

EDİTÖR

Prof. Dr. Hasan AKGÜL

BİYOLOJİ

Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

MART
2025

İmtiyaz Sahibi • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni • Eda Altunel
Yayına Hazırlayan • Gece Kitaplığı
Editör • Prof. Dr. Hasan AKGÜL

Birinci Basım • Mart 2025 / ANKARA

ISBN • 978-625-388-285-3

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan
hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Adres: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt
No: 22/A Çankaya/ANKARA Tel: 0312 384 80 40

www.gecekitapligi.com
gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt
Bizim Buro
Sertifika No: 42488

Biyoloji Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

Mart 2025

Editör:
Prof. Dr. Hasan AKGÜL

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

CANNABİS SATİVA VE MEME KANSERİ: KOMET YÖNTEMİYLE YENİ NESİL KANSER TEDAVİLERİNDE BİYOLOJİK GÜÇ

İlayda ÜNAL, Dilek PANDIR.....1

BÖLÜM 2

KAYSERİ KENT ORMANI LİKENLERİ

Fadime SELÇUK, Mustafa KOCAKAYA17

BÖLÜM 3

SULAKYURT TABİAT PARKI (KIRIKKALE) LİKENLERİ

Nazlıgül MAZLUM, Mehmet Ünsal BARAK,

Esra Özge AYGÜL 35

BÖLÜM 1

CANNABIS SATİVA VE MEME KANSERİ: KOMET YÖNTEMİYLE YENİ NESİL KANSER TEDAVİLERİNDE BİYOLOJİK GÜÇ

İlayda ÜNAL¹

Prof. Dr. Dilek PANDIR²

1 Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

0009-0002-1805-312X

2 Yozgat Bozok Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

0000-0001-5954-0632

Meme kanseri, meme bezi epitel dokusunda gelişen ve kötü huylu karaktere sahip bir tümördür. Dünya genelinde, kadınlarda en yaygın görülen kanser türlerinden biri olmasının yanı sıra, az gelişmiş ülkelerde kansere bağlı ölümlerin başlıca nedeni olarak öne çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise akciğer kanserinin ardından ikinci en yaygın kanser türü olarak kaydedilmektedir. Meme kanserinin görülme sıklığı, yaşam tarzı, genetik yatkınlık, çevresel faktörler ve hormonal değişiklikler gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir. Erken teşhis, tedavi seçeneklerinin etkinliği ve genetik incelemelerin arttığı son yıllarda, meme kanseri üzerine yapılan araştırmalar, bu hastalığın daha iyi anlaşılmasını ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, meme kanserinin genetik ve moleküler düzeydeki etkileri ve tedaviye yanıtları üzerine yapılan araştırmalar, hastalığın daha etkin şekilde yönetilmesinin temelini atmaktadır (Razak vd., 2019).

Amerikan Kanser Derneği'nin (ACS) 2023 yılına ait verilerine göre, meme kanseri dünya genelinde kadınlar ve erkekler arasında önemli sağlık sorunlarından biri olmaya devam etmektedir. Bu yıl için tahmin edilen 300.590 yeni meme kanseri vakasından 2800'ü erkeklerde, 297.790'ı ise kadınlarda görülmektedir. Bununla birlikte, meme kanseri kaynaklı ölümler de kayda değer bir endişe kaynağıdır; 2023'te meme kanserine bağlı ölümlerin 530'u erkeklerde, 43.170'i ise kadınlarda olması beklenmektedir. Bu veriler, meme kanserinin toplumda ne kadar yaygın ve ölümcül bir hastalık olduğuna dikkat çekerken, aynı zamanda kanserle mücadelede daha fazla araştırma ve tedavi stratejisine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, genotoksik etkiler ve potansiyel tedavi seçenekleri hakkında yapılacak araştırmalar, bu hastalığın anlaşılmasına ve tedavi edilebilirliğine önemli katkılar sağlayabilir (Panneerselvam vd., 2024).

GLOBOCAN 2020 verileri, Hindistan'da meme kanserinin oldukça yüksek bir sağlık sorunu olduğunu ortaya koymaktadır. Bu verilere göre, Hindistan'da 178.361 yeni meme kanseri vakası kaydedilmiş olup, 90.408 ölüm ise meme kanserine bağlanmaktadır. Bu istatistikler, meme kanserinin Hindistan'da önemli bir sağlık tehdidi oluşturduğunu ve kanserle mücadelede etkili stratejilerin geliştirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu yüksek vaka ve ölüm oranları, kanserin erken teşhisi ve tedavi yöntemlerinin iyileştirilmesi için daha fazla araştırma ve yenilikçi tedavi seçeneklerine duyulan ihtiyacı güçlendirmektedir. Bu bağlamda, genotoksik etkiler ve potansiyel tedavi ajanlarının araştırılması, hastalığın biyolojik mekanizmalarını daha iyi anlamak ve tedaviye yönelik yeni yaklaşımlar geliştirmek için kritik öneme sahiptir (Ferlay vd., 2021; Mehrotra & Yadav, 2022).

Meme kanserinin moleküler alt tipleri, hastalığın biyolojik çeşitliliğini anlamak ve tedaviye yönelik stratejiler geliştirmek açısından önem-

li bir araştırma alanı oluşturmuştur. Özellikle, üçlü negatif meme kanseri (TNBC) ve üçlü pozitif meme kanseri (TPBC) hücreleri, klinik ve moleküler düzeyde büyük bir ilgiye sahiptir. Üçlü negatif meme kanseri, östrojen reseptörü (ER), progesteron reseptörü (PR) ve HER2 reseptörünün eksikliği ile karakterize edilen, genellikle daha agresif seyreden ve sınırlı tedavi seçeneklerine sahip bir alt tip olarak bilinir. Öte yandan, üçlü pozitif meme kanseri hücreleri, östrojen reseptörü (ER), progesteron reseptörü (PR) ve HER2 reseptörünün hepsini ifade eden ve daha iyi tedavi yanıtları gösterebilen bir alt tip olarak kabul edilir (Dukhanina vd., 2022).

MCF-7 hücreleri, hormon bağımlı meme kanseri hücreleri olarak, üçlü pozitif meme kanseri (TPBC) alt tipine ait örneklerden biridir. Bu hücreler, östrojen reseptörlerini (ER) yüzeylerinde taşıyan, dolayısıyla hormon tedavilerine duyarlı olan hücrelerdir. MCF-7 hücreleri, hormon tedavisi (özellikle östrojen ve anti-östrojen tedavisi) ve kanser tedavisindeki mekanizmaların incelenmesi için yaygın olarak kullanılan bir *in vitro* modeldir. Bu özellikleri, bu hücrelerin, hormon bağımlı meme kanseri üzerinde yapılan farmakolojik ve genetik araştırmalar için önemli bir model olmasını sağlar. Östrojenin hücre büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmak ve hormon bağımlı meme kanserinin tedavi seçeneklerini geliştirmek için MCF-7 hücre hattı, klinik araştırmalarda sıkça başvurulan bir sistemdir (Niazvand vd., 2019).

Üçlü pozitif meme kanseri (TPBC), klinik ve patolojik özellikler açısından daha agresif bir profil sergileyen bir kanser türüdür. Bu türün klinikopatolojik özellikleri genellikle daha yüksek tümör derecesi, büyük tümör hacmi ve kötü prognoz ile ilişkilidir. TPBC'li hastalarda, tümörler genellikle daha hızlı büyür ve invazyon kapasitesi artmıştır. Bu da hastalığın erken evrelerde tespit edilmesini zorlaştırarak, tedaviye direnç ve kötü sonuçlar doğurabilir. Ayrıca, TPBC'nin belirgin vaskülatürizasyonu ve sinir invazyonu gibi özellikler, kanser hücrelerinin çevre dokulara yayılma potansiyelini artırır ve tümörün sistemik yayılmasını kolaylaştırır (Canpolat vd., 2023).

TPBC'nin tedaviye duyarlılığı, klinik pratikte büyük bir avantaj sağlasa da bu hastalığın yönetimi genellikle karmaşıktır. TPBC hastalarında kullanılan tedavi seçenekleri, östrojen ve progesteron reseptörlerinin varlığı sayesinde hormon tedavilerini içerirken, HER2 pozitifliği nedeniyle HER2 hedefli tedaviler de uygulanmaktadır. Trastuzumab gibi HER2 inhibitörleri, bu alt tipi olan hastalar için önemli tedavi seçenekleridir ve genellikle tedaviye olumlu yanıt verir. Ancak, TPBC'li hastalarda tedaviye direnç gelişimi, bu hastalığın uzun dönem yönetiminde önemli bir sorundur. Östrojen reseptörü pozitifliği, tedavi sürecinde bazen hormon tedavilerine karşı direnç gelişmesine neden olabilir, bu da tedavi seçeneklerini sınırlayabilir (Wittliff & Daniels, 2024).

Ayrıca, TPBC'nin heterojen yapısı, her hasta için tek bir tedavi yaklaşımının yeterli olmayabileceğini gösterir. Hastaların genetik yapıları ve tümör mikro çevresi de tedaviye yanıtı etkileyebilir. Bu sebeple, TPBC'li hastaların tedavisinde daha fazla kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda, TPBC için yeni tedavi stratejileri ve kombine tedavi protokollerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu alandaki ilerlemeler, hastaların tedaviye daha iyi yanıt vermesini ve tedavi sürecinde yaşanan direnç sorunlarının üstesinden gelinmesini sağlamayı hedeflemektedir (Yang vd., 2025).

Aksiller lenf nodu metastazı, TPBC'nin yayılma eğiliminde önemli bir faktördür. Bu tip kanserlerde, aksiller lenf nodlarında metastaz görülme olasılığı daha yüksektir ve bu durum, hastalığın evresinin ileri olmasına ve tedaviye olan cevabın azalmasına yol açabilir. Ayrıca, TPBC'li hastalarda uzak metastaz gelişme riski de daha yüksektir; özellikle kemik metastazları bu hastalar için daha yaygın bir durumdur. Bu metastatik yayılım, tedavi sürecinde önemli bir zorluk yaratırken, hastalığın daha karmaşık ve tedaviye dirençli hale gelmesine neden olabilir. Bu klinikopatolojik özelliklerin birleşimi, TPBC'nin neden daha kötü prognoza sahip olduğunu ve tedavi süreçlerinin neden daha karmaşık hale geldiğini açıkça ortaya koymaktadır. TPBC'li hastaların tedavi sürecinde kişiselleştirilmiş yaklaşımlara duyulan ihtiyaç, bu hastalığın heterojen yapısının ve yayılma özelliklerinin göz önünde bulundurulmasıyla daha da belirginleşmektedir. Bu sebeple, erken tanı ve agresif tedavi stratejileri, hastaların prognozunu iyileştirmek adına kritik önem taşımaktadır (Elsers vd., 2021; Pegram vd., 2023).

TPBC'nin biyolojik özelliklerinin derinlemesine anlaşılması, moleküler düzeydeki mekanizmaların ve kanser hücrelerinin direnç geliştirme yollarının aydınlatılması, gelecekte daha etkili tedavi seçeneklerinin ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır. Bu bağlamda, TPBC'li hastalar üzerinde yapılan araştırmalar, hastalığın biyolojik temellerini keşfetmek ve tedavi stratejilerini optimize etmek açısından kritik öneme sahiptir (Alzahrani vd., 2019).

Kanser tedavisinin en büyük zorluklarından biri, kanser hücrelerinin apoptozdan (programlanmış hücre ölümünden) kaçma yeteneği nedeniyle tedaviye direnç geliştirmeleridir. Apoptozun engellenmesi, kanser hücrelerinin anormal şekilde çoğalmasına ve tümörlerin büyümesine neden olur. Bu direnç mekanizmaları, kanser tedavisinin başarısını olumsuz yönde etkileyebilir ve tedavi sürecini karmaşık hale getirebilir. Cerrahi, radyoterapi ve kemoterapi gibi geleneksel tedavi yöntemleri, kanser tedavisinde hala temel dayanaklar olarak kabul edilse de bu yöntemlerin sınırlı etkinlikleri ve sağlıklı dokulara zarar verme riskleri önemli endişeler yaratmaktadır (Inbaraj & Chen, 2020).

Cerrahi m¼dahale, t¼m¼r¼n fiziksel olarak ¼ıkarılmasını amaçlasa da bazı kanser h¼creleri operasyon sırasında ya da sonrasında geride kalabilir ve yeniden t¼m¼r oluşumuna neden olabilir. Radyoterapi, kanser h¼crelerini hedef alarak y¼ksek enerjili iyonlaştırıcı ışınlar kullanırken, aynı zamanda ¼evredeki sağlıklı dokuları da etkileyebilir, bu da tedavi sırasında ciddi yan etkilerin ortaya ¼ıkmasına yol a¼abilir. Kemoterapi ise, hızlı b¼l¼nen h¼creleri hedef alır; ancak kanser dışındaki hızlı b¼l¼nen h¼creler (¼rneęin, kemik iliği h¼creleri, sa¼ folik¼lleri) de tedaviye maruz kalır ve bu da genellikle kemoterapinin yan etkilerinin başlıca nedenidir (Feng vd., 2022).

Bu tedavi y¼ntemlerinin sınırlı etkinlikleri ve yan etkileri, kanser tedavisinde daha hedeflenmiş ve etkili alternatiflerin geliştirilmesine olan ihtiyaçı artırmaktadır. Son yıllarda imm¼noterapiler, hedefe y¼nelik tedaviler ve genetik tedavi gibi yenilikçi tedavi y¼ntemleri, kanser tedavisinde ¼nemli ilerlemeler kaydetmiştir (Akeren & Hintistan, 2021). Ancak, bu tedavilerin de ¼eřitli zorlukları ve sınırlamaları bulunmaktadır. Bu nedenle, kanser tedavisinin geleceği, tedaviye dirençli h¼creleri hedef alan daha spesifik ve az yan etkiye sahip tedavi y¼ntemlerinin geliştirilmesine dayanacaktır. Bu nedenle, kanser tedavisinde yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesi b¼y¼k ¼nem taşımaktadır. ¼zellikle, normal h¼celere karşı radyoproteksiyon sağlayan, ancak kanser h¼crelerine karşı radyosensitizasyon etkisi g¼stererek, tedavi s¼recinin etkinliğini artırabilen ve toksik etkileri minimuma indiren yeni ila¼ların araştırılması gerekmektedir. Bu t¼r ila¼lar, kanser tedavisinin etkinliğini artırırken, sağlıklı dokulara olan zararları azaltarak, tedaviye bağlı yan etkilerin en aza indirilmesine yardımcı olabilir. Hem sağlıklı h¼celere zarar vermemek hem de kanser h¼crelerini hedef alarak tedaviye duyarlı hale getirmek, tedavi s¼reçlerinin başarılı olmasında kritik bir rol oynamaktadır (Kelleci vd., 2024).

