık x40'lık

objektifte görüntüsü
Şekil 70. *Xanthoria parietina* (İST-23 Heybeliada Çam Limanı Adalar) tallusun 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü
Şekil 71. A) *Xanthoria parietina* (İST-25 Atatürk Ormanı Şile) tallus ve apotesyumun 1.ışık x4'lük objektifte görüntüsü B) Tallusun 2.ışık x10'luk objektifte görüntüsü C) Tallusun 3.ışık x10'luk objektifte görüntüsü
Şekil 72. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-26 Serintepe Piknik Alanı Şile) apotesyum ve tallusunun 1.ışık x4'lük objektifte görüntüsü B) apotesyumun 2.ışık x40'lük objektifte görüntüsü C) apotesyumun 3.ışık x40'lük objektifte görüntüsü
Şekil 73. Parietin'in kimyasal formülü
Şekil 74. A) Atranorinin kimyasal yapısı B) Zeorinin kimyasal yapısı
Şekil 75. A) Evernik asidin kimyasal yapısı B) Usnik asidin kimyasal yapısı
Şekil 76. A) Protosetrarik asidin kimyasal yapısı B) Kaperatik asidin kimyasal yapısı
Şekil 77. Salazinik asidin kimyasal yapısı
Şekil 78. Salazinik asidin hilal şeklinde HPTLC plakasında görüntülenmesi
Şekil 79. Fumarprotosetrarik asidin kimyasal yapısı
Şekil 80. Liken metabolitlerinin istasyonlara göre karşılaştırılması

TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES

Tablo 1. Örnek toplanan istasyonlara ait coğrafi bilgiler

Tablo 2. İstasyonlarda habitat, tür ve substrat özellikleri

Tablo 3. İstasyonlarda UV indeksi ve hava kalitesi değerleri

Tablo 4. HPTLC'de çalışılan, liken türlerinin özellikleri

Tablo 5. Liken türlerinin içerdiği bileşikler

1. GİRİŞ

1.1. Likenlerin Biyolojik Özellikleri

Heterotrof bir mantar ve ototrof bir veya birden fazla algin simbiyozuyla (ortak yaşam) "liken" adı verilen doğada ekolojik işlevleri ilgi çekici olan canlı oluşmuştur (Nash 1996). Likenler, kendisini oluşturan alg ve mantardan tamamen farklı morfolojide olması onları ilginç kılmıştır (Gauslaa ve ark. 2004). Likenler yavaş büyüyen uzun ömürlü canlılardır. Likenler üç ana morfolojik gruba ayrılır. Bunlar kabuksu (krustoz), yapraksı (foliyoz) ve dalsı-çalımsı (frutikoz) (Nash 1996). Kabuksu likenlerde tallus alt tabakaya sıkıca yapışır. Yapraksı likenlerde tallus, substrata rizin adı verilen yapılarla gevşek bir şekilde bağlanır. Dalsı-çalımsı likenler dik veya sarkıktır (Kumari ve ark. 2021). Simbiyotik organlar likenin tallus adı verilen genel gövde yapısını oluşturur (Spribille ve ark. 2022). Tanımlanmış 20000 kadar liken türü bulunmaktadır. Liken simbiyozunda mantar partnerini Ascomycetes (keseli mantar) sınıfındaki mantarlar oluştururken alg partnerini yeşil algler (Chlorophyceae sınıfı) veya siyanobakteriler (Cyanobacteria) oluşturur. Likenlerdeki mantar partnerine mikobiyont, alg partnerine fotobiyont adı verilir. Likenlerdeki mantar partnerinin %98'i Ascomycetes sınıfında olurken %2'si Basidiomycetes ve Deuteromycetes (Fungi Imperfecti) sınıfındadır (Nash 1996). Liken morfolojisini mantar partneri belirler. Eşeyli üremeleri mantar partnerinin sporları vasıtasıyla gerçekleşir. Bu sebeple likenler Mantarlar (Fungi) aleminde yer alırlar (Grimm ve ark. 2021). Liken fotobiyontları Trebouxidaceae ve Coccomycetaceae sınıflarındadır (Schweiger ve ark. 2021). Likenlerde yeşil alg bulunma oranı %90'dır (Grimm ve ark. 2021). Fotobiyontun %70'ini *Trebouxia* cinsi oluştururken %20'si filamentli alg olan *Trentopohlia* oluşturur. Likenlerin %8-10'un da ise siyanabakteriler bulunur (Schweiger ve ark. 2021). Likenlerin %2-4'ü her iki tip fotobiyont ortağı içermektedir. Yeşil alglerin baskın olduğu bir likende sefalodyum adı verilen özel bölmelerde kolonize olan siyanobakteriler yer almaktadır (Grimm ve ark. 2021). Fotobiyontun çeşidine göre fotobiyonttan mikobiyonta besin transferi gerçekleşir. Yeşil algte karbonhidrat transferi şeker alkollerinden yapılırken siyanobakterilerden ise glikoz transfer edilir. Yeşil algler fotosentez için su buharı kullanırken siyanobakteriler sıvı suya ihtiyaç duyarlar (Nash 1996). Likenlerin simbiyozuna son zamanlarda mayalarında katıldığı görülmüştür (Bil'ová ve ark. 2019). Maya dışında filamentli mantarlar ve çeşitli prokaryotik organizmalarda likenlerin yapısına katılıp liken mikrobiyotasını oluşturmuşlardır. Liken metabolizmasına katılan mikrobiyotadaki canlılar likenlerin su alışverişlerini düzenleyerek tallus yapısını değiştirirler (Sargsyan ve ark. 2021).

20000 kadar fazla tür bulunduran tür bulunduran likenlerin aile, takım ve sınıf düzeyindeki tür zenginliği ile ilgili Lücking ve ark. (2017) tarafından yaptıkları güncel istatistik şöyledir: Kabul

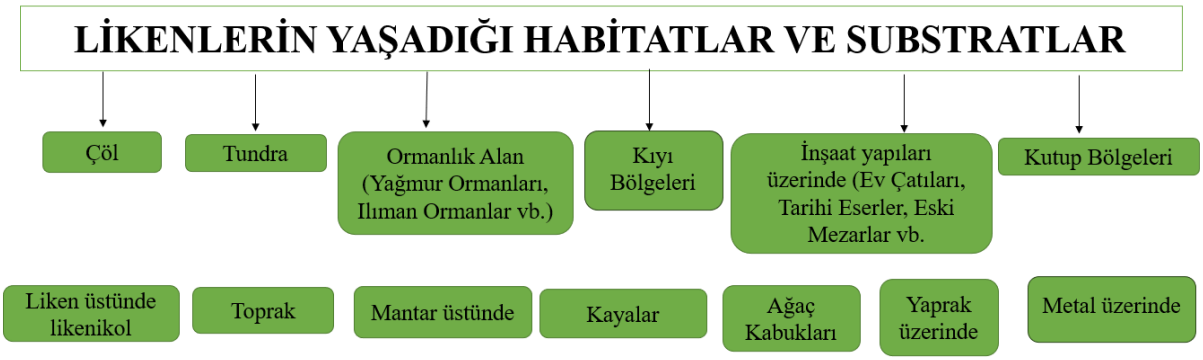
edilen tür sayısı 995 cins, 115 familya, 39 takım ve sekiz sınıfta 19.387'dir. Likenize Basidiomycota miktarı 172 tür (toplamın %0,9'u), 15 cins (%1,5), beş familya (%4,3), beş takım (%12,8) ve bir sınıf (%12,5)'dır. En türsel cinsler *Xanthoparmelia, Lecanora, Arthonia, Cladonia, Pertusaria, Ocellularia, Graphis, Caloplaca, Usnea* ve *Buellia*'dır. En büyük familya 2.765 tür ve 77 cins ile Parmeliaceae'dir (Lücking ve ark. 2017). Türkiye dünyadaki birçok ülke gibi liken tür çeşitliliği bakımından zengindir. Türkiye'deki likenlerin tamamında mantar partneri olarak Ascomycetes sınıfı bulunur. Türkiye'de 4000 kadar tür olduğu düşünülse de güncel olarak 1800 tür kaydedilip, coğrafi konumlarına bakılarak listelenmiştir (Çobanoğlu 2021).

Likenler dünyanın %8'ini kapsarlar (Çobanoğlu 2021). Arktik tundradan çöl iklimine kadar çeşitli ekosistemlerde yaşamaktadırlar (Kosanić ve ark. 2012). Çöl, tundra ve Antarktika'nın zorlu iklim koşullarından dolayı likenler kısa süreli metabolik aktivite görülmektedir. Yıl içerisinde bu ekosistemlerde likenin büyümesi 1 mm'yi geçmemektedir. Ilıman ve subtropikal iklimlerde ise metabolik aktivite uzun süreli olduğundan 1 cm'ye kadar büyüme görülmektedir (Nash 1996). Likenler substrat (öz ortam) olarak ağaç kabukları, toprak, kayalar ve yaprak gibi doğal ortamların yanı sıra insan yapımı tarihi eserler ve metallerin üzerinde yaşarlar (Kosanić ve ark. 2012; Çobanoğlu 2021).

Likenler dış etkenlere karşı koruyucu ve çeşitli kirleticilerin emilimini engelleyen bitkilerdeki epidermis benzeri koruyucu yapılardan yoksundurlar. Ağır metallerde dahil olmak üzere çeşitli miktarda elementler likenlerin talluslarında birikmektedirler. Bu özellikleri onları hava kirliliğinin tespitinde biyoindikatör özellik göstermelerini sağlamaktadır (Galanty ve ark. 2021). Kükürt dioksit gibi kirleticilere de maruz kalan likenler bu etkenlere tolerans gösterme kapasitesine sahiptirler. Likenlerde bulunan yüzey hidrofobikliği tolerans kapasitesinin örneğidir (Grimm ve ark. 2021).

Mantar ve algin simbiyozuyla oluşan likenlerde primer metabolitler protein, poliol, karbonhidratlar, vitaminler ve karotenoidlerden oluşur. Sekonder metabolitler ise primer metabolitlerin kimyasal tepkimeleriyle oluşurlar. Yaşamsal fonksiyonlarda görevleri yoktur (Çobanoğlu ve ark. 2016). Sekonder metabolitler çevreye uyum sağlama, dış etkenlerden korunma ve neslini devam ettirmekle beraber ekosistemle ilişkilerini düzenleme gibi birçok görevi vardır. Fotootrof canlılar mantar partneriyle birleşip liken oluşturmaları sayesinde çeşitli ekolojik streslerden kendilerini korurlar. Aynı zamanda ikincil metabolitler, ultraviyole (UV) veya görünür ışığı da emmektedir. Bu bileşikler, kuraklık olduğunda hem alg hem de mantar partnerlerinin ışıktan korunmalarını sağlamışlardır (Spribille ve ark. 2022).

1.2. Likenlerin Yaşam Alanları ve Habitatları



Şekil 1. Likenlerin yaşadığı habitatlar ve substratlar (Nash 1996)

Likenler tropik bölgelerden kutup bölgelerine kadar neredeyse tüm karasal habitatlarda bulunur (Şekil 1). Likenlerin farklı habitatlarda ve substratlarda yaşamalarının sebebi liken simbiyozunun başarılı olmasıdır. Liken simbiyozunda bulunan algler nemli ve sulak habitatlarda yaşamaktadırlar. Liken simbiyozuna katılan algler aşırı kurak veya aşırı soğuk habitatlarda yaşarlar. Mantar partneri su alımını kolaylaştırıp, yüksek ışıktan fotobiyontu korur (Nash 1996). Bu özellikleri sayesinde likenler kaya yüzeylerinde, ölü ağaçlarda, ağaçların canlı kabuklarında, hayvan kemiklerinde ve paslı metaller gibi insan yapımı yüzeylerde ve eski çağlardan kalma tarihi eserlerin üzerinde yaşamaktadırlar (Varol ve ark. 2018). Likenler, her türlü **ekosistem**in temel bir bileşenidir (Rajaprabu ve Ponmurugan 2022).

Habitat, bir türün hayatta kalabileceği ve üreyebileceği sınırlı bir alandır; dolayısıyla türler yalnızca gerçek çevrede mevcut olan faktörlerin birleşimi nedeniyle ortaya çıkabilir (Lõhmus ve ark. 2023). Likenlerin üzerinde tutunup, geliştiği noktalara **substrat** denir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu 2017). Likenlerde fotobiyont mikobiyonta göre daha az bulunur. Bu sebeple eşeyli mantar sporlarının dağılımı sınırlıdır. Mantar sporlarının dağılımı liken çeşitliliğini ve sayısını etkiler. Liken biyoçeşitliliğini olumlu yönde etkilenmesi için habitatın kaliteli olması gerekir. Habitatın kalitesi likenlerin canlılığına ve bolluğuyla görülür (Lõhmus ve ark. 2023).

Likenler habitatlarındaki stres koşullarına karşı adaptasyon gösterebilirler. Antrapojenik, fizyolojik ve diğer stres faktörlerine karşı rekabet etmektedirler. Ancak liken varlığını, canlılığını, çeşitliliğini korumak için öncelikle habitatlarını korumak gerekir (Lõhmus ve ark. 2023).

Likenler serin ve nemli habitatlarda sık bulunurlar. Arktik tundra, boreal orman zeminleri buna örnektir (Grimm ve ark. 2021). Yüksek enlemlerdeki likenlerde, çevresel koşullara bağlı olarak çeşitli farklılıklar görülmektedir. Güneş radyasyonu liken dağılımını etkileyen faktörlerden biridir (Mafole ve ark. 2017). Yüksek irtifalarda veya gelgit taşkınlarının olduğu kıyılardaki kaya

yüzeylerinin önemli bir bileşenini oluşturmaktadırlar (Grimm ve ark. 2021). Dağların tepelerinde yaşayan veya toprak üstünde bulunan türler mevcuttur. Bu habitatlar kuruma, aşırı sıcaklıklar ve yüksek ışık yoğunlukları gibi şiddetli abiyotik streslere maruz kalırlar (Mafole ve ark. 2017). Lav alanları, Antarktika habitatları gibi zorlu habitatlar likenlerin yaşadığı habitatlara örnektir (Grimm ve ark. 2021). Özellikle kutup bölgelerinde likenler düşük sıcaklık seviyelerine rağmen yeterli su mevcudiyeti olduğunda solunum yapabilmektedirler. Kutupların tür çeşitliliğinde ve tür sayısında önemli bileşen olmuşturlar (Mafole ve ark. 2017). Likenler aşırı ekolojik koşullara uyum sağlamalarına rağmen, habitatlardaki değişikliklere duyarlıdırlar (Kumari ve ark. 2021).

Antarktika kıtası liken çeşitliliği tarafından zengindir. Bu yüzden Antarktika'da liken çeşitliliği çalışmaları devam etmektedir. Likenlerin biyomonitör ve biyoindikatör özelliği Antarktika'da likenlerin iklim değişikliği çalışmalarında kullanımılmalarını sağlar. İnsan müdahalesinin azlığı, düşük kirlilik seviyeleri, minimum düzeyde veya hiç bitki rekabeti olmaması Antarktika'da likenlerin hâkim olmasını sağlar (Nayaka ve Rai 2022). Antarktika'da yaygın liken cinsleri *Acarospora, Buellia, Candellariella, Lecidea, Lecanora, Physcia, Rhizocarpon, Rinodina, Umbilicaria, Xanthoria, Turgidosculum, Usnea*'dır (Singh ve ark. 2011). Antarktika liken toplulukları küresel ısınma sebebiyle tehlike altındadırlar (Nayaka ve Rai 2022).

Likenlerin farklı habitatlarda ve substratlarda yaşadığının bazı örnekleri Lõhmus ve ark. (2023) tarafından verilmiştir. Hollanda Taş kiliselerinin liken türlerini barındırdığı görülmüştür. Örneğin *Cladonia parasitica* Kuzey Amerika'da açıkta kalan çitlerde bulunurken, Avrupa'da işlenmiş ahşapta bulunmadığı görülmüştür (Lõhmus ve ark. 2023). Ayrıca Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da yapılan çalışmalar, çok sayıda epifitik likenlerin esas olarak yaşlı ormanlarda yaygın olduğunu gösterir. Bu türler daha genç orman türlerinde seyrek olma veya bulunmama eğiliminde olduğunu gösterir. Epifitik liken türlerinden en sık rastlanan *Xanthoria parietina* Şekil 2'de gösterilmiştir. Likenlerin varlığı ormanın yaşı hakkında bilgi verir (Goward ve ark. 1996). Birçok türün yayılışı gibi *Cladonia* cinsinin yayılışı da habitatla alakalıdır. Primer talluslarının anatomisi, habitat faktörlerine bağlıdır (Osyczka ve Rola 2013). *Cladonia* yosun benzeri likenler dünya çapında dağılmıştır. Liken oluşturan mantarların en çeşitli gruplarından biridir. İskandinavya ve Rusya'da *Cladonia* türleri ve *Cetraria islandica* ren geyiğinin besinini oluşturur (Park ve ark. 2014). Avrupa'da açık, kuru ova bozkırlarında ve kayalık dağ otlaklarında yaygın olarak yayılış gösteren terrikol türü *Cladonia foliacea* (Cladoniaceae, likenize Ascomycota), tallusları kortikal güneş radyasyonu koruyucu ve UV taraması ürettiği için ekolojik deneyler için potansiyel bir test organizması olarak görülür (Farkas ve ark. 2020). Bazı liken oluşturan mantarlar bölgesel olarak farklı habitatlarda yaşadığı uzun zamandır gözlemlenmiştir. Bu durum yalnızca mevcut habitat

türleri veya substratlarla açıklanamaz. Bununla birlikte, temel liken biyolojisi ve biyoçeşitliliğin korunmasıyla ilgilidir. (Lõhmus ve ark. 2023).



Şekil 2. Küçük Çamlıca korusundan toplanan, İstanbul çevresinde yaygın görülen, kozmopolit yapraksı liken *Xanthoria parietina*.

1.3. Likenlere Etki Eden Çevresel Stres Faktörleri

Küresel ısınma, iklim değişikliği, çeşitli antropojenik faktörler gibi birçok sorun canlı biyoçeşitliliği etkilemektedir. Likenlerin biyoçeşitliliği de bu sorunlardan etkilenir. Çeşitli stres faktörlerinin etkileri araştırılmaya devam etmektedir. İnsan etkilerinin yanı sıra sıcaklık, karbondioksit, yağış, UV radyasyon, ozon, asitleşme ve nitrifikasyonda olan değişiklikler liken topluluklarını doğrudan etkilemektedir. Taksonların ve habitatların durumu genellikle genel ekolojik ve çevresel değişim bağlamında değerlendirilir (Nash 1996). Likenler, bozulmuş ekosistemlerde koloni kurup diğer organizmalara kaynak sağlayan abiyotik faktörleri değiştirerek ekosistem mühendisleri olarak görev yaparlar (Cung ve ark. 2021). Liken simbiyozu, uygun ışık ve sıcaklık seviyeleri ile geçici bir hidrasyona sahip olduğunda, yılın herhangi bir zamanında pozitif bir net karbon kazanımı sağlayabilir (Larsson ve ark. 2009).

Liken mantarı, beslenmesini fotobiyonttan elde ederek şüphesiz büyük yarar sağlar, ancak fotobiyontun simbiyozdan kazancı daha azdır. Temel olarak, fotobiyont yüksek ışıktan, aşırı sıcaklıklardan ve bir dereceye kadar kuraklıktan koruma kazanır, ancak serbest yaşayan algler veya siyanobakteriler ile mantar partneri arasındaki ortaklık sayesinde zorlu koşullara dayanıklı hale gelirler (Grimm ve ark. 2021). Yüksek enlemlerdeki likenler, çevresel koşullarda önemli bir yıllık değişiklik yaşarlar. Güneş radyasyonu liken bölgelerinde yüksek varyasyon gösteren faktörlerden

biridir (Larsson ve ark. 2009).

Liken metabolizmasında üretilen sekonder metabolitler kaya matrisini aşındırarak verimli topraklar oluşturup mineral bileşimini yeniden şekillendirebilir. Aynı zamanda likenler, otçullar tarafından tüketilip sindirildiğinde nitrojen fiksasyonuna katılarak mevcut toprakların zenginleştirilmesinde de önemli bir rol oynar. Likenlerin ürettiği sekonder metabolitlerin çoğu tatsızdır. Hem otçullara hem de ayrıştırıcılara karşı savunma görevi görür (Grimm ve ark. 2021). Ancak liken türleri mevsimsel sıcaklıklar gibi doğal stresin yanı sıra hava kirliliği ve güneş ışığının engellenmesi gibi antropojenik güçlere karşı hassastır. Liken toplulukları yalnızca kendi ekosistemleri için değil aynı zamanda diğer organizmalar için de temel teşkil ettiğinden liken habitatlarını, substratlarının korunması zorunludur. Güneş ışığı, yağış, sıcaklık ve eğim liken topluluklarının dağılımını etkileyen başlıca çevresel faktörlerdir (Cung ve ark.2021).

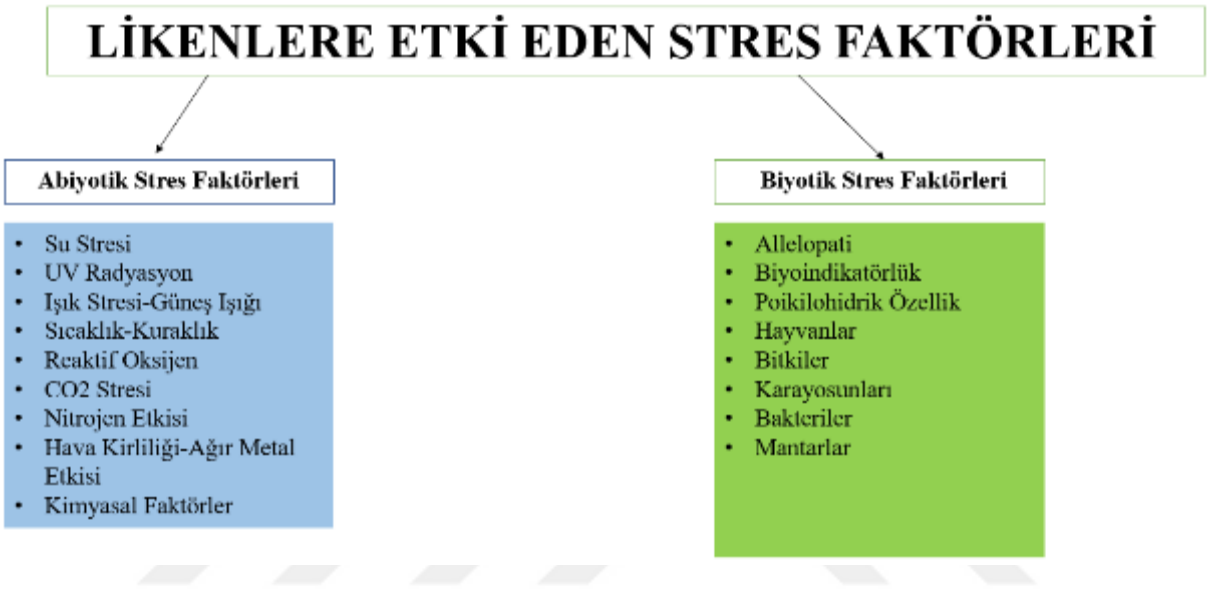
Likenler, doğal ortamlarında sıklıkla aşırı metallere maruz kalırlar. Bakır, çinko, kadmiyum, kurşun, krom veya cıva gibi ağır metaller, endüstrilerin ve tarımın insan kaynaklı baskısı altındaki alanlarda biriken başlıca çevresel kirleticilerdir. Liken tallusunda biriken elementlerin birincil kaynağı atmosferdir. Elementlerin likene girişi, elementlerin konsantrasyonuna ve kimyasal karakterine ve ayrıca liken yüzeyinin özelliklerine bağlıdır. (Biľová ve ark., 2019). Likenler hava kirliliğine karşı dayanıklı olduğundan likenolojik çalışmalarla hava kirliliğinin biyolojik izlenmesi mümkündür. Liken topluluğu atmosferik kükürt dioksit seviyeleriyle bağlantılıdır. Son yıllarda, iyileştirilmiş emisyon düzenlemeleri ve daha verimli dağıtma stratejileri, kükürt dioksit seviyelerini azalttığından likenler, daha önce yok oldukları alanlarda yeniden kolonileşmeye başlamıştır (Grimm ve ark. 2021). Metalle kirlenmiş alanlarda büyüyen bitkiler, değişmiş metabolizma, büyüme azalması, daha düşük biyokütle ve metal birikimi sergiler. Metaller canlı organizmalarda fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkiler. Likenlerin kök sistemi yoktur ve mineral beslenmeleri atmosferden alıma bağlıdır. Bitkilerde bulunan kütikül ve stoma yapılarının likende bulunmaması nedeniyle likenler mineral maddeleri (ağır metaller dahil) aşırı yüksek konsantrasyonlarda biriktirebilir (Biľová ve ark. 2019). Bununla birlikte, yüksek nitrat birikimi gibi diğer faktörler de liken topluluklarını etkiler. Son olarak likenler, metalleri ve kalıcı organik kirleticileri verimli bir şekilde biriktirdiklerinden, genellikle bu kirleticilerin birikimini kaydetmek için biyoindikatör ve biyomonitör olarak kullanılırlar. (Grimm ve ark. 2021).

Poikilohidrik organizmalar olarak birçok liken, kurumaya karşı dikkate değer bir tolerans geliştirmiştir. Bunlar, likenlerin değişen hidrasyon koşulları altında mekanik stresle başa çıkmalarını sağlayan antioksidan ve fotokoruyucu mekanizmalar ve stratejileri içerir. Kuraklık altında mantar tabakası yoğun, sıkıştırılmış miselyumdan oluşur. Bazı likenlerin farklı su

habitatlarına adaptasyonu aynı zamanda fotobiyontların seçimini de kapsamaktadır. Genel olarak ışığa ve kurumaya karşı tolerans, simbiyotik etkileşimlerin liken partnerlerinin teker teker yaşadığı stresi azaltılmasını sağlamaktadır (Grimm ve ark.2021).

1.4. Likenlerin Çevresel Stres Faktörlerine Verdikleri Yanıtlar

Likenlere etki eden stres faktörleri Nash (1996)'ın derlemesindeki bilgilere dayanarak şematize edilebilir (Şekil 3).



Şekil 3. Likenlere etki eden stres faktörleri (Nash 1996).

ABİYOTİK STRES FAKTÖRLERİ

Su Stresi: Çiçekli bitkiler ve kozalaklı ağaçlar yapraklarında ve iğne yapraklarında su miktarını sabit kılarlar. Likenlerde bu durum tam tersidir. Likenler çevresel stres koşullarına karşı su miktarlarını değiştirirler. Likenler aşırı kuraklığa dayanıklı olsalar bile su varlığı yaşamları için önemlidir (Nash 1996).

Likenler, çiy, yağmur ve nemli hava gibi su kaynaklarından yararlanırlar. Bu kaynaklar liken hidrasyonuna neden olup fotosentezin aktive edilmesini sağlar. Ancak bu atmosferik hidrasyon kaynakları likenleri farklı şekilde etkileyip şekillendirir (Gauslaa 2014). Likenler ayrıca soğuk, nemli ve doymamış havadan nem alma konusunda yeteneklidirler. Bu durum esas olarak damarlı bitkilerde meydana gelen terleme ile su akışının tam tersi olup yaprak likenlerinin ozmolarite değerlerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Nash 1996).

Liken büyüme formu, fotobiyont tipi, su tutma kapasitesi (STK) ve aşırı doygunluk depresyonu önemli araştırma konusudur. Çoğu liken türü için, şafak öncesi ortalama bir çiy, ortalama iç SKT'lerini yaklaşık olarak doldurur. Klorolikenlerde yıllık karbon (C) asimilasyonu

için çiyi kullanmak faydalıdır. Bununla birlikte, SKT'lerini doldurmak ve çoğu siyanolikeni tamamen hidratlamak için yağmura ihtiyaç vardır (Gauslaa 2014).

UV Radyasyon: Atmosfer Dünya'nın yaşamı için önemli bir faktördür. Atmosferin varlığı sayesinde Dünya'ya ulaşmaya çalışan yüksek elektromanyetik dalgalı ve canlılığa zarar verecek ışınlar Dünya'ya ulaşamaz. Güneşten gelen ultraviyole (UV) ışınları atmosferin engellediği ışınların en bilinenidir. Dalga boyuna göre, UV ışınları 3'e ayrılır. Bunlar; UV-C (100-280 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-A (315-400 nm)'dır (Rastogi ve ark. 2022). Atmosferde bulunan ozon gazı dünyayı UV ışınlara karşı koruyan önemli bir faktördür. Ozon gazı ozon tabakasını oluşturarak güneşten gelen UV-B ve UV-C ışınlarına karşı dünyayı korur (Sharma ve Singh 2022). Ozon tabakasında yaşanan incelmenin dünyaya zararlı etkileri vardır. Ozon tabakasındaki incelme güneşten gelen zararlı UV ışınlarının emilmesini çoğaltır (Li ve ark. 2019). UV-A radyasyonları, diğer UV ışın türlerine kıyasla daha az enerjik ve daha az zararlıdır. UV-A, atmosferde bulunan oksijen ve ozon tarafından soğurulmaz ve kesintisiz olarak Dünya'ya ulaşır. UV-B radyasyonlarının çoğu stratosferik ozon tarafından emilir, ancak UV-B'nin bir kısmı Dünya yüzeyine ulaşabilir. İnsan faaliyetleri stratosferik ozonda önemli azalmalara neden olabilir. UV-C radyasyonları diğer UV tiplerine göre enerjisi en fazla olandır. Bu yüzden en zararlı UV ışınıdır. Zararlı etkisi sebebiyle bunlar atmosferik ozon tarafından tamamen emilir ve atmosferden geçmezler (Sharma ve Singh 2022).

Ozon tabakasının incelmesine bağlı olarak UV-B ışınımı oranındaki artış, ciddi bir çevresel kaygıdır, çünkü UV-B'nin daha yüksek oranı, okyanuslardaki fitoplankton, pirinç tarlalarında, gıda mahsullerinde, ormanlarda, yabani otlarda ve su ekosistemlerinde bakterilerin nitrojen sabitlenmesi gibi birçok canlının yaşamsal işlevlerini ve tarımsal faaliyetleri etkiler (Rastogi ve ark. 2022). Proteinler ve nükleik asitler gibi önemli biyolojik makromoleküller UV-B bölgesinde etkili bir şekilde soğurulduğu için, güneş radyasyonunun bu kısmındaki herhangi bir artış canlı organizmalar için olası bir tehlike oluşturur. Artan UV-B radyasyonu, bitki büyümesini, fotosentezi, biyokütleyi veya toplam kuru madde varlığını azaltabilir (Sharma ve Singh 2022). Türlerin canlılıkları çeşitli abiyotik stresler nedeniyle kolayca tehlikeye girdiğinden yüksek düzeyde UV-B radyasyonu tolere edilemez. UV-B radyasyonu nükleik asitlere zarar verir ve pirimidin dimerlerinin oluşumuna neden olur. Bu yüzden hücre döngüsünü düzenleyen gen transkripsiyonu ve DNA replikasyonu ciddi şekilde bozulduğundan genetik mutasyonlar ve hücre ölümü görülmektedir. Yüksek UV-B ışınlaması aynı zamanda fotosentetik kapasiteyi azaltan ve bitki büyümesini ve üretkenliğini azaltan reaktif oksijen türlerini (ROS) de üretir (Li ve ark. 2019).

UV çeşitlerinden UV-B, bitkiler ve hayvanlar için önemli ölçüde zararlı olduğu bilindiğinden önemli bir çevre sorunu olarak görülmüştür (Rastogi ve ark. 2022).

Likenler ışığa duyarlı alg partnerlerini yüksek ışık seviyelerine ve UV radyasyonun zararlı etkilerine karşı korumak istemektedir. Bunun için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Liken bileşiklerinin UV stresine karşı kendini ışıma yaparak koruması buna örnektir (Molnár ve Farkas 2010). Mikobiyontlar ve fotobiyontlar tek başlarına kuruma sırasında oksidatif strese maruz kaldıklarından, bu koruyucu mekanizmalar her iki partnerin doğru koordinasyonunu gerektirir. Yapraksı likenlerde ortaklar, diğer simbiyotik bileşenlerin foto savunma sistemlerini birlikte kullanır (Veres ve ark. 2022a). Likenler, bazı bitkiler, deniz canlıları, mantarlar gibi bazı canlılar ışığa maruz kaldıklarında floresan ışıma yeteneği sergilerler (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). Lücking ve ark. (2014)'nın yaptığı bir çalışmada gündüz renksiz görünen likenler, gece UV lamba kullanıldığında çok çeşitli renklerde görülmüşlerdir. UV lamba altında birçok farklı tür, farklı renkte görüldüğünden likenlerin ışıma yaptığı gözlemlenmiştir (Lücking ve ark. 2014).

UV ışınlarının likenlere zararlı etkileri vardır. UV miktarının çoğalması simbiyoza katılan organizmalara zarar verir. UV ışınları mikobiyontun gelişimini engeller ve fotobiyontun fotosentez etkinliğini olumsuz yönde etkiler. UV ışınlar kloroplast bozulmasını ve DNA bozulmasını tetikler. Likenler UV ışınlarının zararlarından korunmak için sekonder metabolitler üretirler (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). UV-B likenlerde büyüme için en uygun çevresel koşullar altında ve melanin oluşumunu desteklemeyen koşullar altında, büyüme oranlarını azaltmıştır. Liken büyümesi, saf fotobiyont tepkilerinden çok daha fazla olumsuz etkilendiğinden, UV-B muhtemelen mikobiyont üzerinde fotobiyonttan daha güçlü bir etkiye sahiptir (Chowdhury ve ark. 2017). UV-B ışığı fotosentezi engeller ve likenin DNA'sına zarar verir (Molnár ve Farkas 2010). UV-B'nin fotosistem II'nin (PSII) verimliliğini arttırdığından UV-B'nin likenlerin büyüme hızına olumsuz bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Chowdhury ve ark. 2017).

Likenlerin UV stresine adaptasyonunu beş şekildedir. Bunlar; ışık saçılması, radyasyon taraması, termal dağılım, antioksidan savunmayla makromoleküllerin aktivasyonu ve membran onarımıdır. Koruyucu stratejiler vejetatif yapıların anatomisine (tallus şekli, korteks kalınlığı veya bileşiklerin varlığı vb.) ve likenlerin hidrasyon durumuna bağlıdır. Homeomer tallus veya heteromer tallus (çoğu liken) olarak ikiye ayrılan likenlerde ikincisi fotobiyontun aşırı ışığa karşı korunması için adaptif yapıdadır. Tallusun korteksi, bir yaprağın epidermisinden 2 ila 10 kat daha fazla ışık radyasyonunu emebilir. Üst korteksin anatomik adaptasyonu, alg tabakasında gelen ışığın iletimini önemli ölçüde azaltıyor gibi görünebilir. Fiziksel ışık yansıması, pruina olarak bilinen dış yüzeydeki kalsiyum oksalat birikimine de dahil olabilir. Önemli bir koruyucu

mekanizma, depsidonlar, depsidler, difenil eter, antrakinonlar, ksantonlar veya şikimat gibi UV koruyucu bileşiklerin üretilmesidir. Bu metabolitler ya üst kortekste ya da iç medullada hiflerin yüzeyinde kristalleşir ve birikimleri üst tallus kısımlarında alt kısımlara göre daha fazla gibi görünmektedir. (Nguyen ve ark. 2013).

Likenlerde bazı bileşikler güneş koruyucu görevi görerek likenlerin fotobiyontlarına zarar veren UV ışınlarından korurlar (Lücking ve ark. 2014). Liken habitatlarının güneş ışığına maruz kalması fotokoruma mekanizmasını etkiler. Ayrıca güneş koruyucu liken sekonder metabolitleri (LSM'ler) ve plastid pigmentlerinde mevsimsel değişiklikler olduğunu göstermiştir. Kuzey ve arktik-alpin bölgelerdeki parlak mevsim sırasında likenler, kıtasal, yarı kurak ve kıyı bölgelerindeki koşulların aksine, daha yüksek LSM ve karotenoid konsantrasyonlarına ve daha düşük klorofil konsantrasyonlarına sahiptir. Gölgeli ortamla karşılaştırıldığında, yüksek güneş radyasyonu, UV koruyucu LSM'lerin üretimini tetikleyebilir ve ayrıca plastid pigment konsantrasyonunda değişikliklere neden olabilir (Veres ve ark. 2022a). Likenlerde UV ışıma sebebiyle üretilen bileşikler, antimikrobiyaller, otçul caydırıcılar veya allelopatik bileşikler olarak hareket ederek liken biyolojisinde çok çeşitli roller oynamaktadırlar. Bununla birlikte, bu rollere ek olarak, hafif pigmentli veya pigmentsiz liken maddelerinin bile yüksek seviyelerde fotosentetik olarak aktif radyasyonun (FAR) neden olduğu fotoinhibisyonu azaltmaktadır (Ndhlovu ve ark. 2022). UV radyasyonuna ve FAR'a karşı mantar pigmentleri, fotobiyont üzerinde aşırı radyasyondan koruyan bir tabaka oluşturur (Chowdhury ve ark. 2017). Işıma yapan pigmentler (parietin, usnik asit, vulpinik asit gibi), alg tabakasına ulaşan güneş ışınımını düzenler. Gelen ışık böylece fotosentetik partneri yoğun radyasyondan korur. Liken popülasyonlarındaki fotokoruyucu karotenoidlerin konsantrasyonları güneşte gölgeye göre daha yüksektir (Molnár ve Farkas 2010). Kortikal pigmentlerin konsantrasyonu güneş yüksekliğiyle birlikte mevsimsel olarak artar ve güneş ışınlarına karşı koruyucu işleviyle tutarlı bir şekilde liken türleri arasında değişiklik gösterir (Chowdhury ve ark. 2017). Birkaç liken sekonder metaboliti (atranorin, kalisin, pinastrik asit, pulvinik asit, rizokarpik asit, usnik asit, vulpinik asit dahil) güçlü UV absorpsiyon yeteneklerine sahiptir ve aşırı UV-B ışıması için filtre işlevi görebilir. UV-B ışığı, UV-B emici pigmentlerin sentezi için gerekli olabilir. Örneğin atranorin tarafından yayılan ışık fotosentezde kullanılabilir (Molnár ve Farkas 2010). Daha yağışlı mevsimlerde, daha düşük ışık yoğunluğu altında, fotobiyontun koruyucu rolü artar. LSM'lerinin sentezinde fotokimyasal olmayan söndürme mekanizmalarının aktivasyonu için gerekenden daha fazla zaman gerektirdiğinden, daha kuru ve daha parlak mevsimlerde, metabolik olarak aktif dönemde daha verimli gerçekleşir (Veres ve ark. 2022a). Ndhlovu ve ark. (2022)'nın yaptığı çalışmada epifitik Afromontan makro likenler, *Parmelia perlata, Ramalina celastri, Usnea dasaea* ve *Heterodermia leucomela*'da bir aseton

durulama tekniğiyle liken maddelerinin, hidratlandıklarında reflektansı artırarak, likenlerin fotobiyontlarının PSII'sinin fotoinhibisyonuna karşı toleransını artırabildiğini gösterilmiştir. Bununla birlikte, tarlada, likenler tamamen veya kısmen kuruduklarında daha fazla ışık inhibisyonuna maruz kalabilirler. Atranorin içeren *Heterodermia* dışında liken maddelerinin de likenleri koruyabileceği görülmüştür. Likenler kuruyken maddelerin uzaklaştırılmasının reflektans üzerinde hiçbir etkisi yoktur, bu da liken maddelerinin fotobiyontları başka şekillerde koruduğunu düşündürür. (Ndhlovu ve ark. 2022).

Farklı türler mevsimlerin özelliklerine göre uyum sağlama özelliği göstermektedir. Daha kuru ve daha parlak mevsimlerde, *C. furcata* ve *C. foliacea*'daki mikobiyont (kortekste mantar taraması ve mantar kaynaklı kıvrılma yoluyla), fotosentetik sistemin korunmasında önemli bir role sahiptir. Diğer türlerde (örn. *C. magyarica*), mikobiyont ve fotobiyont, daha etkili bir aşırı enerji dağılımı elde etmek için bu maddelerin üretimini aynı anda artırır (Veres ve ark. 2022a).

Antarktika'nın buzsuz bölgelerindeki karasal ekosistemler yüksek düzeyde UV-B radyasyonuna maruz kalır (Li ve ark. 2019). Bu nedenle, yalnızca iklimsel olarak uyarlanmış flora ve faunayı ortaya çıkarır. Kriptogamlar, Antarktika'nın ana florasıdır. Likenler o bölgede baskın canlılar olup onların ardından yosunlar ve algler gelir. Antarktika, olumsuz iklim koşulları ve yüksek UV-B radyasyonları ile bilinir; Antarktik çiçek çeşitliliği, pigmentlerin sentezinin, yıllık bahar boyunca hayatta kalmalarında, büyümelerinde, gelişmelerinde ve çeşitliliklerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Singh ve ark. 2022). Likenler ve yosunlar, UV-B soğuran pigmentleri ve antosiyaninler gibi antioksidanları sentezleyerek UV-B stresine karşı etkili hasar onarım mekanizması gerçekleştirirler (Li ve ark. 2019). Antarktika kriptogamları, fotosentetik ve fotokoruyucu sentez pigmentleri ile yakından ilişkili olan fotosentetik olarak aktif radyasyon (FAR) ve ultraviyole radyasyonlarda (UV-R) büyümektedirler. Antarktika kriptogamları, UV emici bileşikleri sentezleyerek yüksek UV radyasyon stresiyle baş ederler. Pigmentler ve diğer bileşiklerin sentezi kriptogamik florayı korur (Singh ve ark. 2022). Li ve ark. (2019)'nın yaptığı çalışmada Antarktika'da UV-B'ye uzun süreli maruz kalan, yosun *Bryum argenteum* ve liken *Umbililicaria aprina*'nın toplam klorofil seviyeleri, UV-B absorbe eden bileşikleri, fenolleri ve karotenoidleri azalmıştır (Li ve ark. 2019).