Biyoflavonoidler gibi doğal bileşiklerin kanser tedavisindeki potansiyeli dikkat ¼ekmektedir. Biyoflavonoidler, bitkiler ve mantarlardan elde edilebilen, kanser ¼nleyici, antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel ve antiviral gibi bir¼ok biyolojik aktiviteye sahip bileşiklerdir. Bu ¼zellikleri sayesinde, biyoflavonoidler, kanser h¼crelerinin b¼y¼mesini engellemeye ve t¼m¼rlerin yayılmasını inhibe etmeye yardımcı olabilir. Ayrıca, oksidatif stresin ve iltihaplanmanın kanser gelişimindeki rol¼ g¼z ¼n¼nde bulunduğunda, biyoflavonoidlerin antioksidan ve antiinflamatuvar etkileri, kanser tedavisinin desteklenmesi i¼in ¼nemli bir potansiyel sunmaktadır (Demir, 2024).

Biyoflavonoidlerin, kanser h¼crelerine karşı olan etkileri, molek¼ler d¼zeydeki mekanizmalarla da ilişkilidir. ¼rneęin, bu bileşiklerin kanser h¼crelerinin proliferasyonunu inhibe etme, apoptozu ind¼kleme ve metastazı engelleme gibi etkileri g¼zlemlenmiřtir. Aynı zamanda, biyoflavo-

noidlerin kemoterapi ve radyoterapi gibi geleneksel tedavi yöntemleriyle kombinasyon halinde kullanılması, tedaviye karşı gelişebilecek direnç mekanizmalarını aşmaya yardımcı olabilir. Bu alandaki araştırmalar, biyoflavonoidlerin kanser tedavisinde potansiyel bir alternatif veya destek tedavi olarak kullanılabilceğini göstermektedir (Molani & Kheirouri, 2022).

Biyoflavonoid olan *Cannabis sativa* L., kanser ve ilgili komplikasyonların tedavisinde geleneksel olarak kullanılan önemli tıbbi bitkilerden biridir. Tarihsel olarak tekstil lifleri ve tohum yağı üretimi için yaygın olarak kullanılan bir bitkidir. Ancak son yıllarda, bu bitkinin farmakolojik potansiyeli nedeniyle yeniden büyük bir ilgi görmeye başlanmıştır. Kanser tedavisinde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. (Roncati vd., 2021). Yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, kanabinoidlerin ve *C. sativa* özlerinin, kanser hücrelerinin büyümesini engelleme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kanabinoidler, *C. sativa* bitkisinde bulunan ve endokanabinoid sistemi üzerinde etkili olan bileşiklerdir. Bu bileşikler, özellikle CB1 ve CB2 kanabinoid reseptörleri aracılığıyla hücre büyümesini, apoptozu (programlanmış hücre ölümü) ve metastazı düzenleyen sinyal yollarını etkilemektedir (Beşir & Mortaş, 2022).

Araştırmalar, kanabinoidlerin kanser hücrelerini hedef alarak proliferasyonlarını inhibe edebileceğini, apoptozu teşvik edebileceğini ve metastatik yayılımı engelleyebileceğini göstermektedir. Bu etkiler, kanabinoidlerin kanser hücrelerinin biyolojik işlevlerini bozarak tümörlerin büyümesini ve yayılmasını sınırlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Ladin vd., 2016).

Fitokanabinoidler, endokanabinoid sistemi üzerindeki etkileriyle tanınır ve bu sistem, vücuttaki birçok biyolojik süreci düzenler, özellikle ağrı, iltihaplanma, hücre büyümesi ve bağışıklık fonksiyonu gibi. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu bileşiklerin kanser tedavisindeki potansiyel faydalarını keşfetmeye yönelik önemli adımlar atmıştır. Özellikle, *C. sativa*'nın bileşenlerinin tümör hücrelerinin büyümesini inhibe etme, metastatik yayılımı engelleme ve apoptozu (programlanmış hücre ölümü) tetikleme gibi etkileri, kanser tedavisinde umut verici bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir (Gökgöz & Can, 2021).

C. sativa'nın antikanser özellikleri, özellikle kanabinoidlerin hücre büyümesini engelleme, apoptoz (hücre ölümü) indüklemeye ve metastatik yayılımı engelleme gibi mekanizmalarla ilişkilidir. Yapılan bazı prelinik ve klinik çalışmalar, kanabinoidlerin, kemoterapi ve radyoterapi gibi geleneksel tedavi yöntemlerine yardımcı olabileceğini, tedaviye dirençli kanser hücrelerini daha duyarlı hale getirebileceğini ve tedavi sırasında yaşanan yan etkilerin (örneğin bulantı, ağrı, iştah kaybı) yönetilmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle CBD, antioksidan özellikleriyle

hücrel hasarı azaltabilir ve kanser tedavisinin yan etkilerini hafifletebilir (Schanknecht vd., 2023).

Ayrıca, *C. sativa*'nın anti-inflamatuar etkileri, özellikle kanserin gelişiminde önemli rol oynayan inflamasyonun kontrol altına alınmasında faydalı olabilir. İnflamasyon, kanser hücrelerinin büyümesini ve metastaz yapmasını teşvik edebilen bir faktördür; dolayısıyla fitokannabinoidler, bu süreçleri engelleyerek kanserin ilerlemesini yavaşlatabilir. Bunun yanı sıra, *C. sativa* bileşiklerinin, kemoterapi ve radyoterapi gibi geleneksel tedavi yöntemlerine karşı gelişen dirençleri aşmaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Ancak, *C. sativa*'nın kanser tedavisindeki potansiyelini tam anlamıyla değerlendirebilmek için daha fazla klinik araştırma ve laboratuvar çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu bitkinin kullanımına ilişkin güvenlik ve dozaj konularında daha fazla veri sağlanması, terapötik etkilerinin optimum düzeyde kullanılması için gereklidir. Fitokannabinoidlerin, kanser tedavisinde mevcut tedavi yöntemleriyle kombinasyon halinde daha etkili sonuçlar verebileceği ümit edilmektedir (Kis vd., 2019).

Sonuç olarak, psikoaktif olmayan kanabinoidlerin, kanser tedavisinde hem ana tedavi yöntemlerinin yan etkilerini hafifletmede hem de tümör büyümesini engellemede önemli bir rol oynayabileceği görülmektedir. *C. sativa*'nın kanser tedavisindeki potansiyeli, modern tıp alanındaki gelişmelerle birlikte daha geniş çapta incelenmeye başlanmış olsa da bu bitkinin terapötik kullanımı konusunda daha fazla bilimsel araştırmaya ve klinik deneylere ihtiyaç duyulmaktadır (Erukainure vd., 2021).

Komet Testi veya tek hücre jel elektroforezi deneyi, tek bir hücre seviyesinde DNA hasarını tespit etmek için yaygın olarak kullanılan, hızlı ve hassas bir yöntemdir. Bu test, DNA hasarını görsel olarak değerlendirmeye dayanır ve hücrelerin kuyruk uzunluğu, şekli ve DNA'nın hareketi gibi parametreler kullanılarak sınıflandırılır. Komet Testi'nin temel prensibi, hücrelerin negatif yüklü DNA iplikçiklerinin bir elektrik alanı etkisi altında agaroz jeli boyunca hareket etmesidir. DNA'nın bu hareketi, DNA'nın yapısal bütünlüğü hakkında bilgi verir. Normalde sağlam DNA molekülleri daha küçük bir mesafe kat ederken, DNA hasarına uğramış moleküller daha uzun mesafeler kat eder ve bu da "kuyruklu yıldız" benzeri bir şekil oluşumuna yol açar. Kuyruk şeklinin boyutu, şekli ve miktarı, DNA hasarının seviyesinin belirlenmesinde kritik bir rol oynar (Collins vd., 2023).

Komet Testi, DNA'da meydana gelen çeşitli hasar türlerini tespit edebilir, özellikle DNA iplikçik kırılmalarını (tek iplikçik kırılmaları), alkali kararsız bölgeleri ve çapraz bağlanmaları ortaya çıkarabilir. Hasarın oluşumu, alkali tedavi sonrası DNA'daki kırılmaların artması ile daha belirgin hale gelir, bu da DNA göçünü artırır. Bu tür DNA kırılmaları, hücredeki hasarın büyüklüğü ve doğası hakkında önemli bilgiler sağlar. Testin has-

sasiyeti, hücrelerin her birinin DNA hasarına verdiği tepkiyi mikroskopik düzeyde belirlemeye imkan tanır. Ayrıca, komet testi tek başına ya da belirli enzimlerle birlikte uygulanabilir ve farklı DNA hasarı türlerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak için kullanılabilir. Bu özellikleri, Komet Testi'ni genotoksik araştırmalar ve biyomarkör analizi gibi alanlarda önemli bir araç yapmaktadır (Azqueta vd., 2020).

MATERYAL VE METOT

DeneySEL Çalışmalar

Bu çalışmada, hücre bazlı işlemler sırasında sterilizasyon koşullarına büyük bir özen gösterilmiş ve hücrelerin stres altına girmemesi için kullanılan çözelti ve çözücüler 37°C'de işlem görmüştür. Ayrıca, santrifüj işlemleri, hücrelerin bütünlüğünü koruyabilmek adına düşük RPM hızında ve 5 dakikalık aralıklarla gerçekleştirilmiştir, böylece prosedür sırasında mümkün olan en hassas yaklaşım benimsenmiştir. Araştırma kapsamında, *C. sativa*'nın antikanser özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiş olup, uygun model olarak hormon bağımlı meme kanseri hücre hattı olan MCF-7 seçilmiştir. Kullanılan MCF-7 hücre hattı, Amerikan Tıp Kültür Merkezi (ATCC) firmasından temin edilmiştir. Bu hücre hattı, kanser tedavisi araştırmalarında yaygın olarak kullanılan, hormon reseptörlerine duyarlı olan ve yaygın olarak antikanser etki değerlendirmelerinde tercih edilen bir modeldir.

Kenevirin Ekstrakte Edilmesi

50 g öğütülmüş kenevir yaprağı alınarak 300 ml %100 DMSO ile bir başlangıç alikotu eklendi ve ardından oda sıcaklığında 15 dakika boyunca maserasyona tabi tutuldu. Daha sonra ekstrakt kâğıt filtreden geçirildi ve kalıntı, aynı prosedürle üç kez ek 200 ml ekstraksiyon çözücüsü ile ekstrakte edildi. Ekstraktlar birleştirildi ve daha sonra döner buharlaştırıcı ile vakum altında kurumaya bırakıldı. Kenevir ekstresi, plaka yüzeyinde kirli bir görüntü oluşumunu engellemek ve partiküllerden arındırmak amacıyla 0,22 mikronluk bir filtre aracılığıyla süzüldü.

Hücre Kültürünün Hazırlanışı

Bu çalışmada, *C. sativa* bitkisinin meme kanseri hücreleri üzerindeki koruyucu etkileri incelenmiştir. MCF-7 hücre hattı model olarak seçilmiştir. Hücreler, RPMI-1640 besi ortamında, 37°C'de ve %95 nem oranına sahip bir atmosferde, %5 CO₂ ortamında inkübe edilerek büyütülmüştür. Hücrelerin temini, Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu (ATCC) üzerinden

gerçekleştirilmiştir. Tüm hücre kültürü işlemleri, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Edebiyat Fakóltesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarı'nda titizlikle gerçekteştirilmiştir. Bu ortamda, hücrelerin sağlıklı bir şekilde büyümesi ve çoğalması için gerekli olan tüm koşullar, sterilizasyon ve kalite kontrol prosedürlerine uygun olarak sağlanmıştır.

Komet Testi

MCF-7 hücreleri, flask yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde büyüdükten sonra, Tripsin-EDTA kullanılarak hücrelerin yapıştığı yüzeyden ayrıldı ve hücre sayımı yapıldı. Ardından, 6'lı plaklara her bir kuyucuğa 2×10^5 hücre üzerinde çalışılacak şekilde ekim işlemi gerçekteştirilmiştir. Hücreler, 24 saat boyunca 37°C 'de ve %5 CO_2 iğeren inkübatörde inkübasyona bırakıldı. Hücrelerin bulunduğu kuyucuklara, $0.12 \mu\text{M}$ *C. sativa* ekstraktı iğeren uygulama dozları eklenerek besiyeri ile karıştırıldı ve 24 saat süreyle inkübe edilmek üzere inkübatöre alındı.

24 saatlik inkübasyon süresinin ardından, *C. sativa* ekstraktı ile muamele edilen hücreler PBS ile seyreltildi. Farklı derişimlerden alınan örnekler, 1:1 oranında düşük erime noktalı agaroz (LMA) ile karıştırıldı. Ardından, yüksek erime noktalı agaroz (NMA) ile önceden kaplanmış lamlar üzerine bu karışımlar serildi ve üzeri, donmadan önce lamel ile kapatıldı. Hazırlanan preparatlar $+4^\circ\text{C}$ 'de inkübe edildi. Agarozu donan preparatların üzerindeki lameller dikkatlice çıkarıldı ve lamlar, lizis çözeltilisi iğeren şalelere dizildi. Lizisten çıkarılan preparatlar, elektroforez çözeltilisi ile doldurulmuş elektroforez tankına yerleştirildi ve 200V'da elektroforez işlemi gerçekteştirildi.

Elektroforez tankından çıkarılan preparatlar, 15 dakika süreyle distile su (dH_2O) iğinde bekletildi. Su iğindeki preparatlar daha sonra kurutma kağıdına alınarak kurutuldu. Ardından, preparatlar %0.5'lik EtBr (Etyidium Bromür) çözeltilisi ile boyandı ve floresan mikroskopu altında değerlendirme yapıldı. Floresan mikroskop ile yapılan gözlemler sırasında, kontrol ve uygulama gruplarının DNA hasarları fotoğraflanarak kaydedildi. Bu sayede, *C. sativa* ekstraktının DNA üzerindeki etkileri, farklı derişimlere bağlı olarak incelendi ve karışlaştırıldı.