Likenler UV ışınlarının zararlarını en aza indirmek için çeşitli biyosentetik yollardan çeşitli UV koruyucu metabolitler üretirler. En bilinen UV koruyucu metabolitler parietin ve melanindir. Likenler UV koşulları altında metabolit üretimiyle mikobiyontu ve fotobiyontu korumaktadırlar (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). Likenlerde, esas olarak UV-B radyasyonu tarafından indüklenen usnik asit, perlatolik asit ve fumarprotosetrarik asit koruma sağlar. Diğer likenlerde fenolikler, atranorin, parietin ve melanin gibi ikincil metabolitler de UV radyasyonuna karşı bitki

savunmasını güçlendirir (Singh ve ark. 2022).

Likenler, pigmentler ve antosiyaninleri üreterek kendilerini UV hasarından korurlar. Örneğin, bitkilerde bulunan flavonoidler, siyanobakterilerden veya alglerde bulunan mikosporin benzeri amino asitler, depsid (atranorin, jiroforik), depsidon (lobarik asit, pannarin), bisksanton (sekalonik asit), dibenzofuran türevleri (usnik asit) ve difenil eter (epifolilik asit) ultraviyole ışınlardan likenleri koruyan metabolitlerdir. Bileşiklerin kimyasal özellikleri, filtreleyebilecekleri ultraviyole ışığın dalga boyu aralığını belirler. Atranorin, divarik asit ve evernik asitin yanı sıra depsidon'un tridepsid jiroforik ve depsidonun orserik asit gibi metabolitler UV filtreleri olarak kabul edilir. Renkli sekonder metabolitlerin bir kısmı kortikal tabakada yer alır ve fotobiyont üzerinde bir perde oluşturur, ancak çoğu fotobiyont tabakasında yüksek orandadır. Liken oluşumunda rol oynayan alg fotosentetik pigmentleri arasında klorofil a, klorofil b, karotenoidler, fikosiyanin, lutein ve β-karoten ile yağda çözünen antioksidan α-tokoferol bulunur (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020).

Likenler, fenolik bileşikler (depsidon, depsid, difenil eter), antrakinonlar, ksantonlar, flavonoidler, terpenler, alkaloidler, karotenoidler veya şikimik asit türevleri gibi bileşikler üreterek ultraviyole ışığı emebilme toleransı gösterirler (Pedišius 2020). Böylece fotostabilite sağlarlar. UV miktarı, hava kirliliği, çevredeki kimyasal faktörler likenlerde bulunan sekonder metabolit miktarını değiştirirler. Melanin ve antrakinonun UV-B ışığına bağlı olarak değişmesi buna örnektir. Melanin, psolomik asit, norstik asit, salazinik asit, stiktik asit, usnik asit ve zeorin gibi bileşikler sıcak ve kurak yaz ortamlarındaki liken türlerinde bulunurken, antrakinon, atranorin, fumarprotosetrarik asit içeren liken türleri yağışın yüksek ve sıcaklığın düşük olduğu alanlarda yaygın olarak bulunur (Özyiğitoğlu Çobanoğlu 2020).

Likenlerde melaninler UV'den mikobiyontu ve fotobiyont'u FAR'a karşı koruduğuna görülmüştür. Melanizasyon, özellikle kutup ve dağ bölgeleri gibi yüksek düzeyde abiyotik strese sahip ortamlarda büyüyen likenlerde yaygındır ve sezgisel olarak melaninlerin stres toleransında genel bir rol oynaması muhtemel görünmektedir. (Mafole ve ark. 2019). Flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler, fenolikler, karotenoidler, glukozinolatlar, antrakinonlar, steroller, lignin vb. gibi birçok ikincil metabolit, UV-B emici bileşiklerdir. Yeterli miktarda UV-B, ikincil metabolitlerin miktarını artırabilir. Fakat UV-B'ye fazla maruz kaldığında ise miktarlarını azaltır. UV-B emici olan bileşiklerin (flavonoidler, flavanol glikozitler ve hidrosinamatlar) sentezi, fenilpropanoid biyosentez yolunu paylaşır. Yol, substrat olarak amino asit fenilalanin içerir. (Pedišius 2020).

Liken metabolitleri iklimden etkilenmektedir. Tüm yaşam formlarında jiroforik asit ve lekanorik asit içeren türler ve kabuksularda folik asit, rizobik asit, stiktik asit ve psorotik asit içeren türler, yüksek rakımlarda en yaygın olanıdır ancak substrat bu bağımlılığı etkiler. Antrakinon ve

liken metabolitlerinden yoksun türler, en fazla yağış alan bölgelerde olmasa bile genellikle en kuzey bölgelerde daha yaygındır. Yapraksı likenler grubunda, norstik asit, usnik asit, melanin ve zeorin gibi geri kalan ana metabolitleri içeren türlerin, yaz sıcaklıklarının yüksek olduğu habitatlara eğilimi vardır (Paukov ve ark. 2019). Habitatlardaki ışık yoğunluklarına göre usnik asit ve parietin gibi maddelerin de arttığı görülmüştür. Farklı ışık şiddetlerindeki habitatlara nakledilen *Xanthoria* tallusları, yeni habitat koşullarında canlılıklarını kaybetmeden morfolojik özelliklerinde ve parietin içeriğinde değişiklikler göstermiştir. Liken korteksinin üst kısmı mantar için güneş ışınlarına karşı etkili bir koruma oluşturarak fotobiyontlara karşı yüksek UV-B direnci sağlayabilir. Fotobiyontlar UV-B'ye mikobiyontla beraber direnç gösterir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). Turuncu parietin, sarı usnik asit, kahverengi melanin ve renksiz atranorin gibi sekonder bileşikler kortekste bulunurlar. UV-B tarafından indüklendiklerinden fotobiyontları güneş radyasyonundan korurlar. Değişen ışık ortamlarında liken fotosentezi gerçekleşir ve tallusta organik karbon depolanması sağlanır. Medüller bileşiklerin de fotokoruyucu rolleri bulunur. *Lobaria pulmonaria* hem yeşil algleri hem de siyanobakterileri içerir. Üst korteks, UV ve FAR radyasyonunu fotobiyontlardan koruyan görünür kortikal melanin oluşturur. Melanine ek olarak, ultraviyole emici depsidon, medüller hiflerin dışında çok sayıda küçük kristal halinde biriktirilir (McEvoy ve ark. 2007).

Xanthoria cinsi likenlerde UV koruyucu bileşikler bulunur. *Xanthoria* cinsinde parietin en bilinen antrakinon sınıfından UV koruyucu bileşiktir (Pedišius 2020). *Xanthoria parietina*, dünya çapında yaygın olan yaygın bir likendir. Bu likende ağır metal kirliliğine tolerans iyi bilinmektedir. *Xanthoria parietina*, fotobiyonu yüksek UV radyasyonundan koruyan ikincil metabolit parietin içerir (Biľová ve ark. 2019). Antrakinonlar (antrakinonoidler olarak da bilinirler), $C_{14}H_8O_2$ formülüne sahip doğal olarak oluşan fenolik aromatik organik bileşiklerin bir sınıfıdır. *X. elegans*, başta turuncu parietin (physcion) olmak üzere kortikal UV-B emici antrakinon pigmentlerine sahiptir. Fotobiyonttan mikobiyonta iletilen ribitol parietin sentezini arttıran etkendir. Yapısal olarak parietine benzeyen ve *X. elegans*'ta bulunan bir başka antrakinon, emodindir. *Xanthoria* cinsinin iki türünün (*X. candelaria* ve *X. parietina*) genel kuzey bölgesinden alınan örneklerin analizleri, kantitatif baskınlıkta emodinin neredeyse sürekli varlığını ve ayrıca emodinin varlığını ortaya çıkarmıştır (Pedišius 2020). Kortikal antrakinon pigment parietinin (physcion) sentezi UV-B ile lineer olarak artmıştır. UV-B'nin varlığında fotosentatlar, mikobiyont tarafından üretilen parietinin sentezlenme hızını düzenlemiştir. Fotosentezle elde edilen belirli karbonhidratlar parietin sentezini etkilemiştir. Fotobiyonttan iletilen karbonhidrat olan ribitol miktarı arttığında, parietin yeniden sentezini önemli ölçüde arttırmıştır. Başlıca mantar poliolü olan mannitol, parietin sentezinde fazla görev almamıştır. Sonuç olarak, her iki liken partneri de UV-B ışımasından ziyade

bir FAR olarak hareket eden parietinin sentezinde önemli roller oynar. (Solhaug ve Gauslaa 2004).

Tetraterpenoidler olarak da adlandırılan karotenoidler, bitkiler ve alglerin yanı sıra çeşitli bakteri ve mantarlar tarafından üretilen sarı, turuncu ve kırmızı organik pigmentlerdir. Karotenoidlerin yapısı, fotosentez, foto koruma, bitki renklendirme ve hücre sinyalizasyonu dahil olmak üzere biyolojik yetenekler kazandırır. Karotenoidin genel yapısı, 9-11 çift bağdan oluşan ve muhtemelen halkalarla sonlanan bir polien zinciridir (Pedišius 2020).

UV-B'ye maruz kalan *Cetraria islandica* tallusundaki mantar melaninleri hem UV-B'yi hem de fotosentetik olarak aktif radyasyonu (FAR) güçlü bir şekilde emmiştir. Nybakken ve ark. (2004) tarafından *Xanthoria elegans* için kortikal UV-B emici pigmentlerden özellikle turuncu parietin ekstre edilip miktarları belirlenmiştir. Çeşitli filtreler altında yetiştirilen, özütlenmiş, parietin eksikliği olan *X. elegans*'ta parietin sentezinin uyarılması için UV-B ışını gereklidir. *C. islandica*'nın özellikle UV ve mor-yeşil dalga boyu aralığında oldukça esnek bir ışıma kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir (Nybakken ve ark. 2004). *Cetraria islandica* ve *Lobaria pulmonaria* likenlerinde UV-B, melanogenezi desteklemeyen çevresel koşullar altında büyüme oranlarını azaltmıştır. (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). Koruyucu mikobiyont dokuları ve/veya medüller UV-B emici karbon bazlı sekonder bileşiklerin (KBSB'ler) liken fotobiyontlarını UV-B radyasyonuna karşı koruduğu hipotezlerini test etmek için kortikal UV geçirgenliği deneyi Gauslaa ve ark. (2017) tarafından gölgeli ormanlardaki melanin eksikliği olan *Lobaria pulmonaria* üzerinde yapılmıştır. Doğal KBSB konsantrasyonlarına sahip tallus içindeki fotobiyontlarda fotosistem II'nin (Fv/Fm) maksimum fotokimyasal verimliliği, 325 nm dalga boylarının altında, %0'a yakın ölçülen kortikal geçirgenliği ile tutarlı olarak herhangi bir UV rejiminden etkilenmedi. Fotobiyont katmanlarını doğrudan radyasyona maruz bırakmak, UV maruziyetinde bir artış göstermiştir. Temel olarak kısa dalga boylu UV radyasyonu fotobiyont katmanlarını etkilemiştir (Gauslaa ve ark. 2017). Liken renkleri, kuruma sırasında türe özgü şekillerde değişir. *Lobaria pulmonaria* ve *L. virens* hidratlandığında hafif kahverengimsi bir belirti ile yeşilden kuruduğunda soluk kahverengimsi griye (hafif melanik) dönüşmektedir. Açık habitatlardaki *L. pulmonaria* ve *L. virens*'in üst korteksleri UV ve FAR soğuran pigment melanin içerir, ancak gölgeye uyum sağlamış tallusta pigmentler yoktur. *Lobaria amplissima* melanin içermez, ancak üst kortekste beyaz atranorin kristallerine sahiptir, muhtemelen beyazımsı yeşil rengine katkıda bulunur. Atranorin izleri *L. virens*'te bildirilmiştir, ancak gözle görülür şekilde tespit edilememiştir. *Umbilicaria spodochroa* ve *Peltigera praetextata*'da hiçbir kortikal bileşik rapor edilmemiştir (Bednaˇríkova ve ark. 2023).

UV-B radyasyonuna maruz kalan *Cladonia spp.*'de UV-B radyasyonundan korumaya yönelik rol oynayabilecek fenolik bileşiklerde artış gözlenmiştir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark.

2020). UV ışıma *Cladonia* türlerinin tallusunda usnik asit konsantrasyonunu arttırdığını göstermiştir. Norstik asit içeren *Cetralia steppae*, bu metaboliti içermeyen türlere kıyasla ılıman bölgelerde daha bol olduğunu göstermektedir. Kabuksu liken grubunda türler, kaya türüne ilgileri ve iklim parametrelerine bağlı olarak aynı metabolit setine sahiptir ancak yapraksı türleriyle karşılaştırıldığında dağılımları bu parametrelerden etkilenmektedir (Paukov ve ark. 2019)

Ultraviyole-B (UV-B) radyasyonunun likenlerde apoptoz mekanizmasını tetiklemektedir. Ünal ve Uyanıkgil (2011)'in yaptığı bir çalışmada *Physcia semipinnata* tallusunda hücre apoptoz mekanizması incelenmiştir. Likenlerde TUNEL yöntemiyle hücre ölümü araştırılmıştır. UV-B etkisiyle DNA hasarı fotobiyontta mikobiyonta göre fazladır (Ünal ve Uyanıkgil 2011).

Sıcaklık-Kuraklık: Liken fotobiyontu yüksek ışıktan, aşırı sıcaklıklardan ve belirli dereceye kadar kuraklıktan mantar partneri sayesinde korunmuştur. Serbest yaşayan algler veya siyanobakteriler ile mantar partneri arasındaki simbiyoz sayesinde siyanobakteriler veya serbest yaşayan algler bağımsız olarak yaşayamayacakları ortamlarda bulunurlar. Likenin hayatta kalması için kuruma toleransına sahip olması gerekir. Genellikle nemli olan ve likenlerin tahmin edilebileceği gibi kurutulduğu ortamlarda indüklenebilir tolerans mekanizmalarını destekleyebilir. (Nash 1996).

Reaktif Oksijen: Fotosentetik organizmalar fotosentezde kullanabileceklerinden daha fazla ışık enerjisi emdiğinde, fazla enerji oksijen üreten reaktif oksijen türlerini (ROS) aktive etmektedir. (Ndhlovu ve ark. 2022). Hücre içi olarak üretilen ROS, nükleik asitlere, lipidlere ve proteinlere saldırarak hücrelerde önemli hasara neden olabilir. Stresten kurtulmak için likenler, ROS oluşumunu azaltabilmeli veya oluştuktan sonra onları detoksifiye edebilmelidir (Nash 1996). Likenler yüksek ışık stresini tolere eder. ROS oluşumu, fotobiyontları aşırı ışığa karşı koruyan pigmentlerin üst korteksindeki üretimle sağlanabilir. Ayrıca radyasyonsuz olarak emilen fazla enerjiyi ısı olarak dağıtmak için fotokimyasal olmayan söndürme (FKS) kullanılarak azaltılabilir. Bir kez ROS oluştuktan sonra temizlenebilir. Likenler, ROS kaynaklı hasarı onarabilir. (Ndhlovu ve ark. 2022).

Karbondioksit (CO_2) Stresi: Liken partnerleri, dahili bir su düzenleme mekanizmasına sahip değildir. Bu nedenle, günlük ve mevsimsel su ve sıcaklık koşullarının yanı sıra aşırı hava ve iklim koşullarıyla senkronize olarak hidratlanır ve kururlar. Bu tür dalgalanmalar, sporlar veya konidyumlar gibi özel yayılma durumları oluşturdukları durumlar dışında, birçok organizma için streslidir ve çoğu mantar için öldürücüdür. Likenler sadece tolere etmekle kalmaz, aynı zamanda düzenli ıslanma ve kuruma döngülerine ihtiyaç duyarlar. Uzun süreli doygunluk, aksine, CO_2 ve

O_2 difüzyonunu yavaşlatarak özellikle buna karşı koyacak mekanizmalardan yoksun fotootototroflar fizyolojik olarak sınırlayıcı olabilir (Spribille ve ark. 2022). Fotobiyonta CO_2 gazı difüzyonu çok sınırlıdır veya aşırı doymuş tallus içinde bloke edilebilir. Karbondioksit bu koşullar altında fotosentez için sınırlayıcı faktör olabilir. Dışarıdaki havadan siyanobakteri içindeki CO_2 fiksasyon bölgesine doğru konsantrasyon, CO_2'nin artan bir difüzyon hızına yol açar (Nash 1996).

Nitrojen Etkisi: Likenler fotosentez yaptıklarından, atmosferik karbondioksiti sabitleyerek ve buna bağlı olarak oksijen salınımını sağlayarak havanın temizlenmesine yardımcı olurlar. Ayrıca, tallustaki yaygın fotobiyontlarda mavi-yeşil bakteriler içeren siyanolikenler, atmosferdeki serbest nitrojeni bağlı nitrojene dönüştürdükleri için ekolojik açıdan önemlidirler (Özcan ve ark. 2022). Likenler, fizyolojik işlevleri ve biyokütlenin korunması için nitrojene ihtiyaç duyarlar. Likenlerdeki nitrojen asimilasyonu, nem/su dengesinden, ışıktan ve nitrojenaz enziminin aktivitesinden etkilenir. Likenlerde inorganik nitrojen alımı, büyük ölçüde atmosferik serpintilere atfedilir. Hem doğal hem de deneysel koşullarda liken türlerinin atmosferik nitrojenin hem indirgenmiş (NH_3) hem de oksitlenmiş (NOx) formlarını absorbe ettiği bulunmasına rağmen, likenlerin çoğunluğu tercihen amonyağı oksitlenmiş formlardan daha fazla miktarda alırlar (Rai ve Gupta 2022).

Kurak alanlarda iklim değişikliği ve atmosferik nitrojen (N) birikimi, habitatları büyük ölçüde tehdit eder. Kurak alanlarda toprak biyokabuğu oluşturan likenler bu birikimin zararlı etkilerini biyomonitör özellikleri sayesinde gösterirler (Morillas ve ark. 2022). Kirletici etkilerin yanı sıra, ağaçların yaprak dökülmesini ve ölümünü teşvik eden küresel ısınmaya dayalı orman azalması, N birikiminin epifitik likenler üzerindeki etkisini şiddetlendirerek liken türlerini N kirliliği etkilerine karşı daha duyarlı hale getirir. Bu organizmaların kaybının, su tutma, N, C ve P çevrimi gibi orman fonksiyonlarının yanı sıra yaban hayatı habitatının sağlanması gibi sonuçları olması muhtemeldir. (Morillas ve ark. 2021).

Morillas ve ark. (2022), iklim değişikliklerini simüle eden farklı uzun vadeli su mevcudiyeti rejimlerinin etkilerini ve bunların toprak likeni *Cladonia rangiferina*'nın fizyolojik tepkisi üzerindeki N ilavesiyle etkileşimlerini araştırdılar. Azaltılmış sulamanın toprak likeni *Cladonia rangiferina*'nın canlılığını azaltan önemli bir faktör olduğu görülürken N ilavesi, yüksek sıcaklıkların stres toleransını iyileştirdiğini ve N ilavesine uzun vadeli maruz kalma, daha yüksek N mevcudiyetine alışmaya katkıda bulunduğu görülmüştür. *Cladonia rangiferina* ve benzer ekolojiye sahip diğer likenler, toksisite eşiğinin altında artan N kaynağından faydalandıklarında kuraklıkla mücadele edebilirler (Morillas ve ark. 2022).

Hava Kirliliği-Ağır Metal Etkisi: Likenlerin ömrü uzun olduğundan yıllar boyunca çeşitli kirleticilere maruz kalırlar. Likenler bu kirletici maddeleri belirli seviyede tolere edebilirler. Bu

yüzden likenler biyomonitör olarak kullanılırlar (Çobanoğlu 2015). Atmosferde liken türleri üzerinde olumsuz etkisi olan antropojenik etkiden kaynaklanan ana kirleticiler şunlardır: Havadaki NOx (nitrojen oksitler), SOx (kükürt oksitler), hidrokarbonlar, ağır metaller ve böcek ilaçları gibi kalıcı organik maddelerdir (Vicol 2014). Atmosferde bulunan kirletici maddeler likenlerin biyolojik yapısına zarar verirler. Bu zararlar anatomik ve morfolojik bozukluklar, membran sistemlerinin bozulması, klorofillerinin bozulması, fizyolojik bozukluklar, üreme sistemlerinin zarar görmesi, büyüme ve gelişme bozuklukları ile açıklanmaktadır (Çobanoğlu 2015). Likenler kirleticilere karşı tolerans mekanizması oluşturmuştur. Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metallere karşı dirençleri, absorpsiyon yüzeyindeki azalma, medulla ve alg hücrelerini koruyan dış korteksteki kalınlıktaki artış gibi çeşitli adaptasyonlarla açıklanır. Likenlerin duyarlılığı, türe, kirli kaynaklara olan uzaklığa, atmosferdeki ağır metal konsantrasyonlarına, hâkim rüzgâr yönlerine ve yerel topoğrafyaya bağlıdır. Hava kirliliği olan alanlardaki liken çeşitliliği çok düşüktür (Vicol 2014). Örneğin nitrofik bir tür olarak *Xanthoria parietina*, özellikle yol kenarları gibi tozlu alanlarda yetişir. Araç emisyonları ve tarımsal faaliyetler bu türü etkilemektedir. (Vicol 2022).

Kimyasal Faktörler: Liken kolonizasyonu tarafından taşınan kayaların ayrışması, Anıtların bozulmasını, bozulmaya neden olan faktörleri Thakur ve ark. (2022) tarafından incelendi. Likenlerin mineral substratları üzerindeki etkileri hem fiziksel hem de kimyasal faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Thakur ve ark. 2022).

Kortikal liken bileşikleri aşırı güneş radyasyonuna karşı koruma sağlar. Kortikal bileşikler (ör. usnik asit gibi) otçulları caydırmanın yanı sıra aşırı radyasyona karşı koruma sağlayabilir, ancak ikinci işlev henüz kortikal bileşikler için yeterince test edilmemiştir. Otçul savunması, medullada bulunan bazı liken bileşikleri için iyi belgelenmiş bir roldür. Likenler substratlarını pH'a göre seçerler (Solhaug ve Gauslaa 2012). Minerallerin yanı sıra kayaların fiziksel veya kimyasal ayrışma sürecinde likenler hayati bir rol oynar. Kayaların likenler vasıtasıyla fiziksel ayrışma çeşitli işlemlerle gerçekleşir. Bu işlemler: 1) mineral yarılma düzlemlerinin yanı sıra taneler arası boşluklardan miselyum sızması. En önemli süreçlerden biri olan miselyum infiltrasyonu, her bir doğal kayanın ve yapı taşlarının fiziksel ayrışmasına ve mekanik hasarına katkıda bulunur veya alternatif fiziksel ayrışma çeşitlerini birlikte uyarır ve hızlandırır. 2) Havalandırmanın yanı sıra mikroklimatik nemlendirme ile tallus genişlemesi veya büzülmesi; liken tallus büyümesinin ve sıkılaşmasının neden olduğu alt tabaka kayalarının mekanik olarak kesintiye uğraması uzun süredir bilinmektedir (Thakur ve ark. 2022).

BİYOTİK STRES FAKTÖRLERİ

Allelopati: Allelopati, bir organizmada, başka bir organizma üzerinde yararlı veya olumsuz etkileri olabilen, allelokimyasallar olarak bilinen ikincil metabolitler üretilmesi olayıdır

(Gautam ve ark. 2021). Çevresel streslere karşı üretilen sekonder metabolitler likenlerde allelokimyasal bileşikler görevini de gösterirler. Likenler de bulunan kimyasalların allelopatik etkisi, uzun ömürlü, yavaş büyüyen likenlerin aşırı koşullarda hayatta kalmalarını ve kendilerini çevresel etkilerden korumalarını sağlar (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017).

Parazit ve patojen olan liken üzerinde yaşayan mantarlar liken metabolitleri sayesinde likenlerin üzerinde yaşamaları engellenir. Tohumlu bitkilerin, biryofitlerin ve mikorizal mantarların likenlere zarar vermesi sekonder metabolitlerle engellenir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017).

Sekonder metabolit usnik asit metabolitlerinin varlığından dolayı protonemik ve gametofor gelişimini inhibe ederek biryofitler (yosun Physcomitrella) üzerinde negatif allelopatik etkiler gösterir. Himalaya likeni *Parmelia reticulate,* allelopatik potansiyeli olan bir likendir. Bu liken yabani ot gelişimini, özellikle buğday ve arpa bitkileriyle büyüyen *Phalaris minor*'u engelleyebileceğini göstermiştir. Mikrokolonyal bakteriler *Coniosporium perforans, Coniosporium apollinis*, yeşil algler *Scenedesmus ecornis* ve kokoid siyanobakteriler *Chroococcoccus minutus*'a karşı ekotoksisiteyi önlemek için saksikol liken sekonder metabolitleri usnik asit, parietin ve norstik asit kullanılmıştır. (Gautam ve ark. 2021).

Poikilohidrik Özellik: Poikilohidrik organizmalar olarak likenler, su alımı ve kaybının aktif düzenlenmesinden yoksundur. Ancak poikilohidrik strateji, kuru dönemlerin hayatta kalmasını ve rehidrasyon üzerine hızlı iyileşmeyi sağlar. Poikilohidri, arktik/alp bölgeleri, çöller, ağaçların üst kısımları ve hatta yağmur ormanlarındaki korunaklı gövdeler ve kayalar gibi şiddetli çevresel stres ile karakterize edilen habitatlarda likenlerin başarısının anahtarıdır (Gauslaa ve ark. 2017). Poikilohidrik organizmaların yüksek ışık stresine karşı özellikle hassas olmaları muhtemeldir. Likenler için özel olarak test edilmemiş olsa da poikilohidrik yüksek bitkilerin kurutulmasında fosforilasyon, karbon fiksasyonu durduktan sonra devam edebilir ve emilen enerji, ROS üretimini artıracaktır. Ayrıca, likenler yüksek ışığa maruz kaldıklarında hızla kuruyabilseler de kuruduklarında bile fotoinhibisyon özelliği gösterirler. (Ndhlovu ve ark. 2022).

Hayvanlar: Liken asitleri ayrıca, parazitleştirici mantarlara veya bakterilere veya gezici hayvanlara karşı savunma rolü veya kayaları havalandıran maddeler gibi biyolojik bir işleve de hizmet edebilir (Nash 1996). Liken maddeleri, böcekler ve diğer hayvanlar için beslenme önleyici olarak işlev görür. (Huneck ve Yoshimura 1996). Likenler çeşitli omurgasızların ve omurgalı hayvanların besini olmuştur. Salyangozlar likenlerle beslenirler. Ren geyikleri *Cetraria islandica* ve çeşitli *Cladonia* türleriyle beslenirler. Ancak likenler sekonder metabolitlerinin verdiği acı tat nedeniyle canlılar tarafından fazla tercih edilmezler (Lawrey 1986).

Bitkiler: Liken maddeleri damarlı bitkilerin hem yabani hem de tarımsal ırklarına karşı

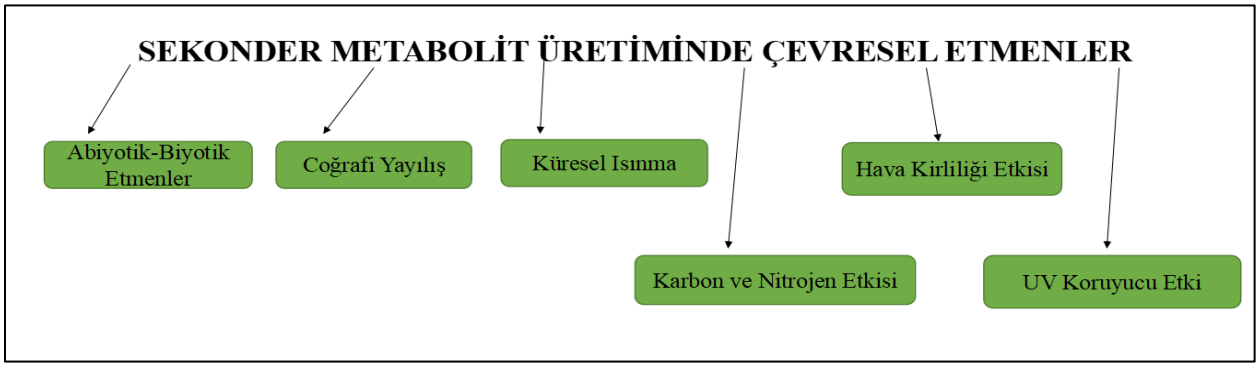
inhibitör etkisini göstermiştir. Engelleyici etkiler genellikle, liken bileşikleri veya tam liken tallus su ekstraktlarının varlığıyla açıklanır. Birçok çalışma, likenlerin tohum çimlenmesini önemli ölçüde baskıladığını, ancak uyarıcı etkilerin de gözlemlenebildiğini ortaya koymaktadır. Bir çalışma, *Lecidea granulosa* varlığının Kanada ormanlarında *Picea mariana*'nın tohum çimlenmesini desteklediğini ileri sürdü. Bununla birlikte, liken maddelerinin allelopatik etkisinin tek göstergesi tohum çimlenme tepkileri değildir. Vasküler bitki büyümesi, likenlerin ilişkili mikorizal mantarları inhibisyonu yoluyla da etkilenebilir (Lawrey 1986).

Karayosunları: Likenler karayosunları ve bitkilerle rekabet halindedirler. Bitkiler tarafından rekabetçi dışlanma en açık şekilde, likenlerin yalnızca bitkiler için çok kuru, soğuk veya verimsiz olan biyomlarda ve bitki türlerinde bol olduğu yer örtüsünde nettir. Biryofitlerle substrat ölçekli etkileşimler daha karmaşıktır. Epifitlerde, ıslak ılıman ormanlardaki güçlü bir etki, bazı liken oluşturan türlerin nemli biryofitlerle beraber aynı substratı kullanmaktadırlar. Nemli ılıman iklimde, biryofitlerin baskılaması ağaç ve liken türleri arasında değişir ve böylece liken topluluklarını yapılandırır. Örneğin, Kuzeybatı Pasifik'teki çoğu okyanusal bölgede azalan subsrat kullanımı ve siyanolikenlerin tür zenginliğini biryofit rekabeti veya yoğun kar yığınları etkileyebilmektedir. Kuru iklimde, nem eksikliği ölü odunun liken kullanımını kısıtlayabilir. Biryofit rekabetinden bir salınım, birkaç likenin neden ılıman bölgede odunsu olduğunu, ancak boreal bölgede sadece fakültatif olarak ölü ağaçta yaşadığını kısmen açıklayabilir. Bununla birlikte, yerde yaşayan biryofitlerin hızlı aşırı büyümesi nedeniyle, nemli kuzey bölgelerinde de düşen ağaçlar daha az yaşanabilir hale gelebilir (Lõhmus ve ark. 2023).

Bakteriler: 800'den fazla bakteri türü, tek bir liken bireyinin bakteri mikrobiyotasına katkıda bulunabilir. Şimdiye kadar incelenen likenlerin çoğunda, Alphaproteobacteria en büyük ve metabolik olarak en aktif bakteri sınıfını oluşturur. İyi bilinen bakteri soyları, Firmicutes, Bacteroidetes, Verrumicrobia, Acidobacteraceae, Acetobacteraceae, Brucellaceae veya Chloroflexi gibi sınıflar likenlerde bulunabilir. Akciğer likeni *Lobaria pulmonaria*'daki genel bakterilerin üçte biri, bitki mikrop etkileşimlerinde iyi bilinen ortaklar olan Rhizobiales'e (özellikle Methylobacteriaceae, Bradyrhizobiaceae ve Rhizobiaceae familyalarına) aittir. Actinobacteria, Betaproteobacteria, Firmicutes veya Deinococcus ve Archaea, *L. Pulmonaria* mikrobiyomunu tamamlamaktadır (Grimm ve ark. 2021).

Mantarlar: Liken asitleri ayrıca, güneş koruması dışında, parazitleştirici mantarlara, bakterilere veya gezici hayvanlara karşı savunma rolü veya kayaları havalandıran maddeler gibi biyolojik bir işleve de hizmet edebilir (Lawrey 1986).

1.5. Liken Sekonder Metabolitleri ve UV Koruyucu Rolleri



Şekil 4. Likenlerde sekonder metabolit üretiminde etkili çevresel etmenler (Özyiğitoğlu Çobanoğlu 2016).

Abiyotik-Biyotik Etmenler: Likenler yavaş büyüyen organizmalar olmasına rağmen ikincil metabolitlerin üretimi hızlıdır. Bu maddeler likene kendi habitatına uyum sağlama yeteneği vererek, ona ekolojik nişinde hayatta kalma avantajı sağlar. Likenlerde sekonder metabolitlerin üretiminde yer alan PKS genlerinin ekspresyonunu birçok çevresel faktör etkiler. Liken türlerinin yayılmasında önemli bir faktör olan habitat heterojenliği, likenlerdeki metabolitlerin üretimini de etkilemektedir. Likenlerin oluştuğu habitatların ve oluştukları substratların özellikleri, sıcaklık, ışık, pH, nem ve kuraklık gibi abiyotik iklim faktörlerinin düzey ve miktarlarındaki değişikliklere tepki olarak değişebilmektedir. Likenlerin sentezlediği sekonder metabolitler de bu parametrelerin etkisiyle farklılık gösterebilir. (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017).

Coğrafi Yayılış: Liken türleri bulundukları coğrafyaya uyum sağlamak için sekonder metabolit üretiminde değişiklikler yaparlar. Çevre koşullarıyla baş edebilmek için, iklim farklılıklarıyla baş edebilmek için sekonder metabolitler üretilir. Arktik ve Antarktik likenlerde iklimsel ve coğrafik farklılıklar yüzünden UV ışığı emen kortikal bileşik olan usnik asit üretildiği tespit edilmiştir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017).

Küresel Isınma: Küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliğiyle ilişkili likenlerdeki fizyolojik değişikliklerin, ikincil metabolitlerin üretimini de etkiler. Kuraklığa dayanıklı türler yağmurdan gelen suyla beslenemeyip toleransları azalır (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017). Küresel ısınma ile daha önemli değişikliklerden biri, canlı organizmalara daha fazla UV-B radyasyonuna maruz kalmaya izin veren atmosferik ozon tabakasının incelmesidir. Birçok liken bileşiği UV-B'yi emdiği için, iklim değişikliğinin devam etmesiyle bu bileşiklerin üretiminde bir artış beklenmektedir. *Peltigera*'nın iki arktik liken türünde iki tridepsid (metil gyrophorate ve jiroforik asit) ve tanımlanamayan eser metabolitlerin seviyelerinde bir artış görülmüştür (Deduke ve ark. 2012).

Karbon ve Nitrojen Etkisi: Likenler yaşadıkları habitatlara uyum sağlarlar. Yoğun ışığa toleranslı alg türlerinin seçimi gibi mantar partnerleri olan alglerin seçimi ile yakından ilgilidir. Likenlerde ikincil metabolik yollar ve poliketid üretimi, algler ve/veya siyanobakterilerin ürettiği glikoz veya şeker alkolleri ve nitrojen miktarından etkilenebilir ve bu miktarlar, farklı ekolojik koşullara ve mikrohabitatlara bağlı olarak hava kalitesinden etkilenir. (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017).

Hava Kirliliği Etkisi: Likenler doğal ekolojik ortamlarında karbon ve nitrojen miktarındaki değişimlerden etkilenirler ancak kirliliğe maruz kalan bölgelerde likenler gelişimleri ve metabolizmaları açısından daha fazla zarar görürler. Liken türlerinin bu duyarlılıkları, metalleri biriktirme ve tolere etme yeteneklerine bağlı olarak türe özgüdür. Özellikle SO_2, COx, NOx, O_3, ağır metaller vb. Havadaki ağır metaller ve diğer kirleticilerin seviyeleriyle karşılaştırıldığında hava kalitesi, likenin kimyasal ve ikincil metabolitlerin sentezini direkt etkiler (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2017). Usnik asit ve salazinik asidin hava kirliliği ve antioksidan davranış nedeniyle benzer etkilere sahiptir. Usnik asit ve konsalazinik asit arasındaki anlamlı ilişkinin de olması beklenmektedir. Eğer konsalazinik, salazinik asidin bir eş metabolitiyse ve usnik, salazinik ile önemli ölçüde artıyorsa, o zaman, konsalazinik de usnik ile artacaktır (Deduke ve ark. 2012).

UV Koruyucu Etki: Likenlere özgü yaklaşık 1050 sekonder metabolit keşfedilip tanımlanmıştır. Antiproliferatif, antibakteriyel, antiviral, allelopatik, antiherbivor, UV koruyucu, antioksidan, antiinflamatuar, analjezik, antipiretik potansiyelleri belirgindir. Likenler, uygulaması halen araştırma aşamasında olan birçok biyoaktif bileşiğin kaynağıdır (Goga ve ark. 2020). Birçok liken sekonder metabolitinin çeşitli biyolojik fonksiyonlara sahip olduğu ve çeşitli çevresel faktörlere yanıt olarak üretildiği bildirilmektedir. Bazıları yoğun radyasyona karşı koruma sağlamak için ışık filtresi olarak veya otçul hayvanların otlatılmasından kaynaklanan zararlara ve patojenik mikroorganizmaların öldürücü etkilerine karşı koruyucu madde olarak çalışır (Yousuf and Choudhury 2014). Küresel ısınma yüzünden ozon tabakasında incelme görülür. Birçok liken bileşiği UV-B'yi emer. Bu durumun iklim değişikliğinin etkisiyle daha da artması beklenmiştir. Belirli bir habitatta hayatta kalmaya izin vermek için ikincil metabolizmadaki bir değişim, türlerdeki değişiklikleri ve dolayısıyla fenotipin işlevsel özelliklerini teşvik edebilir (Deduke ve ark. 2012). Liken bileşikleri emilen UV ışığı floresan veya ısı şeklinde yayarak likenlerin çeşitli renklerde ışıma yapmasını sağlar (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). UV bileşiklerinin özellikleri şunlardır: Hücrenin fotosentetik pigmentlerinin veya ışığa duyarlı makromoleküllerinin absorpsiyon bandıyla örtüşen UV radyasyonunu verimli bir şekilde absorbe etmesi gerekir. İlgili spektral aralıkta ışınlamadan sonra sentez artışı olmalıdır. Bu özellikler likenlerin bu ışına karşı daha iyi bir direnç göstermesine yol açar. Bu özelliklerin yanı sıra, bu bileşikler iyi fotokimyasal

stabilite sergilemeli ve ışığa duyarlı olarak hareket etmemelidir. (Nguyen ve ark. 2013). Liken sekonder metabolitleri, biyosentetik kökenlerine ve kimyasal yapılarına göre Likenlerde üç kimyasal yol bilinmektedir: asetil-malonat yolu, şikimat yolu ve mevalonat yolu (Goga ve ark. 2020).

Likenler ışık saçılması, radyasyon taraması, termal dağılım, antioksidan savunmanın aktivasyonu ve makromoleküller ve membran onarımı gibi çeşitli fotokoruma mekanizmaları geliştirmiştir. Bu organizmalar UVB (280–315 nm) ve UVA radyasyonundan (315–400 nm) foto hasar geliştirebilir. Bu eşsiz organizmalar, çok çeşitli bileşikler üretir (Nguyen ve ark. 2013). Sekonder metabolitler çevresel değişimden de etkilenmiştir. Çevresel değişiklikler birçok hücresel aktiviteyi etkiler ve aynı zamanda türlerin tüm biyolojisini etkileyen üreme tarzında bir değişiklik için tetikleyici görevi görür (Deduke ve ark. 2012).

Likenlerin önemli bir koruyucu yapısı, depsidonlar, depsidler, difenil eterler, antrakinonlar, ksantonlar veya şikimik asit türevleri (kalisin, mikosporinler, şitonemin) gibi UV tarama bileşiklerinin üretilmesidir. Güneşten gelen UV ışınlarının dalga boylarının zararlı etkileri nedeniyle, yeni güneş koruyucu arayışları önemini korumaktadır. Aslında likenler, depsidonlar (lobarik asit, pannarin vb.), depsidler (atranorin, jiroforik asit vb.), difenil eterler (epiforellik asitler, buellin), bisksantonlar (sekalonik asitler, vb.), mikosporinler ve mikosporin benzeri amino asitler (MAA), klasik pigmentler (melanin, karotenoidler) ile şitonemin gibi verimli UV filtreleri üretirler. Orselinik türevlerine ait aromatik bileşikler UV-B filtreleri olsa da bu organizmalar güçlü UV-A filtreleri, örneğin kalisin (pulvinik asit türevleri), bisksantonlar (sekalonik asitler), şitonemin veya mikosporinler ve MAA'lar üretirler. Bu bileşiklerin fotokoruyucu olarak çekici özellikleri vardır. Likenler, mantar kökenli olan ikincil metabolitleri, poliketid biyosentetik yolundan türetilen ana aromatik bileşikler sınıfı olan sentezler (Nguyen ve ark. 2013). Kortikal pigmentler UV ışının uyarısıyla yeniden sentezlenir. Atranorin, melanin, parietin ve usnik asit likenleri büyük ışık şiddetinden koruyan metabolitlerdir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020).

Likenler tarafından sağlanan UV tarama bileşikleri, UV-B emen antrakinonlar, ksantonlar depsidler, depsidonlar, dibenzofuranlar, gibi aromatik bileşikler ve UV-A tarama davranışlarına sahip pulvinik asit türevleridir. Likenler, poliketid yolu yoluyla, kromonlar, ksantonlar ve antrakinonlar gibi mantarlarda veya bitkilerde de meydana gelebilen ve UV'yi absorbe etme kabiliyetine sahip olan diğer çok işlevli aromatik bileşikleri üretebilir. (Nguyen ve ark. 2013).

Likenler *Lobaria pulmonaria*'daki kahverengi melanik bileşikler ve *Xanthoria aureola*'daki turuncu parietin gibi UV-B emici kortikal pigmentleri sentezleyip UV filtresi görevi görürler. Böylece iç alg tabakasını UV-B radyasyonun zararlı etkilerinden korurlar. Bu bileşikler mikobiyont tarafından üretilir ve UV-B radyasyonu ile indüklenir. UV-B'nin usnik asit üretimini

indüklediği görülmektedir. Düşük sıcaklık ayrıca ikincil metabolitlerin üretiminin artmasına neden olabilir. UV-A ışıması tek başına likenlerde hem UV-A hem de UV-B radyasyonuna maruz kalmaktan daha yüksek miktarda fenolik bileşik üretimine neden olmaktadır (Shukla ve ark. 2010).