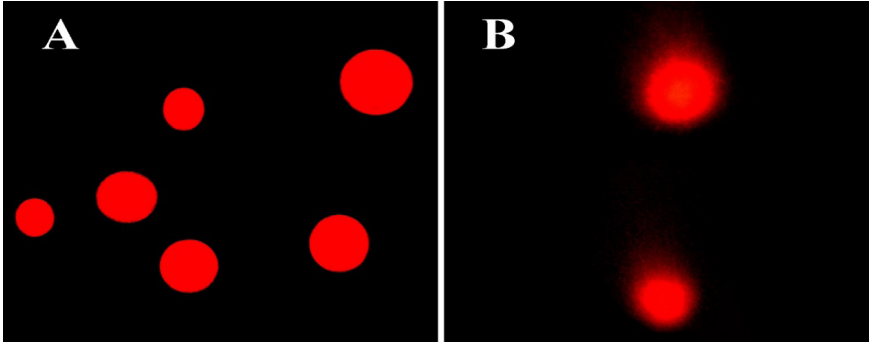
BULGULAR

Komet Testi

MCF-7 kanser hücrelerine $0.12 \mu\text{M}$ konsantrasyonunda uygulanan *C. sativa* ekstraktının genotoksik etkileri, DNA hasarını ölçmek için kullanılan Komet Testi ile değerlendirilmiştir. Hasara bağlı kuyruk uzunlukları

görsel olarak Şekil 1’de sunulmaktadır. Şekilde, kontrol grubunda DNA hasarının bulunmadığı ve çekirdeklerin sağlam olduğu gözlemlenirken, *C. sativa* ekstraktı dozuyla birlikte kuyruk uzunluğunun arttığı, çekirdekten uzaklaştıkça DNA ipliklerinin hasar gördüğü belirlenmiştir.

Hücrelerde gözlemlenen DNA hasarına ilişkin parametreler, % DNA, kuyruk uzunluğu ve kuyruk momenti gibi ölçütler kullanılarak istatistiksel olarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1’de sunulmuştur. Bu parametrelerin ortalama değerleri, uygun dozajın hücrelerdeki genotoksik etkilerle nasıl ilişkilendiğini ve *C. sativa* ekstraktının DNA üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 1. MCF-7 hücrelerinin *C. sativa* uygulama grubu ve floresan mikroskop ile çekilen fotoğrafları. MCF-7 kontrol grubu (A), 0.12 µg/mL *C. sativa* uygulanan grup (B).

Tablo 1. MCF-7 hücrelerinde kontrol ve uygulama grubunda DNA hasarının (\pm SD) % DNA, kuyruk uzunluğu ve kuyruk momentinin ortalama değerleri

Gruplar	DNA Kuyruk %	K u y r u k Uzunluğu	Kuyruk Moment
	\pm SD	\pm SD	\pm SD
Kontrol	12,76 \pm 3,18	3,018 \pm 0,5	0,385 \pm 0,01
0.12 µg/mL	92,17 \pm 6,5	14,30 \pm 1,3	13,18 \pm 0,08

SONUÇ VE TARTIŞMA

Kanserle ilgili yapılan bilimsel araştırmalar, kanser hücrelerinin kontrolsüz ve hızla bölünüp çoğaldığını ortaya koymuştur. Bu durum, kanserin canlı yaşamının bir parçası olduğunu gösteren önemli bulgulardan biridir (Sert & Küçükılınç, 2022).

Yapılan bir araştırmada, çeşitli kanser turlerinde endokannabinoid sistem bileşenlerinin ekspresyon seviyelerinde önemli değişiklikler tespit edilmiştir. Bu bulgular, özellikle endokannabinoidlerin ve bu sistemle ilişkili reseptörlerin ekspresyon düzeylerinin, tümörlerin gelişimi, yayılımı ve tedaviye yanıtı üzerinde doğrudan etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bu değişikliklerin, kanser tedavisinde potansiyel yenilikçi yaklaşımlar için bir temel oluşturabileceği düşünölmektedir (Fraguas-Sánchez vd., 2018).

Yapılan analizlerde CBD'nin etkileri arasında CB1, CB2 ve TRPV1 reseptörlerinin aktivasyonu, kanser hücrelerinde apoptozis indüksiyonu, tümörlerin invazivliğinin, göçünün ve metastazının baskılanması, ayrıca kemoterapötik ilaçların etkinliğinin artırılması yer almaktadır. Çalışma, CBD'nin kanser tedavisinde olumlu sonuçlar sunabileceğini öne sürmektedir (Heider vd., 2022).

Kenevir üzerine yapılan bir çalışmada psikoaktif olmayan *C. sativa* çeşitlerinden elde edilen ekstraktların kimyasal bileşimini UHPLC-HRMS kullanarak karakterize etmiş ve insan kronik miyelojenöz lösemi hücre hattı K562'de antiproliferatif aktivite değerlendirmiştir. Sonuçlar, kanna-bidiol (CBD) bakımından zengin özütün K562 hücrelerinin çoğalmasını doza bağlı bir şekilde inhibe ettiğini ve apoptozu indüklediğini göstermiştir. Bu, kaspaz 3 ve 7'nin aktivasyonu, mitokondriyal membran potansiyelinde önemli bir düşüş ve sitokrom c'nin sitozole salınması ile kanıtlanmıştır. Ayrıca, ekstraktın, Mikropipet Aspirasyon Tekniği kullanılarak değerlendirildiğinde hücrelerin mekanik özelliklerini değiştirdiği de tespit edilmiştir. Bu bulgular, kenevir özütünün ve saf bileşeni CBD'nin, potansiyel olarak diğer antikanser ilaçlarla kombinasyon halinde, miyeloproliferatif hastalıkların tedavisinde potansiyel uygulamalara sahip olabileceğini göstermektedir (Anceschi vd., 2022).

Bir çalışma kapsamında *C. sativa*'nın etanol (EtOH) ve metanol (MeOH) ekstraktlarının A375 melanom ve RMG-1 normal hücre hatları üzerindeki etkileri çeşitli deneysel yöntemlerle değerlendirilmiştir. MTT testi sitotoksik etkileri doğrudan, Cytosmart floresan mikroskopisi hücre morfolojisinde belirgin değişiklikler olduğunu göstermiştir. Kaspaz 3/7 aktivite analizleri, özütlerin erken apoptotik etkilere neden olduğunu ortaya koymuştur. qPCR analizleri, özütlerle ve siRNA ile muamelenin RBBP6 ve Bcl2 genlerini aşağı regüle ederken, p53 gen ekspresyonunu artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, RBBP6'nın melanom gelişiminde kritik bir rol oynayabileceğini ve *C. sativa* ekstraktlarının melanom tedavisinde potansiyel terapötik ajanlar olabileceğini ortaya koymaktadır (Mukosi & Motadi, 2023).

Bir çalışmada, *C. sativa* sulu ekstraktlarının anjiyogenez, nitrik oksit (NO) üretimi, oksidatif stres ve sitotoksosite üzerindeki etkilerini değer-

lendirmiştir. EC ekstraktı, VEGF baskılanmasında LS ekstraktına kıyasla daha etkili bulunmuştur (20 ve 100 µg/mL). NO inhibisyonu, 1.6 µg/mL konsantrasyonda EC için %91, LS için %76 olarak belirlenmiştir. MCF-7 hücrelerinde glutasyon ve katalaz seviyeleri artarken, MDA seviyesi azalmıştır. CBD ve THCA içeriği belirlenmiş, ekstraktlar 0.78125-100 µg/mL aralığında seçici sitotoksik etki göstermiştir. Bu bulgular, *C. sativa*'nın kanser tedavisindeki potansiyelini desteklemektedir (Erhabor vd., 2024).

Bachari ve ark., *C. sativa* özütü PHEC-66'nın MM418-C1, MM329 ve MM96L dahil olmak üzere çeşitli melanom hücre hatlarına karşı anti-proliferatif etkilerini ilk kez rapor eden çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, *C. sativa*'dan elde edilen PHEC-66 ekstraktının test edilen melanom hücre hatlarına karşı doza bağlı antiproliferatif aktivite sergilediğini göstermiştir. Bu bulgular PHEC-66'nın melanom tedavisi için farmakoterapötik bir ajan olarak umut verici bir potansiyele sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, PHEC-66 ekstraktının güvenliğini, etkinliğini ve klinik uygulamalarını değerlendirmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Bachari vd., 2023).

Çalışmamızda, DNA hasarının kontrolü ve tespiti amacıyla komet testi kullanılmıştır. Komet testi, genetik materyalin tek ve çift sarmallarındaki kırıkları, hatalı onarılan bölgeleri ve alkali kararsız alanları tespit etmeye yönelik bir yöntemdir. Araştırmamızda, belirli dozda uygulanan *C. sativa*'nın, MCF-7 meme kanseri hücre hattı üzerinde DNA hasarına yol açarak kanser hücrelerine karşı koruyucu bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Etkin LC50 dozunun kullanıldığı ve kontrol grubunun karşılaştırıldığı incelemelerde, hücre sayısında belirgin bir azalma tespit edilmiştir. *C. sativa*'nın etkin dozunda, kanserli hücreler üzerinde daha fazla DNA hasarı meydana getirerek daha güçlü bir etki sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, *C. sativa*'nın antikanser özelliklere sahip olabileceğini ve meme kanseri hücreleri üzerinde koruyucu etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Kenevir ekstresinin hücresel düzeydeki etkileri, kanser hücrelerinin proliferasyonunu ve invazyonunu inhibe etme potansiyeline işaret etmektedir. Ayrıca, bu bitkinin bileşenlerinin gelecekte kanser tedavisinde potansiyel bir ajan olarak kullanılabilirliği yönünde önemli veriler sunulmuştur. Bununla birlikte, kenevirin antikanser etkinliğinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için ileri düzeyde prelinik ve klinik araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu bulgular, *C. sativa*'nın kanser tedavisinde alternatif bir tedavi seçeneği olarak gelecekteki olasılıklarını desteklemektedir.

KAYNAKLAR

- Akeren, Z., & Hintistan, S. (2021). Kanser Hastalarının Semptom Yönetiminde Aromaterapi Kullanımı. *Sakarya Üniversitesi Holistik Sağlık Dergisi*, 4(3), 136-154. <https://doi.org/10.54803/sauhsd.837654>
- Alzahrani, W., Althoubaity, F., Alsobhi, D., Mohamed, Y., AlMutairi, A., Sindi, D., Alharbi, R., & Zaidi, N. (2019). Clinicopathological features and metastatic pattern of triple-positive breast cancer among female patients at a tertiary care hospital. *Cureus*, 11(12), e6458. <https://doi.org/10.7759/cureus.6458>
- Anceschi, L., Codeluppi, A., Brighenti, V., Tassinari, R., Taglioli, V., Marchetti, L., Roncati, L., Alessandrini, A., Corsi, L., & Pellati, F. (2022). Chemical characterization of non-psychoactive Cannabis sativa L. extracts, in vitro antiproliferative activity and induction of apoptosis in chronic myelogenous leukaemia cancer cells. *Phytotherapy Research*, 36(2), 914-927. <https://doi.org/10.1002/ptr.7357>
- Azqueta, A., Ladeira, C., Giovannelli, L., Boutet-Robinet, E., Bonassi, S., Neri, M., Gajski, G., Duthie, S., Del Bo, C., Riso, P., Koppen, G., Basaran, N., Collins, A., & Möller, P. (2020). Application of the comet assay in human biomonitoring: An hCOMET perspective. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 783, 108288. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.108288>
- Bachari, A., Nassar, N., Telukutla, S., Zomer, R., Dekiwadia, C., Piva, T. J., & Mantri, N. (2023). In Vitro Antiproliferative Effect of Cannabis Extract PHEC-66 on Melanoma Cell Lines. *Cells*, 12(20), 2450. <https://doi.org/10.3390/cells12202450>
- Beşir, A., & Mortaş, M. (2022). Kenevirde THC ve CBD Faktörlerinin Değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1092-1104. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1089331>
- Canpolat, A., Avcı, Ş., & Çadırcı, E. (2023). Meme Kanseri Tedavisinde Monoklonal Antikorlar: Geleneksel Derleme. *Journal of Literature Pharmacy Sciences*, 12(3), 220-227. <https://doi.org/10.5336/pharmsci.2023-99556>
- Collins, A., Möller, P., Gajski, G., Vodenková, S., Abdulwahed, A., Anderson, D., Bankoglu, E. E., Bonassi, S., Boutet-Robinet, E., Brunborg, G., Chao, C., Cooke, M. S., Costa, C., Costa, S., Dhawan, A., de Lapuente, J., Del Bo, C., Dubus, J., Dusinska, M., ... & Azqueta, A. (2023). Measuring DNA modifications with the comet assay: a compendium of protocols. *Nature protocols*, 18(3), 929-989. <https://doi.org/10.1038/s41596-022-00754-y>
- Demir, H. (2024). Biyoaktif Polifenoller. Demir, H. (Ed.), *Sağlık & Bilim 2024: Fonksiyonel Gıdalar ve Sürdürülebilir Sağlık*, 157-174. İstanbul; Türkiye. <https://doi.org/10.59617/efepub2024142>
- Dukhanina, E. A., Portseva, T. N., Dukhanin, A. S., & Georgieva, S. G. (2022). Triple-negative and triple-positive breast cancer cells reciprocally control

their growth and migration via the S100A4 pathway. *Cell Adhesion & Migration*, 16(1), 65-71. <https://doi.org/10.1080/19336918.2022.2072554>

- Elsers, D. A., Masoud, E. M., Kamel, N. A., & Ahmed, A. M. (2021). Immunohistochemical signaling pathways of triple negative and triple positive breast cancers: What is new?. *Annals of Diagnostic Pathology*, 55, 151831. <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2021.151831>
- Erhabor, J. O., Rademan, S., Erukainure, O. L., & Matsabisa, M. G. (2024). Aqueous Extracts of Cannabis sativa: Cytotoxicity and Effects on Angiogenesis, Oxidative Stress and Nitric Oxide Production. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 94(3), 563-573. <https://doi.org/10.1007/s40011-024-01561-z>
- Erukainure, O. L., Matsabisa, M. G., Salau, V. F., Erhabor, J. O., & Islam, M. S. (2021). Cannabis sativa L. mitigates oxidative stress and cholinergic dysfunction; and modulates carbohydrate metabolic perturbation in oxidative testicular injury. *Comparative Clinical Pathology*, 30, 241-253. <https://doi.org/10.1007/s00580-021-03200-9>
- Feng, N., Liu, Y., Dai, X., Wang, Y., Guo, Q., & Li, Q. (2022). Advanced applications of cerium oxide based nanozymes in cancer. *RSC advances*, 12(3), 1486-1493. <https://doi.org/10.1039/D1RA05407D>
- Ferlay, J., Colombet, M., Soerjomataram, I., Parkin, D. M., Piñeros, M., Znaor, A., & Bray, F. (2021). Cancer statistics for the year 2020: An overview. *International journal of cancer*, 149(4), 778-789. <https://doi.org/10.1002/ijc.33588>
- Fraguas-Sánchez, A. I., Martín-Sabroso, C., & Torres-Suárez, A. I. (2018). Insights into the effects of the endocannabinoid system in cancer: a review. *British journal of pharmacology*, 175(13), 2566-2580. <https://doi.org/10.1111/bph.14331>
- Gökgöz, A., & Can, E. Y. (2021). Medikal ve endüstriyel açıdan kannabinoidlerin önemi ve türkiye ekonomisine katkı potansiyeli. *Batı Karadeniz Tıp Dergisi*, 5(3), 315-323. <https://doi.org/10.29058/mjwbs.928899>
- Heider, C. G., Itenberg, S. A., Rao, J., Ma, H., & Wu, X. (2022). Mechanisms of cannabidiol (CBD) in cancer treatment: A review. *Biology*, 11(6), 817. <https://doi.org/10.3390/biology11060817>
- Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2020). An overview on recent in vivo biological application of cerium oxide nanoparticles. *Asian journal of pharmaceutical sciences*, 15(5), 558-575. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2019.10.005>
- Kelleci, K., Gölebatmaz, E., İhlamur, M., & Abamor, E. Ş. (2024). Foeniculum Vulgare Ekstraktının Altuzan İlacı Kombinasyonu ile A549 Akciğer Kanseri Hücrelerine Karşı Antikanser Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(1), 189-195. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1460427>

- Kis, B., Ifrim, F. C., Buda, V., Avram, S., Pavel, I. Z., Antal, D., Paunescu, V., Dehelean, C. A., Ardelean, F., Diaconeasa, Z., Soica, C., & Danciu, C. (2019). Cannabidiol—From plant to human body: A promising bioactive molecule with multi-target effects in cancer. *International journal of molecular sciences*, 20(23), 5905. <https://doi.org/10.3390/ijms20235905>
- Ladin, D. A., Soliman, E., Griffin, L., & Van Dross, R. (2016). Preclinical and clinical assessment of cannabinoids as anti-cancer agents. *Frontiers in pharmacology*, 7, 361. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00361>
- Mehrotra, R., & Yadav, K. (2022). Breast cancer in India: Present scenario and the challenges ahead. *World Journal of Clinical Oncology*, 13(3), 209. <https://doi.org/10.5306/wjco.v13.i3.209>
- Molani Gol, R., & Kheirouri, S. (2022). The effects of quercetin on the apoptosis of human breast cancer cell lines MCF-7 and MDA-MB-231: A systematic review. *Nutrition and Cancer*, 74(2), 405-422. <https://doi.org/10.1080/01635581.2021.1897631>
- Mukosi, M., & Motadi, L. R. (2023). Cannabis sativa a potential anticancer treatment in melanoma cancer cells. *Natural product communications*, 18(9), 1934578X231176680. <https://doi.org/10.1177/1934578X231176680>
- Niazvand, F., Orazizadeh, M., Khorsandi, L., Abbaspour, M., Mansouri, E., & Khodadadi, A. (2019). Effects of quercetin-loaded nanoparticles on MCF-7 human breast cancer cells. *Medicina*, 55(4), 114. <https://doi.org/10.3390/medicina55040114>
- Panneerselvam, H. M., Riyas, Z. M., Prabhu, M. R., Sasikumar, M., & Jeyasingh, E. (2024). In vitro cytotoxicity assessment of biosynthesized nanoceria against MCF-7 breast cancer cell lines. *Applied Surface Science Advances*, 21, 100603. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100603>
- Pegram, M., Jackisch, C., & Johnston, S. R. (2023). Estrogen/HER2 receptor crosstalk in breast cancer: combination therapies to improve outcomes for patients with hormone receptor-positive/HER2-positive breast cancer. *NPJ Breast Cancer*, 9(1), 45. <https://doi.org/10.1038/s41523-023-00533-2>
- Razak, N. A., Abu, N., Ho, W. Y., Zamberi, N. R., Tan, S. W., Alitheen, N. B., Long, K., & Yeap, S. K. (2019). Cytotoxicity of eupatorin in MCF-7 and MDA-MB-231 human breast cancer cells via cell cycle arrest, anti-angiogenesis and induction of apoptosis. *Scientific reports*, 9(1), 1514. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37796-w>
- Roncatti, L., Vadalà, M., Corazzari, V., & Palmieri, B. (2021). Immunohistochemical expression of cannabinoid receptors in women's cancers: what's new. *European Journal of Gynaecological Oncology*, 42(2), 193-195. <https://doi.org/10.31083/j.ejgo.2021.02.5463>
- Schanknecht, E., Bachari, A., Nassar, N., Piva, T., & Mantri, N. (2023). Phytochemical constituents and derivatives of Cannabis sativa; bridging the gap in

melanoma treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1), 859. <https://doi.org/10.3390/ijms24010859>

Sert, P. İ., & Küçükkılınç, Z. T. T. (2022). Meme Kanseri Tedavisindeki Güncel Yaklaşımlar. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 42(1), 46-59. <https://doi.org/10.52794/hujpharm.959879>

Wittliff, J., & Daniels, M. (2024). Enhanced Assessment of Clinical Behavior of TNBC and TPBC using Quantified Levels of HER2, Estrogen and Progesterone Receptor Proteins and Expression of Their Cognate Genes. *Cancer Research*, 84(9). Philadelphia, USA. <https://doi.org/10.1158/1538-7445.SABCS23-PO4-03-08>

Yang, X., Yang, D., Qi, X., Luo, X., & Zhang, G. (2025). Endocrine treatment mechanisms in triple-positive breast cancer: from targeted therapies to advances in precision medicine. *Frontiers in Oncology*, 14, 1467033. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1467033>

BÖLÜM 2

KAYSERİ KENT ORMANI LİKENLERİ

Fadime SELÇUK¹

Doç. Dr. Mustafa KOCAKAYA²

1 Yozgat Bozok Üniversitesi Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu

0009-0009-6766-6740

2 Yozgat Bozok Üniversitesi Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu

0000-0003-2306-8094

GİRİŞ

Likenler, mikobiyont (mantar benzeri bir organizma) ve bir ya da daha fazla fotobiyontun (yeşil alg veya siyanobakteri) simbiyotik bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşur. Fotobiyontlar genellikle Chlorophyta bölümüne ait yeşil alglerden oluşurken, bazı durumlarda Cyanobacteria bölümüne ait siyanobakteriler de bu ortaklıkta yer alır. Mikobiyont partnerleri genellikle Ascomycetes grubundaki mantarlar olup, daha nadiren Basidiomycetes sınıfındaki mantarlar da bu ilişkiye katılır (Sanders & Masumoto, 2021).

Likenler, mutualist yaşam tarzının en iyi örneklerinden biri olarak kabul edilir. Bu simbiyotik ilişkide hem algler hem de mantarlar karşılıklı olarak birbirlerinden fayda sağlar (Lutzoni & Miadlikowska, 2009). Ancak, son araştırmalar, liken birlikteliğine katılan alglerin serbest yaşam formlarına kıyasla daha yavaş büyüdüğünü göstermektedir. Bu durum, likenlerin sadece mutualist değil, aynı zamanda kontrollü parazitliğin bir örneği olarak da değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır (Richardson, 1999).

Ekosistemler açısından likenler büyük önem taşır. İlk kolonizasyon yapan organizmalar olarak, özellikle kayalık ve çıplak yüzeylere yerleşerek diğer canlıların yerleşmesi için uygun koşulları sağlarlar ve bu nedenle ekolojik süksesyona öncüsü kabul edilirler (Asplund & Wardle, 2017). Ayrıca, likenlerin önemli bir ekolojik işlevi de hava kirliliğine karşı gösterge canlılar olarak kullanılmasıdır. Özellikle kükürt dioksit (SO₂) gibi hava kirlleticilere karşı oldukça hassas olan likenler, çevrelerin hava kalitesini değerlendirmede önemli bir gösterge olarak hizmet eder (Boruah vd. 2024). Likenler, belirli çevresel koşullara duyarlılık göstererek ekosistem sağlığının değerlendirilmesinde biyoindikatör olarak kullanılmaktadır. Bazı liken türleri kirli alanlarda tamamen ortadan kaybolurken, bazıları ise yüksek seviyelerde kirliliğe direnç gösterebilir. Bu durum, liken çeşitliliğinin analizi yoluyla hava kalitesinin değerlendirilmesini mümkün kılar. Örneğin, *Parmelia sulcata* ve *Xanthoria parietina* gibi türler endüstriyel bölgelerde yüksek tolerans gösterirken, *Usnea* ve *Lobaria* cinsleri daha temiz hava koşullarında bulunur (Paoli vd. 2021).

Likenler, atmosferdeki ağır metaller, sülfür dioksit ve diğer kirliticileri absorbe ederek çevresel kirliliğin izlenmesinde biyomonitör olarak kullanılmaktadır (Durand vd. 2024; Köprü vd. 2022). Kök sistemleri olmadığı için besinlerini doğrudan hava ve yağmur yoluyla aldıklarından, çevresel değişikliklere karşı oldukça hassastırlar. Özellikle ağır metal birikimi ve hava kirliliği düzeylerinin belirlenmesinde likenlerin biyomonitör olarak kullanımı, geleneksel kimyasal analizlere kıyasla daha düşük maliyetli ve uzun vadeli veriler sunar. Literatürde yapılan çalışmalar, likenlerin kükürt

dioksit ve azot oksit seviyelerini izlemek için güvenilir göstergeler olduğunu ortaya koymuştur (Roziaty vd. 2022).

Likenler, ekstrem çevre koşullarına dayanıklılıkları sayesinde dünyanın en zorlu habitatlarında bile yaşayabilen organizmalardır. Nemli tropik ormanlardan kuru çöllere, kutup tundralarından yüksek daę zirvelerine kadar geniş bir dağılım gösterirler (de la Torre Noetzel & García Sancho, 2021). Fotosentetik ortakları olan alg veya siyanobakteriler sayesinde, düşük besin seviyelerine sahip alanlarda dahi hayatta kalabilirler. Likenler, sert kayalar, ağaç kabukları, toprak yüzeyleri ve hatta insan yapımı yapıların üzerinde koloniler oluşturabilirler. Su ve besin maddelerini doğrudan atmosferden aldıkları için hava kirliliği, asit yağmurları ve ağır metaller gibi çevresel faktörlere karşı oldukça duyarlıdırlar. Bu nedenle, likenlerin dağılımı ve çeşitliliği, bir bölgedeki iklim koşulları ve hava kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir (Farkas vd. 2022).

Likenler, uzun yıllardır farmasötik ürünlerde aktif bileşenler olarak kullanılmaktadır. Sekonder metabolitleri arasında antibiyotik ve antifungal özellikler gösteren bileşikler yer almaktadır. Özellikle *Usnea* ve *Cladonia* cinslerinden elde edilen usnik asit, antimikrobiyal ajan olarak eczacılık sektöründe değerlendirilmektedir. Bu bileşiklerin, bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde kullanılan bazı farmasötik ürünlerde yer aldığı bilinmektedir (Ceylan vd. 2022; Kocakaya, 2024; Kocakaya vd. 2024a).

Likenlerden elde edilen bazı sekonder metabolitlerin güçlü antioksidan ve antikanser özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Özellikle usnik asit ve depsidlerin serbest radikalleri temizleyerek oksidatif stresi azalttığı ve hüresel hasarı önlediği tespit edilmiştir. Antikanser etkileri üzerine yapılan çalışmalar, liken bileşiklerinin belirli kanser hücre hatlarında sitotoksik etkilere sahip olduğunu ve apoptotik mekanizmaları tetikleyebileceğini ortaya koymuştur (Kocakaya vd. 2024b; Kılıç Yayla vd. 2023).

Tıbbi açıdan likenler, özellikle antibakteriyel ve antiviral bileşenler içermeleri nedeniyle alternatif tedavi yöntemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Geleneksel tıpta liken ekstreleri yara iyileştirici, öksürük giderici ve bağışıklık güçlendirici olarak kullanılmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, liken kaynaklı sekonder metabolitlerin tüberküloz, mantar enfeksiyonları ve cilt hastalıklarının tedavisinde etkili olabileceğini göstermiştir (Değirmenci vd. 2024; Tatipamula & Annam, 2022).

Likenler, tekstil, kozmetik ve gıda endüstrisinde doğal boyalar ve biyolojik katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Orcein gibi liken bazlı doğal boyalar, tarih boyunca kumaş ve yün boyamada kullanılmıştır. Günümüzde ise gıda ve ilaç endüstrisinde stabilizatör ve koruyucu olarak kullanılan bazı bileşenler likenlerden elde edilmektedir. Ayrıca, likenlerden elde edilen fenolik bileşikler, biyoplastik üretiminde ve biyolojik bazlı

koruyucu kaplamalarda değerlendirilmektedir (Das vd. 2024; Elkhateeb vd. 2022).

Likenler, ekosistemlerde toprak oluşumu, azot fiksasyonu ve mikrohabitat sağlama gibi önemli roller üstlenmektedir. İlk kolonizör organizmalar arasında yer aldıkları için, özellikle kurak ve ekstrem koşullarda bitkilerin büyümesini kolaylaştırarak toprak oluşumunu teşvik ederler. Ayrıca, bazı liken türleri simbiyotik bakterilerle iş birliği yaparak atmosferik azotu bağlayabilir, böylece ekosistemlerde besin döngüsüne katkıda bulunurlar (Kolata & Gogoi, 2024). Likenler ayrıca birçok omurgasız ve küçük memeli türü için besin ve barınak kaynağı oluşturur (Untari, 2024).