Antrakinon ve parietin en iyi bilinen UV bileşikleridir. Antrakinon ve parietin içeren likenlerde bu bileşiklerin konsantrasyonları habitatın ışık yoğunluğuna bağlı olarak benzer şekilde değişmektedir. Çeşitli ışık şiddetlerinde olan habitatlara nakledilen *Xanthoria* türlerinde talluslar, yeni habitat koşullarına bağlı olarak canlılıklarını kaybetmezler. Sadece morfolojik özelliklerinde ve parietin içeriğinde değişiklikler göstermektedirler (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020). Mikobiyont tarafından sentezlenen turuncu renkli kortikal antrakinon bileşiği parietin, liken fotobiyontunu aşırı güneş radyasyonuna karşı korur. Yapraksı likeni *Xanthoria parietina*'nın ait olduğu, likenize mantar takımı Teloschistales üyelerinin üst korteksinin üst tabakasında küçük hücre dışı kristaller olarak bulunan turuncu renkli bir antrakinon pigmentidir (Gauslaa ve McEvoy 2005). Esas olarak liken cinsi *Xanthoria, Teloschistes* ve *Caloplaca*'nın üst korteksinde bulunmaktadır. Parietin içeriği habitattaki ışığın yoğunluğu ile pozitif olarak ilişkili olup ışığı emdiği için, fotobiyontu yüksek ışık seviyelerinin neden olduğu hasara karşı korumaktadır. UV-B radyasyonunun, *Xanthoria parietina* içerdiği parietin bileşiğinden adını almıştır. Parietinin (physcion) yeniden sentezi UV etkisinde. Parietinin ayrıca bir antioksidan görevi görmesi de mümkündür. (Goga ve ark. 2020). Parietinin sentezi UV-B tarafından indüklenir ve fotosentez ürünleri tarafından uyarılır. Doğada, simbiyotik yeşil alg fotobiyont Trebouxia fotosentez ürünlerini mantara iletir. Bu da habitata özgü güneşe maruz kalma ile *X. parietina*'nın parietin içeriği arasında yakın, pozitif bir ilişkiye yol açar. Parietin, hem 400-500 nm FAR bandında hem de UV-B aralığında güneş radyasyonunu etkili bir şekilde emer. Ancak parietin eksikliği olan tallusta ekolojik olarak ilgili UV-B dozlarının hiçbir olumsuz etkisi bulunmadığından, fotobiyont'u yalnızca aşırı PAR'a karşı korur. Bu tür özellikler, parietin içeriğinin, gün ışığında belirgin bir mevsimsel değişiklikle birlikte kuzey ve sıcaklık hızı enlemlerinde mevsimsel bir değişime uğrayabileceğini düşündürmektedir (Gauslaa ve McEvoy 2005). Sarı parietin pigmenti, en çok çalışılan liken kortikal bileşiği antrakinondur ve güçlü bir UVB ve mavi ışık absorpsiyonu ile bir UV emici olarak işlev görür. Aseton kullanarak bileşikleri ekstrakte ederek ve durulanmış tallusu ışık filtreli radyasyona maruz bırakarak, parietin sentezini indüklemezken, liken *Xanthoria parietina*'daki parietin sentezinin doğrudan UVB radyasyonunun varlığı ve daha az ölçüde UV-A radyasyonu tarafından indüklendiğini gösterdi. Bununla birlikte, fotosentetik aparatın parietin tarafından foto koruması gözlemlenmemiştir. Parietinin *X. parietina*'daki fotokoruyucu rolü, parietin konsantrasyonu ve alan ışık faktörleri arasındaki önemli bir korelasyon ile doğrulanır. Ayrıca, her iki liken partneri de parietin sentezinde yer alır ve parietinin mavi ışık taraması

fonksiyonel olarak UVB taramasından daha önemli olabilir. Daha yakın zamanlarda, sırasıyla *X. parietina* ve *Physcia aipolia*'da parietin ve atranorinin görünür ışık fonksiyonunun taranması karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, parietin ışığı absorbe ederken, atranorin fazla ışığı yansıtır. Bu durum tarama mekanizmalarının bileşiğe özgü olduğunu göstermektedir. (Nguyen ve ark. 2013).

Likenlerdeki klorofil pigmentleri floresans özelliği gösterirler. Bu durumda UV koruyucu pigmentler barındırmayan likenler bile kararma gösterirler. UV ışın birçok cins ve türde renk değişikliklerine neden olur. Karotenoidler fotosentez yardımcı olup UV koruyucu bileşikler görevi görürler. Karotenoidler; ksantofiller (örneğin lutein) ve karotenler (örneğin β-karoten) olmak üzere iki gruptur. Antarktika'daki karasal habitatların likeni *Xanthoria elegans*'ta, UV'den koruyan bileşikler parietin ve β-karoten esas olarak likenin güneşe bakan yüzeyinde oluşturan üst kortekste yoğunlaşır. Bu nedenle, UV-B ışınlamasına yanıt olarak mikobiyont ortakları tarafından üretilen liken maddelerinde artış görülür (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020).

Atranorin ve barbatik asit gibi bazı depsidler fazla miktarda UV-A ve UV-B'yle karşılaşınca fotokoruma yetenekleri gösterir. Bu depsidler in vitro ve in vivo olarak düşük veya orta Güneş Koruma Faktörü (GKF) göstermiştir. Aynı zamanda UV-A'yı engelleme konusunda yeteneklidir. Evernik, divaritik ve difraktaik asitler için benzer UV-B taraması ve fotostabilite özellikleri gözlenmiştir. *Ophioparma ventosa*'nın medullar kısmındaki divarikatik asit, bu liken için ışık radyasyonuna karşı UV absorpsiyonu ile ilişkilidir. En yüksek GKF değeri, üç orcinol biriminin kromofor ilişkisi nedeniyle iyi bir absorpsiyon katsayısına sahip bir UVB filtresi olan tridepsid jiroforik asit için gözlenmiştir (Nguyen ve ark. 2013). UV filtreleri olarak kabul edilen bileşikler atranorin, evernik asitle divarik asit ve depsidonlar, tridepsid jirofosforik asit ve depsidonun orselinik asit türevleridir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu 2020).

Dibenzofuranlar sınıfın en yaygın ve yaygın bileşiği olan usnik asit, iyi bir UV-B emici olarak tanımlanır, radyasyonu floresans olarak dağılmasa bile orta düzeyde bir in vitro GKF özelliği gösterir. Usnik asidin likende bulunan değerleri UV koşullarına maruz kalma derecesiyle artlar. Ayrıca, UV radyasyonu olmadan fotosentetik olarak aktif radyasyon (FAR), korteksten yoksun likenlerde usnik asit üretimini indükler ve FAR'dan doğrudan liken koruması sağlar. Bu nedenle, usnik asidin antioksidan etkisi düşüktür (Nguyen ve ark. 2013). Liken oluşturan mantarlar tarafından üretilen en yaygın olarak incelenen ikincil metabolit, UV ışığını emen kortikal bir bileşik olan usnik asittir. Arktik ve Antarktika bölgelerinde usnik asit üreten likenler *Flavocetraria nivalis* ve *Nephroma arcticum* popülasyonlarında mevsimsel ve coğrafi varyasyonun meydana geldiği gösterilmiştir (Deduke ve ark. 2012). Kuzey Carolina'daki çeşitli mikrohabitatlarda yetişen *Cladina subtenuis*'teki usnik asit konsantrasyonlarının, habitat ışık yoğunluğuyla ilişkili olduğu bulunmuştur. Usnik asit üretimi fitotoksik ışık üretimine yanı verir (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve

ark. 2020).

Depsidonlar, depsidlere benzer spektral özellikler gösterirler. Bu orselinik asit türevleri, iki orselinik veya b-orsellinik asit birimi arasındaki ester ve eter birleşimleri yoluyla oluşturulmaktadırlar. Bu özellikleri onlara UV-B radyasyonunu ve UV-A radyasyonunu emme kapasitesi kazandırmaktadır (Nguyen ve ark. 2013). Şikimik asit yolundan türetilen diğer birçok metabolitin, depsidonlardaki konjuge lakton ve usnik asitlerdeki konjuge karboniller gibi karakteristik UV emici fonksiyonel gruplara sahiptirler. Bu durum likenlerin UV'ye yoğun maruz kalmaya karşı korumak için ürettiğini gösterir (Yousuf and Choudhury 2014). Şikimik asit türevleri (karisin, mikopronis, sitonemin) ultraviyole ışınları emen bir başka sekonder metabolit sınıfıdır (Özyiğitoğlu Çobanoğlu 2020).

Vulpinik asit, önemli miktarda hem UV-A hem de UV-B radyasyonunu emer, ancak tek başına absorbans, vulpinik aside UV-B-koruyucu bir rol atfetmek için yeterli olmaktan uzaktır. PAR taramasındaki işlevi daha da belirsizdir. Pigmentin absorbansı UV aralığında doruğa ulaşır, ancak aynı zamanda görünür spektrumun mavi kısmını da soğurur (Phinney ve ark. 2019). *Letharia vulpina*'dan ve *Vulpicida pinastri*'den elde edilen vulpinik asit süperoksit anyon süpürme aktivitesi nedeniyle UV-A ve UV-B bloker ajanı olarak işlev görür (Goga ve ark. 2020).

Likenlerdeki diğer önemli biyosentetik yol, aromatik amino asitlerden türetilen aromatik bileşiklerin veya UV absorpsiyonu için kimyasal özelliklere sahip olan mikosporinler ve MAA'lar ve şitonemin adlı bileşiklerin üretilmesi için alternatif bir yol sağlayan şikimik asit yoludur. Bu bileşikler alglerde veya siyanobakterilerde iyi dağılmıştır. UV-güneşten koruma için iyi potansiyele sahip şikimat aromatik bileşikler, likenlere özgü pulvinik asit türevlerine karşılık gelir. Yağda çözünen bir fenolik ve indolik türev olan şitonemin, MAA'larla birlikte siyanobakterilerde üretilmektedir. Likenler gibi çeşitli organizmalarda da yayılan kompleks polimerik melanin pigmentleri üretilir. (Nguyen ve ark. 2013). Yüksek ışık yoğunluğu fotobiyonta zarar verdiğinden uzun süreli güneş radyasyonu seviyesine bağlı olarak, bazı likenleşmiş mantarlar güneş ışığından koruyucu olarak üst korteksin dış tabakasında melanik bileşikler üretir. Melanik bileşikler UV-B ve UV-A dalga boylarını değil, aynı zamanda görünür dalga boylarını da azaltarak fotobiyont tabakasını korurlar. Melanizasyon, korteksin esmerleşmesine yol açar. Korteksteki esmerleşme, yalnızca hidratlı liken tallusta meydana gelen fizyolojik olarak aktif bir süreçtir. Bir yan etki olarak, melaninler, tüm tallus için güneş enerjisinin emilimini arttırır ve bu da 3◦C'ye kadar bir sıcaklık artışına sebep olur. Foto koruyucu olarak ikincil metabolitler, fotosentetik aktif radyasyonun iletimini azaltmada melanin kadar etkilidirler. Ancak bu radyasyonu emmeyip yansıtırlar (Grimm ve ark. 2021). Melanin güneş koruyucu bir pigmenttir ve biyotik ve abiyotik streslere rağmen likenlerin hayatta kalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek bitkilerde

olduğu gibi likenlerin fotobiyontlarında da klorofil pigmentleri floresans verir. Likenlerin lüminesansının gözlemlenmesi, bir UV ışık kaynağı ve bir floresan mikroskobu altında incelenerek mümkündür. Liken ortakyaşarları arasında mantar organizmaları son derece yüksek UV koruma fonksiyonlarına sahiptir. Mikobiyontlar UV filtreleri olarak radyasyona maruz kaldıklarında daha etkilidir. Parietin ve melanin gibi pigmentler korteksin geçirgenliğini düşürüp UV radyasyonunun ve FAR'ın fotobiyont'a ulaşıp zarar vermesini engeller. Antioksidanların ve UV emici pigmentlerin likenlerde sentezi vasıtasıyla hasara karşı onarma mekanizması oluşturarak strese karşı direnç sağlar. Likenlerdeki doğal UV koruma maddelerinin üretimindeki farklılıklar, büyüdükleri çevre koşullarına bağlıdır. Bu metabolitler, fotosentez için gereken ışığa müdahale etmeden aşırı UV radyasyonunun emilmesine izin vererek likenlerin zarar görmesini önler. Genel olarak güneş kremleri tek başına kullanıldığında etkili olduğu gibi diğer UV filtreleri ve DNA hasarına karşı koruma sağlayan antioksidanlarla birlikte kullanıldığında da etkilidir. (Özyiğitoğlu Çobanoğlu ve ark. 2020).

2. AMAÇ VE HEDEFLER

Bu çalışmamızın amacı; İstanbul'un çeşitli ilçelerinden toplanan, büyükşehirin çeşitli abiyotik ve biyotik stresine uyum sağlayan *Cladonia pyxidata, Evernia prunastri, Flavoparmelia caperata, Parmelia sulcata, Physcia adscendens* ve *Xanthoria parietina* likenlerinin, yaşadıkları kentsel alanlarda değişen habitatlara bağlı olarak maruz kaldıkları zararlı Ultraviyole (UV) ışınlardan kaynaklanan strese karşı geliştirdiği tepkileri araştırmaktır. Likenlerin ürettikleri UV koruyucu sekonder metabolit ve pigmentlerin tespit edilmesi ve lokalitelere göre dağılımlarının karşılaştırılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda likenlerde tespit edilen bileşiklerin UV stresine karşı koruyucu olup olmadıklarını literatürle karşılaştırarak likenin yaşadığı habitatta UV stresine toleransı değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Liken Örnekleme

3.1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

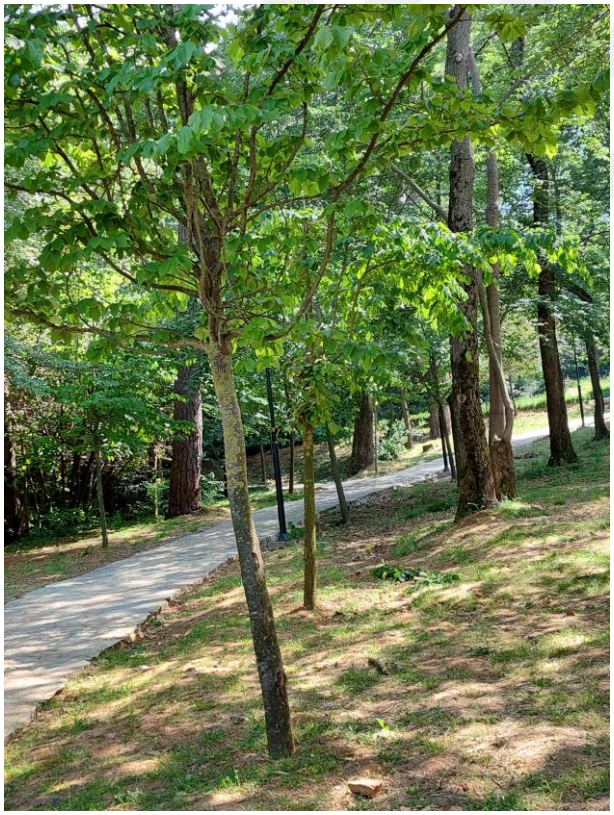
İstanbul ili bütük bir metropol olmasına rağmen biyolojik çeşitliliği yüksek bir şehirdir. Liken türleri bakımından zengindir. İstanbul likenleriyle ilgili tüm konularda bugüne kadar toplam yayın sayısı 36 ve liken tür kaydı 1000 civarındadır (Çobanoğlu 2021).

İstanbul ili çeşitli doğal alanları, adaları barındırır. Bu bölgelerde tür çeşitliliği zengindir. Aynı zamanda dereler, korular, göller vb. doğal alanlar barındırır. Bu yerler liken çeşitliliği

bakımından zengindir. Askeri alanlar ve tarihi alanlarda tür çeşitliliği bakımından zengindir. (Çobanoğlu 2021).

3.1.2. Liken Örneklerinin Toplanması

Liken örnekleri, İstanbul'un 5 ilçesine bağlı 26 farklı noktasından toplanmıştır. Toplanan likenlerin çoğunluğu epifitik ve terrikol özelliktedir. Arazide liken örneklerinin tallus renkleri ve özellikleri, özortam farklılıkları ve habitat özellikleri (istasyonların lokaliteleri, enlem noktaları, alınan örneğin yönü, UV endeksi, o bölgeye ait hava kalitesi değerleri toplanan örneklerin tallus, apotesyum, podesyum renkleri, güneş-gölge durumu, yükselti, konum vb.) kaydedilmiştir. Toplanan örnekler taksonomik olarak incelendikten sonra türler *Xanthoria parietina* (L) Th.Fr. (fırfırlı turuncu), *Cladonia pyxidata* (L). Hoffm. (peri kadehi), *Physcia adscendens* H.Olivier (miğfer likeni), *Flavoparmelia caperata* (L). Hale (sarı yaprak), *Parmelia sulcata* Taylor (oluklu çanak) ve *Evernia prunasti* (L). Ach. (meşe yosunu) olarak teşhis edilmiştir (Tablo 1). Türlerin Türkçe isimleri John ve Türk (2017), Latince isimleri Index Fungorum'dan alınmıştır.



Şekil 5. Küçük Çamlıca Korusu 22 Nisan 2022 tarihli arazi çalışmasının resmi

Tablo 1. Örnek toplanan istasyonlara ait coğrafi bilgiler

İstasyon No	**İstasyon Adı**	**İlçe**	**Yükselti (m)**	**Boylam** (Doğu)	**Enlem** (Kuzey)	**Yön**
1	Heybeliada Asaf Bey Plajı	Adalar	63 m	29°5'21.438”	40°52'36.962"	141°Güneydoğu
2	Heybeliada Adalar Tepelik Yol	Adalar	79 m	29°5'18.834"	40°52'33.734"	105°Doğu
3	Kanlıca Muhacirler Sokağı	Beykoz	52 m	29°4'27.123"	41°6'3.272"	341°Kuzey
4	Uskumruköy Yol Kenarı	Sarıyer	53 m	29°1'50,910"	41°13'2.164"	177°Güney
5	Demirci Plaj Yolu Siteler	Sarıyer	69 m	29°3'45.054"	41°14'7.320"	239°Güneybatı
6	Demirci Plaj Yolu	Sarıyer	-6 m	29°4'14.126"	41°14'49.272"	117°Güneydoğu
7	Demirci Demirciköy	Sarıyer	75 m	29°3'19.169"	41°14'46,807"	79°Doğu
8	Kumköy Kilyos Caddesi	Sarıyer	16 m	29°2'25.652"	41°14'35.985"	11°Kuzey
9	Kumköy Bıldırcın Sokak	Sarıyer	25 m	29°2'34.711"	41°14'43.446"	128°Güneydoğu
10	Büyükada-1 Maden Tabiat Parkı Karşısı	Adalar	27 m	29°7'28,799"	40°51'2.561"	67°Doğu
11	Büyükada-2 Maden Orman Yolu	Adalar	37 m	29°7'21.975"	40°51'16,461"	287°Batı
12	Büyükada-3 Aya Yorgi Yolu	Adalar	106 m	29°7'11.137"	40°51'16.815"	203°Güneybatı
13	Atatürk Kent Ormanı-1 Çamlıtepe Fatih Ormanı	Sarıyer	121 m	29°1'34.904"	41°8'10.311"	246°Güneybatı
14	Atatürk Kent Ormanı-2 Maslak Fatih Orman Kampüsü	Sarıyer	127 m	29°1'33.613"	41°7'58.056"	91°Doğu
15	Çamlıtepe Atatürk Kent Ormanı-3	Sarıyer	89 m	29°1'45.520"	41°7'51.854"	10°Kuzey
16	Kanlıca Hacı Muhittin Sokak Çocuk Parkı	Beykoz	57 m	29°4'23,798"	41°6'7.338"	277°Batı
17	Büyük Çamlıca Korusu	Üsküdar	259 m	29°4'9.310"	41°7'38.047"	213°Güneybatı
18	Kısıklı Küçük Çamlıca Korusu Girişi	Üsküdar	181 m	29°3'54.336"	41°1'10.569"	328°Kuzeybatı
19	Küçük Çamlıca Korusu Tepelik Alan	Üsküdar	218 m	29°3'51.010"	41°0'57.297"	109°Doğu
20	Merkez Belgrad Ormanı-1	Sarıyer	79 m	28°58'1.081"	41°11'16.976"	127°Güneydoğu
21	Kemer Neşet Suyu Yolu Belgrat Ormanı-2	Sarıyer	152 m	28°57'56.376"	41°11'24.428"	324°Kuzeybatı
22	Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı-3	Sarıyer	130 m	28°57'56.455"	41°11'26.949"	346°Kuzey
23	Heybeliada Çam Limanı	Adalar	129 m	29°5'32.436"	40°52'27,196"	307˚Kuzeybatı
24	Hacı Kasım İskelesi	Şile	31 m	29°36'23.8"	41°10'54.1"	
25	Atatürk Ormanı	Şile	126 m	29°38'20.0"	41°09'49.0"	
26	Serintepe Piknik Alanı	Şile	111 m	29°36'01.1"	41°10'09.1"	

Tablo 2. İstasyonlarda habitat, tür ve substrat özellikleri

İstasyon No	Habitat	Substrat	Türler
1	Orman, Güneş Işığı Alan Bölge	Toprak	*Cladonia pyxidata*
2	Ormanlık Alan Güneş Gören Alan	Toprak	*Cladonia pyxidata*
3	Ormanlık Alan Fırtınadan Dalları Düşmüş, Güneş Gören Dallar	Ölü Gürgen Dalları	*Xanthoria parietina*
4	Yol Kenarı Kaldırım Ağaçları	Meşe	*Xanthoria parietina*
5	Site Önü Ağaçlık Alanı	Meşe	*Xanthoria parietina*
6	Plaja inen orman yolu	Meşe	*Xanthoria parietina*
7	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
8	Yol Kenarı Kaldırım Ağaçları	Meşe	*Xanthoria parietina*
9	Yol Kenarı Ağaçlık Alanlar	Meşe	*Xanthoria parietina*
10	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
11	Orman Yürüyüş Yolu	Meşe	*Xanthoria parietina*
12	Orman Yürüyüş Yolu	Meşe	*Xanthoria parietina, Evernia prunastri*
13	Ormanlık, Gölgelik Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
14	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
15	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
16	Yol Kenarındaki Çocuk Parkı	Meşe	*Physcia adscendens*
17	Koruluk Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
18	Koruluk Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
19	Koruluk Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
20	Ormanlık Alan	Meşe	*Flavoparmelia caperata, Parmelia sulcata, Xanthoria parietina*
21	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
22	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina, Parmelia sulcata, Physcia adscendens, Evernia prunastri, Flavoparmelia caperata*
23	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
24	Ormanlık Alan	Meşe	*Physcia adscendens*
25	Ormanlık Alan	Meşe	*Xanthoria parietina*
26	Ormanlık Alan	Çam	*Xanthoria parietina*

Arazi günlerine göre, istasyonların günlük UV indeksi ve hava kalitesi verileri ibb.gov.tr'den alınmış ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. İstasyonlarda UV indeksi ve hava kalitesi değerleri (ibb.gov.tr)

İST No	Yer adı	İlçe	UV İndeksi	Hava Kalitesi
1	Heybeliada Asaf Bey Plajı	Adalar	Yüksek	UGHKI: 19 ABStandartlarına göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara göre İyi: 18 İndex değerleri PM10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: PM10= 19,8 µl/m^3 O3=20,9 µl/m3
2	Heybeliada Adalar Tepelik Yol	Adalar	Yüksek	UGHKI İndeksi: 19 ABStandartlarına göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara göre İyi: 18 İndex değerleri PM10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: PM10= 19,8 µl/m^3 O3=20,9 µl/m3
3	Kanlıca Muhacirler Sokağı	Beykoz	Yüksek	
4	Uskumruköy Yol Kenarı	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
5	Demirci Plaj Yolu Siteler	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
6	Demirci Plaj Yolu	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
7	Demirci Demirciköy	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
8	Kumköy Kilyos Caddesi	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
9	Kumköy Bıldırcın Sokak	Sarıyer	Yüksek	UGHKI 34 İyi ABGünlük İndeksi 58 Orta İndex Değerleri PM10=58 SO2=2 O3=16 NO2=2 Konsantrasyon değerleri PM10=36.5 SO2=3.2 O3=368.3 NO2=4,2 µl/m3
10	Büyükada-1 Maden Tabiat Parkı Karşısı	Adalar	Yüksek	UGHKI İndeksi:19 ABStandartlarına göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara göre İyi:18 İndex değerleri PM10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: PM10= 19,8 µl/m3 O3=20,9 µl/m3
11	Büyükada-2 Maden Orman Yolu	Adalar	Yüksek	UGHKI İndeksi:19 ABStandartlarına göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara göre İyi:18 İndex değerleri PM10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: PM10= 19,8 µl/m3 O3=20,9 µl/m3
12	Büyükada-3 Aya Yorgi Yolu	Adalar	Yüksek	UGHKI İndeksi:19 ABStandartlarına göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara göre İyi:18 İndex değerleri PM10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: PM10= 19,8 µl/m3 O3=20,9 µl/m3
13	Atatürk Kent Ormanı-1 Çamlıtepe Fatih Ormanı	Sarıyer	Yüksek	UGHKI İndeksi:25 İyi ABStandartlarına Göre 31 İyi İndex Değer Pm=31 So2=2 O3=23 No2=10 Konsantrasyon Değeri: Pm10=18,6 So2=4,3 O3=54,8 No2=19,6 µl/m3
14	Atatürk Kent Ormanı -2 Maslak Fatih Ormanı Kampüsü	Sarıyer	Yüksek	UGHKI İndeksi:25 İyi ABStandartlarına Göre 31 İyi İndex Değer Pm=31 So2=2 O3=23 No2=10 Konsantrasyon Değeri: Pm10=18,6 So2=4,3 O3=54,8 No2=19,6 µl/m3
15	Çamlıtepe Atatürk Kent Ormanı-3	Sarıyer	Yüksek	UGHKI İndeksi:25 İyi ABStandartlarına Göre 31 İyi İndex Değer Pm=31 So2=2 O3=23 No2=10 Konsantrasyon Değeri: Pm10=18,6 So2=4,3 O3=54,8 No2=19,6 µl/m3

16	Kanlıca Hacı Muhittin Sokak Çocuk Parkı	Beykoz	Yüksek	
17	Büyük Çamlıca Korusu	Üsküdar	Yüksek	UGHKI48 İyi Avrupa Biriliği Standartlarına Göre 76 Kötü Index Değerleri Pm10=76 So2=3 No2=23 Konsantrasyon Değerleri Pm10=52 Pm2,5=26,8 So2=5,1 No2=46,5 µl/m3
18	Kısıklı Küçük Çamlıca Korusu Girişi	Üsküdar	Yüksek	UGHKI48 İyi Avrupa Biriliği Standartlarına Göre 76 Kötü Index Değerleri Pm10=76 So2=3 No2=23 Konsantrasyon Değerleri Pm10=52 Pm2,5=26,8 So2=5,1 No2=46,5 µl/m3
19	Küçük Çamlıca Korusu Tepelik Alan	Üsküdar	Yüksek	UGHKI48 İyi Avrupa Biriliği Standartlarına Göre 76 Kötü Index Değerleri Pm10=76 So2=3 No2=23 Konsantrasyon Değerleri Pm10=52 Pm2,5=26,8 So2=5,1 No2=46,5 µl/m3
20	Merkez Belgrad Ormanı-1	Sarıyer	Orta	UGHKI İndeksi:36 İyi ABStandartlarına Göre:61 Orta Index Değer Pm10=61 So2=13 O3=16 No2=19 Konsantrasyon Değeri: Pm10=38,6 So2=26,3 O3=37,6 No2=37,4 µl/m3
21	Kemer Neşet Suyu Yolu Belgrat Ormanı-2	Sarıyer	Orta	UGHKI İndeksi:36 İyi ABStandartlarına Göre:61 Orta Index Değer Pm10=61 So2=13 O3=16 No2=19 Konsantrasyon Değeri: Pm10=38,6 So2=26,3 O3=37,6 No2=37,4 µl/m3
22	Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı-3	Sarıyer	Orta	UGHKI İndeksi:36 İyi ABStandartlarına Göre:61 Orta Index Değer Pm10=61 So2=13 O3=16 No2=19 Konsantrasyon Değeri: Pm10=38,6 So2=26,3 O3=37,6 No2=37,4 µl/m3
23	Heybeliada Çam Limanı	Adalar	Yüksek	UGHKI İndeksi:19 ABStandartlarına Göre Uygun-Ulusal Günlük Standartlara Göre İyi:18 İndex Değerleri Pm10=18 O3=10 Konsantasyon Değerleri: Pm10= 19,8 µl/m3 O3=20,9 µl/m3
24	Hacı Kasım İskelesi	Şile		UGHKI 42 İyi ABGünlük İndeksi 46 İyi Index Değer Pm10=46 So2=0 O3=37 No2=1 Konsantrasyon Değerleri: Pm10=27.8 So2=1 O3=89,6 No2=1,7
25	Atatürk Ormanı	Şile		UGHKI 42 İyi ABGünlük İndeksi 46 İyi Index Değer Pm10=46 So2=0 O3=37 No2=1 Konsantrasyon Değerleri: Pm10=27.8 So2=1 O3=89,6 No2=1,7
26	Serintepe Piknik Alanı	Şile		UGHKI 42 İyi ABGünlük İndeksi 46 İyi Index Değer Pm10=46 So2=0 O3=37 No2=1 Konsantrasyon Değerleri: Pm10=27.8 So2=1 O3=89,6 No2=1,7

3.1. Laboratuvar Çalışmaları

3.1.1. Anatomik ve Morfolojik İncelemeler

Liken örnekleri morfolojik olarak, renklerini gözlemlemek, boylarını ölçmek ve apotesyum renklerini gözlemlemek amacıyla stereomikroskop altında incelenmiştir. Liken örneklerinin ışımalarını ve UV ışık altındaki renk değişimlerini gözlemlemek için UV lamba kullanılmıştır. Anatomik incelemeler ışık mikroskobunda yapılmıştır. Anatomik incelemelerde amacımız likenlerin askuslarını, alg yapılarını gözlemlemektir. Liken örneklerinin renkleri, boyları, incelenmiştir. Sonra liken örneklerinin talluslarından, apotesyumlarından enine kesitler alınmıştır. Işık mikroskobu altında kesitleri alınan örneklerin fotobiyont, mikobiyont ve sporlarına bakılmıştır. Lam ve lamel arasına konulan preparata önce su eklenmiştir. Daha sonra görüntünün

netleşmesi için potasyum hidroksit damlatıldı. x4'lük, x10'luk ve x40'lık objektif büyütmelerinde incelenmiştir.

3.1.2. Floresan Mikroskobu İncelemeleri

Likenlerin ışıma yapmasını gözlemlemek için floresan mikroskobu kullanılmıştır. 1990'da yapılan yönteme göre floresan mikroskobuyla likenlerde pigmentler tespit edilmiştir. Floresan liken maddelerin gözle veya fotoğraflarda görülen renkleri, mikroskobun filtreleri ile değiştirilir. UV uyarımı ile görüntü, görünür spektrum alanının neredeyse tamamı üzerinde oluşturulur, ancak mavi uyarı ile sadece yeşilimsi, sarımsı ve kırmızımsı renkler mevcuttur. Ancak amaç, floresan maddelerin mutlak renklerini değil liken tallusu içindeki yerlerini görmektir. Renk ve floresan yoğunluğunun tahmini tabi ki subjektiftir, çünkü renk sadece floresan mikroskobunun özelliklerine değil, aynı zamanda kesitlerin kalınlığına ve yakındaki dokulardan saçılan ışığa da bağlıdır (Kauppi ve ark. 1990).

Liken örneklerinde öncelikle tallusun tamamına bakılmıştır. Sonra tallustan ve apotesyumdan kesitler alınmıştır. Bu kesitler lam ve lamel arasında suya, sonra da KOH çözeltisi (%10) içine konuldu. Preparatlar suyun altında hazırlandı. KOH çözeltisi görüntüleri netleştirmek için kullanıldı.

Çalışmamızda Marmara Üniversitesi Fen Fakültesi Genel Biyoloji Laboratuvarında bulunan Olympus Marka Floresan Mikroskobu kullanılmıştır. Likenler farklı dalga boylarında, liken bileşiklerinin oluşturduğu farklı renkleri gözlemlemek amacıyla incelenmiştir.

1.Işık , filtrede 460-490 nm dalga boyundadır.

2.Işık filtrede 510-550 nm dalga boyundadır.

3.Işık filtrede 330-385 nm dalga boyundadır.

3.1.3. Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografisi (HPTLC) Analizleri

Yüksek performanslı ince tabaka kromatografisi (HPTLC), liken maddelerin taranması için kullanılabilecek bir yöntemdir. Kullanımı basittir ve birçok avantajı vardır: Daha hassastır, daha kısa sürede daha fazla numune çalışmak mümkündür ve kullanılan solvent miktarı çok daha azdır (Arup ve ark. 1993).

LİKEN ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI VE PLAKALARA AŞILANMASI

1. Likenlerin tallus, apotesyum ve podesyumdan parçalar alındı. Alınan parçaların hangi türden olduğu, istasyon numaralarını, renklerini, alınan parçaların likenin hangi kısmından olduğu not edilip, tablo haline getirildi. Bu parçalar aseton içinde, Eppendorf tüpünde 10 dakika

metabolitlerinin çözülmesi beklendi.

2. 1 µm mikro kapiler ile HPTLC plakaları üzerine ekstreleri uygulandı. Doldurmak ve yıkamak için beş kez yükseltme ve çıkarma yapıldı. Plakalar HPTLC cihazına koyup, deneyi başlatmadan önce kurutuldu. ARUP ve ark. (1993), plakadaki nemi çekmek için 50°C'lik ılık bir dolapta 5 dakika beklemeyi önermektedir. Plaklarda nem olmamasına dikkat edildi. Bunun için, plakalar bir saat oda sıcaklığında bekletildi.

SOLVENT HAZIRLANMASI VE HPTLC CİHAZININ HAZIRLANMASI

3. Plakalar oda sıcaklığında bekletilirken HPTLC analizinde kullanılacak solventler hazırlandı. Hazırlanan ve aşağıda verilen her bir karışım, vidalı kapaklı küçük kahverengi şişelerde 50 mL'den başlayan miktarlarda saklanabilir.

   a. A: tolüen/ dioksan/ asetik asit (180: 45: 5): A solventindeki dioksan higroskopiktir ve zamanla suyu emer. Çözücü böylece hızla bozulur ve doğru Rf değerleri yalnızca nispeten taze çözücü ile kaydedilebilir. (23 ml için: 18/4/0,5)
   b. B: sikloheksan/ metil tert-bütil eter/ formik asit (130:100:20) (25 ml için:13/ 10/ 2)
   c. C: toluen/asetik asit (170:30): Çoğu liken maddesi için C en iyi ayrımı sağlar. Aynı zamanda çok kararlıdır (birkaç hafta) ve bu nedenle rutin olarak kullanılan en yaygın çözücüdür. (20 ml için: 17/3)

4. HPTLC tankının ayakları uygun şekilde ayarlanarak haznenin, cihazdaki su terazisi ile hizalanarak dengesi korundu. Tankın üstünde olan cam plaka çıkarıldı. Daha sonra tankın içinde olan iki çubuk şeklindeki küçük plakalar, yanlardaki düğmelere bastırılarak çıkarıldı.

5. Deneye başlamadan önce, tank konfigürasyonu ayarlandı ve 10x10 cm versiyonu için yaklaşık 10 mL olan şartlandırma tepsisine, plakanın tepsisine kullanılacak solvent konuldu. Cam şeritleri (4) dışa doğru eğimli olacak şekilde yerleştirildi.

6. Bir şırınga veya ince bir pipet kullanarak kenarda bulunan iki oluğa 2'şer ml solvent eklendi. HPTLC plakası (uygulanan numunelerle birlikte), silika jel tabakası aşağı bakacak şekilde tepsiye yerleştirildi. Geliştirme odası cam plaka ile kaplanmıştır. Plaka ve solventin 10-15 dakika ön şartlandırmaya izin verilir. Hem ön şartlandırma hem de geliştirme sırasında oda, dışarıdan müdahaleyi önlemek için kaplama camı ile kapatılmıştır.

7. Geliştirme, her iki cam şeridi de (aynı anda) içe doğru eğmek için çubukları iterek başlatılır. Çözücü, duvar ve cam şerit arasında oluşan kılcal siltte anında yükselir ve tabakaya girer. Geliştirme başlar. Çözücü daha sonra cam şerit ve olukların duvarı arasında oluşan kılcal siltte yükselecek ve silika jel tabakasına girecektir. Solvent cepheleri, HPTLC plakasının karşıt taraflarından göç eder. İki cephe merkezde buluştuğunda kromatografik gelişme sona erer. Plakaların geliştirme süresinin ek %25' i boyunca geliştirme odasında kalması önemli değildir.

Plaka, gelişmekte olan kanalda daha uzun süre kalırsa, lekeler yayılmaya başlayacaktır. Plakalar geliştirme odasından hızlı bir şekilde çıkarılmalıdır. Koruyucu cam ve cam şeritler dışarıya çıkarıldı. HPTLC plakasını kaldırılıp, çıkarıldı. Başlangıç çizgisinin olduğu kenarda hala çok miktarda solvent görünüyorsa, plakaları bir mendilin üzerine koyun ve tamamen kurumaya bırakın.

PLAKALARIN İNCELENMESİ

8. Plakalar artık asetik asit kokmuyorsa, gün ışığında ve UV ışığında gözlem için hazırdır. Daha uçucu çözücüler birkaç dakika içinde buharlaşır, ancak asetik ve formik asitler gibi daha az uçucu bileşenleri çıkarmak için 10-30 dakika önerilir.

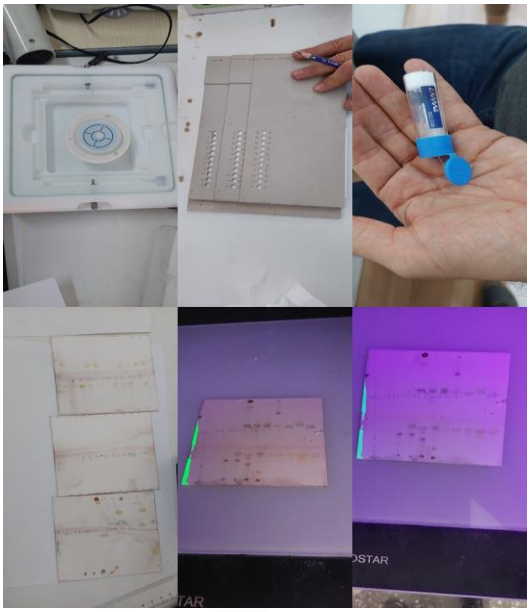
9. İlk olarak plaka görünür ışık altında incelendi ve görülen her nokta daire içine alındı. Renk işaretlenmiştir. Plaka 366 ve 254 nm dalga boylarında, UV ışık altında incelendi ve her noktanın etrafı çizildi. Herhangi bir göze çarpan rengi işaretlendi. UV lamba altında fotoğraflanmaya başlandı.

10. Plaka kuruduğunda 2 saniye %10'luk sülfürik asit banyosu yapıldı. Plaka nemli veya ıslak olmamalıdır. %98 sülfürik asit:su çözeltisini 1:9'da suya dikkatlice asit ekleyerek hazırlanmıştır.

11. Daha sonra plakalar 110 ºC mikrodalga fırınında 5 dakika tutuldu. Beş dakika sonra plaka çıkarıldı ve oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı. Isıtma sırasında yeni morumsu tonlar belirmiş olabilir; bunlar terpenoidlerdir.

12. Daha sonra plakalar uzun dalgalı UV ışığında ve gün ışığında fotoğraflanır. Plaka görünür ışık altında incelendi ve renkler gözlemlendi. Ardından, plaka UV altında incelendi ve göze çarpan renkler not edildi.

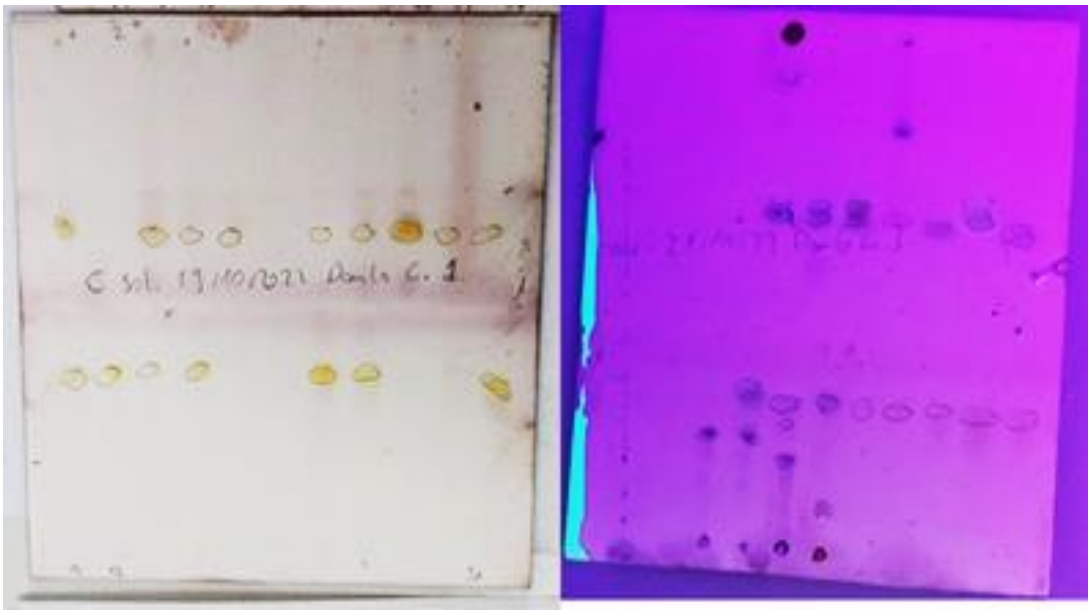
13. Isıtıldıktan sonra gün ışığında lekelerin renginin konsantrasyona bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Başlangıç çizgisi ve yol numaraları, değerlendirmeden önce çoğunlukla tekrar geçmelidir. Eppendorf mikro santrifüj tüpleri, liken örneğiyle birlikte saklandı. HPTLC analizi farklı çözücülerle aynı örnekler üzerinden tekrarlanabilir (Arup ve ark. 1993).