Likenlerin eczacılık, tıp ve endüstriyel alanlarda kullanımı ve araştırılması son dönemlerde oldukça büyük bir artış göstermiştir. Likenlerin bu özellikleri nedeniyle öncelikli olarak sistematik olarak çalışılması ve tespit edilmesi gerekmektedir. Ülkemizin coğrafik yapısı göz önüne alındığında biyolojik olarak yüksek bir çeşitliliğe sahip olması beklenmektedir. Likenlerin de bu biyolojik çeşitlilik içerisinde yer alan önemli canlılardır.

Ülkemizde likenler üzerine ilk çalışmalar 1800'lü yıllarda yabancı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda özellikle İstanbul, Trakya, Doğu Anadolu Bölgesi ve Ağrı Dağı gibi alanlar çalışılmıştır (Arnold 1897; Schiffner 1896; Steiner 1899; Szatala 1927). 2000'li yıllardan sonra ülkemiz bilim insanları tarafından da liken çalışması hız kazanmaya başlamıştır. Son 10 yılda likenler üzerine oldukça fazla sistematik çalışma gerçekleştirilmiştir (Barak vd. 2022; Barak vd., 2016; Halıcı vd. 2014; Kocakaya vd. 2023; Kocakaya vd. 2020; Kocakaya vd. 2018a; Kocakaya vd. 2018b). Bu çalışmalar sonucunda, ülkemizde tespit edilen liken ve likenikol mantar taksonu sayısı 2000'den fazladır. Ancak ülkemizin coğrafik özellikleri göz önüne alındığında bu sayının oldukça az olduğu düşünülmektedir. Yapılacak çalışmalar ile bu sayının artacağı düşünülmektedir.

Likenler üzerine yapılan sistematik çalışmaların yanı sıra son zamanlarda ülkemiz bilim insanları tarafından eczacılık ve tıp alanlarında da ilgi çeken çalışmalar yapılmıştır. Likenlerin antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser ve antiproliferatif etkileri üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Kocakaya vd. 2021). Bu çalışmalarda likenlerin içerdiği sekonder metabolitlerin eczacılık ve tıp alanlarında kullanımlarının mümkün olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Bu çalışmada, Kayseri ilinde bulunan Kent Ormanı'ndan liken örneklerinin toplandıktan sonra incelenerek tespit edilmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda toplanan örnekler incelenip teşhis edilerek hem Kayseri ili hem de ülkemiz biyolojik çeşitliliği için katkılar sunulması amaçlanmıştır.

GENEL BİLGİLER

Likenler, mantar (mikobiyont) ve alg veya siyanobakteri (fotobiyont) arasında simbiyotik bir ortaklık sonucu oluşan kompleks organizmalardır. Mantar ortağı, likenin yapısal iskeletini oluşturarak suyu tutma ve fiziksel koruma sağlarken, alg veya siyanobakteri fotosentez yaparak gerekli organik bileşikleri üretir. Bu simbiyotik ilişki sayesinde likenler, düşük besin seviyelerine sahip ortamlarda dahi hayatta kalabilirler. Likenler genellikle yavaş büyür ve aşırı sıcak, kuraklık, yüksek ultraviyole radyasyon gibi çevresel streslere karşı oldukça dayanıklıdır. Çoğunlukla kayalar, ağaç kabukları, toprak, yosun ve hatta yapay yüzeyleerde yaşayabilirler. Üreme aısından hem vejetatif (izid ve soredler) hem de eşeysel (mantar sporları) yollarla çoğalabilirler. Ekolojik rolleri arasında toprak oluşumuna katkı sağlama, azot fiksasyonu yapma ve biyomonitör olarak kullanımları yer almaktadır. Kimyasal bileşikleri sayesinde antimikrobiyal, antioksidan ve hava kirliliği indikatörü gibi işlevler de üstlenirler (Ahmadijian, 2012).

Araştırma Alanı

Araştırma alanı olan Kayseri Kent Ormanı Kayseri ili Melikgazi ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Őehir merkezine yaklaşık 15 km mesafede bulunan, ağırlıklı olarak Çam ağaçlarıyla ve daha az yoğunlukta Meşe ağaçlarıyla kaplı olan bir alandır. Alanda insan aktivitesi oldukça yoğundur. Özellikle hafta sonları insanların dinlenme ve piknik alanı olarak kullanıldığı bir mesire alanıdır. Ortalama yüksekliği 1520-1700 metreler arasında değişiklik göstermektedir.

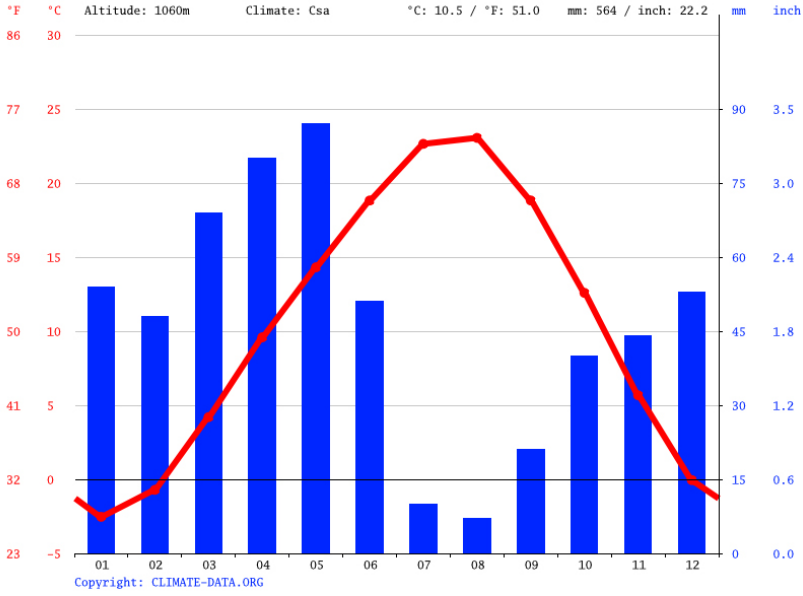
Alanın İklimi

Araştırma alanının bulunduğu Melikgazi ilçesinde iklim sıcak ve ılımandır. Melikgazi’de kış ayları yaz aylarına göre çok daha yağışlıdır. Bu konum Köppen ve Geiger tarafından Csa olarak sınıflandırılmıştır. Melikgazi ilçesinde ortalama sıcaklık istatistiksel verilere göre 10,5 °C (51,0 °F) olarak kaydedilmiştir. Bir yılda yağış miktarı 564 mm’dir (Şekil 1).

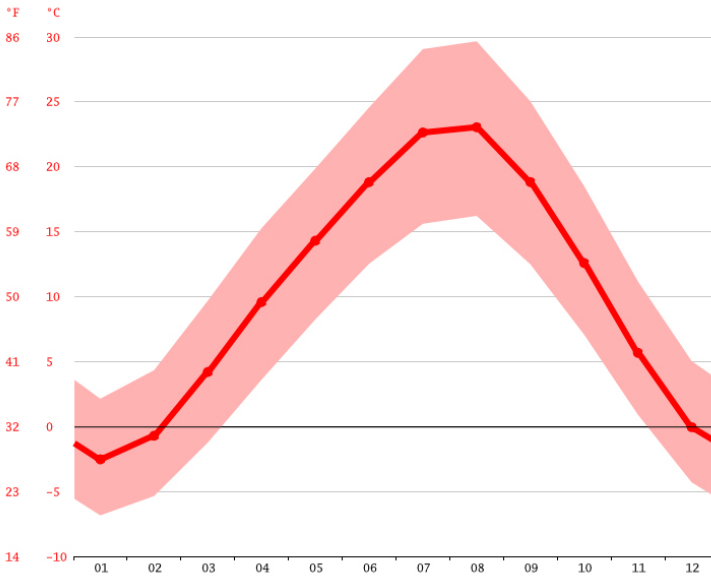
Melikgazi kuzey yarımkürede yer almaktadır. Yazın ılık günleri Haziran ayının sonunda başlar ve Eylül ayında sona erer.

Yağış en kurak ay ile en yağışlı ay arasında 80 mm değişir. Yıl boyunca sıcaklıklar 25,6 °C (46,0 °F) değişir (Şekil 2).

En yüksek bağlı nemin olduğu ay Ocak’tır (%76,43). En düşük bağlı nemin olduğu ay Ağustos’tur (%36,52). En yağışlı ay ortalama 14.13 gün ile Mayıs’tır. En kurak ay ise ortalama 1,67 gün ile Ağustos’tur (Tablo 1).



Şekil 1. Kayseri Melikgazi ilçesinin iklim grafiği (<https://en.climate-data.org>)



Şekil 2. Kayseri Melikgazi ilçesinin sıcaklık grafiği (<https://en.climate-data.org>)

Tablo 1. Kayseri Melikgazi ilçesinin iklim tablosu (<https://en.climate-data.org>)

	Ocak	şubat	Mart	Ni- san	Ma- yıs	Hazi- ran	Tem- muz	Ağus- tos	Ey- lül	Ekim	Ka- sım	Ara- lık
Ortalama Sıcaklık °C (°F)	-2.5 °C (27.4 °F)	-0.7 °C (30.7 °F)	4.2 °C (39.6 °F)	9.6 °C (49.3 °F)	14.3 °C (57.8 °F)	18.8 °C (65.9 °F)	22.6 °C (72.8 °F)	23 °C (73.5 °F)	18.8 °C (65.9 °F)	12.6 °C (54.7 °F)	5.7 °C (42.2 °F)	-0.1 °C (31.9 °F)
Minimum Sıcaklık °C (°F)	-6.8 °C (19.7 °F)	-5.4 °C (22.4 °F)	-1.2 °C (29.8 °F)	3.6 °C (38.5 °F)	8.2 °C (46.8 °F)	12.5 °C (54.6 °F)	15.6 °C (60.1 °F)	16.2 °C (61.2 °F)	12.5 °C (54.5 °F)	7.1 °C (44.7 °F)	0.9 °C (33.6 °F)	-4.3 °C (24.3 °F)
Maksimum Sıcaklık °C (°F)	2.1 °C (35.8 °F)	4.3 °C (39.8 °F)	9.7 °C (49.4 °F)	15.3 °C (59.5 °F)	19.9 °C (67.8 °F)	24.6 °C (76.2 °F)	29.1 °C (84.3 °F)	29.7 °C (85.4 °F)	25 °C (77.1 °F)	18.5 °C (65.3 °F)	11.2 °C (52.1 °F)	5 °C (41.1 °F)
Yağış / Yağış mm	54 (2)	48 (1)	69 (2)	80 (3)	87 (3)	51 (2)	10 (0)	7 (0)	21 (0)	40 (1)	44 (1)	53 (2)
Nem (%)	76%	73%	65%	59%	56%	48%	38%	37%	39%	52%	62%	71%
Yağmurlu Günüler (gün)	7	7	9	10	11	7	2	1	3	5	5	7
Ortalama Güneşli Saatler (saat)	5.8	6.6	7.7	9.2	10.6	11.8	12.2	11.8	10.4	8.4	7.1	6.1

YÖNTEM

Örneklerin Toplanması

Kayseri Kent Ormanı'nda yürütölen çalışma kapsamında, 19 şubat – 17 Mayıs 2024 tarihleri arasında, toplamda 5 farklı lokasyondan liken örnekleri toplanmıştır. Çalışma alanındaki kayalar ve ağaç türleri üzerinde gelişen likenler başarılı bir şekilde toplanmıştır. Alandan, kayalar ve ağaç türlerinden çeşitli liken örnekleri seçilerek alınmış, ağaçlar üzerindeki likenler ağaçlara zarar vermeden kabuklarından parça alınarak toplanmıştır. Kayalar üzerindeki likenler ise dikkatli bir şekilde, substratlarıyla birlikte alınmıştır. Kabuksu tallus yapısına sahip liken türlerinin morfolojik özelliklerini korumak amacıyla, kenar ve merkez kısımlarının bozulmadan alınmasına özen gösterilmiştir. Örnekler, doğal ortamlarında fotoğraflan-

dıktan sonra bıçak yardımıyla toplanmış, küçük talluslar bütün olarak, büyük talluslu türler ise kenar ve merkez kısımlarının korunarak alınmıştır.

Toplama işlemi sırasında el lupuyla bazı küçük talluslu liken türlerinin bulunmasına da dikkat edilmiştir. Alınan örnekler temizlenmiş, nemlenip küflenmemesi için yumuşak havlu kağıtlara sarılarak kağıt zarflara yerleştirilmiştir. Pelür kağıdından yapılmış torbalara konulan örneklerin üzerine, lokalite bilgileri, substrat türleri, istasyonun yüksekliği ve çevresel koşullar gibi detaylar yazılmıştır.

Herbaryuma getirilen bu örnekler, oda sıcaklığında kurutulmuş, gerekli ölçümler ve incelemeler yapıldıktan sonra özel liken zarflarına yerleştirilmiş ve etiketlenmiştir. Bu liken örnekleri, Yozgat Bozok Üniversitesi Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu Liken Herbaryumu'nda muhafaza edilmektedir.

Örneklerin İncelenmesi ve Teşhisi

Topladığımız liken örneklerinin tayininde, Flechtenflora (Wirth, 1980), The Lichen Flora of Great Britain and Ireland (Purvis vd., 1992) ve Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region (Nash, 2002) gibi flora kitapları ve çeşitli makalelerde verilen tayin anahtarlarından yararlanılmıştır.

Örneklerin morfolojik incelemeleri stereomikroskoplar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anatomik incelemeler için, örneklerden kesitler alınarak ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Askus ve sporların şekil ve boyutları, himenyum ölçüleri ve parafizlerin genişlikleri gibi tür ve tür altı taksonları belirlemede önemli karakterler, kesitlerde incelenip oküler mikrometre ile ölçülmüştür. Ayrıca, bazı türlerin teşhisinde kimyasal reaktifler de kullanılmıştır.

Kullanılan bazı kimyasal reaktifler ve sembolleri şu şekildedir:

- **K:** Potasyum hidroksit çözeltisi.
- **C:** Kalsiyum hipoklorit çözeltisi.
- **KC:** Potasyum hidroksit (K) çözeltisi damlatıldıktan sonra kısa bir süre beklenmiş ve üzerine Kalsiyum hipoklorit (C) çözeltisi damlatılmıştır.
- **CK:** KC reaksiyonunda kullanılan çözeltilerin ters şekilde uygulanmasıdır.
- **Pd:** Parafenilendiamin
- **I:** İyot.