Şekil 6. HPTLC aşamalarının görüntüsü



Şekil 7. HPTLC deneyi yapılışı sırasında çekilen fotoğraf



Şekil 8. HPTLC plağının görünür ışık ve UV ışık altındaki görüntüsü

Tablo 4. HPTLC'de çalışılan türler, istasyonları, liken kısımları ve renkleri

İstasyon No	**Örnek No**	**İncelenen Yapı**	**Tür İsimleri**	**Renkler**	**Notlar**
5	**1**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı	Apotesyum yok
12	**2**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	Solvent A'ya örnek gelmedi.
12	**3**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
17	**4**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı	
17	**5**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
25	**6**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
25	**7**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
26	**8**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
26	**9**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
23	**10**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Yeşil	Apotesyum yok
4	**11**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
4	**12**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
7	**13**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı	
7	**14**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
14	**15**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
14	**16**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
8	**17**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	HPTLC'de 1.plağa 18. ve 19. sırada döküldü
8	**18**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
13	**19**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	HPTLC Plağında 20.sırada döküldü 1.plak
13	**20**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-	

				Turuncu	
15	**21**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
15	**22**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
9	**23**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
9	**24**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
3	**25**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
3	**26**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
21	**27**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
21	**28**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
11	**29**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Yeşil	
11	**30**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
10	**31**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
10	**32**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
6	**33**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus	
6	**34**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum	
20	**35**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	HPTLC'de 20.sırada
20	**36**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	HPTLC'de 16.sırada
22	**37**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Turuncu	HPTLC'de 17.sırada
22	**38**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	HPTLC'de 18.sırada
21	**39**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	HPTLC'de 19.sırada
21	**40**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
18	**41**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
18	**42**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Sarı-Turuncu	
19	**43**	Tallus	*Xanthoria parietina*	Tallus: Sarı-Turuncu	
19	**44**	Apotesyum	*Xanthoria parietina*	Apotesyum: Turuncu	
20	**45**	Tallus	*Parmelia sulcata*	Tallus: Yeşil-Gri	
20	**46**	Tallus	*Flavoparmelia caperata*	Tallus: Sarı-Yeşil	
2	**47**	Podesyum	*Cladonia pyxidata*	Podesyum: Yeşil-Gri	
1	**48**	Podesyum	*Cladonia pyxidata*	Podesyum: Yeşil-Gri	
16	**49**	Tallus	*Physcia adscendens*	Tallus: Gri	
12	**50**	Tallus	*Evernia prunastri*	Tallus: Yeşil	
24	**51**	Tallus	*Physcia adscendens*	Tallus: Gri	
22	**52**	Tallus	*Flavoparmelia caperata*	Tallus: Sarı-Yeşil	
22	**53**	Tallus	*Evernia prunastri*	Tallus: Yeşil	
22	**54**	Tallus	*Physcia adscendens*	Tallus: Gri	
22	**55**	Tallus	*Parmelia sulcata*	Tallus: Yeşil-Gri	

3.2.4. İstatistiksel Analizler

HPTLC verileri Excel'de grafik oluşturularak gösterilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Anatomik ve Morfolojik İncelemeler

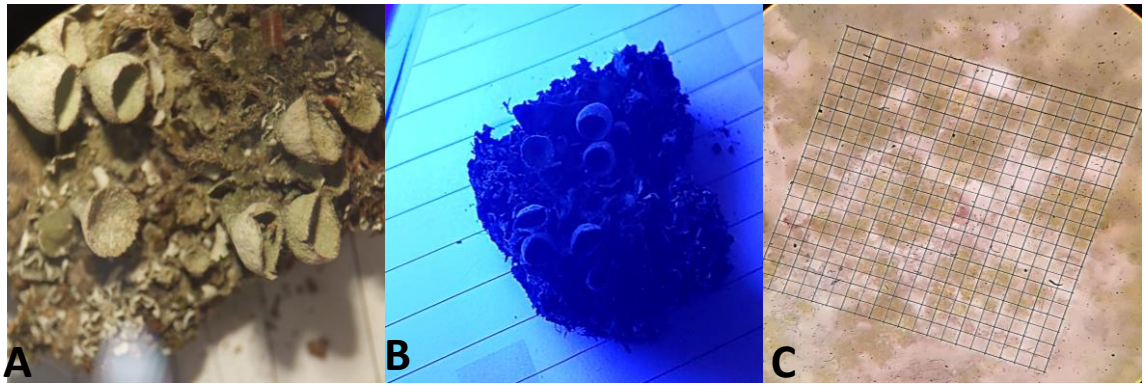
Xanthoria parietina, Evernia prunastri, Cladonia pyxidata, Parmelia sulcata, Flavoparmelia caperata ve *Physcia adscensdens* türlerinin renkleri doğadaki renkleri steromikroskopta çekilen görülen renklerle benzerlik göstermiştir. Bazı türlerde UV lamba altında ışımadan dolayı renk değişimleri görülürken bazı türlerde renk değişim görülmemiştir.

***Cladonia pyxidata* İncelemeleri**



Şekil 9. Heybeliada arazi çalışmasında *Cladonia pyxidata*

İST-1'de *Cladonia pyxidata* incelemelerince tallus yeşil-gri renginde görülür. UV lamba altında beyaz yansıma yapmaktadır. Podesyumdan alınan kesitlerde alg çapının 20 mikron olduğu görülmektedir.



Şekil 10. A) İST-1 *Cladonia pyxidata* stereomikroskop altında, B) UV ışık altında görünümü C) Işık mikroskobunda İST-1 x40'lık objektifte podesyum kesitindeki algler

Cladonia pyxidata örnekleri (İST-2) UV lambada yansıma şeklinde görülür. Stereomikroskopta yeşil-gri renkte görülür. Podesyumdan alınan kesitlerde alg çapı 20 mikrondur.

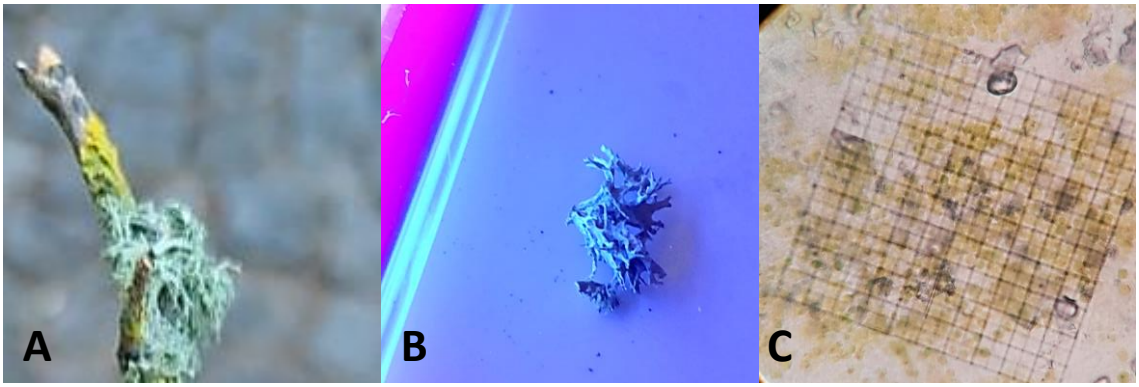


Şekil 11. A) Stereomikroskop altında *Cladonia pyxidata* (İST-2) B) UV lamba altında İST 2 *Cladonia pyxidata* C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte *Cladonia pyxidata* podesyum kesitinde algler

***Evernia prunastri* İncelemeleri**

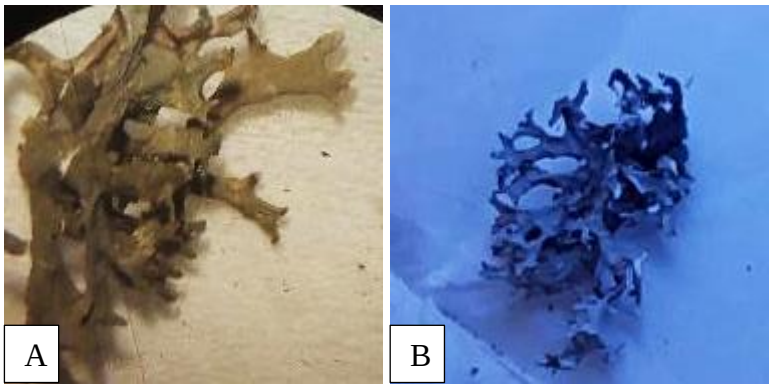

Şekil 12. *Evernia prunastri* arazi resmi

Büyükada'dan toplanan *Evernia prunastri* (İST-12) örneklerinde tallus rengi yeşildir. UV lamba altında ışıma görülmediğinden renginde değişiklik görülmemiştir. Alg çapı 10 mikrondur.



Şekil 13. A) Arazi çalışmasında *Evernia prunastri*, B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

Evernia prunastri (İST-22) stereomikroskop altında yeşil görünmüştür. UV lamba altında yeşil görünür. Tallus kesiti alındığında alg çapı 10 mikrondur.



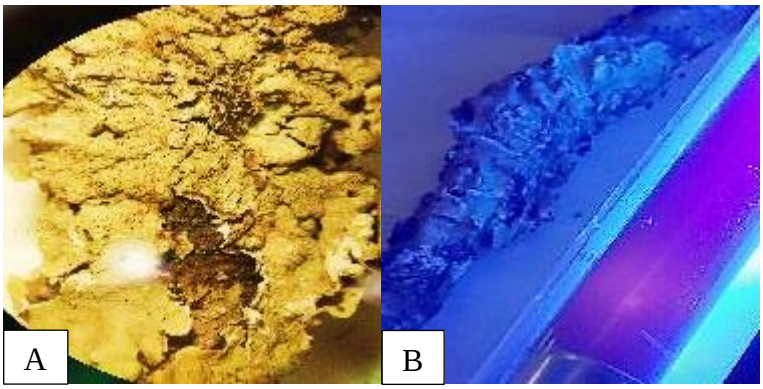
Şekil 14. A) *Evernia prunastri* stereomikroskop altında B) UV lamba altında *Evernia prunastri*

Flavoparmelia caperata İncelemeleri

Flavoparmelia caperata (İST-20) örneklerinde tallus yeşil renkte görülür. UV lamba altında renk değişimi görülmemiştir. Alg çapı ise 10 mikrondur.

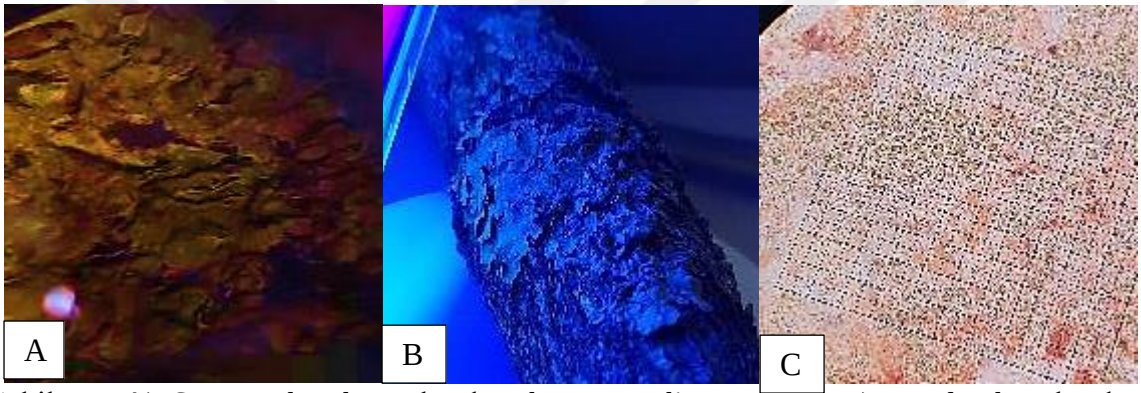


Şekil 15. *Flavoparmelia caperata* arazi resmi



Şekil 16. A) *Flavoparmelia caperata* stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında

Flavoparmelia caperata (İST-22) stereomikroskop altında yeşil görülür. UV lamba altında rengi değişmemiştir. Alg çapı 10 mikrondur.



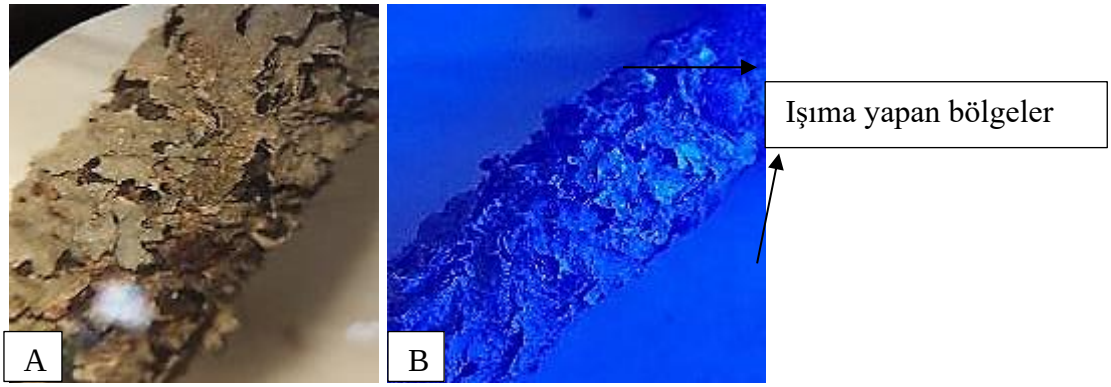
Şekil 17. A) Stereomikroskop altında *Flavoparmelia caperata* B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler

***Parmelia sulcata* İncelemeleri**

Parmelia sulcata (İST-20) incelemelerinde stereomikroskop altında talluslar yeşil, UV lambada beyaz renkte ışıma yaptığı görülmüştür. Alg çapı 10 mikrondur.



Şekil 18. *Parmelia sulcata* arazi resmi



Şekil 19. A) *Parmelia sulcata* stereomikroskop altında, B) UV lambada ışıma yapan bölgeler

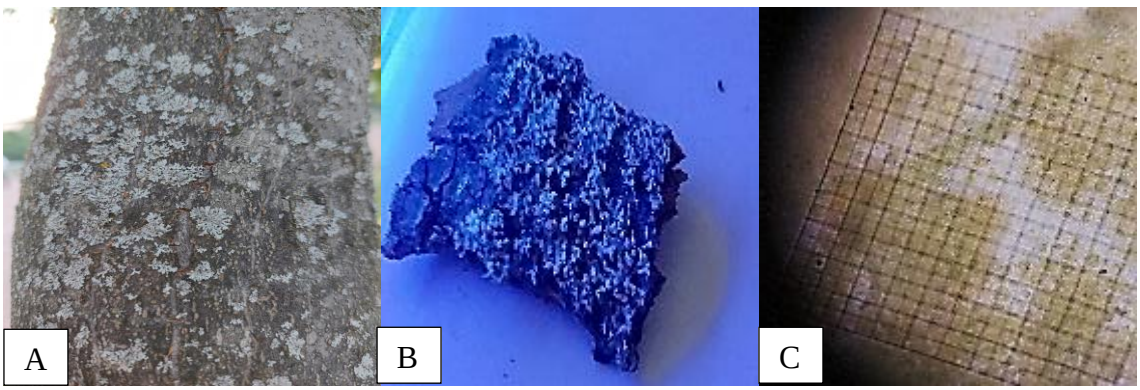
İST-22 *Parmelia sulcata* tallusları stereomikroskop altında yeşil renklidir. UV lamba altında beyaz renkte ışıma yapar. Kesitinde alg çapı 10 mikrondur.



Şekil 20. A) *Parmelia sulcata* stereomikroskop B) UV lamba görüntüsü C) *Parmelia sulcata* x40'lık objektifte kesitinde alglerinin ve mantar hiflerinin görüntüsü

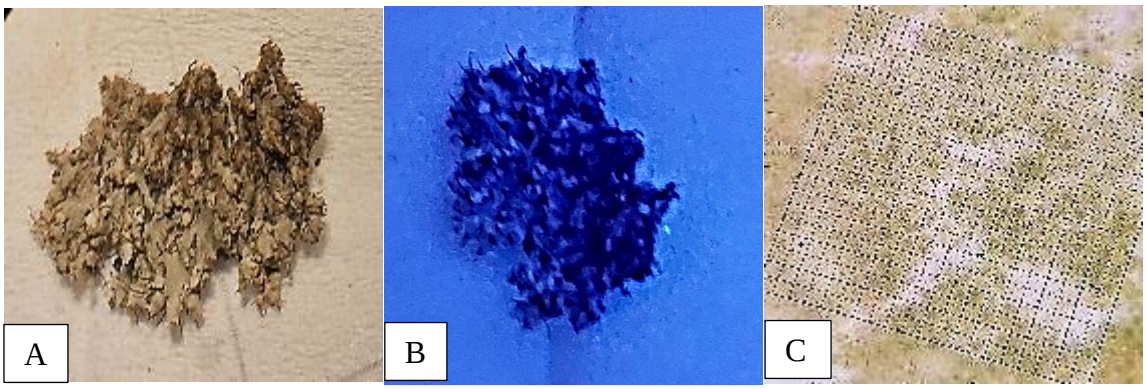
***Physcia adscendens* İncelemeleri**

İST-16'da bakılan *Physcia adscendens* stereomikroskop altında gri görünür. UV lamba altında beyaz renkte ışıma yapmıştır. Alg çapı 10 mikrondur.



Şekil 21. A) Kanlıca arazisinden *Physcia adscendens* B) UV lamba altında *Physcia adscendens* C) Işık mikroskobu altında x40'lık objektifte algler

Physcia adscendens'in tallusu (İST-22) stereomikroskop altında gri görülür. UV lamba altında beyaz renkte ışıma yapar. Alg çapı 10 mikrondur.



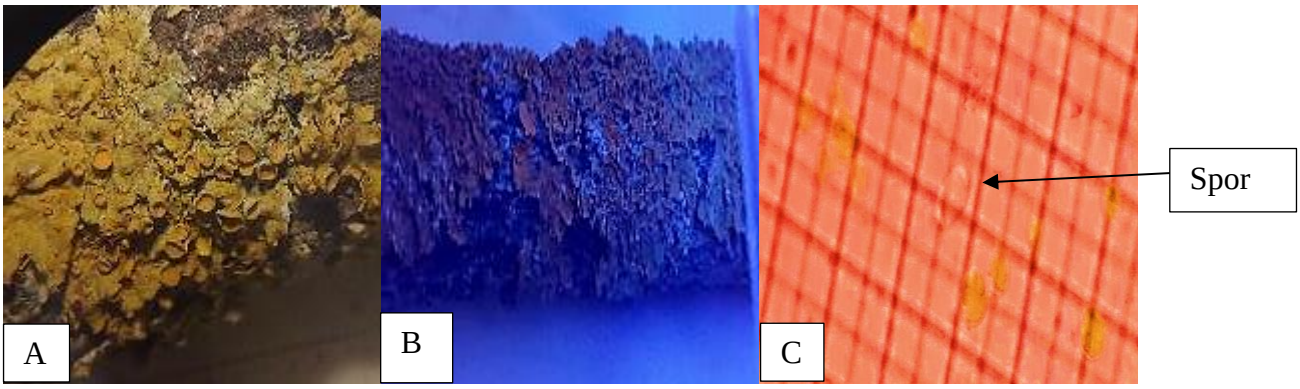
Şekil 22. A) Stereomikroskop altında *Physcia adscendens* B) UV lamba altında C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte *Physcia adscendens* alglerinin görüntüsü

***Xanthoria parietina* İncelemeleri**

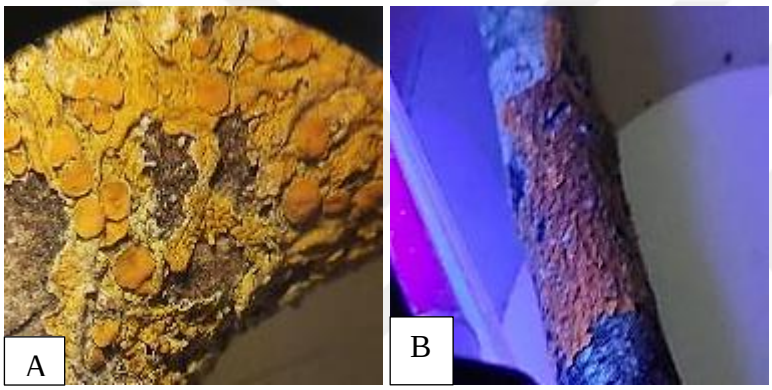
Xanthoria parietina stereomikroskop altında farklı istasyonlarda sarı, turuncu veya yeşil renklerde görülmektedir. UV lamba altında kırmızı renklerde ışıma gösterir. Fakat istasyonlardaki *Xanthoria parietina*'nın tallus rengine göre ışıma rengi kırmızının açık tonlarında görülür. Alg çapı 10 mikrondur. Sporların çapı ise 20 mikrondur.



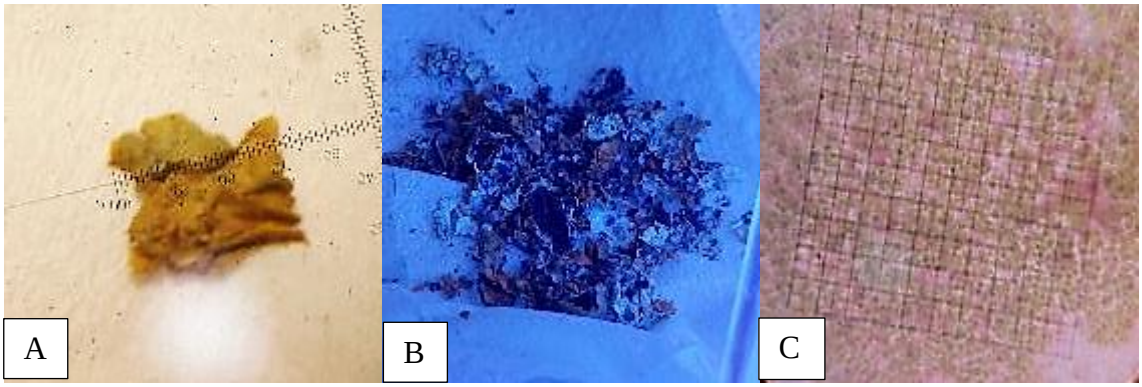
Şekil 23. Belgrat Ormanı Arazisinden *Xanthoria parietina*



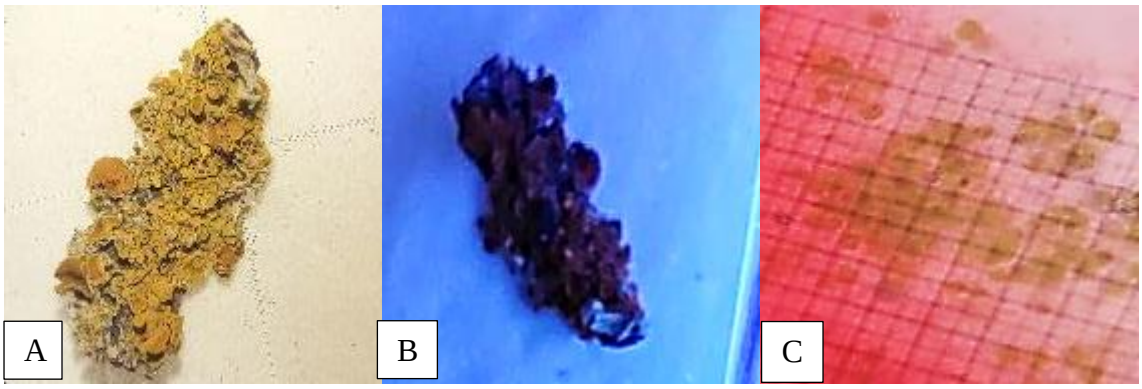
Şekil 24. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-14) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumun stereomikroskop görüntüsü B) UV lambada turuncu-kırmızı görüntüsü C) Işık mikroskobu x40'lık objektifte spor



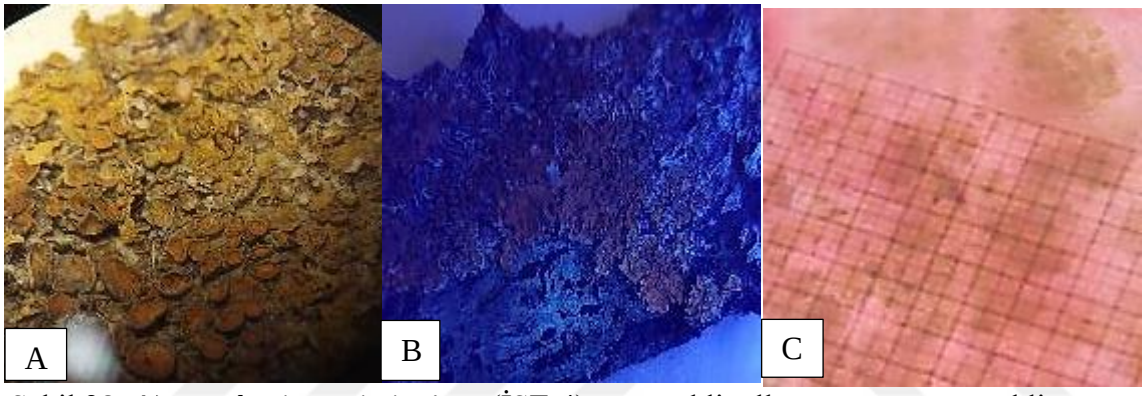
Şekil 25. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-20) sarı-turuncu renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskopta görüntüsü B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü



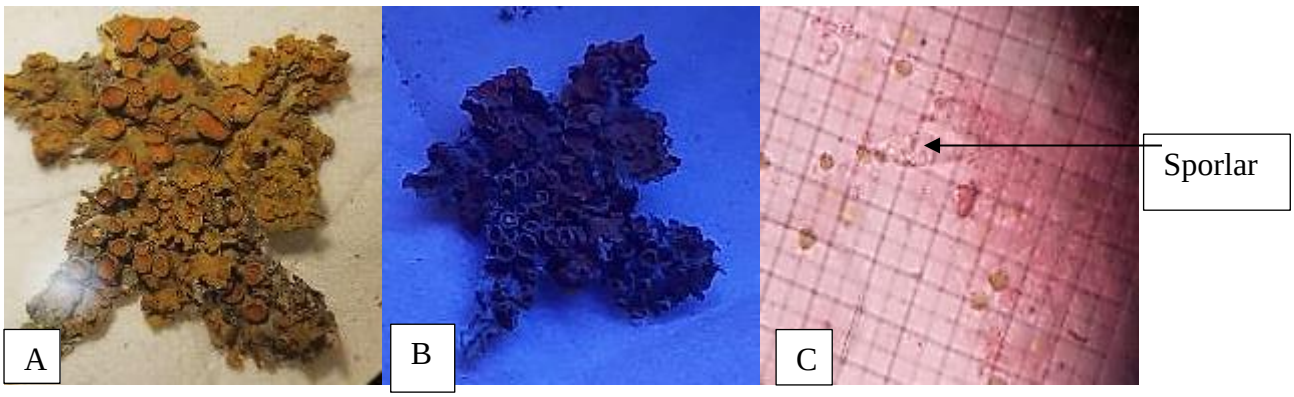
Şekil 26. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-23) sarı renkli stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler



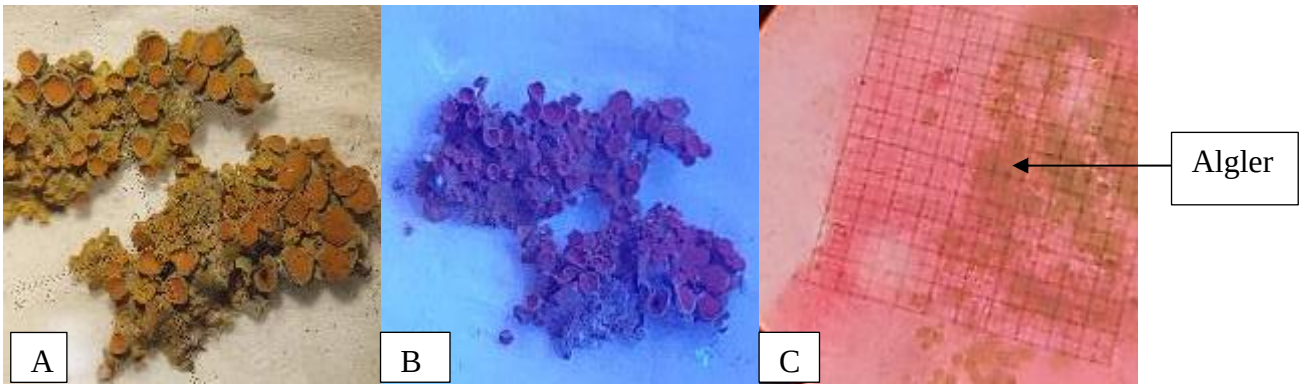
Şekil 27. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-3) sarı renkli tallusu B) Turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü ve UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler



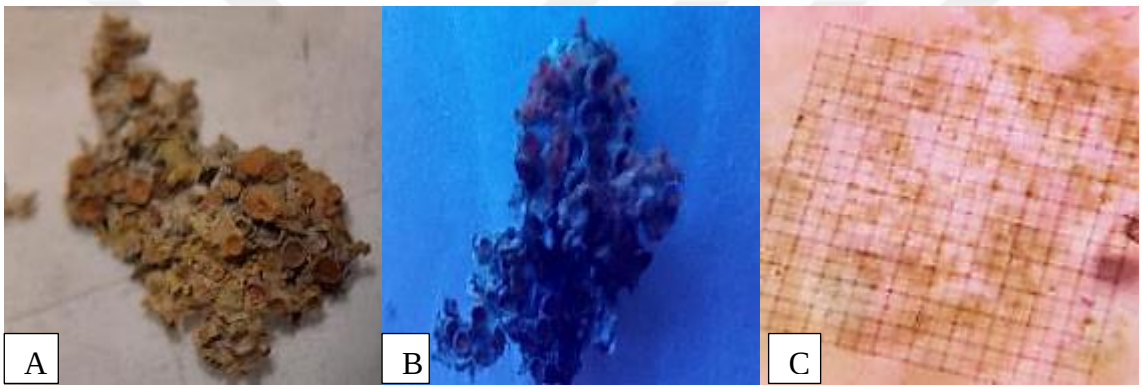
Şekil 28. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-4) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop altında görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte kesiti



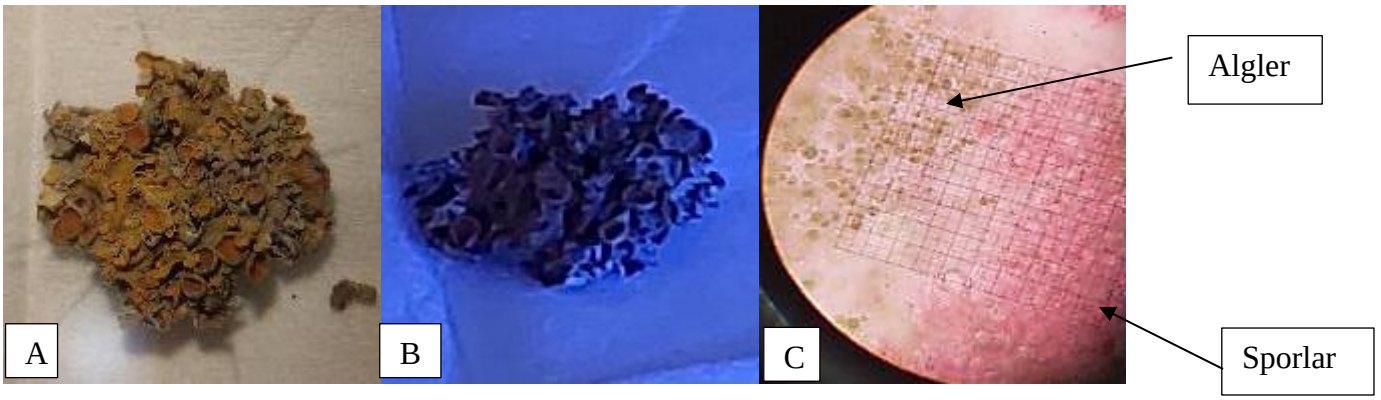
Şekil 29. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-5) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli görüntüsü C) x40'lık objektifte sporlarının görüntüsü



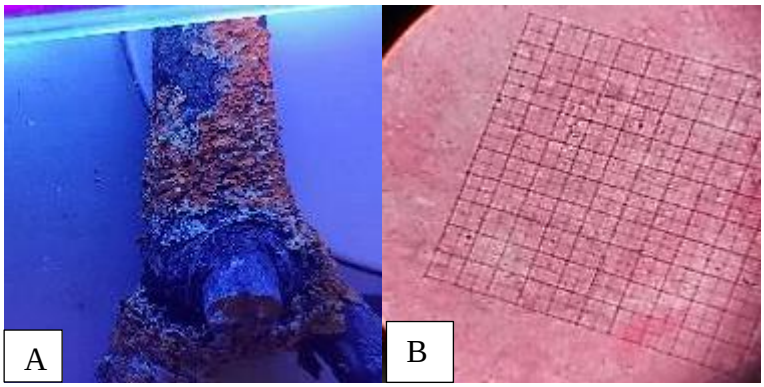
Şekil 30. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-6) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumu B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve spor keselerinin görüntüsü



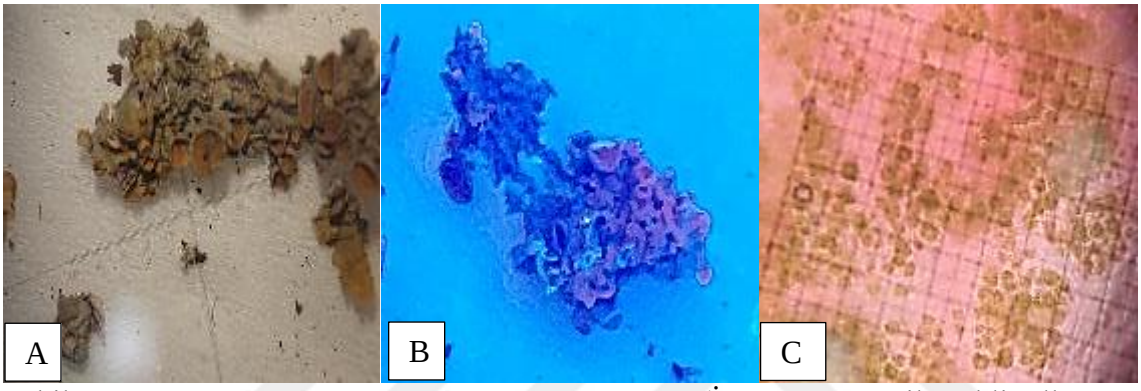
Şekil 31. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-7) sarı-yeşil tallusu ve turuncu apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alglerin görüntüsü



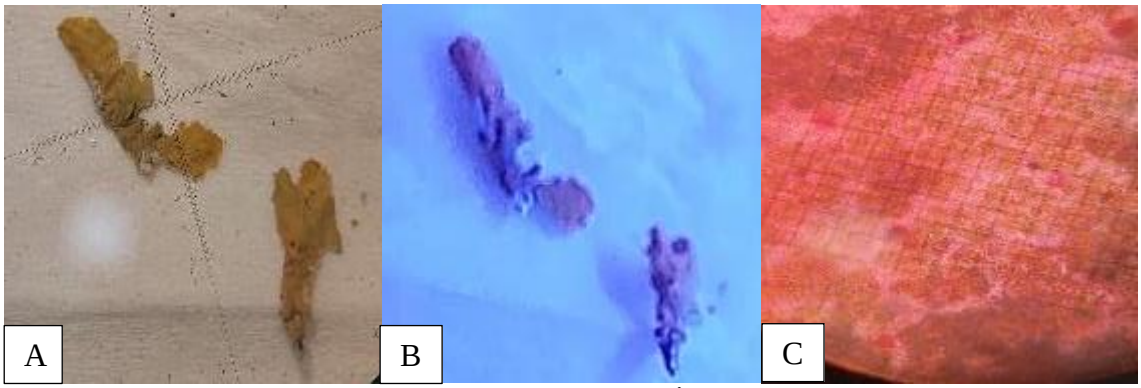
Şekil 32. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-8) sarı renkli görüntüsü ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu renkli apotesyum ve tallus C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve sporlar



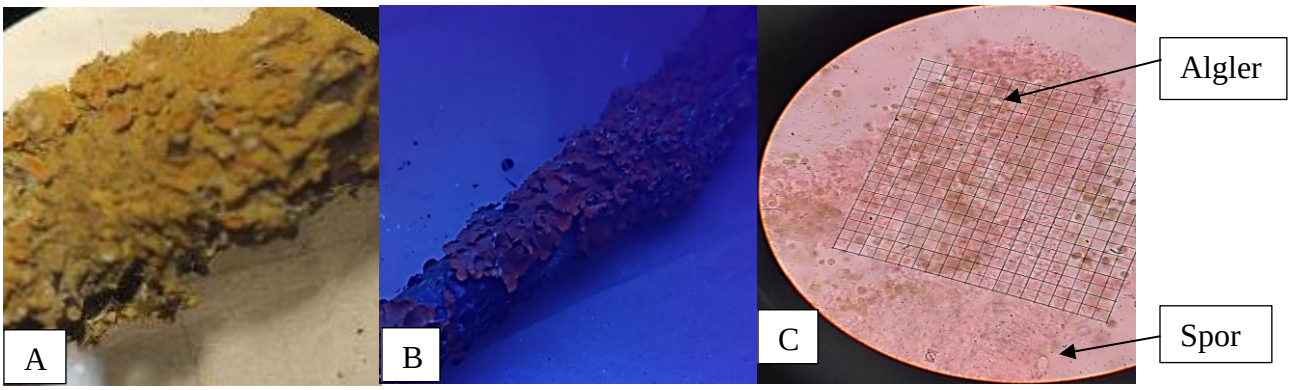
Şekil 33. A) UV lamba altında kırmızı renkli *Xanthoria parietina*'nın (İST-9) B) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte sporlar



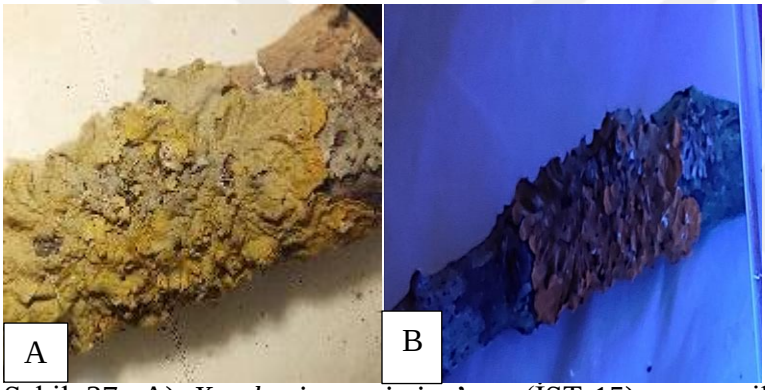
Şekil 34. Stereomikroskopta *Xanthoria parietina*'nın (İST-1) sarı-yeşil renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumu B) UV lamba altında turuncu renkli ışıması C) ışık mikroskobunda x40'lık objektifte algleri



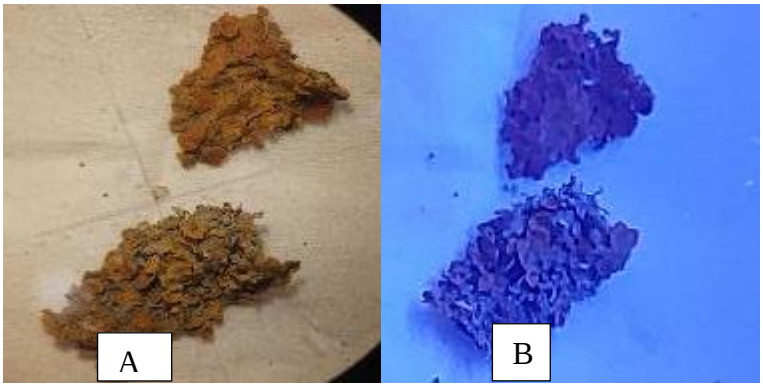
Şekil 35. *Xanthoria parietina*'nın (İST-12) sarı-turuncu renkli tallusunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında kırmızı renkli görüntüsü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte algler



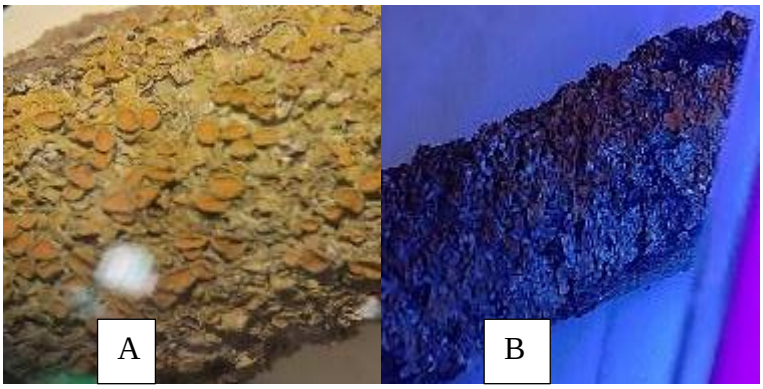
Şekil 36. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-13) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve sporlar



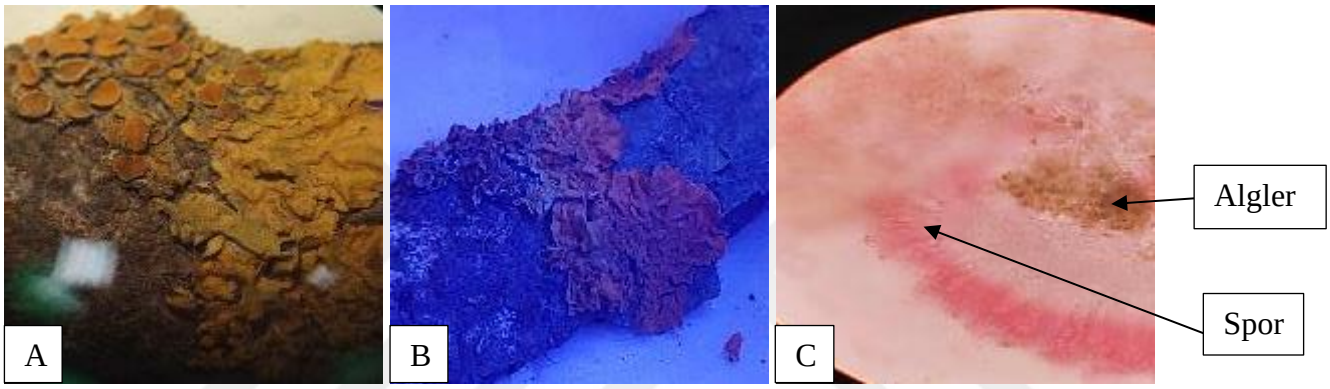
Şekil 37. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-15) sarı-yeşil tallusu ve turuncu apotesyumunun stereomikroskop görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntüsü



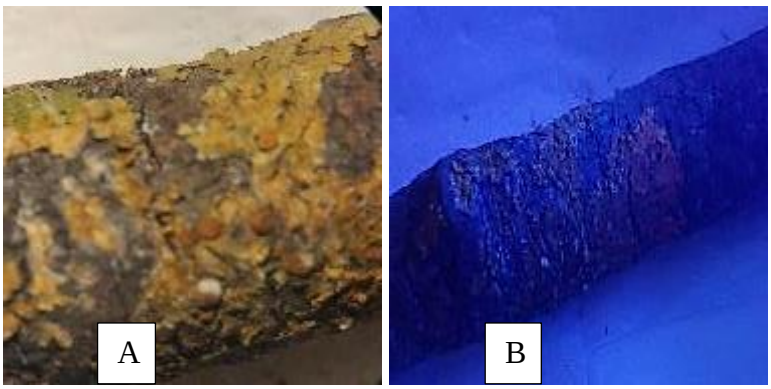
Şekil 38. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-17) sarı renkli tallus ve turuncu renkli apotesyum B) UV ışık altında turuncu renkli ışıma



Şekil 39. A) Stereomikroskopta *Xanthoria parietina*'nın (İST-18) yeşil renkli tallus ve turuncu renkli apotesyum B) UV lamba altında turuncu renkli görüntü



Şekil 40. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-19) sarı-turuncu renkli tallus ve turuncu renkli apotesyumun görüntüsü B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli tallus C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte alg ve sporlar



Şekil 41. A) Stereomikroskop altında *Xanthoria parietina*'nın (İST-21) sarı renkli tallusu ve turuncu renkli apotesyumunu B) UV lamba altında turuncu-kırmızı renkli görüntü C) Işık mikroskobunda x40'lık objektifte sporlar

4.2. Floresan Mikroskopisi İncelemeleri

Floresan mikroskopisi incelemeleri Kauppi ve arkadaşlarının 1990 yılındaki Floresan Mikroskopisi yöntemini referans kabul ederek yapılmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

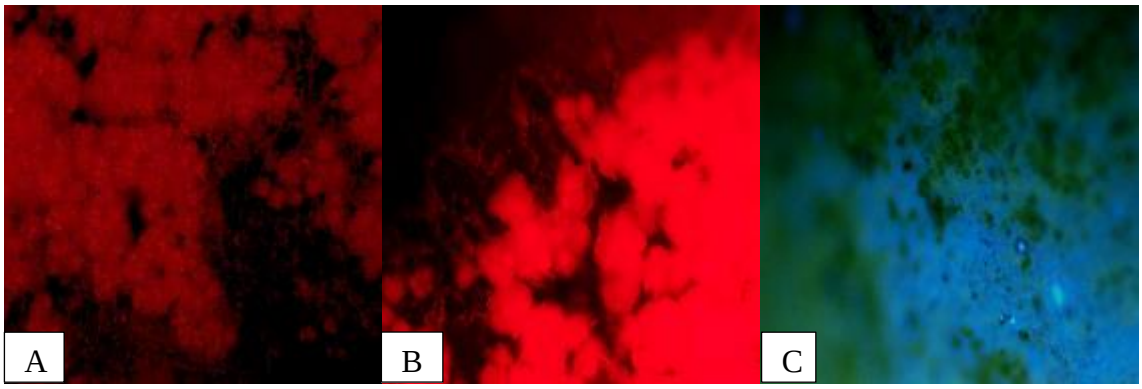
Floresan mikroskobu sonuçları türler, habitatla ve ilçeler arasında gruplandırarak açıklanmıştır. Floresan mikroskobunda örnekleri farklı dalga boylarında incelediğimizden o dalga boylarında görülen renklere göre gruplandırılıştır. 1.Işık , filtrede 460-490 nm dalga boyundadır. 2.Işık filtrede 510-550 nm dalga boyundadır. 3.Işık filtrede 330-385 nm dalga boyundadır.

İST-1 Heybeliada Asaf Bey Plajı'ndan toplanan *Cladonia pyxidata*'nın substratı topraktır. Habitatı ise ormanlık alan olup güneş ışığı alan açık bölgedir. *Cladonia pyxidata*'nın podesyumu incelendiğinde sonuçlar şöyledir:

1. U-MWB2 filtrede 460-490 nm dalga boyunda podesyumun tamamı kırmızı ışıkta görülür. Podesyumun yüzeyinden kesit alındığında aynı sonuçları verir. Algler pembe renkte ışıma yapar.

2. U-MWG2 filtrede 510-550 nm dalga boyunda podesyum yeşil görünür. Yüzeyinden kesit alındığında algler pembe renkte ışıma yapar.

3. U-MNU2 filtrede 330-385 nm dalga boyunda podesyum mavi renkte görünür. Podesyumun yüzeyinden kesit alındığında podesyum mavi, algler ise kırmızı tondadır.



Şekil 42. A) Heybeliada-1 *Cladonia pyxidata*'nın podesyumunun yüzeyinde 1.ışık filtrede x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Cladonia pyxidata*'nın (Heybeliada-1) podesyumunun yüzeyinde 2.ışık filtrede x40'lık objektifte pembe-kırmızı renkli algler C) 3.ışık filtrede x10'luk objektifte yeşil ve mavi renkli algler

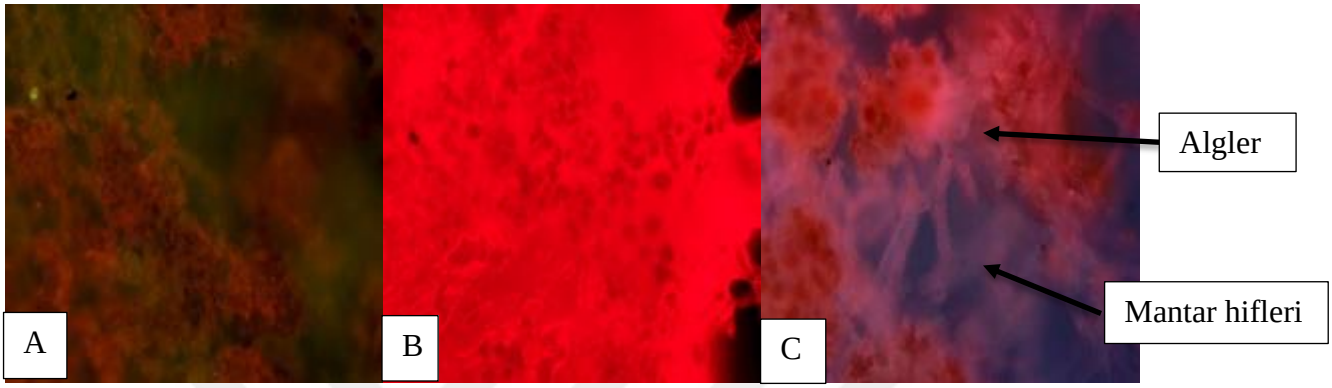
Heybeliada Adalar Tepelik Yoldan (İST-2) toplanan *Cladonia* pyxidata'nın substratı topraktır. Habitatı ise ormanlık, güneş alan bölgedir.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda podesyumun tamamı kırmızı ışıkta görülür.

Podesyumun yüzeyinden kesit alındığında aynı sonuçları verir. Algler kırmızı renkte ışıma yapar.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda podesyum yeşil görünür. Yüzeyinden kesit alındığında algler pembe renkte ışıma yapar.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda podesyum mavi renkte görünür. Podesyumun yüzeyinden kesit alındığında podesyum mavi, algler ise kırmızı tondadır.



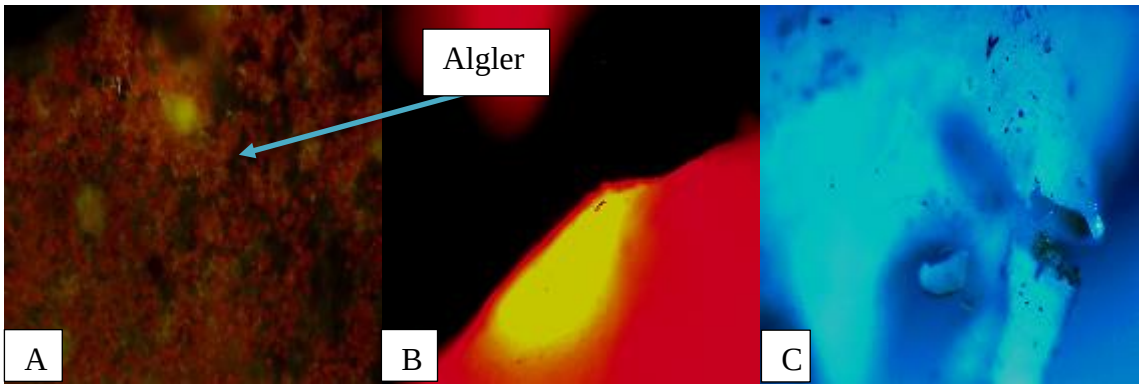
Şekil 43. A) *Cladonia pyxidata*'nın (Heybeliada-2) yüzeyinin kesitinde 1 ışık filtresi x20'lik objektifte yeşil renkli mantar hifleri ve kırmızı renkli algler B) Podesyum kesitininin alglerinin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli görünümü C) 3.ışık filtrede x40'lık objektifte turuncu algleri ve mavi hiflerinin görünümü

Büyükada Aya Yorgi'den (İST-12) toplanan *Evernia prunastri*'nin substratı Meşe (*Quercus* sp.) ağacıdır. Habitatı ise orman yürüyüş yoludur.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür. Algler kırmızı renklidir.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı renkte sored ise sarı renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.



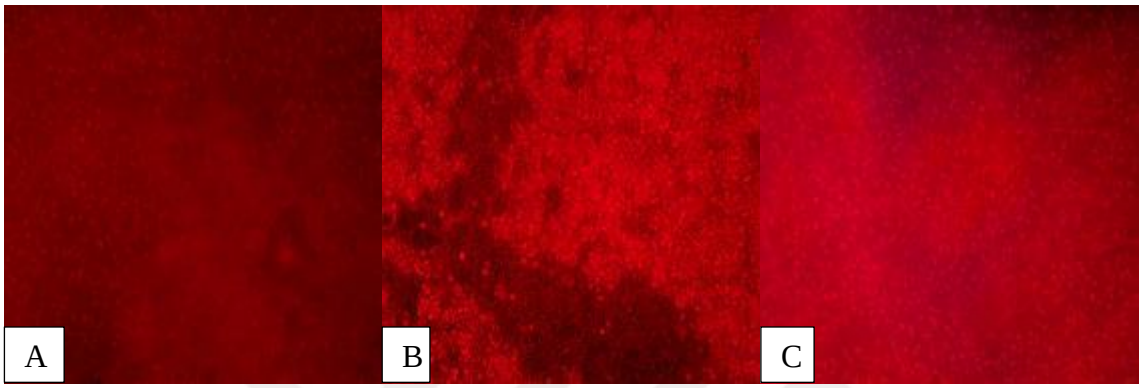
Şekil 44. A) *Evernia prunastri*'nin (Büyükada) tallus kesitinde 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri B) *Evernia prunastri* (Büyükada) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte sarı renkli soredi C) *Evernia prunastri*'nin (Büyükada) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi tallus

Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı Sarıyer'den (İST-22) toplanan *Evernia prunastri*'nin substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür. Algler kırmızı renklidir.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı renkte sored ise sarı renkte görülür. Algler kırmızıdır.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda algler kırmızı, mantar hifleri mavi yansıma yapar.



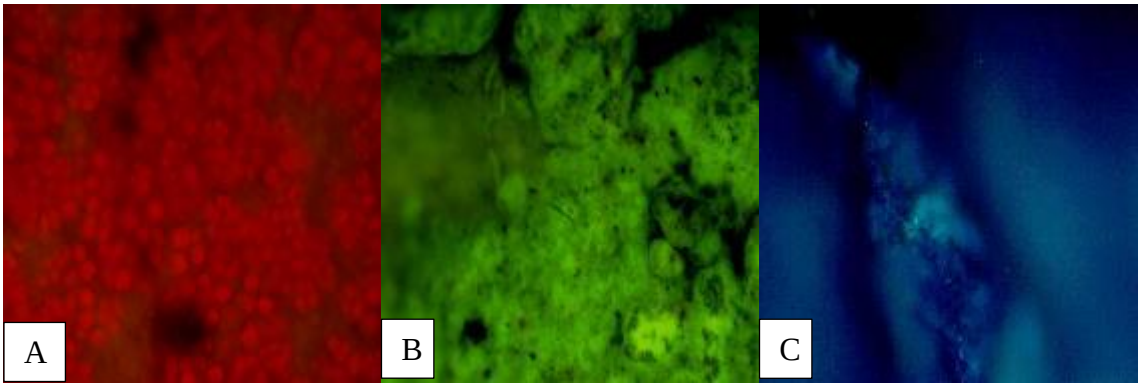
Şekil 45. A) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 2.ışık filtresi x10'luk objektifte kırmızı renkli algler C) *Evernia prunastri*'nin (Belgrat Ormanı) tallus kesitinde 3.ışık filtresi x40'lık objektifte turuncu renkli algler ve mavi renkli mantar hifleri

İST-20 Merkez Belgrat Ormanı Sarıyer'den toplanan *Flavoparmelia caperata*'nın substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür. Algler kırmızı renklidir.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı renkte görülür.

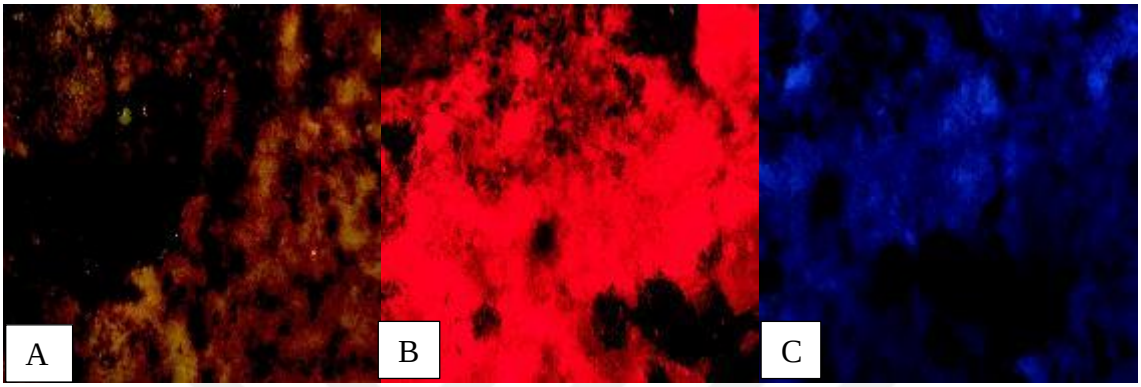
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.



Şekil 46. A) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algler B) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x4'lük objektifte yeşil renkli tallusu C) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli tallusu

Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı Sarıyer'den (İST-22) toplanan *Flavoparmelia caperata*'nın substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

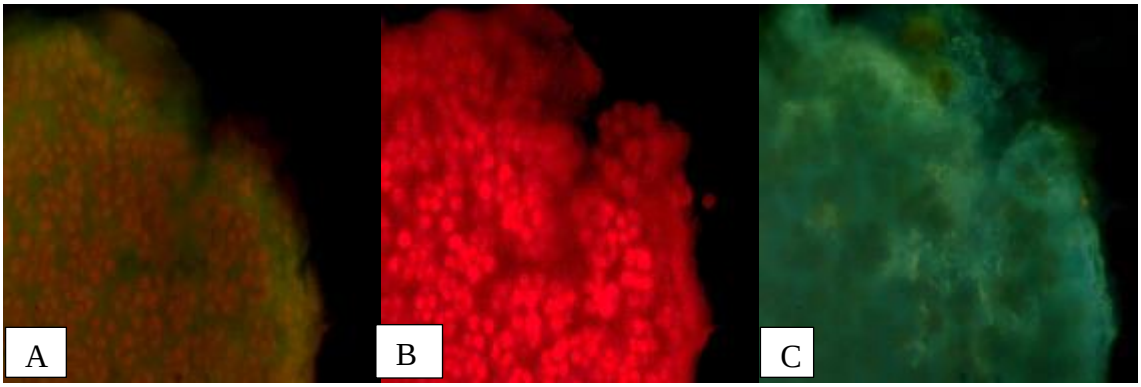
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte, algler turuncu görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.



Şekil 47. A) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 1.ışık filtresi x10'luk objektifte turuncu renkli algleri B) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 2.ışık filtresi x20'lik objektifte kırmızı renkli algleri C) *Flavoparmelia caperata*'nın (Belgrat Ormanı İST-22) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli alglerinin görüntüsü

İST-20 Merkez Belgrat Ormanı Sarıyer'den toplanan *Parmelia sulcata*'nın substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür. Algler kırmızı görünür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus turuncu renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.

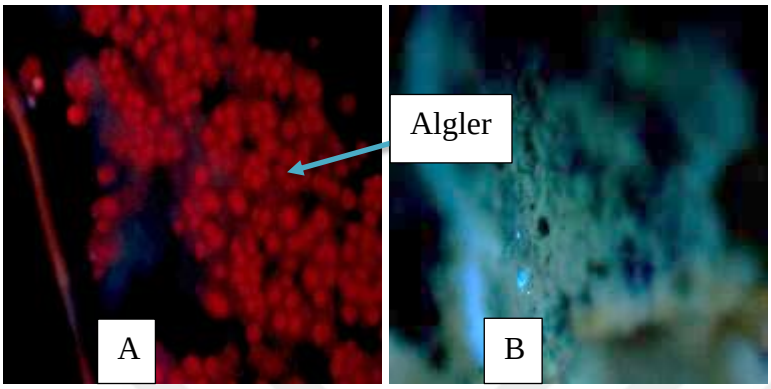


Şekil 48. A) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri B) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte kırmızı renkli algleri C) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte yeşil renkli algleri ve mavi renkli mantar hifleri

Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı Sarıyer'den (İST-22) toplanan *Parmelia*

sulcata'nın substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil, algler kırmızı renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda algler kırmızı renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.



Şekil 49. A) *Parmelia sulcata*'nın (Belgrat Ormanı İST-20) 3.ışık x40'lık objektifte turuncu renkli algleri B) 3.ışık filtresi x10'luk objektifte mavi renkli tallus

Kanlıca Hacı Muhittin Sokak Çocuk Parkı Beykoz'dan (İST-16) toplanan *Physcia adscendens*'in substratı meşedir. Habitatı ise yol kenarındaki parkta bulunan ağaçlardır.

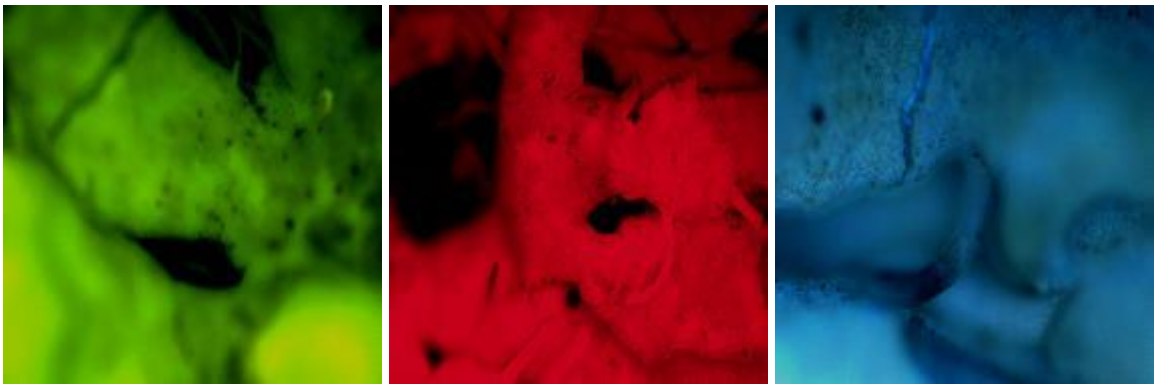
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar ve algler yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus ve algler turuncu-sarı renklerinde görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus ve algler mavidir.

Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı Sarıyer'den (İST-22) toplanan *Physcia adscendens*'in substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus turuncu-sarı renklerinde görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.

Hacı Kasım İskelesi Şile'den (İST-24) toplanan *Physcia adscendens*'in substratı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı renklerinde görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus mavidir.



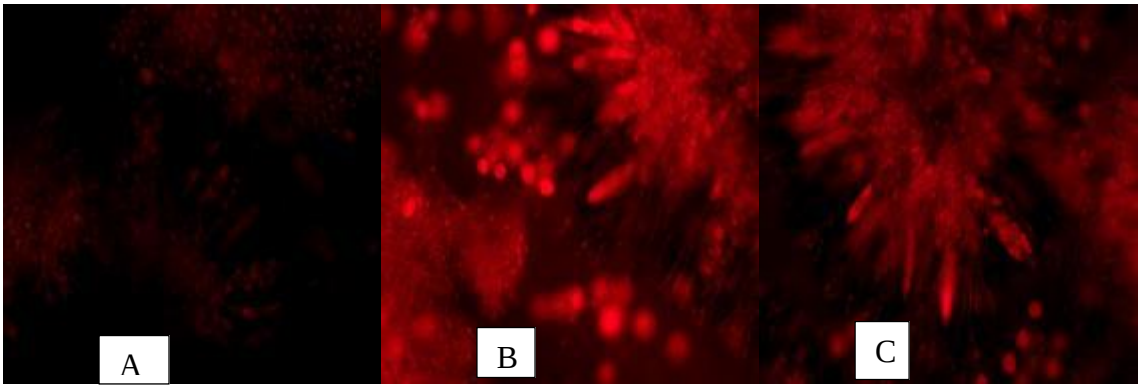
Şekil 50. A) Şile *Physcia adscendens*'in tallusunun 1.ışık filtresi x4'lük objektifte yeşil renkli görüntüsü B) Tallusun 2.ışık filtresi x4'lük objektifte kırmızı renkli görüntüsü C) Tallusun 3.ışık filtresi x4'lük objektifte mavi renkli görüntüsü

Kanlıca Muhacirler Sokağı Beykoz'dan (İST-3) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı ölü gürgen (*Carpinus xp.)* dallarıdır. Habitatı ise ormanlık alanda güneş görmüş, ama önceden olan fırtınadan sonra dallar yere düşmüştür.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür. Algler ve spor keseleri kırmızı görünür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı renkte görülür. Kesitinde ise algler yeşil renkte ışıma yapar.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



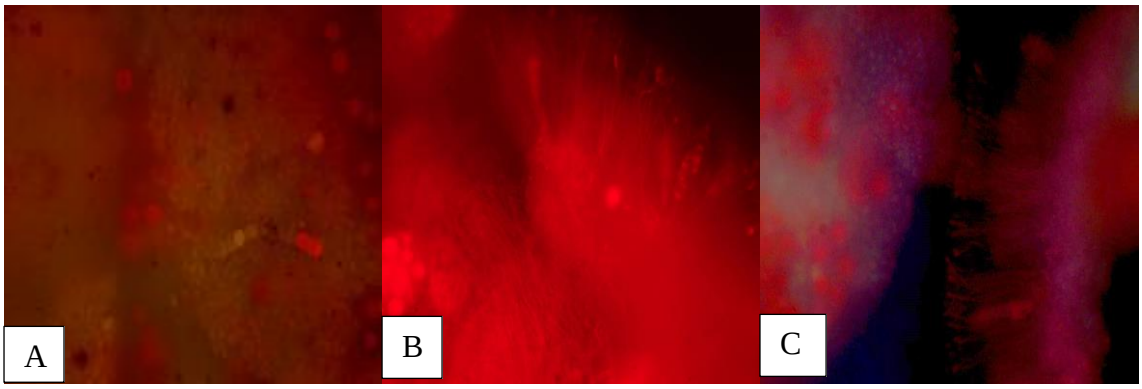
Şekil 51. A) *Xanthoria parietina* (Kanlıca) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar C) Alg ve sporlar 3.ışık filtresi x40'lık objektifte

Uskumruköy Yol Kenarı Sarıyer'den (İST-4) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ise yol kenarındaki kaldırımın ağaçlarıdır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda algler yeşil görünür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda algler ve sporlar kırmızıdır.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda algler turuncu, mantar hifleri mavidir. Sporlar turuncudur.



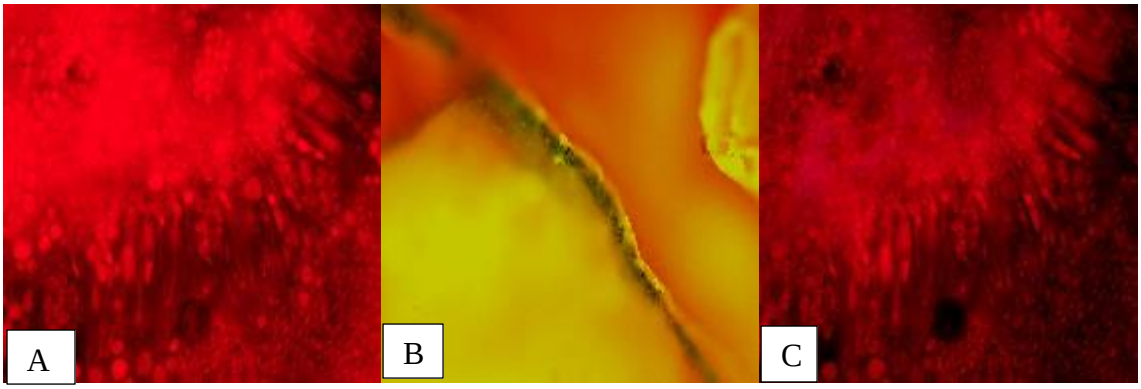
Şekil 52. A) *Xanthoria parietina* (Uskumruköy) 1.ışık x40'lık objektifte algler B) Sporların 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte turuncu algler, kırmızı sporlar ve mavi hiflerinin görüntüsü

Demirci Plaj Yolu Siteler Sarıyer'den (İST-5) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı site önü ağaçlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda talluslar sarı-yeşil, apotesyumlar sarı-yeşil renkte, algler ve sporlar kırmızı görünür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus sarı, apotesyum sarı renkte görülür.

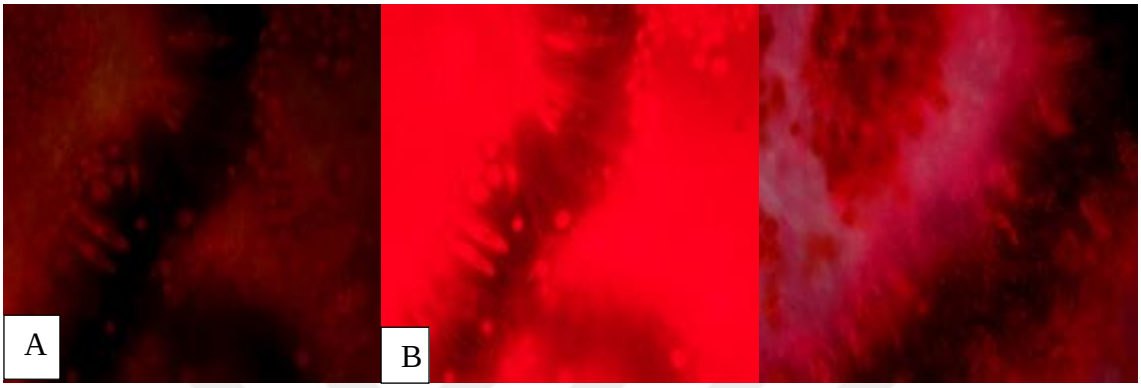
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 53. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-5 Demirci Plaj Yolu Siteler Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte algler ve sporlar B) 1.ışık filtresi x10'luk objektifte görüntüsü C) algler ve sporlarının 3.ışık x40'lık objektifte görüntüsü

Demirci Plaj Yolu Sarıyer'den (İST-6) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ise plaja doğru inen orman yoludur.

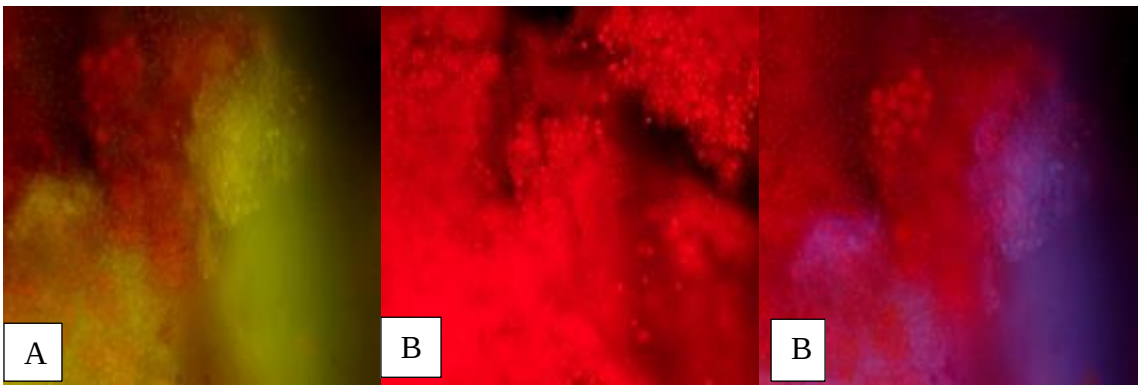
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 54. A) *Xanthoria parietina* (İST-6 Demirci Plaj Yolu Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporları

Demirciköy Sarıyer'den (İST-7) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



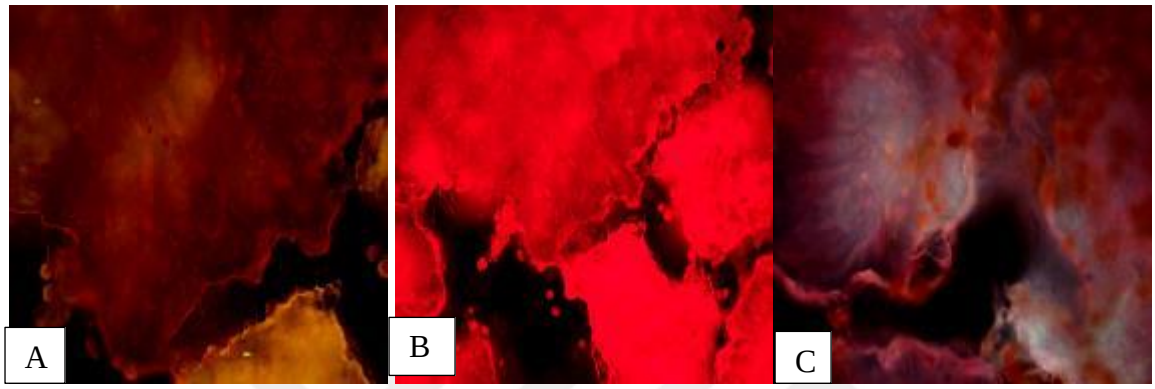
Şekil 55. A) *Xanthoria parietina* (İST-7 Demirciköy Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alglerinin B) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte algler C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte algler

Kumköy Kilyos Caddesi Sarıyer'den (İST-8) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı yol kenarındaki kaldırım ağaçlarıdır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncudur, kesitinde apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı-turuncu renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



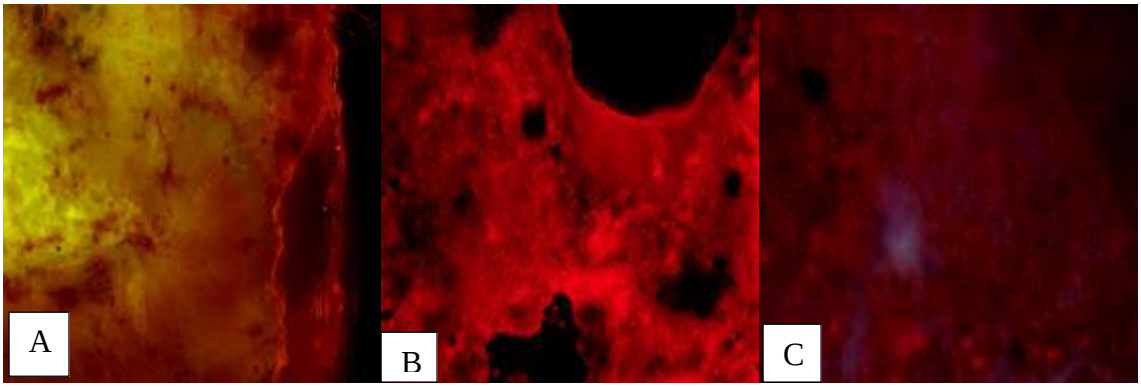
Şekil 56. A) *Xanthoria parietina'*nın (İST-8 Kumköy Kilyos Caddesi Sarıyer) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x20'lik objektifte görünümü C) Alg ve sporlarının 3.ışıkta x40'lık objektifte görünümü

Kumköy Bıldırcın Sokak Sarıyer'den (İST-9) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ise yol kenarındaki kaldırım ağaçlarıdır.

1. , filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



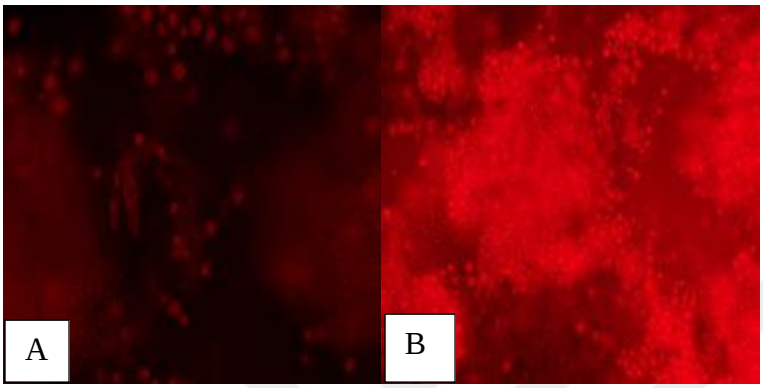
Şekil 57. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-9 Kumköy Bıldırcın Sokak Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar B) Tallusun 2.ışık filtresi x10'lık objektifte görüntüsü C) Tallusun 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Büyükada-1 Maden Tabiat Parkı Karşısı Adalar'dan (İST-10) toplanan *Xanthoria parietina*'nın habitatı meşedir. Habitatı ise ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus sarı-turuncu, apotesyum pembe renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



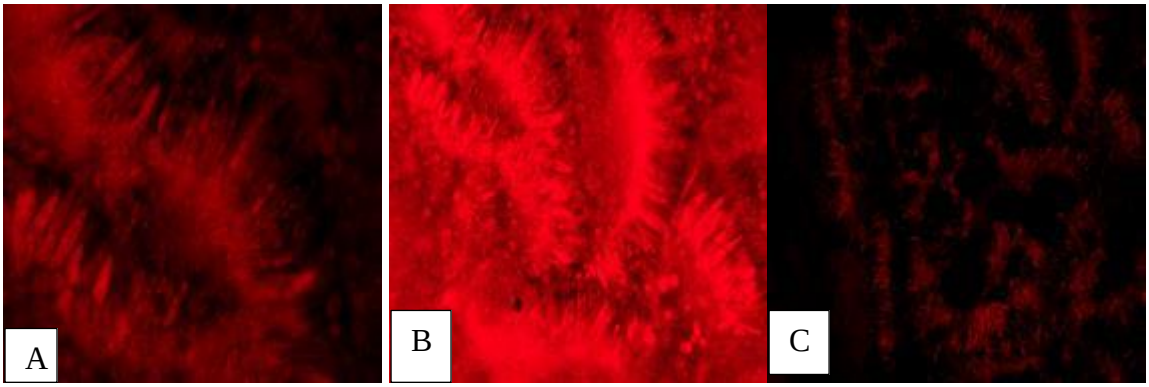
Şekil 58. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-10 Büyükada-1 Maden Tabiat Parkı Karşısı Adalar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) alg ve sporlarının 2.ışık x20'lik objektifte görüntüsü

Büyükada-2 Maden Orman Yolu Adalar'dan (İST-11) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı orman yürüyüş yoludur.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı-turuncu renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.

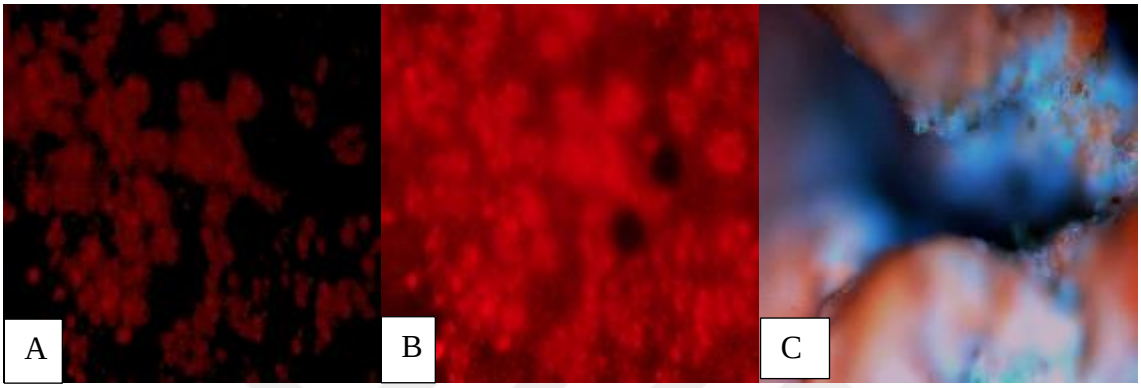


Şekil 59. A) *Xanthoria parietina* (İST-11 Büyükada-2 Maden Orman Yolu Adalar) 1.ışık filtrede x40'lık objektifte alg ve sporlar B) 2.ışık x20'lık objektifte alg ve sporlarının

görüntüleri C) Alg ve sporlarının 3.ışık x10'lık objektifte görüntüleri

Büyükada-3 Aya Yorgi Yolu Adalar'dan (İST-12) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı orman yürüyüş yoludur.

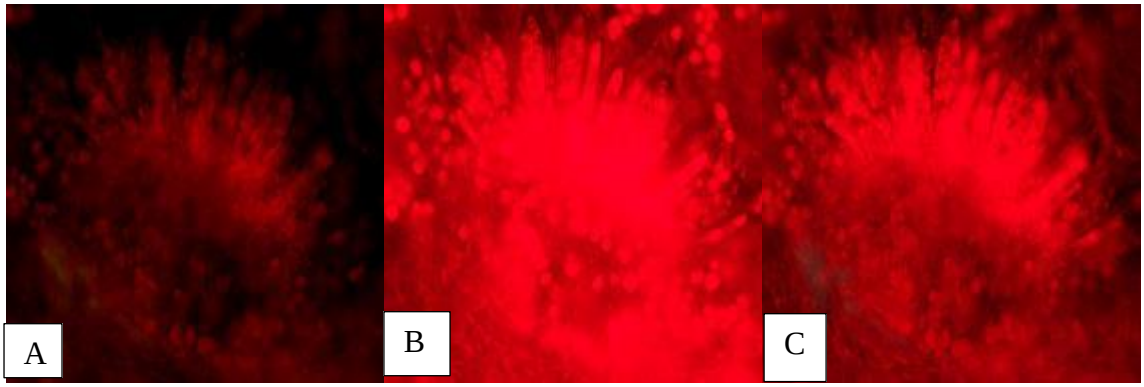
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 60. A) *Xanthoria parietina* (İST-12 Büyükada-3 Aya Yorgi Yolu Adalar) 1.ışık filtresix40'lık objektifte algler B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x10'lık objektifte tallus

Atatürk Kent Ormanı-1 (İST-13) Çamlıtepe Fatih Ormanı Sarıyer'den toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı gölgede kalan ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



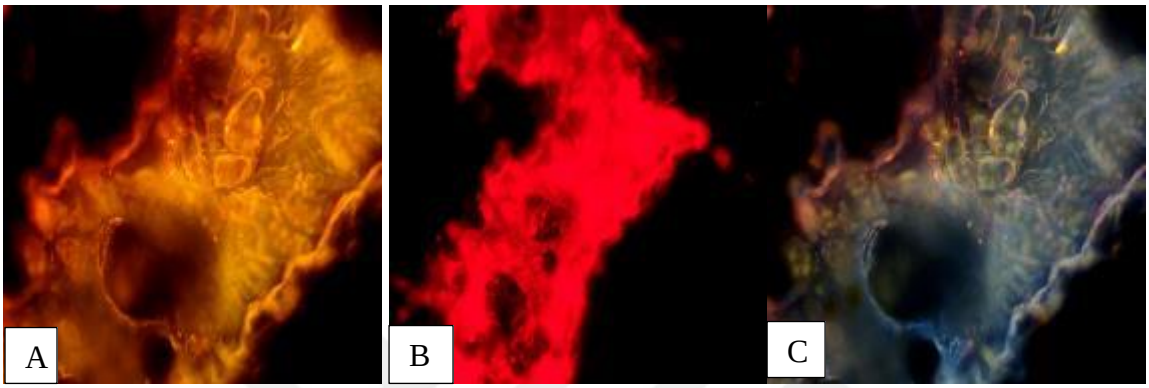
Şekil 61. A) *Xanthoria parietina* (İST-13 Atatürk Kent Ormanı-1 Çamlıtepe Fatih Ormanı Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının B) 2.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlar C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının

Atatürk Kent Ormanı -2 Maslak Fatih Orman Kampüsü Sarıyer'den (İST-14) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı-turuncu renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



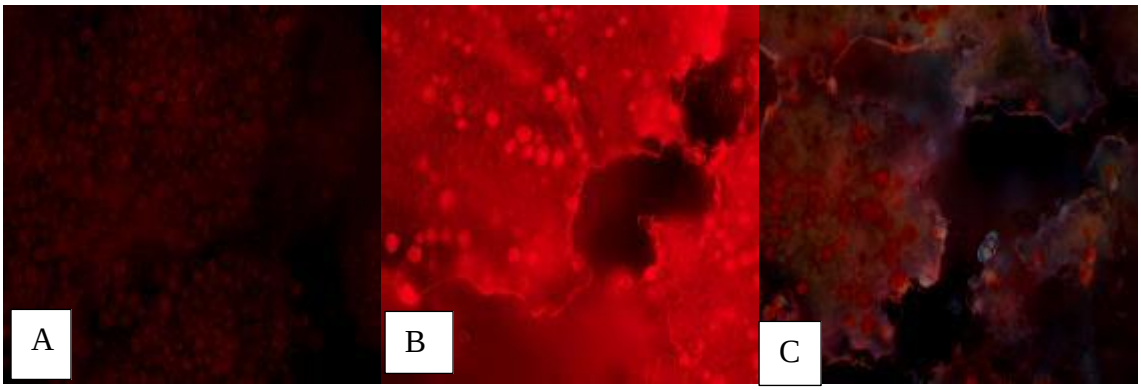
Şekil 62. A) *Xanthoria parietina* (İST-14 Atatürk Kent Ormanı -2 Maslak Fatih Orman Kampüsü Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte alg ve sporlarının görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporların 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Çamlıtepe Atatürk Kent Ormanı- 3 Sarıyer'den (İST-15) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı ormanlık alandır.