Bu reaktifler teşhis aşamasında gerekli olan kısımlara damlatıldığında herhangi bir reaksiyon verip vermediği kontrol edilmiştir. Reaksiyon veriyorsa, sembolün yanına (+) işareti konulmuş ve hangi rengin olduğu not edilmiştir. Reaksiyon vermiyorsa, sembolün yanına (-) işareti konulmuştur.

BULGULAR

Çalışma, Kayseri Kent Ormanı'nda 5 farklı lokaliteden gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sonucunda bölgede 38 liken taksonu belirlenmiştir.

Kayseri Kent Ormanı'ndan örneklerin toplandığı lokalite bilgisi Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Örneklerin toplandığı lokalite bilgisi

Lokalite No	Koordinatlar	Yükseklik (m)
1	38° 37' 49" K 35° 31' 12" D	1575
2	38° 37' 39" K 35° 31' 14" D	1630
3	38° 37' 03" K 35° 31' 24" D	1725
4	38° 37' 37" K 35° 31' 37" D	1535
5	38° 37' 00" K 35° 32' 09" D	1560

Çalışma alanı olan Kayseri Kent Ormanı'ndan toplam 38 liken taksonu tespit edilmiştir. Bu türlerin listesi ile birlikte üzerinde buldukları substratları ve lokalite numaraları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Tespit edilen türlerin isimleri, lokalite numaraları ve substratları

	Türler	L o k a - lite nu- marası	Substrat
1	<i>Acarospora fuscata</i> (Schrad.) Arnold	3	Silisli kaya
2	<i>Aspicilia cinerea</i> (L.) Körb.	1, 2	Silisli kaya
3	<i>Calogaya saxicola</i> (Hoffm.) Vondrák	4	Silisli kaya
4	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	5	<i>Quercus</i> sp.
5	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	5	<i>Quercus</i> sp.
6	<i>Circinaria caesiocinerea</i> (Nyl. ex Malbr.) A. Nordin, Savić & Tibell	3	Silisli kaya
7	<i>Dimelaena oreina</i> (Ach.) Norman	2, 4	Silisli kaya
8	<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray	4	Silisli kaya
9	<i>Glaucospora rupicola</i> (L.) P.F. Cannon	1	Silisli kaya
10	<i>Huriopsis plana</i> (H. Magn.) S.Y. Kondr. & Lökös	5	<i>Quercus</i> sp.
11	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	2, 5	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus</i> sp.
12	<i>Lecanora polytropa</i> (Hoffm.) Rabenh.	4	Silisli kaya
13	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	2, 5	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus</i> sp.
14	<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner	5	<i>Quercus</i> sp.
15	<i>Lobothallia radiosa</i> (Hoffm.) Hafellner	1	Silisli kaya
16	<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	5	<i>Quercus</i> sp.
17	<i>Opeltia flavorubescens</i> (Huds.) S.Y. Kondr. & Hur	5	<i>Quercus</i> sp.
18	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2	<i>Pinus nigra</i>

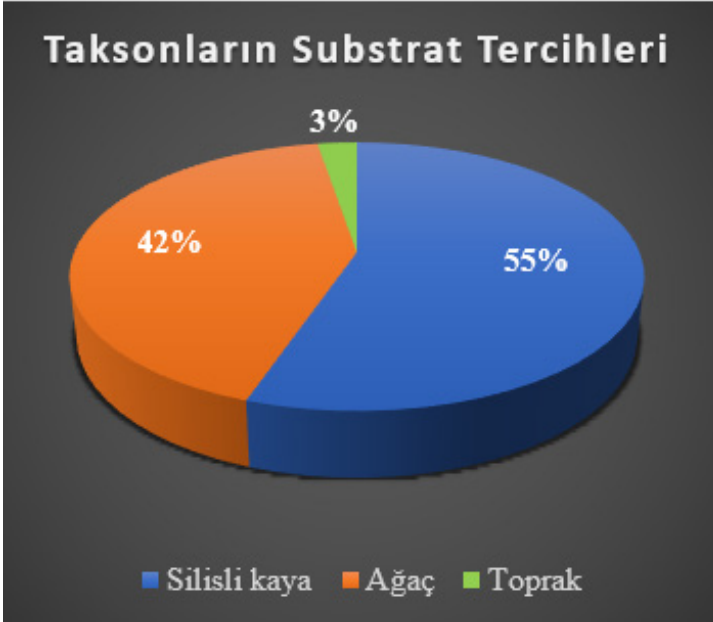
19	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	3, 5	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus</i> sp.
20	<i>Peltigera rufescens</i> (Weiss) Humb.	2	Toprak
21	<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	3	<i>Pinus nigra</i>
22	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	3	<i>Pinus nigra</i>
23	<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	2	<i>Pinus nigra</i>
24	<i>Polyzozia dispersa</i> (Pers.) S.Y. Kondr., Lökös & Farkas	1	Silisli kaya
25	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy	1, 3, 4	Silisli kaya
26	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>
27	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>
28	<i>Rhizocarpon geminatum</i> Körb.	5	Silisli kaya
29	<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	2, 3	Silisli kaya
30	<i>Rhizoplaca chrysoleuca</i> (Sm.) Zopf	1, 3	Silisli kaya
31	<i>Rhizoplaca melanophthalma</i> (DC.) Leuckert & Poelt	1, 2	Silisli kaya
32	<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	2, 3	Silisli kaya
33	<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner	2	Silisli kaya
34	<i>Umbilicaria nylanderiana</i> (Zahlbr.) H. Magn.	1	Silisli kaya
35	<i>Verrucaria muralis</i> Ach.	3	Silisli kaya
36	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Hale		Silisli kaya
37	<i>Xanthoparmelia pulla</i> (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch	2	Silisli kaya

38	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	2, 5	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus</i> sp.
----	---	------	---

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kayseri ili Melikgazi ilçesinde yer alan Kayseri Kent Ormanı'ndan liken örnekleri toplanarak incelenmiştir. Bu incelemelerin sonucunda toplam 38 liken taksonu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile ülkemizin ve Kayseri ilinin biyoçeşitliliğine katkıda bulunulmuştur.

Çalışmada tespit edilen 38 taksondan 21 tanesi kayalar üzerinde, 16 tane takson ağaçlar üzerinde ve 1 tane taksonda toprak üzerinde bulunmuştur. Yüzdesele olarak bakıldığında taksonların % 55'i silisli kaya üzerinden tespit edilerek en yüksek orana sahip grup olmuştur. İkinci sırada ise %42 ile ağaçlar üzerinden tespit edilen taksonlar yer almıştır. %3'lük bir oran ile toprak üzerinde gelişim gösteren taksonlar tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Taksonların tercih ettiği substrat tipleri ve yüzde dağılımları

Ülkemizin biyolojik çeşitliliğini tam olarak tespit edebilme aşamasına katkı sağlaması bakımından flora ve revizyon gibi çalışmaların önemi oldukça fazladır. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda tespit edilen 38 taksondan 2 tanesi (*Parmelia sulcata*, *Rinodina plana*) Kayseri ilinden ilk kez rapor edilerek, ülkemizin ve Kayseri ilinin liken biyotasına katkıda bulunulmuştur. Bu gibi çalışmaların çoğaltılması ülkemizin liken biyotasına sunacağı katkılar bakımından son derece önemlidir.

TEŐEKKÖRLER

Çalışmamıza 2209/A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında (Proje No: 1919B012221438) maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ahmadijian, V. (2012). *The lichens*. Elsevier. Academic Press. United States of America.
- Arnold, F.C.G. 1897. Flechten auf dem Ararat (4912), *Bull. de l'Herb. Boisser*, 5, 631-633.
- Asplund, J., & Wardle, D. A. (2017). How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. *Biological reviews*, 92(3), 1720-1738. <https://doi.org/10.1111/brv.12305>
- Barak, M. Ü., Halıcı, M. G., & Güllü, M. (2016). Identification of some lichenized fungi species of Erciyes Mountain Kayseri/Turkey by using ITS rDNA marker. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2), 84-95.
- Barak, M. Ü., Kocakaya, M., & Kocakaya, Z. (2022). *Ramalina digitellata*, A New Lichen Record for Türkiye. *Türler ve Habitatlar*, 3(1), 17-22. <https://doi.org/10.53803/turvehab.1103702>
- Boruah, T., Devi, H., & Sarkar, S. (2024). Lichen as Bio Indicators. *Chemistry, Biology and Pharmacology of Lichen*, 289-304. <https://doi.org/10.1002/9781394190706.ch18>
- Ceylan, A., Karatoprak, G. Ş., Kocakaya, Z., & Kocakaya, M. (2022). Evaluation of DNA Protective and Antimicrobial Properties of some *Cladonia* Species. *Cumhuriyet Science Journal*, 43(4), 550-555. <https://doi.org/10.17776/csj.1141849>
- Das, A. K., Sarkar, S., Devi, L., Hasnu, C., & Bhattacharjee, S. (2024). Food Values of Lichen. *Chemistry, Biology and Pharmacology of Lichen*, 261-274. <https://doi.org/10.1002/9781394190706.ch16>
- de la Torre Noetzel, R., & García Sancho, L. (2021). Lichens as astrobiological models: Experiments to fathom the limits of life in extraterrestrial environments. in: *Astrobiology Perspectives on Life of the Universe*, R. Gordon, J. Seckbach (Eds.), 197-236. <https://doi.org/10.1002/9781119593096.ch9>
- Değirmenci, B. C., Kocakaya, M., İlgün, S., Karatoprak, G. Ş., Kocakaya, Z., & Ceylan, A. (2024). Investigation of Biological Activity of *Squamarina cartilaginea* (With.) P. James Species Distributed in Türkiye. *Cumhuriyet Science Journal*, 45(3), 478-485. <https://doi.org/10.17776/csj.1424202>
- Durand, A., Dron, J., Prudent, P., Wortham, H., Dalquier, C., Reuillard, M., & Austruy, A. (2024). Evaluation of the atmospheric pollution by pesticides using lichens as biomonitors. *Science of the Total Environment*, 955, 177286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177286>
- Elkhateeb, W. A., El-Ghwas, D. E., & Daba, G. M. (2022). Lichens uses surprising uses of lichens that improve human life. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, 3(2), 189-194. <https://doi.org/10.37871/jbres1420>

- Farkas, E., Varga, N., Veres, K., Matus, G., Sinigla, M., & Lökös, L. (2022). Distribution types of lichens in Hungary that indicate changing environmental conditions. *Journal of Fungi*, 8(6), 600. <https://doi.org/10.3390/jof8060600>
- Halici, M. G., Kocakaya, M., & Kiriş, Z. (2014). Lichenized and lichenicolous fungi of Bakirdağ (Kayseri, Adana). *Acta Botanica Hungarica*, 56(3-4), 319-332. <https://doi.org/10.1556/ABot.56.2014.3-4.8>
- Kılıç Yayla, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. ř., İlgün, S., & Ceylan, A. (2023). Analyzing the Impact of *Ramalina digitellata*, *R. fastigiata*, *R. fraxinea*, and *R. polymorpha*'s Usnic Acid Concentration on Antioxidant, DNA-Protective, Antimicrobial, and Cytotoxic Properties. *Chemistry & Biodiversity*, 20(1), e202200816. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200816>
- Kocakaya, M., Barak, M. Ü., & Kocakaya, Z. (2023). New records of lichenicolous and lichenized fungi from Üzümdere Nature Park, Türkiye. *Mycotaxon*, 137(4), 943-951. <https://doi.org/10.5248/137.943>
- Kocakaya, M., Akbulut, E., & Kocakaya, Z. (2024a). Apoptosis stimulating effect of *Cladonia furcata* on breast cancer cells via PI3K/Akt/mTOR pathway: Apoptosis stimulating effect of *Cladonia furcata*. *Indian Journal of Experimental Biology (IJB)*, 62(12), 967-977. <https://doi.org/10.56042/ijeb.v62i12.8906>
- Kocakaya, M., İlik, G. N., İlgün, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. ř., & Ceylan, A. (2024b). Comparative in vitro analysis of the biological potential of *Usnea florida* (L.) Weber ex FH Wigg., *Usnea intermedia* (A. Massal.) Jatta, and *Usnea lapponica* Vain and quantification of usnic acid. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 23(6), 530-538. <http://doi.org/10.56042/ijtk.v23i6.3586>
- Kocakaya, M., Kocakaya, Z., Kaya, D., & Barak, M. Ü. (2018a). A new lichen record for the Asia: *Parmelia barrenoae* Divakar, MC Molina & A. Crespo, supported by molecular data from Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 11(3), 197-201.
- Kocakaya, M., Kocakaya, Z., Kaya, D., & Barak, M. Ü. (2018b). A New Lichenicolous Fungus Record from the Turkey, *Tremella macrobasidiata* (Basidiomycota, Tremellales). *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 95-97. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.36932>
- Kocakaya, Z. (2024). Green synthetic biomaterials: Synthesis, characterization and antimicrobial properties of lichen-derived nanomaterials. *Ceramics International*, 50(17), 30712-30722. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.05.371>
- Kocakaya, Z., Kocakaya, M., & Barak, M. Ü. (2020). A New Lichenicolous Fungus Record from The Çamlık National Park (Yozgat, Turkey), *Tremella candelariellae* (Basidiomycota, Tremellales). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2), 388-390. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.565751>

- Kocakaya, Z., Kocakaya, M., & Karatoprak, G. Ş. (2021). Comparative analyses of antioxidant, cytotoxic, and anti-inflammatory activities of different *Cladonia* species and determination of fumarprotocetraric acid amounts. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(6), 1196-1207. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.868927>
- Kolita, B., & Gogoi, R. K. (2024). Lichen as Pioneer of Natural Ecosystem. *Chemistry, Biology and Pharmacology of Lichen*, 81-89. <https://doi.org/10.1002/9781394190706.ch7>
- Köprü, S., Dokan, F., Kocakaya, Z., Per, S., Çadır, M., & Kocakaya, M. (2022). Determination of Trace Elements of Some *Cladonia* Species from Turkey by ICP-MS. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 135-146. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1179052>
- Lutzoni, F., & Miadlikowska, J. (2009). Lichens. *Current Biology*, 19(13), R502-R503. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.04.034>
- Nash, T. H. 2002. Lichen flora of the greater Sonoran desert region. *Lichens Unlimited*, Arizona State University, 532 pp.
- Paoli, L., Fačková, Z., Lackovičová, A., & Guttová, A. (2021). Air pollution in Slovakia (Central Europe): A story told by lichens (1960–2020). *Biologia*, 76(11), 3235-3255. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00909-4>
- Purvis, O.W., Coppins, B. J., Hawksworth, D. L., James, P. W., Moore, D. M. 1992. *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. London: Natural History Museum, 710 pp.
- Richardson, D. H. (1999). War in the world of lichens: parasitism and symbiosis as exemplified by lichens and lichenicolous fungi. *Mycological research*, 103(6), 641-650. <https://doi.org/10.1017/S0953756298008259>
- Roziaty, E., Sutarno, S., Suntoro, S., & Sugiyarto, S. (2022, February). Uptake Test the Content of Ambient SO₂ (Sulphur Dioxide) and NO₂ (Nitrogen Dioxide) Compounds in Lichen Thalli in Urban, Sub Urban and Forest in Surakarta, Central Java, Indonesia. In *Materials Science Forum* (Vol. 1051, pp. 71-78). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1051.71>
- Sanders, W. B., & Masumoto, H. (2021). Lichen algae: the photosynthetic partners in lichen symbioses. *The Lichenologist*, 53(5), 347-393. <https://doi.org/10.1017/S0024282921000335>
- Schiffner, V. 1896. Über die von Sintenis in Turkish-Armenian gesammelten Kryptogamen, *Österr. Bot. Z.* 46, 274-278. <https://doi.org/10.1007/BF01672958>
- Steiner, J. 1899. Flechten in: K. Fritsch, C.: Beitrag zur flora von Konstantinopel. I. Kryptogamen, *Denkschr. k. Akad. Wiss., mat. -naturw. Cl. Wien*, 48, 222-238.
- Szatala, Ö. 1927. Lichenes Turcicae asiaticae a Patre Prof. Stefano Selinca in insula Burgas Addasi (Antigoni) lecti, *Magy. Bot. Lapok*, 26, 18-22.