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı renkte görülür.

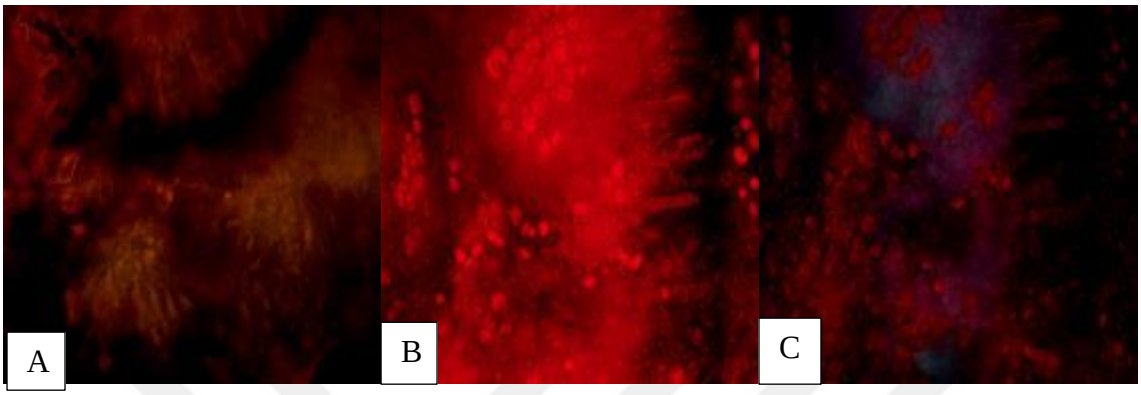
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 63. A) İST-15 Çamlıtepe Atatürk Kent Ormanı-3 Sarıyer *Xanthoria parietina* alglerinin 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) 3.ışık filtresi x40'lık objektifte algler ve sporlar

Büyük Çamlıca Korusu Üsküdar'dan (İST-17) toplanan *Xanthoria parietina*'nın substratı meşedir. Habitatı koruluk alandır.

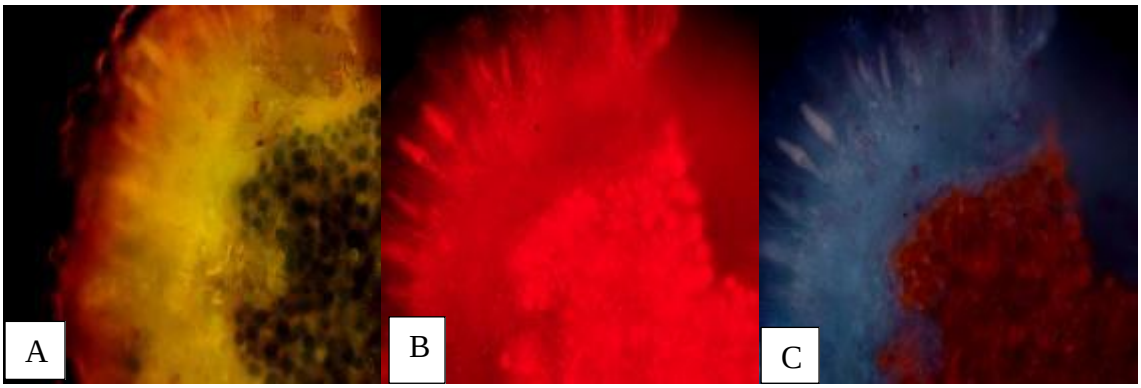
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum sarı renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 64. A) *Xanthoria parietina* (İST-17 Büyük Çamlıca Korusu Üsküdar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü

Kısıklı Küçük Çamlıca Korusu Girişi Üsküdar (İST-18) *Xanthoria parietina*'da;

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



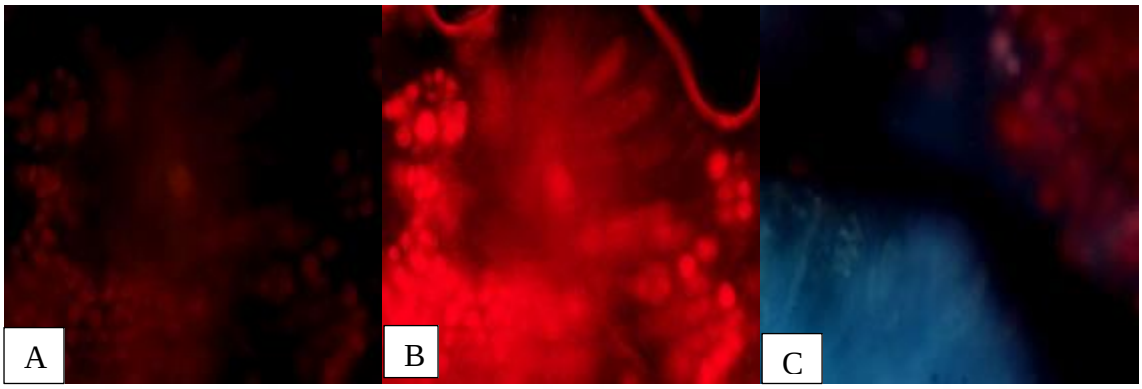
Şekil 65. A) *Xanthoria parietina* (İST-18 Kısıklı Küçük Çamlıca Korusu Girişi Üsküdar) alg ve sporlarının 1.ışık x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporlarının 2.ışık x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporlarının 3.ışık x40'lık objektifte görüntüsü

Küçük Çamlıca Korusu Tepelik Alan Üsküdar (İST-19) *Xanthoria parietina'* da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



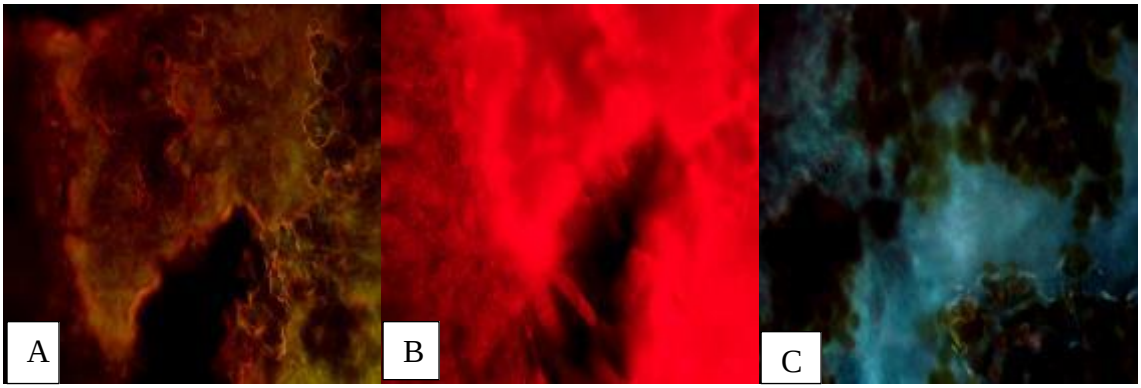
Şekil 66. A) *Xanthoria parietina* (İST-19 Küçük Çamlıca Korusu Tepelik Alan Üsküdar) alg ve sporların 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alg ve sporların 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alg ve sporların 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Merkez Belgrad Ormanı-1 Sarıyer (İST-20) *Xanthoria parietina'* da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus sarı, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus sarı-turuncu, apotesyum pembe renkte görülür.

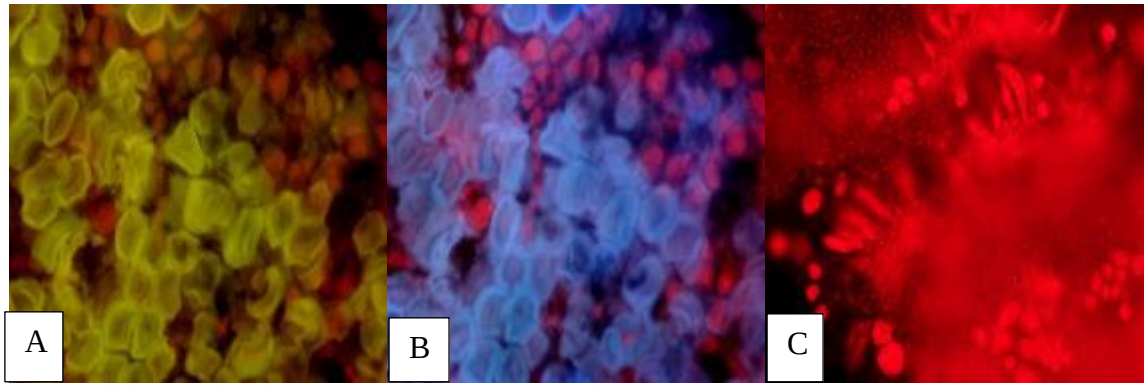
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 67. A) İST-20 Merkez Belgrad Ormanı-1 Sarıyer *Xanthoria parietina* alglerinin 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) Alglerin 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü C) Alglerin 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Kemer Neşet Suyu Yolu Belgrat Ormanı-2 Sarıyer (İST-21) *Xanthoria parietina'* da

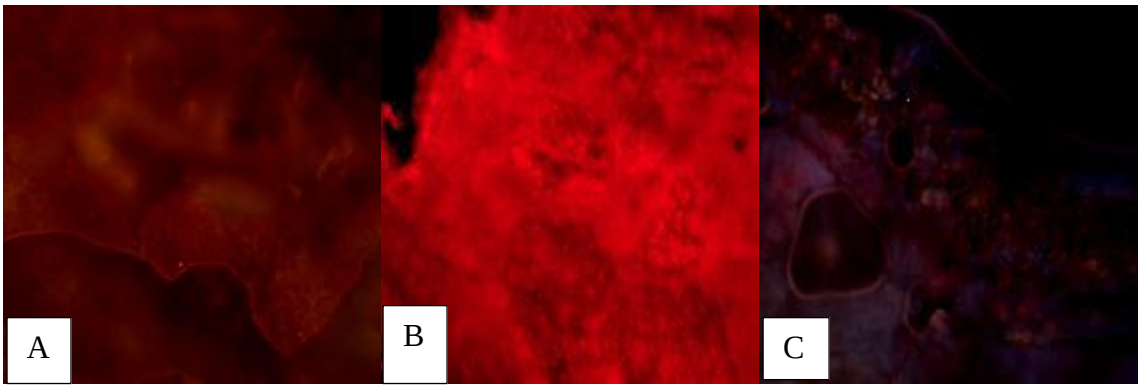
1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 68. A) Tallusun 1.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü B) *Xanthoria parietina* talluslarının 3.ışık filtresi x40'lık objektifte görünümü C) Alg ve sporlarının 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı-3 Sarıyer (İST-22) *Xanthoria parietina'* da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.
2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı renkte görülür.
3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



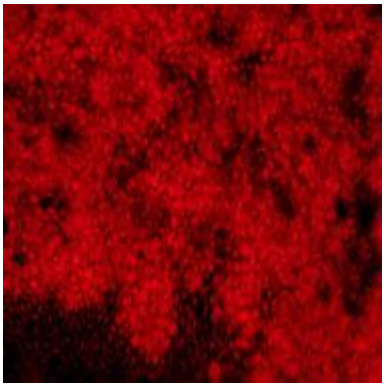
Şekil 69. A) *Xanthoria parietina* (İST-22 Kemer Ormanlık Yol Belgrat Ormanı-3 Sarıyer) 1.ışık filtresi x40'lık objektifte tallus B) 2.ışık x40'lık objektifte tallus C) 3.ışık x40'lık objektifte görüntüsü

Heybeliada Çam Limanı Adalar (İST-23) *Xanthoria parietina*'da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum pembe renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



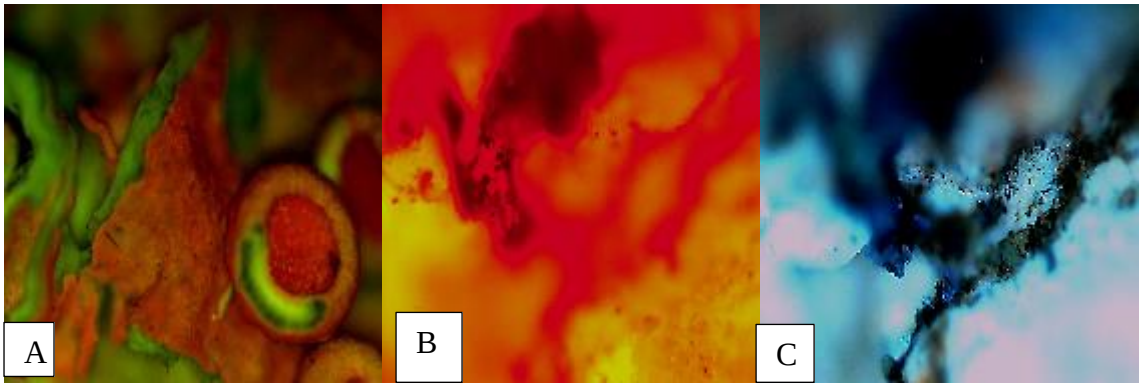
Şekil 70. *Xanthoria parietina* (İST-23 Heybeliada Çam Limanı Adalar) tallusun 2.ışık filtresi x40'lık objektifte görüntüsü

Atatürk Ormanı Şile İST-25 *Xanthoria parietina'* da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı-turuncu renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



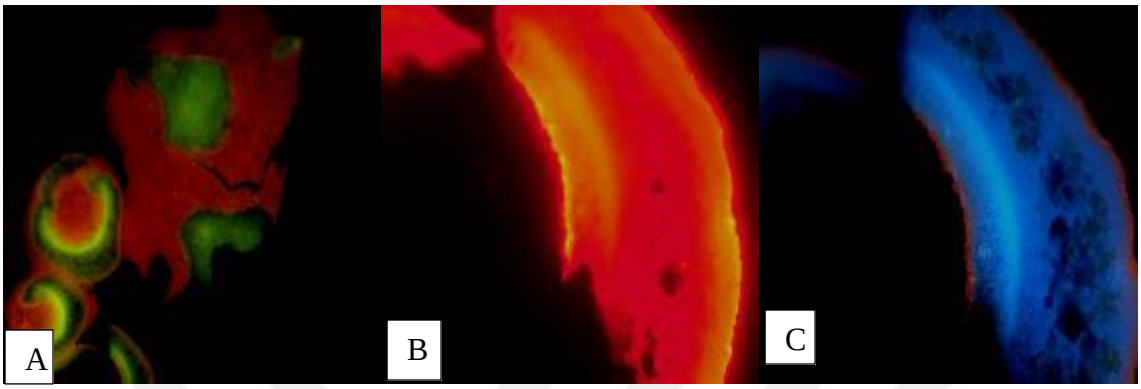
Şekil 71. A) *Xanthoria parietina* (İST-25 Atatürk Ormanı Şile) tallus ve apotesyumun 1.ışık x4'lük objektifte görüntüsü B) Tallusun 2.ışık x10'luk objektifte görüntüsü C) Tallusun 3.ışık x10'luk objektifte görüntüsü

Serintepe Piknik Alanı Şile (İST-26) *Xanthoria parietina'* da

1. filtrede 460-490 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyumlar yeşil renkte görülür.

2. filtrede 510-550 nm dalga boyunda tallus kırmızı, apotesyum sarı-turuncu renkte görülür.

3. filtrede 330-385 nm dalga boyunda tallus turuncu, apotesyum mavidir.



Şekil 72. A) *Xanthoria parietina*'nın (İST-26 Serintepe Piknik Alanı Şile) apotesyum ve tallusunun 1.ışık x4'lük objektifte görüntüsü B) apotesyumun 2.ışık x40'lük objektifte görüntüsü C) apotesyumun 3.ışık x40'lük objektifte görüntüsü

Sonuçları Kauppi ve ark. (1990)'un sonuçlarıyla karşılaştırınca benzer sonuçlar bulundu. Kauppi ve ark. (1990), *Evernia prunastri*'nin tallusu yeşil görmüştür. Aynı sonuçlar bizim çalışmamızda da bulunur. *Evernia prunastri*'de bulunan usnik asit ışımayı sağlamıştır.

Xanthoria parietina'da benzer sonuçlar gösterir. Antrakinon çeşidi olan parietin ışımayı sağlamıştır.

Cladonia pyxidata'nın ışımasını atranorin ve fumarprotocetraric asit sağlamıştır.

Parmelia sulcata'da Kauppi ve arkadaşları ışıma bulamamıştır. Fakat atranorin ışıma sağlamaktadır.

Physcia adscendens'in içindeki atranorin ışımayı sağlar.

Flavoparmelia caperata'da bulunan protocetraric asit onun ışıma yapmasını sağlar.

4.3. HPTLC Analizleri

Arup ve arkadaşlarının 1993 yılındaki HPTLC makalesi referans kabul edilerek sonuçlar incelenmiştir. Makaledeki liken asitlerinin noktalarına göre sonuçlar karşılaştırılmıştır. HPTLC plakasında başlangıç çizgisi çizildi. Plakalara 0.5 mm'den aşılama yapılmıştır. Bu noktayı belirleyip, başlangıç çizgisi çekilmiştir. Referans nokta olarak C solüsyonunda başlangıçtan 0,35 mm ilerleyen atranorin belirlendi ve o noktaya göre çıkan plakadaki liken asitleri belirlendi. Bazı moleküllerin hızlı, bazıları moleküllerin yavaş yürüdüğü

görülmüştür. Sıcaklık bu konuda etkendir. Deneyimiz sonbahar ayında yapılmıştır.

C solüsyonunda 0.35 mm atranorin çizgisidir ve referans çizgisidir. Bütün A, B ve C solventlerinde atranorin çizgisine bakılmıştır.

Physcia adscendens H.Olivier'deki atranorin varlığı, bütün solventlere bakılarak. Atranorin, B solüsyonunda 0.32 mm'de gitmiştir. Aynı sırada *Evernia prunastri*'de görülüp görülmediğine bakılmıştır.

Evernia prunastri'de usnik asitte atranorinle aynı noktada görülebilir. Usnik asit gün ışığında konsantrasyonuna göre sarı veya açık gridir. Atranorin ise gri renklidir. Atranorinin UV ışıkta görünmesini karşılaştırmak için literatürle karşılaştırma yapılır. Atranorin veya usnik asit olduğunu anlamak için plakaya UV ışık altında bakılmalıdır. Atranorin UV ışık altında turuncu, usnik asit UV ışık altında yeşilimsi renkte görülür. UV ışık altında bakıldıktan sonra karar verilir.

Parmelia sulcata'da B solüsyonunda C harfi şeklinde kıvrılmış, 8mm civarında yürüyen, A ve C solüsyonunda ise başlangıca yakın noktada görülen metabolit salazinik asittir. Liken asitlerinden salazinik asit, atranorin ve norstiktik asit kolay tespit edilir. Plakalarda lekeler veya noktacık şeklinde görünüm vardır. Bu lekeler veya noktacıklar liken asitlerinin kon- formudur ve her liken asidinde bulunabilir. Kon formları HPTLC'de çok fazla ilerleyemez. *Parmelia sulcata*'da salazinik asidin kon formu da görülmüştür. *Parmelia sulcata*'nın içinde atranorin, salazinik asit ve konsalazinik asit vardır. Liken asitlerinin bazısı asetonda yanlamasına yayılırken, bazıları etrafa yayılmaz. Fumarprotosetrarik ve protosetrarik asit, yayılmayan liken asitlerdendir. İlk aşıladığımızda ıslaklık yarım çapa gelir. Sonra kuruma görülür ve plaka da yürürken küçük nokta şeklinde görülür. Asitler ve türlerin teşhisi bilinmediğinde literatüre bakılır. A, B ve C solüsyonlarında aşılanan asitlerin yürüme değerlerine bakılarak hangi asit olduğu tespit olduğu tespit edilir. *Xanthoria parietina*'da parietin sekonder metaboliti bulunmuştur. *Cladonia pyxidata*'da atranorin görülmüştür. Bu bilgiler ışığında tespit edilen bulgular şu şekildedir:

Atranorin temel referans çizgilerindendir. B solventinde sol tarafta 33 mm'ye, sağ tarafta 29 mm'ye kadar çıkmış; C solventinde ise sol tarafta 35 mm'ye, sağ tarafta 34 mm'ye kadar çıkmıştır.

1. sıradaki *Physcia adscendens* türünün tallusunda tek spot vardır: B solventinde görülen 33 mm'den, C solventinde 35 mm'den geçen atranorin metaboliti görülmüştür.

2. sıradaki *Evernia prunastri* türünde tek spot vardır. B solventinde 32 mm'den, C'de 16 mm'den geçen evernik asit görülmüştür.

3. sıradaki *Physcia adscendens* türünde tek spot vardır. B solventinde de 33 mm'den, C

solventinde 35 mm'den geçen atranorin metabolitidir.

4. sıradaki *Flavoparmelia caperata* türünde üç spot vardır; B solventinde 32 mm'den, C solventinde 31 mm'den geçen kaperatik asit; B solventinde 16 mm'den, C solventinde 2 mm'den geçen protosetrarik asit; B solventinde 0 mm'de, C'de 0 mm'de kalan konprotosetrarik asit görülmüştür.

5. sıradaki *Evernia prunastri* iki spot vardır; B solventinde 33 mm'den, C solventinde 35 mm'den geçen usnik asit; B solventinde 32 mm'den, C solventinde 16 mm'den geçen evernik asit görülmüştür.

6. sıradaki *Physcia adscendens* türünde iki spot vardır; B solventinde 33 mm'den, C solventinde 35 mm'den geçen atranorin, B solventinde 30 mm'den, C solventinde (Atranorinle spotları iç içe geçmiş olarak) 34 mm'den geçen zeorin görülmüştür.

7. sıradaki *Parmelia sulcata* türünde üç spot vardır; B solventinde 33 mm'den, C solventinde 35 mm'den geçen atranorin; B solventinde 9 mm'den, C solventinde 2 mm'den geçen ve hilal şekilli olan salazinik asit; B solventinde 0 mm'de, C solventinde 0 mm'de kalan konsalazinik asit görülmüştür.

Spotların karşı tarafında 1-9 arası numaralandırılmış türler ve çıkan sonuçlar şöyledir:

1. ve 5. sıralarda *Xanthoria parietina* türü vardır; B solventinde 29 mm'den, C solventinde 34 mm'den geçen parietin metaboliti görülmüştür.

6. sırada *Parmelia sulcata* türünde üç spot vardır; B solventinde 29 mm'den, C solventinde 33 mm'den geçen atranorin metaboliti; B solventinde 8 mm'den, C solventinde 1 mm'den geçen ve hilal şekilli olan salazinik asit görülmüştür; B solventinde 0 mm'de, C solventinde 0 mm'de kalan konsalazinik asit görülmüştür.

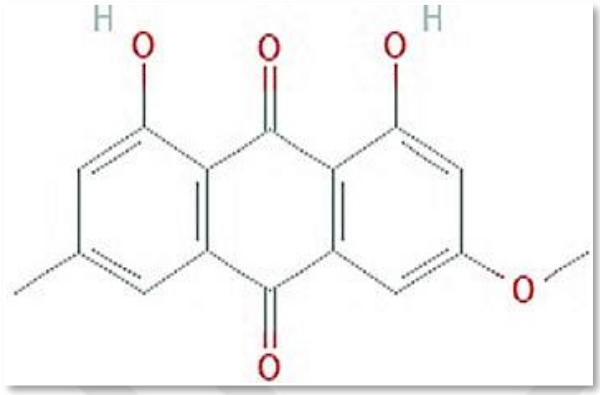
7. sırada *Flavoparmelia caperata* türünde üç spot vardır; B solventinde 27 mm'den, C solventinde 29 mm'den geçen kaperatik asit; B solventinde 15 mm'den, C solventinde 1 mm'den geçen protosetrarik asit; B solventinde 0 mm'de, C'de 0 mm'de kalan konprotosetrarik asit görülmüştür.

8 ve 9. Sırada *Cladonia pyxidata* türünde tek spot var; B solventinde 19 mm'den, C solventinde 3 mm'den geçen fumarprotosetrarik asit görülmüştür. Aynı zamanda 8 nolu örnekte atranorin de çıkmıştır.

4.3.1. *Xanthoria parietina* Analizlerinin Sonuçları

Bu sonuçlara göre *Xanthoria parietina*'da bulunan parietin, istasyonlarda en fazla bulunan bileşiktir. İST-1, İST-2 ve İST- 24 hariç *Xanthoria parietina* 26 istasyonun 23'ünde bulunur. İST-1 ve İST-2'de substrat toprak olduğu için *Xanthoria parietina* görülmezken İST-

24’te *Xanthoria parietina* substratta bulunmamıştır. *Xanthoria parietina*’da bulunan parietin ($C_{16}H_{12}O_5$) bileşiği UV koruyucu bileşik olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda parietin, *Xanthoria parietina*’nın tallusunun ve apotesyumunun rengini veren maddedir. Çeşitli literatür verileri önerilerimizi doğrulamaktadır.



Şekil 73. Parietin’in kimyasal formülü (Nayaka ve Haridas 2020)

Güneşe dayanıklı *Xanthoria parietina* UV-B'ye maruz kaldıktan sonra daha fazla güneşten koruyucu olan pigment biriktirir. Bu bağlamda, UV-B ışınlarının liken çeşitliliğini ve topluluk yapısını etkilediği varsayılmaktadır. En büyük farklılıklar, kutupsal ozon tabakasının incelmesinden etkilenen bölgelerde bulunabilir. Artan UV-B ayrıca, fotodegradasyon yoluyla yaprak çöpünün ayrışmasını doğrudan artırabilir ve besinlerin bozunmasında ve döngüsünde rol oynayan hayvanlar, mantarlar ve bakteriler gibi organizmaların aktivitesini etkileyebilir. (Golovatskaya ve Laptev 2023).

Parietin veya physcion (PTN) likenlerde ikincil metabolit olarak bulunan bir antrakinon pigmentidir, örn. *Xanthoria parietina*. Bu pigment likenlerin üst korteksinin üst tabakasında küçük hücre dışı kristaller olarak bulunur ve güneş ışınlarına karşı foto-koruyucu bir rol oynayan güçlü turuncu-kahverengi renklerinden sorumludur. (Comini ve ark. 2017). Antrakinon olan, parietinin moleküler formülü $C_{16}H_{12}O_5$’dir (Nayaka ve Haridas). Hidroksi antrakinonlar, likenler, bitkiler, deniz canlıları, mantarlar ve böcekler gibi çok geniş bir organizma topluluğunda sekonder metabolit olarak bulunur. Bunlar, monomerik yapıda ve birbirleriyle eşlenerek dimerik yapıda bulunurlar. İlk olarak, monomerik yapıda olan emodin, parietin ya da aloe-emodin gibi hidroksi sübstitüe antrakinonlar bu gruba dahildir (Akbulut 2022)

Antrakinon bileşiği parietin, liken fotobiyontunu aşırı güneş radyasyonuna karşı korur. (Gauslaa ve McEvoy 2005). Güneşe maruz kalan habitatlar için karakteristik olan likenlerde yaygındır. Esas olarak liken cinsi *Xanthoria*, *Teloschistes* ve *Caloplaca*'nın üst korteksinde lokalizedir (Goga ve ark. 2020). Özellikle, PTN'nin ışık perdeleme etkisinin, UVB bölgesinden

daha mavi ışıkta fonksiyonel olarak daha önemli olduğu bulunmuştur. Ayrıca, PTN'nin antibakteriyel ve antifungal aktivitesi bildirilmiştir ve son zamanlarda çeşitli tiplerde apoptoz üretme yeteneği bildirilmiştir. İnsan kanser hücreleri gösterilmiştir (Comini ve ark. 2017). Parietin içeriği habitattaki ışığın yoğunluğu ile pozitif olarak ilişkilidir. Parietin ışığı emdiği için, fotobiyontun fotosentetik yapısını yüksek ışık seviyelerinin neden olduğu hasara karşı korumaya yardımcı olabilir. Parietinin ayrıca bir antioksidan görevi görmesi de mümkündür (Goga ve ark. 2020). Mükemre ve ark. (2021) tarafından *Xanthoria* türleri parietin içerikleri nedeniyle farklı ekolojik ve iklimsel koşullara karşı toleransı yüksek bir liken taksonuna ait olduğunu ortaya konulmuştur. (Mükemre ve ark. 2021). Likenlerde bulunan parlak turuncu renkli antrokinon, yani parietinin ultraviyole radyasyonlarının etkisini azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Singh ve ark. 2011). Solhaug ve Gauslaa (2004) kortikal antrakinon pigment parietinin (physcion) sentezini, asetonla durulanmış, parietin içermeyen *Xanthoria parietina* thalli'de incelemiştir. UV-B'nin varlığında, fotosentez sonucu üretilen ürünler mikobiyont tarafından parietinin sentezlenme hızını düzenlemiştir. Fotosentez ışıkla aktive edildiğinde veya belirli karbonhidratlar eksojen olarak eklendiğinde yeniden sentez hızlıdır. Fotobiyonttan iletilen karbonhidrat olan ribitol ilaveleri, parietin yeniden sentezini önemli ölçüde arttırdı. Başlıca mantar poliolü olan mannitol, önemli ölçüde daha az etkiliydi. Ayrıca, *X. parietina*'daki parietin yeniden sentezi, net fotosentez baskılandığında yüksek ve düşük hidrasyonda baskılanmıştır. Bu nedenle, fotobiyont, mikobiyont partnerindeki parietin yeniden sentez hızını fotosentezlerin verilmesiyle düzenler (Solhaug ve Gauslaa 2004). Parietin korkekste birikir (Farkas ve ark. 2020). Usnik asit, parietin ve melaninler gibi yaygın kortikal pigmentlerin sentezi UV radyasyonu ile indüklenir ve fotosentezler tarafından desteklenir. Ayrıca, fotosentetik olarak aktif radyasyonu (FAR) ve UV radyasyonunu tarayan bu bileşikler, mevsimsel olarak güneş radyasyonu dalgalanmalarına yanıt verir. Güneşe maruz kalan habitatlarda yaşayan *Caloplaca, Xanthoria* veya *Teloschistes* gibi cinslere sahip Teloschistaceae'de yaygın olan turuncu-sarı parietin, mavi ışığı perdeler (Phinney ve ark. 2019).

Likenlerde bulunan çeşitli sayıda antrakinon türevlerinin bazı biyolojik aktiviteleri vardır. Bunlar, antifungal, antibakteriyel, antiviral ve uv koruyucu özelliklerdedir. Likenlerde bulunan bazı antrakinon türevlerine, parietin, emodin, eritroglosin, ksantorin, fallasinal gibi bileşikler örnek verilebilir (Akbulut 2022). *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. tüm dünyaya yayılmış bir liken türüdür ve kendisini şiddetli güneş ışınlarından korumak için sarı-turuncu bir antrakinon bileşiği olan parietin üretir. Parietin ayrıca antibakteriyel, antioksidan, antiproliferatif ve antikanser aktivitelere sahiptir (Avan ve Akbulut 2023). Parietin, mavi ışığı emen turuncu-sarı tonda bir antrakinon bileşiğidir. Mikobiyont ile sentezlenir; fotobiyonu zararlı güneş radyasyonunun neden olduğu oksidasyondan korur. Antiproliferatif ve anti-kanser özelliklerini analiz etmek için liken

Xanthoria parietina'dan ekstrakte edilir. *X. parietina*'nın daha yüksek anti-kanser aktivitesi, süperoksitler ve peroksidazlar dahil olmak üzere daha yüksek antioksidan içeriklerinden kaynaklanmaktadır (Dar ve ark. 2022). Substrat ve o substratın pH'ının arasındaki ilişkiyi inceleyen Paukov ve ark. (2022) kavaktaki türler içindeki yüzdesini artıran tek metabolit antrakinon parietinin arttığını bulmuşlardır (Paukov ve ark. 2022).

Xanthoria parietina'da yaz aylarında zirve yapan kortikal güneş radyasyonu tarama pigmenti parietin için ters mevsimsel seyirler gözlemlenir. Ayrıca, fotosentetik yapısını enerji akışının kış ve sonbahar boyunca verimli bir şekilde çalıştığını gösterir. Ayrıca kuruma kaynaklı söndürmenin nemli mevsimlerde azaldığını ve ilkbahar sonu ve yaz aylarında arttığını gösterilmiştir. Sonbaharda ortalama olarak uyarma enerjisinin üçte birinden fazlası, yarı kurak kumlu otlaklarda yılın en verimli dönemine yol açan fotokimyasal süreçler tarafından kullanıldı. Liken ve karayosunlarının klorofil içeriğinde sıcaklığın önemli bir rolü vardır (Veres ve ark. 2022a). Bir benzen halkasına bağlı bir karbonil grubu gösteren liken maddeleri ultraviyole ışınlarına karşı etkili filtreler olarak kabul edilir ve parietin, rizokarpik asit, usnik asit, atranorin ve vulpinik asit gibi bazıları foto-koruyucu faktörler olarak tanımlanmıştır (Varol ve ark. 2015) Daha spesifik olarak, yüksek UV radyasyonu, UV koruması için liken maddelerinin önemini artırabilir ve böylece örneğin *Xanthoria* cinsindeki parietin için gösterildiği gibi bunların sentezini teşvik edebilir. Yüksek ışınlama konumlarının işgali için liken maddeler (antrakinonlar) tarafından UV korumasının rolü yalnızca trebouxioid yeşil alglerle ilişkili olan liken oluşturan Teloschistaceae için vurgulanmıştır. (Schweiger ve ark. 2022). Parietin içeriği ile habitat ışık faktörleri arasındaki güçlü korelasyon, parietinin fotokoruyucu bir rolü olduğu sonucuna varan hipotezi desteklemektedir. Ayrıca parietin içeriği ile fotobiyontun UV-B toleransı arasında yakın bir ilişki olduğu gösterildi. Bununla birlikte, bu UV-B-hasarlarına neden olmak için ortamdakilerden önemli ölçüde daha yüksek UV-B seviyeleri gerekliydi. Parietin ikili emilim maksimumu ve parietin eksikliği olan *X. parietina*'nın fotobiyontunun daha önce belgelenmiş yüksek PAR duyarlılığı nedeniyle, parietin mavi ışık taraması UV-B taramasından daha yüksek bir biyolojik öneme sahip olabilir. (Gauslaa ve Ustvedt 2003). *X. parietina,* kabuklarda ve kayalarda yetişen, kozmopolit, yapraklı bir likendir. Bu tür, ikincil metabolit parietin koruyucu özellikleri sayesinde hava kirleticilerine, ağır metallere karşı yüksek tolerans ve UV-radyasyonuna karşı direnç gösterir. (Lorentz ve ark. 2022).

Parietin, UV-B tarafından açıkça indüklenmesine rağmen, iyi belgelenmiş bir PAR koruyucu işlevi olan turuncu bir antrakinon bileşiğidir. Görünür absorbansı çok az olan veya hiç olmayan son iki kortikal bileşiğin, genellikle çeşitli olası rollerden sadece biri olan bir foto koruyucu fonksiyona sahip olduğu varsayılır. Bununla birlikte, fotokoruyucu bir rol iyi

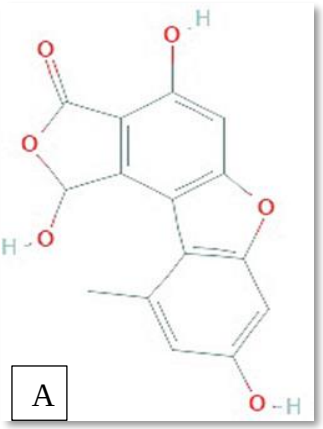
belgelenmemiştir. (McEvoy ve ark. 2006). *X. parietina*, yüksek görünür ışığa karşı tarama yapmak için ve parietin kullanır. Bununla birlikte, bu iki kortikal bileşik için tarama mekanizması farklıdır. Sarı pigment parietin emilimi artırarak perdeler. Parietin, mavi ışığı verimli bir şekilde tararken, daha uzun görünür dalga boylarında tarama etkinliği küçüktür. Son olarak, bu çalışma, fotosentetik olarak aktif ışığın ayrı renk aralıklarının taranmasını tahmin etmek için yüksek ışık yayan diyotlarla birleştirilmiş klorofil floresansının potansiyelini göstermektedir. (Solhaug ve ark. 2010).

Likenler genellikle parietin, usnik asit, atranorin ve melaninler gibi kortikal bileşikler üreterek hem UV hem de PAR'yi tarayarak kendilerini aşırı güneş radyasyonundan korurlar. Bu mantar pigmentleri, ototrof ortaklarının üzerinde bir tabaka oluşturur ve aslında alttaki duyarlı fotobiyont hücrelerini aşırı PAR'dan korur. Kortikal pigmentlerin konsantrasyonu, mevsimsel olarak güneş yüksekliğine göre değişir ve liken türleri arasında farklılık gösterir güneş radyasyonundan koruyucu bir rolle tutarlı bir şekilde. Genel olarak, güçlü UV-B absorbansına sahip karbon bazlı sekonder bileşiklerin (KBSB'ler), kortikal veya medüller bileşikler olarak ortaya çıksınlar da UV-B'ye karşı koruma sağladığı varsayılır. (Gauslaa ve ark. 2017).

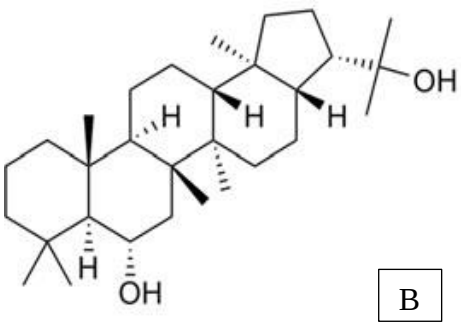
Kortikal pigmentlerin en yaygınları atranorin, parietin ve usnik asit gibi klasik liken maddelerdir. Bazı likenlerde yüksek ışık veya UV, üst kortekste koyu renkli melanik pigmentlerin sentezini indükler. Melanin üreten likenler, bir dizi liken türünden gelir ve çeşitli substratlarda büyür. *Xanthoria parietina*'da, mavi ışıkta fotosentetik O_2 evriminin kuantum verimi, kontrol tallusunda parietin içermeyen tallustan daha düşüktü, ancak kırmızı ışık altında kuantum verimi kontrol ve parietinsiz thalli arasında farklılık göstermemiştir. (Mafole ve ark. 2017).

4.3.2. *Physcia adscendens* Analizlerinin Sonuçları

Physcia adscendens'te atranorin ($C_{19}H_{18}O_8$) ve zeorin ($C_{30}H_{52}O_2$) bileşikleri bulunmuştur. Bu bileşikler çeşitli stres faktörlerine dayanıklıdır. UV stresine dayanıklı olan bileşikler HPTLC'de bulunmuştur. Literatürle sonuçlarımız birbirini desteklemektedir.



A



B

Şekil 74. A) Atranorinin kimyasal yapısı (Nayaka ve Haridas 2020) B) Zeorinin kimyasal yapısı (Goga ve ark. 2018).

Kimyasal ayıraçların liken taksonomisine uygulanması, talline renginin genel veya spesifik bir karakter olarak kabul edilmesiyle başlamıştır. Bu nedenle, gri-yeşil *Physcia* cinsi kortekste renksiz atranorin maddesini içerir. (Nash 1996). *Physcia adscendens*'deki atranorin teşhis anahtarında bahsedilmiştir. (Culberson 1970). Atranorin, güçlü antioksidan ve antitümör özelliklere sahiptir. Bu liken bileşiği, test edilen liken maddelerinden en büyük serbest radikal süpürme aktivitelerinden birine ve şimdiye kadarki en etkili indirgeme gücüne ve süperoksit radikal süpürücüsüne sahiptir. Atranorinin başka bir özelliği, kanser hücre hatlarına (A2780 ve HT-29) karşı antikanser aktivitesidir. Bu, güçlü pro-apoptik etki ve kanser hücresi proliferasyonunun inhibisyonunu gösterdi. Atranorin ayrıca sıçan hepatositlerinde potansiyel bir antikanser ajan olarak sayılır. Bu metabolitin antibakteriyel aktiviteleri de test edilmiştir. (Goga ve ark. 2020).

Atranorinin madde sınıfı, β-Orcinol depsidlerdir. Likenlerin çoğunda çok yaygındır. *Cladonia foliacea* izole edilen ve *Physcia aipolia*'daki atranorin bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Oysa *Parmotrema dilatatum* (Vain.) Hale ve *Parmotrema tinctorum* (Despr.) Hale'den ekstrakte edilen atranorin, *Mycobacterium tuberculosis*'e karşı zayıf inhibitör aktivite sergilemiştir. Benzer şekilde, *Lepraria lobificans* Nyl'den ekstrakte edilen atranorin. Zayıf bir antimikrobiyal ajan olduğu bulunmuştur. 360 nm'de ışınlanan atranorinin fotokoruma özelliklerini bildirmiştir. (Nayaka ve Haridas 2020).