- Tatipamula, V. B., & Annam, S. S. P. (2022). Antimycobacterial activity of acetone extract and isolated metabolites from folklore medicinal lichen *Usnea laevis* Nyl. against drug-sensitive and multidrug-resistant tuberculosis strains. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114641. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114641>
- Untari, L. F. (2024). Lichen as Habitats for Other Organisms. *Chemistry, Biology and Pharmacology of Lichen*, 39-48. <https://doi.org/10.1002/9781394190706.ch4>
- Wirth, V. 1980. Flechtenflora, Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. *Uni-Taschenbücher Bd. 1062*. E. Ulmer, Stuttgart, 552 pp.

BÖLÜM 3

SULAKYURT TABİAT PARKI (KIRIKKALE) LİKENLERİ

Nazlıgöl MAZLUM¹

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ünsal BARAK²

Dr. Öğr. Üyesi Esra Özge AYGÜL³

1 Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

0009-0003-4583-8288

2 Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

0000-0002-2050-149X

3 Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu

0000-0002-1274-8249

GİRİŞ

Likenler, bir mantar ortağı (mikobiyont) ile bir veya birden fazla alg veya siyanobakteri ortağının (fotobiyont) simbiyotik birlikteliğiyle oluşan organizmalardır. Bu ortak yaşamda, fotobiyontlar genellikle Chlorophyta şubesine ait yeşil algler veya Cyanobacteria şubesinden siyanobakterilerdir. Mikobiyontlar ise çoğunlukla Ascomycota şubesinden mantarlardan oluşur. Çok az bir kısmında ise mikobiyont ortak olarak Basidiomycota şubesinden mantarlar yer alır. (Sanders & Masumoto, 2021).

Likenlerin oluşturduğu simbiyotik birliktelik, mantar ve alg ortaklarının birbirine karşılıklı fayda sağladığı bir yaşam biçimi sunar (Vančurová vd. 2021). Bununla birlikte yapılan araştırmalar, fotobiyont alg ortaklarının serbest yaşam formlarına kıyasla liken yapısına dahil olduklarında daha yavaş gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, likenler yalnızca simbiyotik bir yaşam biçimini değil, aynı zamanda kontrollü parazitliğin bir örneğini de sergilerler (Morillas vd. 2022).

Liken birlikteliğinde mantar ortak (mikobiyont), likenin yapısal desteğini ve su tutma kapasitesini sağlarken, alg veya siyanobakteri ortak (fotobiyont), fotosentez yaparak organik madde üretir (Spribille vd. 2022). Doğada serbest yaşayan mantar ve alg ortakları genellikle sınırlı yaşam alanlarına sahiptir. Bu simbiyotik ilişki sayesinde mikobiyont ve fotobiyont ortak bir araya gelerek liken birlikteliğini oluşturduğunda kurak çöllerden buzullara kadar oldukça geniş bir ekolojik toleransa sahiptir ve ekstrem koşullarda gelişim gösterebilirler. Bu özellikleri liken oluşumunun oldukça önemli bir birliktelik olduğunun en önemli göstergesidir (Armstrong, 2019). Toprak, kayalar, ağaç kabukları, atık maddeler ve yapay yüzeyler gibi alanları kendine substrat seçerek üzerlerinde gelişebilirler (Grimm vd. 2021). Likenler genellikle ağır metal absorbe edebilme, hava kirliliği göstergesi olma ve toprak oluşumunda rol oynama gibi önemli ekolojik fonksiyonlara sahiptir (Thakur vd. 2024). Ayrıca, bazı türler biyolojik aktif bileşikler üreterek antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser özellikler gösterebilir (Tripathi vd. 2022).

Likenler morfolojik çeşitlilik açısından oldukça zengin olup kabuksu (crustose), yapraksı (foliose) ve dalsı (fruticose) olmak üzere üç temel büyüme formuna sahiptir. Kabuksu likenler genellikle kayalara sıkıca yapışarak büyür ve substrata derinlemesine nüfuz eder. Yapraksı likenler, geniş yüzeyli yaprak benzeri kısımlara sahiptir ve genellikle ağaç gövdelerinde görülür. Dalsı likenler ise çalı benzeri bir yapı göstererek serbest şekilde büyüyebilir (Biradar vd. 2023). Renkleri yeşil, sarı, turuncu, gri ve kahverengi tonlarında değişebilir, bu da içerdiği sekonder metabolitlere bağlıdır. Bu metabolitler, UV ışınlarına karşı koruma sağlama, otçullara karşı

savunma mekanizması oluşturma ve yuzyeye tutunmayı kolaylaştırma gibi işlevler görür (Kalra vd. 2021; Schweiger vd. 2022).

Ekolojik nemi büyük olan likenler, çevresel değişimlere duyarlıdır ve biyolojik indikatör olarak kullanılır. Hava kirliliğinin izlenmesinde özellikle kükürt dioksit ve ağır metallerin varlığını belirlemede oldukça etkilidirler. Bazı liken türleri kirliliğe dayanıklı iken, bazıları çok hassastır ve kaybolmaları çevresel bozulmaya işaret edebilir (Ristic vd. 2021). Ayrıca, likenlerin uzun yaşam süreleri ve yavaş büyüme hızları nedeniyle, fosil kayıtlarında bile izlerine rastlanabilmektedir. Günümüzde likenlerden elde edilen biyoaktif bileşikler ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılmaktadır. Özellikle liken sekonder metabolitlerinin antibiyotik, antiviral ve antiinflamatuvar özellikleri araştırılmakta ve tıbbi potansiyelleri keşfedilmektedir (Ceylan vd. 2022; Değirmenci vd. 2024; Kılıç Yayla vd. 2023; Kocakaya vd. 2021; Kocakaya vd. 2024a; Kocakaya vd. 2024b; Köprü vd. 2022; Pandır vd. 2018).

Likenlerin bir diğer önemli ekolojik işlevi ise primer süksesyonun öncül canlıları olmalarıdır. Bir alanda vejetasyonun başlaması için likenler genellikle ilk olarak gelir ve içerdikleri liken asitleriyle kayaları parçalayıp toprak oluşumuna katkıda bulunurlar. Böylece ortama diğer canlıların yerleşmesi için uygun bir ortam hazırlamış olurlar (Asplund & Wardle, 2017).

Likenler ekolojik olarak oldukça önemli organizmalardır. Dünya üzerinde karasal habitatların en baskın canlılarıdır. Tıp ve eczacılık alanlarında, boya ve parfümeri endüstrisinde oldukça önemli etkilere sahiptir. Ekolojik olarak önemli olan bu canlıların tüm bu özelliklerini kullanabilmek için öncelikle sistematikte yerleri doğru bir Şekilde tespit edilmelidir. Bunun iinde ülkemiz likenleri üzerine daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Likenler zerine ülkemizde ilk olarak çalışan araştırmacılar yabancılarıdır. 19. Yüzyıldan itibaren ülkemizin likenleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda ülkemizin çeşitli bölgelerinden liken kayıtları rapor edilmiştir. Rigler (1852) İstanbul ili ve çevresinden bazı liken kayıtları rapor etmiştir. Arnold (1897) Ağrı Dağı civarlarından, Schiffner (1896) Doğu Anadolu Bölgesi'nden, Szatala (1927; 1960) Anadolu ve Trakya'dan çeşitli liken kayıtları rapor etmiştir. Türk bilim insanları tarafından liken araştırmaları 21. Yüzyılda artış göstermiştir. Ülkemizin çeşitli bölgelerinde liken araştırmaları geekleştirilmiş ve yeni taksonlar rapor edilmiştir (Barak vd. 2022; Kocakaya, 2016; Kocakaya, 2021; Kocakaya vd. 2018; Kocakaya vd. 2020; Kocakaya vd. 2023).

Çalışma alanı olan Sulakyurt Tabiat Parkı, bölgenin doğal zenginliğini yansıtan bir ekosisteme sahiptir. Likenler, biyolojik çeşitliliğin önemli bileşenlerinden biridir. Bu alanın likenlerinin araştırılması hem alanın hem

de Kırıkkale ilinin biyolojik çeşitliliği hakkında önemli veriler sunarak ve ekosistem yapısının daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

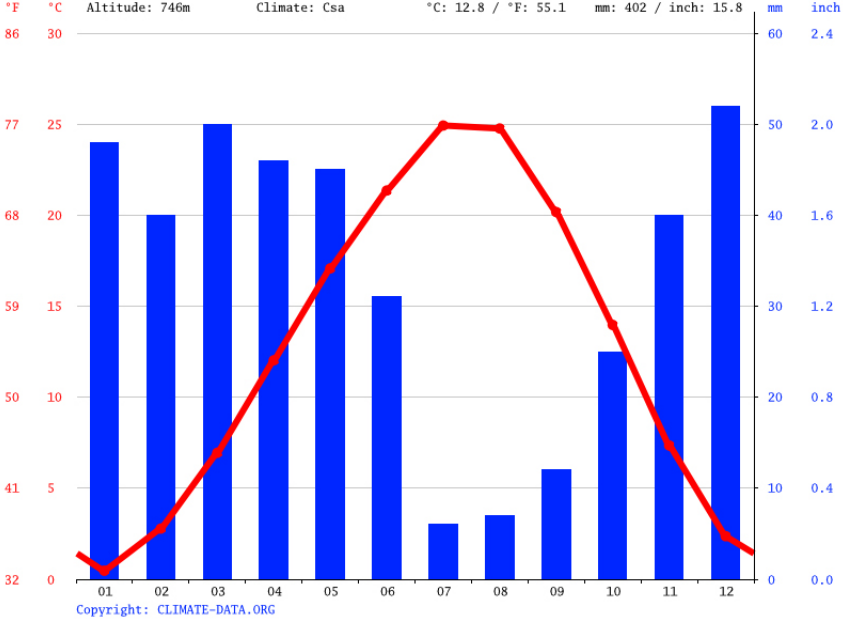
GENEL BİLGİLER

Araştırma Alanının Özellikleri

Araştırma alanı olan Sulakyurt Tabiat Parkı Kırıkkale ili Sulakyurt ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Sulakyurt ilçesi Kırıkkale iline 52 km mesafede ve en kuzeyde yer alan ilçesidir. Ortalama yükseklik merkezde 900 metre civarındadır. Bu rakam dağlık alanlarda 1300 metrelere kadar çıkabilmektedir. Bitki örtüsü olarak ilçede bozkır hakimdir. İlçe sınırlarından Kızılırmak ve Sulakyurt Çayı geçmektedir. Çalışma alanının bulunduğu Kırıkkale ili ve Sulakyurt ilçelerinin iklim verileri ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir. Bu verilere bakıldığında değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Sulakyurt'un iklimi sıcak ve ılıman olarak sınıflandırılır. Kışın Sulakyurt'ta yazdan çok daha fazla yağış olur. Bu konum Köppen ve Geiger tarafından Csa olarak sınıflandırılmıştır. Sulakyurt'taki sıcaklık, istatistiksel analizle belirlendiği üzere yaklaşık 11,9 °C (53.4 °F)'dir. Bir yılda yağış miktarı 444 mm'dir. Sulakyurt kuzey yarımkürededir. Yaz burada haziran sonunda başlar ve eylül ayında sona erer.

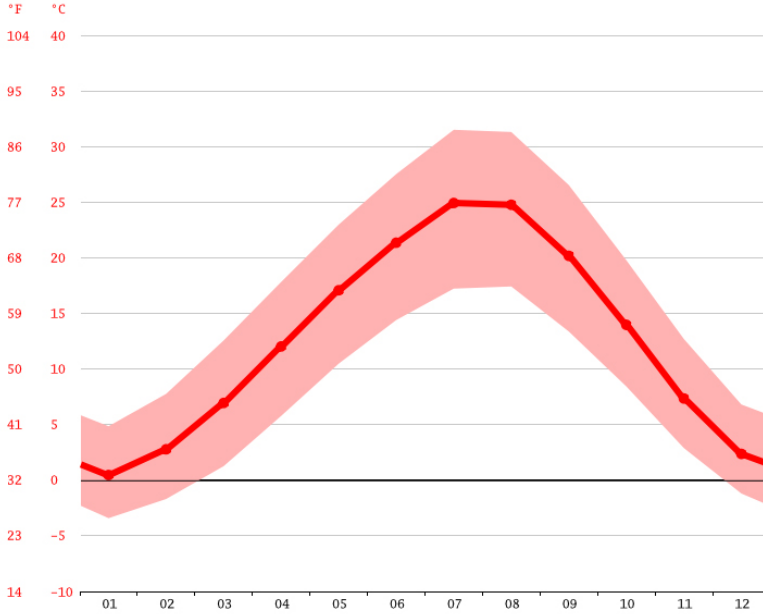
Kırıkkale'nin iklimi sıcak ve ılıman olarak sınıflandırılır. Kırıkkale'de kışın yazdan daha fazla yağış görülür. Köppen-Geiger iklim sınıflandırması Csa'dır. Kırıkkale'deki sıcaklık istatistiksel analizle belirlendiği üzere yaklaşık 12,8 °C (55,1 °F)'dir. Yıllık olarak yaklaşık 402 mm yağış düşmektedir. Kırıkkale kuzey yarımkürededir. Yaz Haziran sonunda başlar ve Eylül ayında sona erer. (Şekil 1).