Fotobiyontlar ve mikobiyontlar arasındaki karşılıklı simbiyozları temsil eden likenler, genellikle mantar partneri tarafından sentezlenen yüksek konsantrasyonlarda ikincil bileşikler biriktirir. Işık perdeleme, kortikal bileşiklerin mantar hiflerinin dışında kristaller olarak birikmesine yönelik bir işlevdir. Bu bileşikler, havayla kuruyan canlı tallerden %100 aseton ile tahribatsız bir şekilde ekstrakte edilebilir. *Physcia aipolia*'dan atranorin ekstraksiyonu, liken rengini hidratlı durumda soluk griden yeşile değiştirirken, asetonla durulanmış ve kontrol thalli'nin tamamı kuruduğunda soluk griydi. (Solhaug ve ark. 2010). *Physcia aipolia*'dan renksiz ikincil metabolit atranorinin ekstraksiyonu, yüksek ışığın neden olduğu fotoinhibisyonu anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Işığa karşı bu artan duyarlılığın, tallus'un reflektansının büyük ölçüde azaldığı ve likenin görünür görünümünün nemlendirildiğinde soluk griden yeşile dönüştüğü ortaya çıkmıştır. Liken maddeleri olan ve olmayan kuru tallusun reflektansındaki farklılıklar çok daha küçüktü. Pigmentsiz liken maddelerinin bile liken fotobiyontları için önemli fotokoruyucu sağlayabileceğini düşündürmektedir. *Physcia* ile yapılan çalışmanın yanı sıra, pigmentsiz liken

maddelerinin likenleri yüksek FAR'dan koruyabileceği görülmüştür (Ndhlovu ve ark. 2022).

Physcia aipolia yüksek görünür ışığa karşı tarama yapmak için atranorin kullanır. Renksiz bileşik atranorin, ışık yansımasını artırarak tüm görünür spektrumu tarar (Solhaug ve ark. 2010). Hindistan'da, Parmelioid likenleri yaygındır ve özellikle Batı Himalayalar'da yüksek rakımlarda yaygın olarak bulunurlar. Başlıca ikincil metabolitler olarak olası etkilerine işaret eden atranorin ve salazinik asit içerir artan irtifa ile farklı çevresel etkilere dayanma özelliği gösterir. Atranorin ve salazinik asit fotokoruyucu/antioksidan olarak doğal ekosistemlerdeki değişen mikroklimatik faktörlere karşı kimyasal savunma verme, liken türlerinin çeşitliliğini ve bolluğunu etkilemedeki rolünü önemlidir. Parmeliaceae familyasına ait üç liken türü olan *Bulbothrix setschwanensis*, *Everniastrum cirrhatum* ve *Parmotrema reticulatum*'da rakım arttıkça atranorin ve salazinik asit konsantrasyonundaki kantitatif değişimler incelenmiştir. Atranorin (depsidler) ve salazinik asit (depsidon) konsantrasyonundaki artışın, artan ışınımla birlikte arttığı görüldüğünden, mevcut sonuçlar da bu sonuçlarla uyumludur. Işık yoğunluğu, sıcaklık ve nem gibi mikroiklimsel faktörler arasındaki etkileşimler, özellikle kaya yüzeyinin yönü ve eğimi veya bir ağaç üzerindeki yükseklik ile ilgili olarak büyümedeki yerel farklılıkları belirlemede özellikle önemlidir. Atranorin UV bölgesindeki ışığı emdiği ve fotosentez için kullanılan λmax 425 nm'de floresan ışığı yeniden yaydığı için, ışıkla etkileşime giren liken maddeleri likenlere çeşitli şekillerde fayda sağlar. Likenler, çevredeki çevresel durumu yansıtan benzersiz kimyasal imzalar sergiler ve liken maddelerinin konsantrasyonları, UV seviyelerindeki değişimin biyo-göstergeleri olarak kullanılabilir. Farklı liken türlerinde ikincil metabolitlerdeki varlığın ve varyasyonun, likenlerin daha yüksek rakımlarda daha geniş ekolojik dağılımı üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. (Shukla ve ark. 2016).

Depsidler arasında, atranorin, divarikatik, difraktaik ve evernik asitler ve jiroforik asidin UV filtreleri olarak hareket ettiği rapor edilmiştir. *Cladonia rangiferina*'da atranorin gibi liken maddelerinin artan bir birikimi, UVA ve UVB ile desteklenen yüksek ışık yoğunlukları altında gözlenmiştir. Başka bir çalışma, farklı ışık yoğunlukları altında büyüyen iki *Ochrolechia parella* örneğinde atranorinin farklı oluşumunu vurgulamıştır. Bu metabolit, gölgeli numuneyle karşılaştırıldığında yalnızca güneş ışığıyla aydınlatılan numunelerde mevcuttu ve bu da UV perdesi olarak biyolojik rolünü akla getiriyordu. (Nguyen ve ark. 2013).

Ozon tabakasının incelmesinin en yüksek olduğu Kuzey Kutbu ve Antarktika'da, likenler fotosentetik olarak biyokütlenin nicel olarak temsilidir. Zamanla, UV radyasyonu altında hayatta kalmalarını sağlayan bazı koruyucu araçlar geliştirmişlerdir. Antioksidan kapasiteli ve UV bölgesinde güçlü absorpsiyona sahip pigmentleri sentezlerler. Bu nedenle, likenler UV filtreleri için taranmak üzere iyi adaylardır. Bu bileşikler, bazı depsidler (atranorin, jiroforik asit, difraktaik

asit, divaricatik asit), depsidonlar (lobarik asit, pannarin, 10-kloropannarin, vikanisin), dibenzofuran benzeri ((+)-usnik asit), difenileterlerdir (Dévéhat ve ark. 2013). Likenler genellikle parietin, usnik asit, atranorin ve melaninler gibi kortikal bileşikler üreterek hem UV hem de PAR'yi tarayarak kendilerini aşırı güneş radyasyonundan korurlar. (Gauslaa ve ark. 2017). Atranorin kortikal pigmenttir. Daha alışılmadık bir şekilde, bazı likenlerde yüksek ışık veya UV, üst kortekste koyu renkli melanik pigmentlerin sentezini indükler. *Cetraria* ve *Cladonia* gibi usnik asitli ve atranorinli bazı likenler ayrıca çok güneşe maruz kalan koşullar altında melanik bileşikler üretir. Likenler kendilerini yüksek ışığa karşı etkili bir şekilde koruyabiliyor gibi görünse de sonuçta ortaya çıkan metabolik maliyet hakkında çok az bilgi mevcuttur. (Mafole ve ark. 2017).

Renksiz ikincil metabolit atranorinin *Physcia aipolia*'dan ekstraksiyonu, yüksek ışığın neden olduğu fotoinhibisyonu önemli ölçüde artırdı. Işığa karşı bu artan hassasiyet, tallusun reflektansının büyük ölçüde azalması ve likenin görünür görünümünün hidratlandığında soluk griden yeşile değişmesi nedeniyle ortaya çıktı. *Physcia* dışında, pigmentsiz liken maddelerinin likenleri yüksek PAR'dan koruyup koruyamayacağına dair çok az bilgi mevcuttur. Bununla birlikte, tarlada, likenler tamamen veya kısmen kuruduklarında daha fazla ışık inhibisyonuna maruz kalabilirler. Atranorin içeren *Heterodermia* dışında liken maddelerinin de kurutulmuş likenleri koruyabildiğini gösterdiler. İlginç bir şekilde, likenler kuruyken maddelerin uzaklaştırılmasının reflektans üzerinde hiçbir etkisi yoktur, bu da liken maddelerinin fotobiyontları başka şekillerde koruduğunu düşündürür. (Ndhlovu ve ark. 2022).

Poikilohidrik organizma olan likenlerde görülen usnik asit, atranorin, triterpinler zeorin gibi çeşitli ikincil kimyasallar yaygın olarak bulunur ve strese karşı koruyucudurlar. Renkli ikincil bileşikler liken korteksinde yüksek konsantrasyonlarda yer alır, fotobiyontun üzerinde bir tabaka oluşturur. Çoğunluk medullanın üst kısmının fotobiyont tabakasında bulunur, bileşikler UVB radyasyonun olumsuz etkilerine karşı koruma potansiyeline sahiptir. (Singh ve ark. 2011).

Pigmentsiz maddelerin *Physcia*'nın hidratlı tallusunu ışıkla koruyabildiğini görülmüştür. Likenler kuruduklarında fotobiyontları fotoinhibe etmek daha uzun süre gerektirse de tartışmalı olarak fotokoruma, hidratlandıklarında olduğu kadar kurutulduklarında da eşit veya hatta daha önemlidir. Bununla birlikte, usnik asit gibi liken maddelerinin kurutulmuş likenlerde ışık korumasını nasıl geliştirebileceğini ve neden bazı liken maddelerinin diğerlerinden daha etkili olduğunu anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. (Ndhlovu ve ark. 2022).

Renksiz atranorin gibi birkaç ikincil bileşik, üst kortekste doğrudan fotobiyont tabakasının üzerinde bulunur. Bazı renkli kortikal bileşiklerin UV-B tarafından indüklendiğine ve fotosentezler tarafından desteklendiğine dair sağlam kanıtlar vardır. Bileşikler uzamsal ve zamansal ölçeklerde güneş radyasyonu ile ilişkilidir ve onların perdelemeleri ve alttaki

fotobiyontları aşırı güneş radyasyonuna karşı korur. Bu işlevler, değişen ışık ortamında liken fotosentezini optimize etmeye ve dolayısıyla liken tallusunda organik karbon havuzunu genişletmeye hizmet eder. (McEvoy ve ark. 2007). *Cladonia* türlerinde çeşitli *Asterochloris* türleri, *G. fulgens* ve *X. pokornyi*'de *Trebouxia* türleri bulunur. *Diploschistes muscorum*, ömrü boyunca fotobiyont değiştirir. Erken aşamada, *Cladonia* türlerinden yakalanan *Asterochloris*'e sahiptir; daha sonra çeşitli *Trebouxia* türleri ile değiştirildi. Bir kumulun güneybatı ve kuzeydoğuya bakan bir tarafından alınmıştır. Liken metabolitleri 280 nm'de (usnik asit), 240 nm'de (fumarprotocetraric asit) ve 233 nm'de (atranorin) tespit edildi. (Veres ve ark. 2022a).

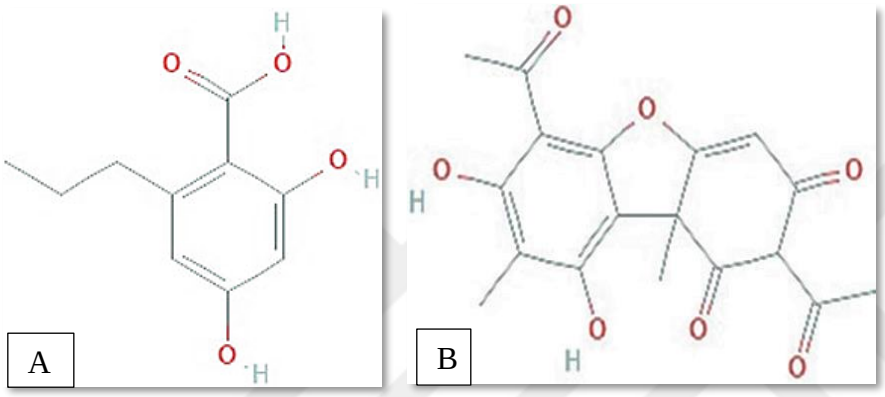
Physciaceae kavakta çeşitlilik gösterir ve atranorin, zeorin içeren veya liken maddesi içermeyen türlerle temsil edilir. (Paukov ve ark. 2022). Triterpenler, bugüne kadar izole edilmiş 20'den fazla farklı bileşik ile likenlerde daha yaygındır. Zeorin likenlerde yaygındır ve bu triterpenin bir dizi hidroksile, asetile ve oksitlenmiş türevleri rapor edilmiştir. (Dayan ve Romagni 2001). Belirli metabolitlerin varlığı genellikle belirli bir büyüme formuyla ilişkilendirilmiştir. Jiroforik asit ve zeorin, kabuksu ve yapraksı türlerde bulunur. Jiroforik, stiktik ve usnik asitler asidik substratlar üzerindeki likenlerde daha yaygındır. Norstik asit, atranorin ve zeorin için özel bir eğilim görülmemiştir. Atranorin ve zeorin, kireçtaşı üzerinde önemli ölçüde daha düşük yüzdelerde bulunmuştur. Metabolitler ile kaya türlerinin kimyasal bileşimi arasındaki ilişkiler üzerine yapılan uygunluk analizi, kabuksu, yapraksı, dalsı-çalımsı türler için farklı sonuçlar göstermiştir. Yapraksı ve dalsı-çalımsı likenlerde norstik, stiktik asitler ve zeorin içeren türler granitlerde en bol bulunan türlerdir ve substrattaki Ba ve Zn içeriği ile pozitif, pH ile negatif korelasyon göstermiştir. Atranorin, usnik asit, ksantonlar ve zeorin, çoğunlukla nispeten yüksek metal içeriği ve pH ile serpantinitler ile ilişkilendirilmiştir. Yapraksı, dalsı-çalımsı türler grubunda, liken asitleri en sıcak ayın maksimum sıcaklığının değişimine bağlı olarak iki gruba ayrılmıştır. Melaninler, psoromik, norstik, salazinik, stiktik, usnik asitler ve zeorin, türlerde yazın kuru koşullarda bulunurken, antrakinonlar, atranorin, fumarprotocetrarik asit bulunduran ya da liken metabolitleri içermeyen likenler genellikle daha fazla yağış alan ve yazın serin bölgelerde daha boldur. (Paukov ve ark. 2019).

Likenler, atranorin, usnik asit, zeorin, triterpinler gibi birçok ikincil kimyasal üretirler ve liken tallusunda yaygın olarak bulunurlar ve iklimsel strese karşı korurlar. Liken tallusunun koyu siyah, turuncu, kırmızı, sarı ve gri gibi renkleri de zorlu koşullarda hayatta kalmaya yardımcı olur. Bu ikincil kimyasalların olumsuz koşullara karşı korunmak için likenlerin tallusunun üst korteksine ulaştığını bildirilmiştir. Bu ikincil kimyasalların bazen kaya alt tabakası ile reaksiyona girer ve üst yüzeyde "Pruna" adı verilen toz halinde bir madde salgılanır. Bu pruna, tallusu sıcaklığa ve UV ışınlarına karşı korumak için tallusu gölgeler. (Singh ve ark. 2022). Poikilohidrik

organizma olan likenlerde triterpin, atranorin, zeorin ve usnik asit gibi UV stresini indirmeye çalışan bileşikler üretilir. Bu bileşikler liken korteksinde bulunup, fotobiyontun yüksek ışıktan etkilenmesini engellerler (Singh ve ark. 2011).

4.3.3. *Evernia prunastri* Analizlerinin Sonuçları

Evernia prunastri'de evernik asit ($C_{17}H_{16}O_7$) ve usnik asit ($C_{18}H_{16}O_7$) bulunur. Evernik asit literatürle karşılaştırıldığında *Evernia prunastri*'nin içinde bulunan yaygın sekonder metabolittir. *Evernia prunastri*'yi UV stresine karşı koruyan bileşik usnik asittir. Literatürle karşılaştırdığımızda sonuç eşleşecektir.



Şekil 75. A) Evernik asidin kimyasal yapısı B) Usnik asidin kimyasal yapısı (Nayaka ve Haridas 2020)

Evernik asidin bulunduğu yer *Evernia prunastri*'dir. *E. prunastri*'den ekstrakte edilen evernik asit, çoklu ilaca dirençli bakteri *S. aureus*'a karşı zayıf inhibitör etki sergiler. (Nayaka ve Haridas 2020). *Evernia prunastri*, Atranorin, kloroatranorin, evernik asit, usnik asit, arabitol, galaktomannan, manitol, manitol-galaktozid, sükroz, glikolik asit, aspartik asit, kitin, enzimler vb. içerir. Arabitol, mannitol, mannitol-galaktosid, glikolik asit (*Evernia prunastri var. prunastri*'de). Arabitol, sükroz, glikolik asit, aspartik asit *E. prunastri var. herinii*'de bulunur (Culberson 1970).

Daha parlak yaz aylarında, *Evernia prunastri*'nin tallusunda kışa göre daha yüksek konsantrasyonlarda usnik asit ve atranorin bulunur. (Ndhlovu ve ark. 2022). Yaz aylarında toplanan *Evernia prunastri*'de bulunan usnik asit varlığı sonucumuzla örtüşmektedir.

UV emici bileşiklerin büyük bir bölümünün, özellikle UV-B tarafından indüklenen usnik asit, perlatolik asit ve fumarprotosetrarik asit olan likenlerde yapıcı olduğu görülmüştür. Usnik asit likenlerde fazla miktarda bulunup, likeni UV ışınlarının yarattığı stresten koruyan bileşiklerden biridir (Singh ve ark. 2011). Bazı maddeler biyolojik olarak aktiftir ve allelopatik ajanlar olarak hareket eder, diğerleri otçul lezzetini etkilerken, fikobiyontların hücre zarının geçirgenliğini arttırır

ve fotobiyontları aşırı ultraviyole ışığından korur. Ozonla zenginleştirilmiş ortamlarda likenlerde artan salazinik asit seviyeleri muhtemelen koruyucu bir işlev sağlarken, artan antropojenik stres seviyeleri ile konsantrasyonda usnik ve yağ asitlerinin azaldığı bulunmuştur. Jiroforik asit ve zeorin, kabuksu ve yapraksı türlerinde bulunmuştur; usnik asit, frutikoz ve yaprak taksonlarına (çoğunlukla Cladoniaceae, Parmeliaceae, Ramalinaceae) daha yüksek bir afiniteye sahiptir (Paukov ve ark. 2019). *C. foliacea*'da usnik asit konsantrasyonunda önemli bir mevsimsel değişiklik bulundu, yaz ve ilkbaharda kış ve sonbahara göre daha düşüktür. Bu arada, usnik asit güneş ve gölge tallusu arasında farklılık göstermedi. *C. foliacea*'da usnik asit ve fumarprotosetrarik asit miktarı kışın yaza göre daha yüksek konsantrasyonlar göstermiştir. *Cladina mitis*'teki usnik asit konsantrasyonu da sonbahar ve kış aylarında önemli ölçüde daha yüksekti. Kortikal güneş radyasyonu koruyucu pigmentler arasında *C. foliacea*'daki usnik asit, atranorin (*C. magyarica, C. furcata*) için ölçülenlerden yaklaşık dört kat daha yüksek konsantrasyonlar sergiler. Ayrıca türler, kuruma sırasında kıvrılma nedeniyle fotoinhibisyonu önleyebilir. Usnik asit, tür yeniden hidratlandığında ve dolayısıyla açıldığında önemli bir rol oynar, çünkü tali sadece yoğun, üst kortekse sahiptir; aksi takdirde kalın, beyaz medulla onları kaplar. Daha kalın korteks, daha yüksek miktarda kortikal pigment içerebilir. Usnik asit ışığı emer ve FAR'a karşı da koruma sağlayan çok etkili bir güneş radyasyonu perdeleme pigmenti işlevi görür (Veres ve ark. 2022a). Likenlere özgü depsidler, depsidonlar ve dibenzofuranlar için görünür veya UV ışıkla bağlantı net değildir ve bunların simbiyozdaki işlevleri de net değildir. Yaygın olarak dağıtılan bir kortikal dibenzofuran türevi olan usnik asit miktarları, bazı çalışmalarda güneş veya UV radyasyonuna maruz kalma ile pozitif olarak ilişkilidir, diğerlerinde ise net bir korelasyon bulunmaz. (Armaleo ve ark. 2008).

Hem mikobiyont hem de fotobiyont, kortikal pigmentlerin artan sentezi ile korunabilir. Usnik asit, atranorin ve parietin gibi maddeler likenlerde yaygındır. Daha alışılmadık bir şekilde, bazı likenlerde yüksek ışık veya UV, üst kortekste koyu renkli melanik pigmentlerin sentezini indükler. Klasik liken maddelere veya melanik bileşiklere sahip likenler genellikle açık habitatlarda bir arada bulunur ve *Cladonia, Cetraria* gibi atranorin veya usnik asitli bazı likenler ayrıca güneşli koşullar altında melanik bileşikler üretir. (Mafole ve ark. 2017). *Nephroma arcticum*'daki kortikal ikincil bileşik usnik asit, UV-A'dan çok daha fazla UV-B absorbe ettiğinden, bu muhtemelen UV-B taramasının hafife alınmasıdır. (Váczi ve ark. 2018).

Tallus korteksinde biriken usnik asit, *Usnea sp*. kuzey boreal ormanlarında hafif gradyanlar boyunca nakledilir. Antarktika'daki yüksek ortam yaz güneş radyasyonu seviyeleri (FAR ve UV) ve vasküler bitkiler tarafından gölgelenme eksikliği, *Usnea*'da kuzey ve güneye bakan habitatlar arasındaki ışık rejimi farklılıklarını geçersiz kılan yüksek arka plan usnik asit konsantrasyonlarına

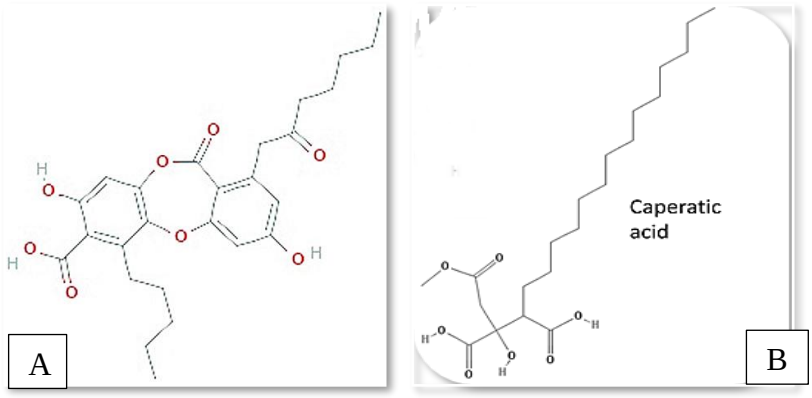
neden olabilir veya bileşiğin üretiminin birden fazla faktör tarafından indüklendiği görülebilir. Ayrıca, her iki tür de ışığı emen ve böylece fenolik ışık perdeleyicilere olan ihtiyacı azaltan melanin üretir. Bu nedenle, usnik asitte yanıt eksikliği, melanik bileşiklerden yeterli ışık korumasından da kaynaklanabilir (Bokhorst ve ark. 2021).

Sarı usnik asit üst kortekste doğrudan fotobiyont tabakasının üzerinde bulunur. Bazı renkli kortikal bileşiklerin UV-B tarafından indüklenip, fotosentez tarafından desteklenmiştir. Bileşikler uzamsal ve zamansal ölçeklerde güneş radyasyonu ile ilişkilidir ve onların perdelemeleri ve alttaki fotobiyontları aşırı güneş radyasyonuna karşı korur. Bu işlevler, değişen ışık ortamında liken fotosentezini optimize etmeye ve dolayısıyla liken tallusunda organik karbon havuzunu genişletmeye hizmet eder. (McEvoy ve ark. 2007).

Liken bileşiklerinin çoğu UV'de güçlü bir şekilde emer ve parietin gibi bazıları ek olarak fotosentetik olarak aktif radyasyonu (PAR) emer. Yaygın olarak dağılmış ve yaygın bileşikler parietin, atranorin, usnik asit ve ayrıca yapısal olarak daha az bilinen mantar melaninleri, fotobiyontun üzerinde bir ekran oluşturan kortikal pigmentlerdir. Diğer bileşiklerin çoğu medullanın üst kısmındaki fotobiyont tabakasında bulunur. Özellikle kortikal liken bileşikleri, likenlerdeki fotobiyont'u UV-B radyasyonunun olumsuz etkilerine karşı korumak için güçlü bir potansiyele sahiptir. (Nybakken ve ark. 2004). UV'nin bitkiler üzerindeki etkileriyle ilgili diğer birkaç çalışma, likenlerin, UV radyasyonunu emmek için güçlü kapasitelere sahip olan ve likenlerde fotokoruma mekanizmalarına katkıda bulunabilecek, usnik asit, parietin ve melanin dahil olmak üzere çeşitli polifenolik bileşikler içermiştir (Singh ve Singh 2014). Bazı türlerde melaninler ve diğerlerinde usnik asit ve parietin gibi karbon bazlı ikincil liken bileşikleri gibi üst liken korteksinde çeşitli güneş radyasyonu soğuran bileşikler sentezlenerek UV-B radyasyonuyla indüklenebilir. Fotobiyontları mantar pigmentleri sayesinde stresten koruyan bir tabaka oluşturarak UV radyasyonunuyla FAR'ı tarar. Kortikal pigmentlerin konsantrasyonu, güneş yüksekliği ile mevsimsel olarak artar ve güneş radyasyonundan koruyucu bir işlevle tutarlı bir şekilde liken türleri arasında farklılık gösterir (Chowdhury ve ark. 2017). Likenlerde, esas olarak UV-B radyasyonu tarafından indüklenen usnik asit, perlatolik asit ve fumarprotometrik asit koruma sağlar (Singh ve ark. 2022).

4.3.4. *Flavoparmelia caperata* Analizlerinin Sonuçları

Flavoparmelia caperata sekonder metabolit bakımından zengin bir liken türüdür. Deney sonucunda bulunan kaperatik asit ($C_{21}H_{38}O_7$), protocetrarik ($C_{18}H_{14}O_9$), conprotocetrarik UV'ye karşı koruyucu bileşikler olup olmadığını literatürle karşılaştırdık.



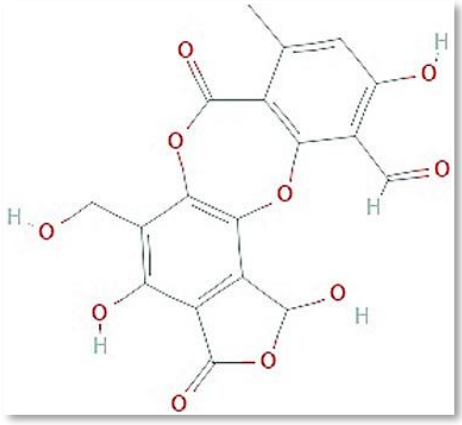
Şekil 76. A) Protosetrarik asidin kimyasal yapısı (Nayaka ve Haridas 2020) B) Kaperatik asidin kimyasal yapısı (Paluszczak ve ark. 2018)

Alectoria sarmentosa [alectoronic asit, (-)- usnik asit], *Cladonia rangiferina* (fumarprotocetraric acid, atranorin), *Hypogymnia physodes* (fizodik asit, physodalic asit, kloroatranorin, atranorin), *Menegazzia terebrata* (norstik asit, atranorin), *Parmelia reticulata* (salazinic asit, atranorin) ve *Platismatia glauca* (kaperatik asit, atranorin) bulunur. Atranorin, kloroatranorin ve usnik asit korteksin maddeleridir ve yukarıdaki türlerden her biri bunlardan en az birini üretir. (*Cladonia rangiferina*'da olduğu gibi korteks eksikse, medullada bir "korteks maddesi" oluşabilir.) Geri kalan maddelerin tümü medüller bileşiklerdir, çok daha çeşitli ve sistematik olarak daha aydınlatıcı bir doğal ürünler grubudur. Çoğu cinste, kimyasal varyasyon, yapısal varyasyondan daha az kapsamlıdır ve birçok morfolojik tür, aynı medüller kimyaya sahiptir (Culberson 1970). Kaperatik asit ve likenlerin özleri *Flavoparmelia baltimorensis* ve *Xanthoparmelia cumberlandia* salyangoz *Pallifera varia*'ya karşı antiherbivor aktivitelere sahiptir. (Huneck 1999). Kromatografik analizler, *P. glauca* thalli'de atranorin, divaricatik ve kaperatik asitlerin tespit edildiği görülmüştür (Díaz ve ark. 2020). *Platismatia*'da yağ asidi kaperatik asit her bireyin medullasında değişmez bir şekilde üretilir, sadece bir tür ek olarak aromatik bir bileşen üretir (Culberson 1969 b). *F. caperata* özleri, UV-emici ana bileşikler olarak protosetrarik asit ve usnik asit olarak yer alır (Ingelfinger ve ark. 2020). *Flavoparmelia caperata* ve *X. parietina* hücre duvarları, çeşitli metal katyonlarına karşı dikkate değer bir reaktivite gösteren farklı liken madde havuzları (örneğin, önceki türlerde protosetrarik ve usnik asit ve ikinci türde parietin) ile kaplıdır. (Fortuna ve ark. 2021). Önemli bir liken bileşiği olan protosetraric asit, *Parmelia sulcata, F. caperata, P. saxatilis* ve *Usnea albopunkta*'dan izole edilmiştir. (Dar ve ark. 2022). *Flavoparmelia caperata* ekstraktı tarafından *F. oxysporum*'un büyüme inhibisyonunun gücü, protocetraric ve usnic asitlerin varlığından kaynaklanmış olabilir; kaperatik asidin etkisi belirsiz kalır. (Furmanek ve ark. 2022). *H. physodes*, tespit edilebilir beş liken bileşiği içerir. Medüller bileşik protosetrarik

asit, kortikal atranorin ve kloroatranorin önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlar gösterir. Liken bileşiklerinin toplam ortalama konsantrasyonu, deniz kayalıklarındaki tallustan %14,4'ten ladin ormanlarındaki tallustan %6.7'ye kadar değişmiştir, ölçülen en yüksek toplam konsantrasyon, bir deniz kayalığı tallusunda yaklaşık %22'dir. Liken bileşikleri, alan bazında güneş radyasyonu ile kuru ağırlık bazında olduğundan daha güçlü bir korelasyon gösterdi ve korelasyon, doğrudan radyasyondan ziyade diffüz ile daha iyiydi. Ana ikincil bileşik havuzunu oluşturan medüller depsidonlar, protocetrarik, fizikodalik ve fizikodik asitler, doğrudan radyasyondan çok diffüz ile görülmüştür. Protocetraric ve physodalic asit yakından birleştirildi (Solhaug ve ark. 2009). Protosetrarik asitte antibakteriyel, antifungal, antioksidan ve antikanser potansiyeli bulunmuştur. Protosetrarik asidin *Salmonella typhi*'ye karşı antibakteriyel aktivitesi ve *Tripthyton rubrum*'a karşı anlamlı antifungal etkisi bildirilmiştir. Protosetrarik asit, insan patojenik mikroplarına karşı potansiyel antimikrobiyal ilaç olarak kullanılabilir. Birkaç liken maddesinin antitüberküler aktivitesi de test edildi. Protosetrarik asit orta derecede inhibe edici aktivite göstermiştir. (Goga ve ark. 2020).

4.3.5. *Parmelia sulcata* Analizlerinin Sonuçları

Parmelia sulcata'da bulunan atranorin ($C_{19}H_{18}O_8$), salazinic ($C_{18}H_{12}O_{10}$) ve consalazinic asit UV koruyucu bileşikler olup, *Parmelia sulcata*'yı UV stresine karşı korur.



Şekil 77. Salazinik asidin kimyasal yapısı (Nayaka ve Haridas 2020).



Şekil 78. Salazinik asidin hilal şeklinde HPTLC plakasında görüntülenmesi

Dévéhat ve arkadaşları (2013) UV ışınlarına maruz kalan ancak farklı ekolojik habitatlarda yaşayan üç likenin ham özlerini test etmişlerdir. Güneş Koruma Faktörü (GKF) ve Koruma Faktörü-UVA (KF UVA) in vitro yöntemle belirlenmiştir: iki depsid (atranorin), evernik asit), üç depsidon (variolarik asit, salazinik asit, fumarprotosetrarik asit), bir antrakinon (parietin), bir monoaromatik bileşik (metil b-orsinolkarboksilat (MOC)) ve bir pulvinik asit türevi (vulpinik asit) araştırıldı. Bunlar *Cetraria islandica*, saksikol *Lasallia pustulata* ve kortikol *Usnea hirta* likenleridir. Bununla birlikte, bir ekstraktın etkinliğinin basitçe bir veya iki ana bileşikten kaynaklandığı görülebilir. Bir molekül (salazinik asit) ve bir ekstrakt (*L. pustulata*) iyi KF-UVA güçlendirici adayları olabilir. Sınırlı bir UV aralığında iyi koruyucular olarak kabul edilen liken bileşiklerinin çoğu, ancak geniş spektrum söz konusu olduğunda orta derecede koruyucular, geniş spektrumlu kapsama sağlamak için diğer filtrelerle karıştırılabilir. Variolarik asit, evernik asit ve vulpinik asit ve özellikle UVA açısından salazinik asit bazıları yüksek GKF değerlerine sahip değildir ancak filtre güçlendirici olarak kullanılabilir. Aslında, GKF değerlerinin toplanması için UV filtrelerini karıştırmak kozmetikte yaygın olarak kullanılır. Salazinik asit gibi polifenolik bileşikler antioksidan olarak iyi adaylar olabilir. Bu değerli kapasiteleri tamamlamak için, UVB'nin neden olduğu hasar ve anti-enflamatuar etkiler üzerindeki doğal ajanlar üzerindeki etkilerin azaltılmasına yönelik ileri çalışmalar araştırılmalıdır. (Dévéhat ve ark. 2013).

Kimyasal yapılarına göre liken maddeleri salazinik asit, usnik asit, barbatik asit, dibenzofuranlar ve usnik asit; depsidler, depsidonlar (picrolichenic asit), depsonlar, (protolichesterinic asit, nephrosterinic asit) laktonların, (vulpinic asit) (parietin) ve pulvinic asit türevleri quinones (orcinol ve beta-orcinol türevleri) gibi bileşiklerdir. Likenler, esas olarak polimalonat, mevalonik asit ve şikimik asit yolları olmak üzere bu bileşik çeşitliliğini üretmek için

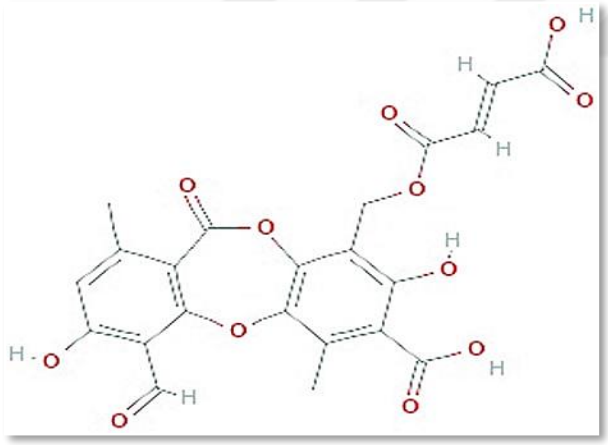
çeşitli biyosentetik yollar geliştirmiştir. (Kumari ve ark. 2021). Likenlerin, dış çevre koşullarına yanıt olarak çok işlevli aktiviteye sahip çeşitli ikincil metabolitleri sentezledikleri bilinmektedir. İki yaygın liken ekstrolitinin, atranorin ve salazinik asidin, abiyotik/biyotik strese bağlı olarak antioksidan ve fotokoruyucu özellik sağladığı bilinmektedir. Üç liken türü olan *Bulbothrix setschwanensis* (Zahlbr.) Hale, *Everniastrum cirrhatum* (Fr.) Hale ve *Parmotrema reticulatum* (Taylor) Choisy, Parmeliaceae'de yükseklik farkının atranorin ve salazinik asidin kantitatif profili üzerindeki etkisi incelenmiştir. Örneklerdeki liken maddelerin karakterizasyonu ve miktar tayini, atranorin ve salazinik asit standartları ile karşılaştırılarak yapılmıştır. Sonuçlar, yükselen rakımla birlikte kimyasal içerikte önemli bir değişiklik olduğunu gösterdi. Üç liken türünün tümü, rakıma yükseldikçe daha yüksek miktarlarda kimyasal madde gösterirken, üç liken türü arasında *E. cirrhatum* en yüksek toplam liken bileşik miktarını gösterdi. *B. setschwanensis ve P. reticulatum* ile karşılaştırıldığında rakım arttıkça *E. cirrhatum*'un daha yüksek bolluğu ve sıklığı, başta salazinik asit olmak üzere daha yüksek miktarda fotokoruyucu/antioksidan kimyasalların varlığına bağlanabilir (Shukla ve ark. 2016).

Xanthoparmelia viriduloumbrina içindeki ikincil bileşiklerin oranı, üç toplama bölgesi arasında nispeten benzerdi. Kortikal bileşik usnik asidin genel olarak ve güney bölgesinde en bol bulunan bileşik olduğunu göstermiştir. Medüller bileşik konsalazinik asit, kuzey bölgesinde en yüksek orana sahiptie. *Xanthoparmelia viriduloumbrina* tarafından üretilen sekonder metabolitler, enlem ile dört önemli korelasyon gösterdi. Salazinik asit, toplama alanlarının güneyinden kuzeyine doğru önemli ölçüde azaldı. Tüm toplama alanları için usnik asit veya konsalazinik asit için önemli bir eğilim yoktu. Benzer şekilde, kuzey toplama alanlarında Spearman'ın korelasyon analizleri iki önemli sonuç verdi. Salazinik ve konsalazinik asitler *Xanthoparmelia viriduloumbrina*'da güneyden kuzeye doğru 2 derecelik bir enlemde bile önemli ölçüde artmaktadır. Usnik asit ve konsalazinik asit, güney bölgelerinde önemli bir korelasyon göstermedi. Bununla birlikte, *A. centrifuga* tarafından üretilen metabolitler, enlem ile önemli bir korelasyon göstermedi. *A. centrifuga* ile yapılan analizler sadece kuzey bölgeleri için gerçekleştirilebildi çünkü türler güney bölgelerinde bulunmamıştır. *Xanthoparmelia viriduloumbrina* içinde, ikincil bileşikler arasındaki gerilemeler, her üç kombinasyon arasında önemliydi. Usnik asit ile konsalazinik asit, konsalazinik asit ile salazinik asit ve usnik asit ile salazinik asit arasındaki ilişkinin tümü anlamlıydı. *Arctoparmelia centrifuga* tarafından üretilen ikincil bileşikler arasındaki regresyon analizleri, önemli bir ilişki gösterdi. Usnik asit ve atranorin miktarındaki değişiklikler önemlidir. (Deduke ve ark. 2012).

Konsalazinic asit ve salazinik asit arasındaki ilişki, kimyasal olarak oldukça benzer oldukları ve salazinik asidin bir ko-metaboliti olarak kabul edildiği uzun zamandır bilinmektedir.

Kuzey ve güney bölgelerin her biri için metabolitlerin oranı benzer olduğundan, bazıları birbiriyle önemli bir ilişki gösterdi. Çevresel değişiklikler metabolitlerin üretimini koordine edebilir. Usnik asidin salazinik asit ile koordineli üretimi, usnik asit ve salazinik asidin hava kirliliği ve antioksidan davranış nedeniyle benzer etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Usnik asit ve konsalazinik asit arasındaki anlamlı ilişkinin de olması beklenmektedir. Eğer konsalazinik, salazinik asidin bir eş metabolitiyse ve usnik, salazinik ile önemli ölçüde artıyorsa, o zaman, konsalazinik de usnik ile artacaktır. Usnik asit ve atranorin olmak üzere iki kortikal bileşiğin koordineli üretimi de önemli bir ilişkidir. Salazinik ve konsalazinik asitler arasındaki ilişki biyojenik ilişki ile açıklanabilir. Ancak usnik asit ve farklı yollardan üretilen atranorin arasındaki ilişkinin biyojenik bir ilişkisi yoktur ve çevresel değişimlerle açıklanabilir. Sıcaklıktaki artışlar, daha yüksek sıcaklıkların liken biyolojisi üzerindeki etkilerini azaltmak için salazinik asit gibi ikincil metabolitlerin artışını gerektirebilir. Sıcaklık ve salazinik asit üretimi arasındaki ilişkinin, metabolitin hidrofobik özelliklerinin etkisiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. (Deduke ve ark. 2012).

4.3.6. *Cladonia pyxidata* Analizlerinin Sonuçları



Şekil 79. Fumarprotosetrarik asidin kimyasal yapısı (Nayaka ve Haridas 2020)

Cladonia pyxidata sonuçlarımızda fumarprotosetrarik asit ($C_{22}H_{16}O_{12}$) ve atranorin ($C_{19}H_{18}O_8$) bulunmuştur. İki bileşikte UV koruyucu bileşiklerdir. Atranorin *Cladonia pyxidata*'da fazla bulunan bileşik değildir. Ancak bazı çalışmalarda görülmüştür. Yazın toplanan *Cladonia pyxidata*'da atranorin bulunması, likenin kendini UV ışından koruyabileceği sonucunu verir.

Veres ve ark. (2022) çalışmasının temel amacı, fotobiyont ve mikobiyontun liken tallusu içindeki ışığa uyum ve ışıktan korunmaya katkılarını ortaya çıkarmaktır. Bir kumulun güneybatı ve kuzeydoğuya bakan bir tarafından (mikro habitatlar) alınmıştır. Liken metabolitleri 280 nm'de

(usnik asit), 240 nm'de (fumarprotocetraric asit) ve 233 nm'de (atranorin) tespit edildi. *C. furcata* ile karşılaştırıldığında, *C. magyarica* daha yüksek atranorin konsantrasyonu göstermiştir. Atranorin, yalnızca *C. furcata*'da önemli mevsimsel değişiklik gösterirken yaz ve ilkbaharda kış ve sonbahara göre daha düşüktü. *C. magyarica*'da atranorin, mikro habitatlar veya mevsimler arasında değişiklik göstermedi. Mikrohabitat, *C. furcata*'daki atranorin miktarı üzerinde dikkate değer bir etkiye sahipti. Atranorin genellikle ilkbahar ve sonbaharda kurakta nemli mikro habitatlardan daha yüksektir. *Cladonia furcata* diğer iki *Cladonia* türüne kıyasla iki kat daha yüksek fumarprotosetrarik asit konsantrasyonu bulunur. *C. furcata* (kış ve sonbahara göre yaz ve ilkbaharda daha düşük konsantrasyon) ve *C. foliacea* örneklerinde fumarprotocetraric asit konsantrasyonunda mevsimsel bir değişiklik tespit edildi. *C. magyarica*, *C. furcata* ve *C. foliacea*'da gölge thalli'ye kıyasla daha yüksek fumarprotocetraric asit konsantrasyonu gösterirken, *C. magyarica*'da mikrohabitat fumarprotocetraric asit miktarını etkilememiştir (Veres ve ark. 2022a).

C. foliacea'da usnik asit ve fumarprotocetraric asit miktarı kışın yaza göre daha yüksek konsantrasyonlar göstermiştir. Ayrıca, fotosentetik yapının enerji akışının kış ve sonbahar boyunca verimli bir şekilde çalıştığını gösterir. Ayrıca kuruma kaynaklı söndürmenin nemli mevsimlerde azaldığını ve ilkbahar sonu ve yaz aylarında arttığını gösterilmiştir. Sonbaharda ortalama olarak uyarma enerjisinin üçte birinden fazlası, yarı kurak kumlu otlaklarda yılın en verimli dönemine yol açan fotokimyasal süreçler tarafından kullanıldı. Liken ve karayosunlarının klorofil içeriğinde sıcaklığın önemli bir rolü vardır. (Veres ve ark. 2022a). *C. convoluta* ve *C. rangiferina*'da ortak fumarprotocetraric asit bulunurken, tüm *Stereocaulon* türleri atranorini ana bileşik olarak sentezler. *C. convoluta*'nın diğer iki *Cladonia* türünden zıt morfolojik görünümleri aracılığıyla ayırt edilmesi kolaysa; bu, iki *Stereocaulon* türü, *S. vulcani* ve *S. vesuvianum* için geçerli değildi. Ayrıca, bu son türler için ikincil metabolitlerin HPTLC-UV profili, onları ayırt etmek için tam olarak kesin değildir. (Le Corvec ve ark. 2016).

Büyük coğrafi ölçeklerde incelenen diğer ikincil metabolitler arasında alectoronic asit, a-collatolic asit ve ağaç kabuğu üzerinde büyüyen bir kabuksu liken olan *Tephromela atra* tarafından üretilen atranorin bulunur. Lokaliteler arasında önemli bir farklılık görülürken doku yaşı, otlatma veya üreme stratejisi ile hiçbir ilişki görülmemiştir *Cladonia chlorophaea* kompleksi üzerine yapılan bir çalışmada, fumarprotosetrarik asit seviyeleri, Kuzey Carolina kıyılarından eyaletin iç kesimlerindeki Appalacian dağlarına kadar arttı. Dağ popülasyonlarında daha yüksek seviyelerde fumarprotocetrarik asitin bu coğrafi gradyanını, dağlarda kıyı bölgesine göre daha sert çevresel koşullara karşı koruma sağlar. Çevre ikincil metabolit üretimini etkiliyorsa, bir tür dağılımı üzerinde çevresel koşulların bir gradyanı boyunca değişiklikler gözlemlenmelidir. (Deduke ve ark.

2012).

Fumarprotosetrarik asidin madde sınıfı. β-Orcinol depsidonlar. *Cladonia phyllophora* Ehrh. *C. foliacea* ve *C. furcata* ve diğer likenlerde bulunur. *C. foliacea* ve *C. furcata*'dan izole edilen fumarprotocetraric asit, çeşitli bakteri suşlarına karşı potansiyel antimikrobiyal aktivite gösterirken, Antarktika likenlerinden izole edilen fumarprotocetraric asit zayıf, ancak konsantrasyon ve zamana bağlı sitotoksisite gösterdi. (Nayaka ve Haridas 2020).

C. foliacea için usnik asit ve fumarprotocetrarik asit miktarı kışın yaza göre daha yüksek konsantrasyonlar gösterdi. (Veres ve ark. 2022a). Yaz ve kış toplanan tallus arasındaki hafif mevsimsel farklılık bu açıdan önemli değildir. Hem usnik hem de fumarprotosetrarik asitler açısından yaz ve kış toplanan örneklerin konsantrasyonları arasında önemli bir fark vardır. Tallus, kışın yaza göre nispeten daha fazla usnik asit ve fumarprotocetrarik asit içerir. Bu maddelerin metabolizması hakkında çok az şey bilinmesine rağmen, bazı ılıman kserofil *Cladonia* türlerinin (*C. foliacea* dahil – *C. convoluta* olarak) talin tabakalarının kalınlığının haklı olduğu mevsimlere göre değişmektedir. Bu nedenle yaz ve kış toplanan tallusların tabaka kompozisyonları açısından farklı olduğu düşünülebilir. Ayrıca, HPTLC çalışmaları sırasında fumarprotocetrarik asidin orta derecede suda çözünürlüğü gözlemlenmiştir, bu nedenle bu maddenin yağışlı ve kurak dönemlerin geçişi sırasında önemli bir dinamiği olması gerekir. Fumarprotosetrarik asit için UV koruma rolü bildirilmemiştir. Bununla birlikte, hipotezimize göre medullanın fumarprotocetrarik asit içeriği, kuru durumda yukarı doğru dönen soluk alt yüzey loblarının rolünü yansıtan güneş ışınımına katkıda bulunabilir (Farkas ve ark. 2020).

Cladonia foliacea, Macaristan'da ova bozkırlarında ve dağ otlak topluluklarında açık, kuru ve güneşe maruz kalan habitatlarda nispeten bol bulunan, korkunç bir liken türüdür. Avrupa'da yaygın olarak dağılmıştır ve Kuzey Amerika'nın kuzey yarımküre ılıman bölgesinde de bulunur. Fumarprotocetraric asit medüller ve fotosentetik katmanda da tespit edilmiştir. Alt kortikal katman gelişmemiştir ve fotobiyont *Asterochloris sp.,* Trebouxiaceae'dir. Liken metabolitleri 280 nm'de (usnik asit) ve 240 nm'de (fumarprotosetrarik asit) tespit edildi. (Veres ve ark. 2022 b).

Tüm araştırma süresi boyunca hem kontrol hem de işlenmiş numunelerde, ova ve dağ thalli arasında fumarprotosetrarik asit ve usnik asit konsantrasyonlarında oldukça önemli bir fark vardı. Fumarprotosetrarik asit konsantrasyonu dağda ova örneklerinden daha yüksekken, usnik asit konsantrasyonu dağ tallusundan önemli ölçüde daha yüksekti. (Veres ve ark. 2022 b).

Kurutulmuş durumda, beyaz medulla ve hif üzerindeki fumarprotosetraric asit kristalleri radyasyonu yansıtabilir, böylece algleri fotohasara karşı korur. Likenikol mantar *Didymocyrtis cladoniicola*, kontrol tallusuna göre durulanan asetonda nispeten daha boldu; bu nedenle, aseton işleminin likenler ve likenikol mantar ilişkisi üzerinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Aseton tedavisine bağlı olarak kortekste usnik asit ve medullada fumarprotosetrarik asit seviyeleri düşerek mantar thalli üzerinde daha kolay yayılabileceğinden, usnik asit ve fumarprotocetrarik asidin antifungal rolü varsayılabilir (Veres ve ark. 2022 b).

Cladonia pyxidata psoromik asit içermesiyle diğer taksonlardan kimyasal olarak ayrılır. Orcinol depsidon fumarprotocetraric asit içerir. (Ahti 1980). *Cladonia chlorophaea* ve *Cladonia pyxidata* trompet biçimli podesyuma sahip en yaygın likenler arasındadır. Çok değişken kimyaya ve oldukça tekdüze morfolojiye sahiptirler. *Cladonia klorophaea* ve *Cladonia pyxidata* arasındaki ayrım bile, ilkinde sored varlığına dayalı olarak, bu yazarlar tarafından sürdürülmemektedir. (Coassini-Lokar ve ark. 1986). *Cladonia pyxidata* atranorin, fumarprotocetraric asit, kalsiyum oksalat, çinko içerir. (Culberson 1970). *Cladonia pyxidata* fumarprotocetraric asit kompleksi içerir (Tsurykau ve Golubkov 2015). *Cladonia pyxidata* her zaman ilgili maddelerle birlikte fumarprotocetraric asit üretir. Bazen yağ asitleri de bildirilmiştir (Kowalewska ve ark. 2008).

Cladonia pyxidata toprakta, nadiren ahşap üzerinde, özellikle Cascade Dağları'nın doğusundaki iç yerleşim yerlerinde bulunur. Kimya. -K- veya K+ soluk sarıdan soluk kahverengiye dönüşmektedir. KC-, Pd+ kırmızı; fumarprotosetrarik asit vardır. Bu türün geniş, derin bir sifisi, kalıcı, uzunlamasına buruşuk bir dış korteksi ve kısa bir ucu vardır. Bu türün tüm scyphus iç kısımlarında, *olgun C. chlorophaea, C. dimorpha, C. pulvinella* ve *C.fimbriata*'da da bulunabilen peltat pulcuklar bulunur. Bu türün bölgede yaygın olarak dağıldığı düşünülür ancak coğrafi olarak kısıtlıdır. (Hammer 1995). Yapraksı *Cladonia foliacea,* frutikoz *Cladonia furcata, Cladonia magyarica* ve kabuksu *Diploschistes muscorum* ek olarak, placodioid *Gyalolechia fulgens* yapraksı *Xanthoparmelia pokornyi* popülasyonları toplandı, ancak yalnızca açıkta GB'ye bakan mikro habitatlarda bulundu. *Cladonia* türlerinde çeşitli *Asterochloris* türleri, *G. fulgens* ve *X. pokornyi*'de *Trebouxia* türleri bulunur. *Diploschistes muscorum*, ömrü boyunca fotobiyont değiştirir. Erken aşamada, *Cladonia* türlerinden yakalanan *Asterochloris*'e sahiptir; daha sonra çeşitli *Trebouxia* türleri ile değiştirildi. Örnekler, bir kumulun GB ve KD'ye bakan bir tarafından (mikro habitatlar) alınmıştır. Liken metabolitleri 280 nm'de (usnik asit), 240 nm'de (fumarprotocetraric asit) ve 233 nm'de (atranorin) tespit edildi (Veres ve ark. 2022a). Kosanić ve ark. (2014) *Cladonia pyxidata, Cladonia rangiferina* ve *Cladonia furcata* likenlerinin antikanser, antimikrobiyal ve antioksidan etkilerini araştırırken atranorin ve fumarprotosetrarik asit kullanmışlardır (Kosanić ve ark. 2014).

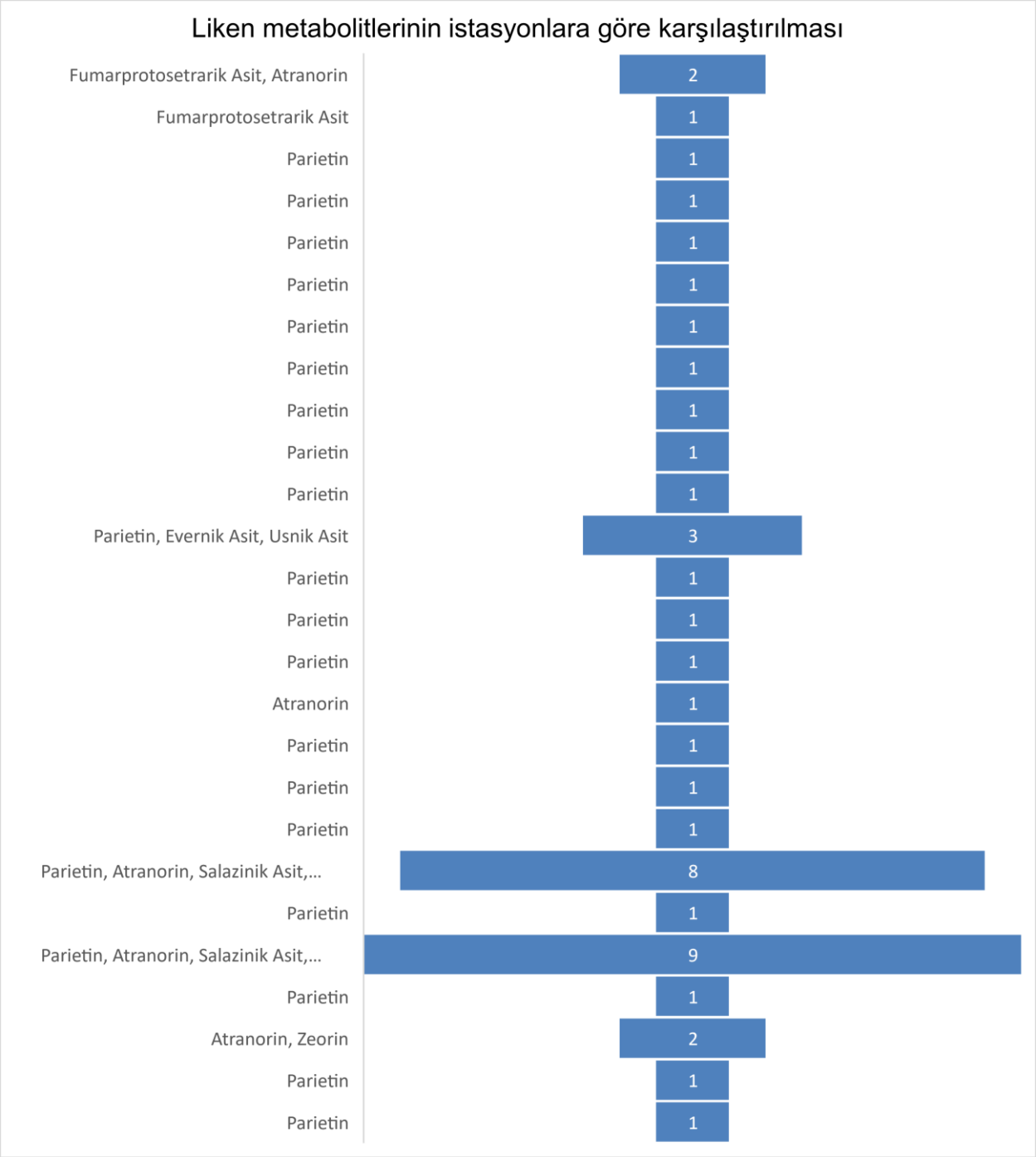
Sonuç ve literatür karşılaştırıldığında *Cladonia pyxidata*'da atranorin bulunabileceği ispatlanmıştır.

4.4. İstatistiksel Analizler

*Cladonia pyxidata'*da bulunan fumarprotosetratik asit ve atranorinin*, Evernia prunastri'*de bulunan evernik asit ve usnik asidin*, Flavoparmelia caperata'd*a bulunan protosetratik, konprotosetrarik ve kaperatik asidin*, Parmelia sulcata'*da bulunan atranorin, salazinik asidin ve konsalazinik asidin, *Physcia adscendens*'de bulunan atranorin ve zeorinin *ve Xanthoria parietina*'dan parietinin bulundukları istasyonlara göre dağılımını gösteren veri grafiği oluşturulup Tablo 5'te türlere göre bileşik sayısı gösterilirken istasyonlarda olan bileşikler Şekil 80'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Liken türlerinin içerdiği bileşikler

Tür Adı	**Bileşik Adı**
Cladonia pyxidata	Fumarprotosetrarik Asit, Atranorin
Evernia prunastri	Usnik Asit, Evernik Asit
Flavoparmelia caperata	Kaperatik Asit, Protosetrarik Asit, Konprotosetrarik Asit
Parmelia sulcata	Atranorin, Salazinik Asit, Konsalazinik Asit
Physcia adscendens	Atranorin, Zeorin
Xanthoria parietina	Parietin



Şekil 80. Liken metabolitlerinin istasyonlara göre karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

Farklı habitatlardan toplanan likenlerin ultraviyole ışınlara karşı verdiği tepkiler incelenmiştir. Sonuçlar farklı türlerin, farklı habitatlarda, farklı bileşikler ürettiğini göstermektedir. Liken türleri İstanbul'un farklı ilçelerinden toplanıp floresan mikroskobu ve HPTLC deneyleri yapılmıştır. HPTLC deneyinde likenlerin hangi bileşikleri ürettiği bulunurken floresan mikroskobu deneyleri o bileşiklerin hangi renkte ışıma yaptığını göstermiştir. Bulunan sonuçlar literatürle de desteklenmiştir.

Yapılan deneylerde istasyonlardan *Xanthoria parietina*, kozmopolit bir liken olduğundan İstanbul genelinde habitatlardan en çok toplanan tür olmuştur. *Xanthoria parietina*'da UV koruyucu bileşik parietin bulunmuştur.

Bunun yanında *Physcia adscendens, Parmelia sulcata* ve *Cladonia pyxidata*'da atranorin bulunmuştur. *Cladonia pyxidata*'da atranorin çok sık görülen bir bileşik değildir. Fakat literatürle karşılaştırdığımızda atranorin bazı çalışmalarda bulunmuştur. UV koruyucu bileşik olan atranorinin bulunması, bu türün UV etkilerine karşı kendisini koruduğunu göstermiştir.

Evernia prunastri'de evernik asit ve usnik asit bulunmuştur. Usnik asit UV koruyucu özellik göstermiştir.

Flavoparmelia caperata'da bulunan protosetrarik, konprotosetrarik ve kaperatik asitler UV koruyucu bileşiklerdir.

*Physcia adscendens'*te atranorinin yanı sıra bir diğer UV koruyucu bileşik zeorin bulunmuştur.

Parmelia sulcata'da atranorinle salazinik ve konsalazinik asit bileşikler bulunmuştur. Bu bileşiklerin UV koruyucu özellikleri vardır.

Cladonia pyxidata'da bulunan bir diğer bileşik ise fumarprotosetrarik asittir ve UV koruyucu bileşiktir.

Bu tezde çalışılan farklı habitatlardaki likenlerin UV koruma rolleri gelecekteki çalışmalara da öncü olacaktır.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Ahti, T. (1980). Nomenclatural Notes On *Cladonia* Species. The Lichenologist, 12(1), 125-133.
2. Akbulut, V. M. (2022). *Xanthoria parietina* Likeninden Parietin İzolasyonu Ve Kimyasal Modifikasyonları (Master's Thesis, Eskişehir Teknik Üniversitesi).
3. Armaleo, D., Zhang, Y., & Cheung, S. (2008). Light Might Regulate Divergently Depside And Depsidone Accumulation İn The Lichen Parmotrema Hypotropum By Affecting Thallus Temperature And Water Potential. Mycologia, 100(4), 565-576.
4. Arup, U., Ekman, S., Lindblom, L., & Mattsson, J. E. (1993). High Performance Thin Layer Chromatography (HPTLC), An İmproved Technique For Screening Lichen Substances. The Lichenologist, 25(1), 61-71.
5. Avan, İ., & Akbulut, V. M. (2023). Synthesis And Antioxidant Evaluation Of O-Methylated Emodacidamides: Starting From Parietin, A Secondary Metabolite Of Lichen *Xanthoria parietina*. Chemistry & Biodiversity, 20(1), E202200771.
6. Bednaříková, M., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2023). Non-İnvasive Monitoring Of Photosynthetic Activity And Water Content İn Forest Lichens By Spectral Reflectance Data And RGB Colors From Photographs. Fungal Ecology, 62, 101224.
7. Biľová, I., Goga, M., & Bačkor, M. (2019). Physiological Responses Of *Xanthoria parietina* To Longterm Copper Excess: Role Of The Extracellular Secondary Metabolite Parietin. Botanica Serbica, 43(2), 133-142.
8. Bokhorst, S., Asplund, J., & Convey, P. (2021). Intra-Specific Variation İn Lichen Secondary Compounds Across Environmental Gradients On Signy Island, Maritime Antarctic. Polar Biology, 1-11.
9. Chowdhury, D. P., Solhaug, K. A., & Gauslaa, Y. (2017). Ultraviolet Radiation Reduces Lichen Growth Rates. Symbiosis, 73, 27-34.
10. Coassini-Lokar, L., Nimis, P. L., & Ciconi, G. (1986). Chemistry And Chorology Of The *Cladonia chlorophaea-pyxidata* Complex (Lichenes, Cladoniaceae) İn Italy. Webbia, 39(2), 259-273.
11. Comini, L. R., Morán Vieyra, F. E., Mignone, R. A., Páez, P. L., Laura Mugas, M., Konigheim, B. S., ... & Borsarelli, C. D. (2017). Parietin: An Efficient Photo-Screening Pigment İn Vivo With Good Photosensitizing And Photodynamic Antibacterial Effects İn Vitro. Photochemical & Photobiological Sciences, 16, 201-210.

12. Culberson, W. L. (1969). The Use Of Chemistry İn The Systematics Of The Lichens. Taxon, 18(2), 152-166.

13. Culberson, C. F. (1970). Supplement To" Chemical And Botanical Guide To Lichen Products". Bryologist, 177-377.

14. Culberson, W. L. (1986). Chemistry And Sibling Speciation İn The Lichen-Forming Fungi: Ecological And Biological Considerations. Bryologist, 123-131.

15. Cung, K., Galvan, L., Osborne, H., & Spiegel, S. (2021). The Effects Of Sunlight And Slope On The Lichen Community Of The Sweeney Granite Mountains Reserve. CEC Res, 52, 1-7.

16. Çobanoğlu, G. (2015). The Use Of Lichens For Biomonitoring Of Atmospheric Pollution. Sigma Journal Of Engineering And Natural Sciences, 33(4), 591-613.

17. Çobanoğlu, G., Sesal, C., Açıkgöz, B., & Karaltı, İ. (2016). Evaluation Of Antimicrobial Activity Of The Lichens Physcia Aipolia, *Xanthoria parietina*, *Usnea florida*, *Usnea subfloridana* And *Melanohalea exasperata*. Modern Phytomorphology, 10, 21-26.

18. Çobanoğlu, G. (2021). Geçmişten Bugüne İstanbul Liken Çalışmaları Üzerine Bir Derleme. Bağbahçe Bilim Dergisi, 8(1), 259-266.

19. Dar, T. U. H., Dar, S. A., Islam, S. U., Mangral, Z. A., Dar, R., Singh, B. P., ... & Haque, S. (2022, November). Lichens As A Repository Of Bioactive Compounds: An Open Window For Green Therapy Against Diverse Cancers. In Seminars İn Cancer Biology (Vol. 86, Pp. 1120-1137). Academic Press.

20. Dayan, F. E., & Romagni, J. G. (2001). Lichens As A Potential Source Of Pesticides. Pesticide Outlook, 12(6), 229-232.

21. Deduke, C., Timsina, B., & Piercey-Normore, M. D. (2012). Effect Of Environmental Change On Secondary Metabolite Production İn Lichen-Forming Fungi. International Perspectives On Global Environmental Change. Intech, 197-230.

22. Díaz, E. M., Zamora, J. C., Ruibal, C., Divakar, P. K., González-Benítez, N., Le Devehat, F., ... & Molina, M. C. (2020). Axenic culture and biosynthesis of secondary compounds in lichen symbiotic fungi, the Parmeliaceae. *Symbiosis*, *82*, 79-93.

23. Farkas, E., Biró, B., Szabó, K., Veres, K., Csintalan, Z., & Engel, R. (2020). The Amount Of Lichen Secondary Metabolites İn *Cladonia foliacea* (Cladoniaceae, Lichenised Ascomycota). Acta Botanica Hungarica, 62(1-2), 33-48.

24. Fortuna, L., Adami, G., Princivalle, F., & Tretiach, M. (2021). New İnsight On Element Bioaccumulation Performance Of Two Lichen Biomonitors: When Morpho-Chemical Details Mark The Difference. Science Of The Total Environment, 782, 146360.

25. Furmanek, Ł., Czarnota, P. & Seaward, M.R.D. The Effect Of Lichen Secondary Metabolites On Aspergillus Fungi. Arch Microbiol 204, 100 (2022). Https://doi.Org/10.1007/S00203-021-02649-0

26. Galanty, A., Węgrzyn, M., Wietrzyk-Pełka, P., Fołta, M., Krośniak, M., Podolak, I., & Zagrodzki, P. (2021). Quantitative Variations Of Usnic Acid And Selected Elements İn Terricolous Lichen Cladonia Mitis Sandst., With Respect To Different Environmental Factors–A Chemometric Approach. Phytochemistry, 192, 112948.

27. Gauslaa, Y., & McEvoy, M. (2005). Seasonal Changes İn Solar Radiation Drive Acclimation Of The Sun-Screening Compound Parietin İn The Lichen *Xanthoria parietina*. Basic And Applied Ecology, 6(1), 75-82.

28. Gauslaa, Y., & Margrete Ustvedt, E. (2003). Is Parietin A UV-B Or A Blue-Light Screening Pigment İn The Lichen *Xanthoria parietina*?. Photochemical & Photobiological Sciences, 2, 424-432.

29. Gauslaa, Y. (2014). Rain, Dew, And Humid Air As Drivers Of Morphology, Function And Spatial Distribution İn Epiphytic Lichens. The Lichenologist, 46(1), 1-16.

30. Gauslaa, Y., Alam, M. A., Lucas, P. L., Chowdhury, D. P., & Solhaug, K. A. (2017). Fungal Tissue Per Se İs Stronger As A UV-B Screen Than Secondary Fungal Extrolites İn *Lobaria pulmonaria*. Fungal Ecology, 26, 109-113.

31. Gautam, A. K., Yadav, D., Bhagyawant, S. S., Singh, P. K., & Jin, J. O. (2021). Lichen: A Comprehensive Review On Lichens As A Natural Sources Exploring Nutritional And Biopharmaceutical Benefits. Progress İn Nutrition, 23(3).

32. 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.

33. Golovatskaya, I. F., & Laptev, N. I. (2023). Effect Of UV-B Radiation On Plants Growth, Active Constituents, And Productivity. In Plants And Their Interaction To Environmental Pollution (Pp. 25-60). Elsevier.

34. Goward, T., Burgess, D., & Region, P. R. F. (1996). Epıphytıc Macrocrolıchens As Indıcators Of Forest Antıquıty In The Kıspıox Valley (Ichmc Zone), Wıth Recommendatıons For The Desıgnatıon Of Specıal Management Areas.

35. Grimm, M., Grube, M., Schiefelbein, U., Zühlke, D., Bernhardt, J., & Riedel, K. (2021). The Lichens' Microbiota, Still A Mystery?. Frontiers İn Microbiology, 714.

36. Hammer, S. (1995). A Synopsis Of The Genus Cladonia İn The Northwestern United States. Bryologist, 1-28.

37. Huneck, S. (1999). The Significance Of Lichens And Their Metabolites. Die Naturwissenschaften, 86(12), 559-570.

38. Huneck, S., Yoshimura, I., Huneck, S., & Yoshimura, I. (1996). Identification Of Lichen Substances (Pp. 11-123). Springer Berlin Heidelberg.

39. Ingelfinger, R., Henke, M., Roser, L., Ulshöfer, T., Calchera, A., Singh, G., ... & Schiffmann, S. (2020). Unraveling The Pharmacological Potential Of Lichen Extracts İn The Context Of Cancer And İnflammation With A Broad Screening Approach. Frontiers İn Pharmacology, 11, 1322.

40. John, V., & Türk, A. (2017). *Türkiye likenleri listesi*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayını.

41. Kauppı, M., & Verseghy—Patay, K. l. a. r. a. (1990, January). Determination Of The Distribution Of Lichen Substances İn The Thallus By Fluorescence Microscopy. In Annales Botanici Fennici (Pp. 189-202). The Finnish Botanical Publishing Board.

42. Kosanić, M., Ranković, B., Stanojković, T., Rančić, A., & Manojlović, N. (2014). Cladonia Lichens And Their Major Metabolites As Possible Natural Antioxidant, Antimicrobial And Anticancer Agents. LWT-Food Science And Technology, 59(1), 518-525.

43. Kowalewska, A., Kukwa, M., Ostrowska, I., Jabłońska, A., Oset, M., & Szok, J. (2008). The Lichens Of The Cladonia Pyxidata-Chlorophaea Group And Allied Species İn Poland. Herzogia, 21, 61-78.

44. Kumari, N., Pathak, J., Dwivedy, A. K., & Sinha, R. P. (2021). Bioprospection Of UV-Screening Compounds From Lichens İnhabiting The Indian State Of Sikkim. Plant Arch, 21, 1168-1177.

45. Larsson, P., Večeřová, K., Cempírková, H., Solhaug, K. A., & Gauslaa, Y. (2009). Does UV-B İnfluence Biomass Growth İn Lichens Deficient İn Sun-Screening Pigments?. Environmental And Experimental Botany, 67(1), 215-221.

46. Lawrey, J. D. (1986). Biological Role Of Lichen Substances. Bryologist, 111-122.

47. Le Corvec, M., Boussard-Plédel, C., Charpentier, F., Fatih, N., Le Dare, B., Massart, F., ... & Devehat, F. L. (2016). Chemotaxonomic Discrimination Of Lichen Species Using An İnfrared Chalcogenide Fibre Optic Sensor: A Useful Tool For On-Field Biosourcing. RSC Advances, 6(110), 108187-108195.

48. Li, C., Liu, S., Zhang, W., Chen, K., & Zhang, P. (2019). Transcriptional Profiling And Physiological Analysis Reveal The Critical Roles Of ROS-Scavenging System İn The

Antarctic Moss Pohlia Nutans Under Ultraviolet-B Radiation. Plant Physiology And Biochemistry, 134, 113-122.

49. Lohézic-Le Dévéhat, F., Legouin, B., Couteau, C., Boustie, J., & Coiffard, L. (2013). Lichenic Extracts And Metabolites As UV Filters. Journal Of Photochemistry And Photobiology B: Biology, 120, 17-28.

50. Lõhmus, A., Motiejūnaitė, J., & Lõhmus, P. (2023). Regionally Varying Habitat Relationships İn Lichens: The Concept And Evidence With An Emphasis On North-Temperate Ecosystems. Journal Of Fungi, 9(3), 341.

51. Lücking, R., Dal-Forno, M., Moncada, B., Chaves, J. L., & Lawrey, J. D. (2014). The Enchanted Jungle. Fungi, 7, 2-3.

52. Lücking, R., Hodkinson, B. P., & Leavitt, S. D. (2017). The 2016 Classification Of Lichenized Fungi İn The Ascomycota And Basidiomycota–Approaching One Thousand Genera. The Bryologist, 119(4), 361-416.

53. Mafole, T. C., Chiang, C., Solhaug, K. A., & Beckett, R. P. (2017). Melanisation İn The Old Forest Lichen *Lobaria pulmonaria* Reduces The Efficiency Of Photosynthesis. Fungal Ecology, 29, 103-110.

54. Mafole, T. C., Solhaug, K. A., Minibayeva, F. V., & Beckett, R. P. (2019). Occurrence And Possible Roles Of Melanic Pigments İn Lichenized Ascomycetes. Fungal Biology Reviews, 33(3-4), 159-165.

55. McEvoy, M., Nybakken, L., Solhaug, K. A., & Gauslaa, Y. (2006). UV Triggers The Synthesis Of The Widely Distributed Secondary Lichen Compound Usnic Acid. Mycological Progress, 5, 221-229.

56. McEvoy, M., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2007). Changes İn Pools Of Depsidones And Melanins, And Their Function, During Growth And Acclimation Under Contrasting Natural Light İn The Lichen *Lobaria pulmonaria*. New Phytologist, 175(2), 271-282.

57. 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.

58. Morillas, L., Roales, J., Cruz, C., & Munzi, S. (2021). Resilience Of Epiphytic Lichens To Combined Effects Of İncreasing Nitrogen And Solar Radiation. Journal Of Fungi, 7(5), 333.

59. Morillas, L., Roales, J., Cruz, C., & Munzi, S. (2022). Non-Toxic İncreases İn Nitrogen Availability Can İmprove The Ability Of The Soil Lichen *Cladonia rangiferina* To Cope With Environmental Changes. Journal Of Fungi, 8(4), 333.

60. Mükemre, M., Zengin, G., Türker, R. S., Aslan, A., & Dalar, A. (2021). Biological Activities And Chemical Composition Of *Xanthoria* Lichens From Turkey. International Journal Of Secondary Metabolite, 8(4), 376-388.

61. Nash, T. H. (Ed.). (1996). Lichen Biology. Cambridge University Press.

62. Nayaka, S., & Haridas, B. (2020). Bioactive Secondary Metabolites From Lichens. Plant Metabolites: Methods, Applications And Prospects, 255-290.

63. Nayaka, S., & Rai, H. (2022). Antarctic Lichen Response To Climate Change: Evidence From Natural Gradients And Temperature Enchantment Experiments. Assessing The Antarctic Environment From A Climate Change Perspective: An Integrated Approach, 235-253.

64. Ndhlovu, N. T., Minibayeva, F., & Beckett, R. P. (2022). Unpigmented Lichen Substances Protect Lichens Against Photoinhibition Of Photosystem II İn Both The Hydrated And Desiccated States. Acta Physiologiae Plantarum, 44(12), 123. A

65. Nguyen, K. H., Chollet-Krugler, M., Gouault, N., & Tomasi, S. (2013). UV-Protectant Metabolites From Lichens And Their Symbiotic Partners. Natural Product Reports, 30(12), 1490-1508.

66. Nybakken, L., Solhaug, K. A., Bilger, W., & Gauslaa, Y. (2004). The Lichens *Xanthoria elegans* And *Cetraria islandica* Maintain A High Protection Against UV-B Radiation İn Arctic Habitats. Oecologia, 140, 211-216.

67. Osyczka, P., & Rola, K. (2013). Phenotypic Plasticity Of Primary Thallus İn Selected Cladonia Species (Lichenized Ascomycota: Cladoniaceae). Biologia, 68(3), 365-372.

68. Özcan, V. E., Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., & Oran, S. (2022). Physiological Responses Of Epiphytic Lichens To Air Quality Of Nilüfer District İn Bursa City.

69. Özyiğitoğlu, G. Ç., Açıkgöz, B., & Sesal, C. (2017). Lichen Secondary Metabolites: Synthesis Pathways And Biological Activities. Acta Biologica Turcica, 29(4), 150-163.

70. Özyiğitoğlu, G. (2017). Türkçe Liken Terminolojisi İçin Yeni Öneriler. *Avrasya Terim Dergisi*, *5*(2), 14-18.

71. Özyiğitoğlu, G., Al-Amoody, A. A., Yayman, D., Tuğçe, K. a. a. n., Özkök, E. A., Özcan, A., & Ezgi, Ö. z. e. n. (2020). Role Of Lichen Secondary Metabolities And Pigments UV-Screening Phenomenon İn Lichens. Acta Biologica Turcica, 33(1), 35-48.

72. Paluszczak, J., Kleszcz, R., Studzińska-Sroka, E., & Krajka-Kuźniak, V. (2018). Lichen-derived caperatic acid and physodic acid inhibit Wnt signaling in colorectal cancer cells. *Molecular and Cellular Biochemistry*, *441*, 109-124.

73. Paukov, A., Teptina, A., Morozova, M., Kruglova, E., Favero-Longo, S. E., Bishop, C., & Rajakaruna, N. (2019). The Effects Of Edaphic And Climatic Factors On Secondary Lichen Chemistry: A Case Study Using Saxicolous Lichens. Diversity, 11(6), 94.

74. Paukov, A., Teptina, A., Ermoshin, A., Kruglova, E., & Shabardina, L. (2022). The Role Of Secondary Metabolites And Bark Chemistry İn Shaping Diversity And Abundance Of Epiphytic Lichens.

75. Pedišius, V. (2020). UV-B Absorbing And Bioactive Secondary Compounds İn Lichens *Xanthoria elegans* And *Xanthoria parietina*: A Review. Czech Polar Reports, 10(2), 252-262.

76. Phinney, N. H., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2019). Why Chartreuse? The Pigment Vulpinic Acid Screens Blue Light İn The Lichen *Letharia vulpina*. Planta, 249, 709-718.

77. Rai, H., & Gupta, R. K. (2022). Lichenized Fungi, A Primary Bioindicator/Biomonitor For Bio-Mitigation Of Excessive Ambient Air Nitrogen Deposition Worldwide. In Relationship Between Microbes And The Environment For Sustainable Ecosystem Services, Volume 1 (Pp. 267-301). Elsevier.

78. Rajaprabu, N., & Ponmurugan, P. (2022). Phorophyte Specificity Of Lichen Community, With Ecological Taxation İn Suruli Watershed, Southern Western Ghats. Asian Journal Of Conservation Biology, 11(1), 66-76.

79. Rastogi, A., Yadav, S., Kumari, P., Sinha, R.K. (2022). UV-B And Its Climatology. In: Kataria, S., Singh, V.P. (Eds) UV-B Radiation And Crop Growth. Plant Life And Environment Dynamics. Springer, Singapore. Https://Doi.Org/10.1007/978-981-19-3620-3_2

80. Sargsyan, R. R., Tsurykau, A., & Panosyan, H. (2021). Lichen Microbiome: Diversity Biological Role And Biotechnological Application. Microbes İn Microbial Communities: Ecological And Applied Perspectives, 195-213.

81. Sharma, R., Singh, N. (2022). Introduction To UV-B Radiation. In: Kataria, S., Singh, V.P. (Eds) UV-B Radiation And Crop Growth. Plant Life And Environment Dynamics. Springer, Singapore. Https://Doi.Org/10.1007/978-981-19-3620-3_1

82. 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.

83. Shukla, V., Patel, D. K., Bajpai, R., Semwal, M., & Upreti, D. K. (2016). Ecological İmplication Of Variation İn The Secondary Metabolites İn Parmelioid Lichens With Respect To Altitude. Environmental Science And Pollution Research, 23, 1391-1397.

84. Singh, J., Dubey, A. K., & Singh, R. P. (2011). Antarctic Terrestrial Ecosystem And Role Of Pigments İn Enhanced UV-B Radiations. Reviews İn Environmental Science And Bio/Technology, 10, 63-77.

85. Singh, J., & Singh, R. P. (2014). Adverse Effects Of UV-B Radiation On Plants Growing At Schirmacher Oasis, East Antarctica. Toxicology International, 21(1), 101.

86. Singh, J., Singh, R. P., & Khare, R. (2022). Higher Rate Of Pigment Synthesis İn Antarctic Plants: A Strategy Of Survival Under UV Radiations. Assessing The Antarctic Environment From A Climate Change Perspective: An Integrated Approach, 255-275.

87. Solhaug, K. A., & Gauslaa, Y. (2004). Photosynthates Stimulate The UV-B İnduced Fungal Anthraquinone Synthesis İn The Foliose Lichen *Xanthoria parietina*. Plant, Cell & Environment, 27(2), 167-176.

88. Solhaug, K. A., Larsson, P., & Gauslaa, Y. (2010). Light Screening İn Lichen Cortices Can Be Quantified By Chlorophyll Fluorescence Techniques For Both Reflecting And Absorbing Pigments. Planta, 231, 1003-1011.

89. Solhaug, K. A., & Gauslaa, Y. (2012). Secondary Lichen Compounds As Protection Against Excess Solar Radiation And Herbivores. Progress İn Botany 73, 283-304.

90. Spribille, T., Resl, P., Stanton, D. E., & Tagirdzhanova, G. (2022). Evolutionary Biology Of Lichen Symbioses. New Phytologist, 234(5), 1566-1582.

91. Thakur, M., Shrikhandia, S. P., & Kumar, V. (2022). A Lichens-Mediated Mechanism For Environmental Biodeterioration. Air, Soil And Water Research, 15, 11786221221131004.

92. Tsurykau, A., & Golubkov, V. (2015). The Lichens Of The *Cladonia pyxidata-chlorophaea* Complex İn Belarus. Folia Cryptogamica Estonica, 52, 63-71.

93. Ünal, D., & Uyanıkgil, Y. (2011). UV-B İnduces Cell Death İn The Lichen *Physcia semipinnata* (JF Gmel). Turkish Journal Of Biology, 35(2), 137-144.

94. Váczi, P., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2018). Efficient Fungal UV-Screening Provides A Remarkably High UV-B Tolerance Of Photosystem II İn Lichen Photobionts. Plant Physiology And Biochemistry, 132, 89-94.

95. Varol, M., Tay, T., Candan, M., Türk, A., & Koparal, A. T. (2015). Evaluation Of The Sunscreen Lichen Substances Usnic Acid And Atranorin. Biocell, 39(1), 25-31.

96. Varol, M. (2018). Photoprotective Properties Of Natural Pulvinic Acid Derivatives Toward Ultraviolet-Induced Damages. International Journal Of Secondary Metabolite, 5(4), 319-330.

97. Veres, K., Csintalan, Z., Laufer, Z., Engel, R., Szabó, K., & Farkas, E. (2022). Photoprotection And High-Light Acclimation İn Semi-Arid Grassland Lichens–A Cooperation Between Algal And Fungal Partners. Symbiosis, 1-16. A)

98. Veres, K., Sinigla, M., Szabó, K., Varga, N., & Farkas, E. (2022). The Long-Term Effect Of Removing The UV-Protectant Usnic Acid From The Thalli Of The Lichen *Cladonia foliacea*. Mycological Progress, 21(9), 83. B)

99. Vicol, I. (2014). Environmental Quality İn Forests From Bucharest Metropolitan Area, Romania. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), 13(12).

100. Vicol, I. (2022). Impacts Of Vehıcular Traffıc On *Xanthoria parietina* Populatıons Along And Far From Roads Wıthın Varıous Landscapes. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), 21(1).

101. Yousuf, S., & Choudhary, M. I. (2014). Lichens: Chemistry And Biological Activities. *Studies İn Natural Products Chemistry*, *43*, 223-259.

102. Index fungorum (www.indexfungorum.org/names/names.asp)

103. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hava Kalitesi İzleme Raporları (https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Pages/Reports)

ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenimini 2002-2010 yılları arasında İlhami Ertem İlköğretim Okulu'nda; ortaöğretimi ise 2010-2014 yılları arasında İntaş Lisesinde tamamladı. 2016-2020 yılları arasında Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji bölümünden mezun oldu. 2020 Ekim Ayı'nda Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2022 Ekim ayında 5. IPSAT Kongresinde sözlü sunum yaptı. 2023 Nisan ayında "Doğa ve Bilimle İlgili Terim ve Kavramların Yükseköğretimde Bilinme Düzeyinin Araştırılması" adlı araştırma makalesinin yazarlarından biridir. Yabancı dili İngilizce'dir