Şekil 1. Kırkkale ilinin iklim grafiği (<https://en.climate-data.org>)

Sulakyurt'ta en az yağış Temmuz ayında görülür. Bu ayın ortalaması 9 mm'dir. En fazla yağış Aralık ayında düşer ve ortalama 56 mm'dir. Temmuz ayında ortalama sıcaklık yaklaşık 24.0 °C (75.3 °F) ile en yüksektir. Ocak ayında ortalama sıcaklık -0.4 °C (31.2 °F)'dir. Bu, tüm yılın en düşük ortalama sıcaklığıdır.

Kırkkale'de en az yağış Temmuz ayında görülür. Bu ayın ortalaması 6 mm'dir. Ortalama 52 mm ile en fazla yağış Aralık ayında düşer. Temmuz ayında ortalama sıcaklıklar yaklaşık 24,9 °C (76,9 °F) ile en yüksektir. Yılın en düşük ortalama sıcaklığı 0,5 °C (32,8 °F) ile Ocak ayındadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kırıkkale ilinin sıcaklık grafiği (<https://en.climate-data.org>)

Sulakyurt'ta en kurak ve en yağışlı aylar arasındaki yağış farkı 47 mm'dir. Yıl boyunca ortalama sıcaklıklar 24,5 °C (44,0 °F) değişir. En yüksek bağıl nemin olduğu ay Ocak'tır (%72,97). En düşük bağıl nemin olduğu ay Temmuz'dur (%37,06). En fazla yağmurlu günün olduğu ay Mayıs'tır (10,23 gün). En az yağmurlu günün olduğu ay ise 2,17 gün ile Temmuz'dur (Tablo 1).

Tablo 1. Sulakyurt ilçesinin iklim tablosu (<https://en.climate-data.org>)

	Ocak	şubat	Mart	Ni- san	Ma- yıs	Hazi- ran	Tem- muz	Ağus- tos	Eylül	Ekim	Ka- sım	Ara- lık
Ortalama Sıcaklık °C (°F)	-0.4 °C	1.9 °C	5.9 °C	11 °C	16.1 °C	20.4 °C	24 °C	24 °C	19.3 °C	13 °C	6.1 °C	1.5 °C
	(31.2 °F)	(35.4 °F)	(42.6 °F)	(51.8 °F)	(61 °F)	(68.7 °F)	(75.3 °F)	(75.2 °F)	(66.7 °F)	(55.3 °F)	(43 °F)	(34.6 °F)
En Düşük Sıcaklık °C (°F)	-4.6 °C	-2.9 °C	-0.1 °C	4.5 °C	9.7 °C	13.7 °C	16.8 °C	17.1 °C	12.7 °C	7.2 °C	1 °C	-2.4 °C
	(23.7 °F)	(26.7 °F)	(31.7 °F)	(40.1 °F)	(49.4 °F)	(56.6 °F)	(62.2 °F)	(62.8 °F)	(54.8 °F)	(44.9 °F)	(33.8 °F)	(27.6 °F)
En Yüksek Sıcaklık °C (°F)	4.4 °C	7.3 °C	11.9 °C	17.1 °C	22.2 °C	26.7 °C	30.8 °C	30.7 °C	25.9 °C	19.1 °C	12 °C	6.3 °C
	(39.9 °F)	(45.1 °F)	(53.4 °F)	(62.8 °F)	(71.9 °F)	(80 °F)	(87.4 °F)	(87.3 °F)	(78.6 °F)	(66.4 °F)	(53.6 °F)	(43.4 °F)
Yağış / Yağış mm	48	43	53	49	54	33	9	10	17	30	42	56
	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(0)	(0)	(0)	(1)	(1)	(2)
Nem (%)	73%	66%	60%	54%	49%	44%	37%	37%	41%	53%	64%	71%
Yağmurlu Günler (gün)	6	6	7	7	8	5	2	2	3	4	4	7
Ortalama Güneşli Saatler (saat)	5.9	6.8	8.7	10.5	11.8	12.8	12.9	12.1	10.7	8.6	7.4	6.1

Kırıkkale’de en kurak ve en yağışlı aylar arasındaki yağış farkı 46 mm’dir. Yıl boyunca ortalama sıcaklıklar 24,5 °C (44,0 °F) değişir. Ocak ayının %73,33’lük bir yüzdeyle en yüksek bağlı nemi sergilediği belirlenmiştir. Öte yandan, Temmuz ayında yalnızca %35,13’lük son derece düşük bir bağlı nem seviyesi olduğu gözlemlenmiştir. En yağışlı ay 9,30 gün ile Mayıs iken en kurak ay 1,63 gün ile Temmuz’dur (Tablo 2).

Tablo 2. Kırıkkale ilinin iklim tablosu (<https://en.climate-data.org>)

	Ocak	Şubat	Mart	Ni- san	Ma- yıs	Hazi- ran	Tem- muz	Ağus- tos	Eylül	Ekim	Ka- sım	Ara- lık
Ortalama Sıcaklık °C (°F)	0.5 (32.8)	2.8 °C (37 °F)	6.9 (44.5)	12 (53.6)	17.1 (62.7)	21.4 (70.4)	24.9 (76.9)	24.8 (76.6)	20.2 (68.3)	14 °C (57.1 °F)	7.3 (45.2)	2.4 (36.3)
En Düşük Sıcaklık °C (°F)	-3.4 (25.9)	-1.7 °C (29 °F)	1.3 (34.3)	5.8 (42.4)	10.5 (50.9)	14.4 (57.9)	17.2 (63 °F)	17.4 (63.4)	13.4 (56.1)	8.4 °C (47.2 °F)	2.9 (37.2)	-1.2 (29.8)
En Yüksek Sıcaklık °C (°F)	4.9 (40.7)	7.8 °C (46 °F)	12.6 (54.6)	17.8 (64.1)	23 (73.4)	27.5 (81.5)	31.5 (88.7)	31.3 (88.3)	26.5 (79.8)	19.8 (67.6)	12.7 (54.9)	6.8 (44.3)
Yağış / Yağış mm	48 (1)	40 (1)	50 (1)	46 (1)	45 (1)	31 (1)	6 (0)	7 (0)	12 (0)	25 (0)	40 (1)	52 (2)
Nem (%)	73%	66%	57%	51%	46%	42%	35%	36%	39%	52%	63%	72%
Yağmurlu Günler (gün)	6	6	7	7	7	5	1	1	2	4	4	7
Ortalama Güneşli Saatler (saat)	5.6	6.7	8.6	10.3	11.8	12.7	12.9	12.1	10.8	8.7	7.3	5.9

YÖNTEM

Arazi Çalışması

Sulakyurt Tabiat Parkında 2024 yılında toplam 4 farklı lokasyondan liken örnekleri toplanmıştır. Örneklerin toplanması sırasında bıçak, GPS cihazı, altimetre, kâğıt havlu, kesekağıtları, kalem, defter, naylon torbalar gibi çeşitli araçlar kullanılmıştır. Ağaçlar üzerinde bulunan liken örnekleri toplanırken, ağaçlara zarar vermeden kabuklarından birer parça ile alınmıştır. Örneklerin toplanması esnasında tallus yapısına zarar vermemeye özen gösterilmiştir. Sistematik açıdan önemli olan tallusun kenarları ve merkezi kısımlarının korunmasına özen gösterilmiştir. Toplanan örnekler yumuşak havlulara sarılarak kese kağıtlarının içerisine konulmuştur. Loka-

lite bilgileri, yükseklik ve substrat özellikleri gibi detaylar arazi defterine not edilmiştir.

Örneklerin İncelenmesi

Teşhis işlemleri OLYMPUS SZX10 marka stereomikroskop ve OLYMPUS BX53 marka ışık mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin kaydedilmesi için OLYMPUS DP26 marka kameralı görüntüleme sistemi kullanılmıştır. Örneklerin mikroskopik özelliklerinin incelenmesi için preparatlar hazırlanmıştır. Tallus veya apotesyumdan kesitler alınarak su, potasyum hidroksit veya lügol çözeltilerinde incelenmiştir. Önemli yapılar kameralı görüntüleme sistemi ve oküler mikrometre ile ölçülmüştür. Stereomikroskop altında morfolojik görüntüler çekilmiştir. Askoma yapısı, askus yapısı ve boyutu, spor sayısı, şekli ve boyutu, himenyum yüksekliği, parafizlerin şekil ve yapısı gibi mikroskopik özellikler için askoma ve tallustan alınan kesitler ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Makroskopik ve mikroskopik görüntüler kameralı görüntüleme sistemiyle kaydedilerek ölçümler yapılmıştır. Tür düzeyinde teşhis işlemlerinde kimyasal reaksiyonlar için KOH (potasyum hidroksit), C (kalsiyum hipoklorit), Pd (Parafenilen diamin), I (Lügol) gibi çözeltiler de kullanılmıştır.

Apotesyum, tallus, medulla ve gerektiğinde soralyumlara damlatılan reaktiflerle reaksiyon sonuçları gözlemlenmiştir. Pozitif reaksiyonlar (+) işaretiyle belirtilirken, negatif reaksiyonlar (-) işaretiyle belirtilmiştir.

Çalışma alanında toplanılan likenlerin teşhis ve tayin işlemleri için çeşitli flora kitapları ve farklı tayin anahtarları kullanılmıştır (Arup vd., 2013; Nash, 2002; Otálora vd., 2014; Purvis vd., 2002).

Likenikol mantarların incelenmesi ve teşhis edilmesinde ise Ihlen & Wedin (2008) tayin anahtarından faydalanılmıştır.

BULGULAR

Çalışma Sulakyurt Tabiat Parkında 4 lokalitede gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda alandan 36 liken ve likeinkol mantar taksonu tespit edilmiştir.

Çalışma alanında yapılan arazi çalışmasında örnekler silisli kayalar ve Pinus nigra ağaçları üzerinden toplanmıştır. Lokalite yükseklikleri 1010-1070 metre aralığında değişmektedir. Gerçekleştirilen arazi çalışmasının lokalite bilgileri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Lokalite Bilgileri

Lokalite No	Koordinatlar	Yükseklik (m)
1	40° 05' 39" K 33° 42' 48" D	1010
2	40° 05' 24" K 33° 42' 39" D	1030
3	40° 05' 01" K 33° 42' 20" D	1070
4	40° 05' 31" K 33° 42' 51" D	1045

Çalışma alanı olan Sulakyurt Tabiat Parkından'ndan toplam 36 liken taksonu tespit edilmiştir. Bu türlerden 21'i Kırıkkale için yenidir. Bu türlerin listesi ile birlikte üzerinde buldukları substratları ve lokalite numaraları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Tespit edilen türlerin isimleri, lokalite numaraları ve substratları

	Türler	Lokalite numarası	Substrat	Kırıkkale için yeni *
1	<i>Acarospora fuscata</i> (Schrad.) Arnold	4	Silisli kaya	*
2	<i>Aspicilia desertorum</i> (Kremp.) Mereschk.	1	Silisli kaya	
3	<i>Aspiciliella intermutans</i> (Nyl.) M. Choisy	2	Silisli kaya	
4	<i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Söchting	1	Silisli kaya	
5	<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén & Söchting	3	<i>Pinus nigra</i>	
6	<i>Calogaya saxicola</i> (Hoffm.) Vondrák	1	Silisli kaya	*
7	<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	2	<i>Pinus nigra</i>	*
8	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	4	<i>Pinus nigra</i>	
9	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	3	<i>Pinus nigra</i>	*

10	<i>Dimelaena oreina</i> (Ach.) Norman	1	Silisli kaya	*
11	<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray	2	Silisli kaya	*
12	<i>Evernia divaricata</i> (L.) Ach.	4	<i>Pinus nigra</i>	*
13	<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy	1	<i>Pinus nigra</i>	
14	<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>	
15	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	1, 3	<i>Pinus nigra</i>	*
16	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	1, 2, 4	<i>Pinus nigra</i>	*
17	<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	4	<i>Pinus nigra</i>	*
18	<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	2	<i>Pinus nigra</i>	*
19	<i>Muellerella pygmaea</i> (Körb.) D. Hawksw.	3	<i>Physcia stellaris</i>	*
20	<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>	*
21	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hofm.) Hale	1	<i>Pinus nigra</i>	*
22	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	1	<i>Pinus nigra</i>	
23	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	3	<i>Pinus nigra</i>	
24	<i>Polyzozia dispersa</i> (Pers.) S.Y. Kondr., Lökös & Farkas	3	Silisli kaya	*
25	<i>Polyzozia hagenii</i> (Ach.) S.Y. Kondr., Lökös & Farkas	4	<i>Pinus nigra</i>	
26	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy	3	Silisli kaya	
27	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	2, 4	<i>Pinus nigra</i>	*
28	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>	*

29	<i>Ramalina polymorpha</i> (Lilj.) Ach.	2	<i>Pinus nigra</i>	*
30	<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	1, 3, 4	Silisli kaya	*
31	<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	3	<i>Pinus nigra</i>	
32	<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	1, 4	Silisli kaya	*
33	<i>Sanguineodiscus haematites</i> (Chaub. ex St.-Amans) I.V. Frolov & Vondrák	4	<i>Pinus nigra</i>	*
34	<i>Xanthoparmelia pul-la</i> (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch	2, 3	Silisli kaya	
35	<i>Xanthoparmelia stenophylla</i> (Ach.) Ahti & D. Hawksw.	2, 4	Silisli kaya	
36	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	1, 2, 3	<i>Pinus nigra</i>	

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Kırıkkale ili Sulakyurt ilçesinde yer alan Sulakyurt Tabiat Parkı likenleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda alandan 36 farklı liken ve likenikol mantar taksonu tespit edilmiştir. Bu 36 taksonun 35 tanesi liken, 1 tanesi ise likenikol mantardır. Çalışma sonucunda Türkiye'nin ve Kırıkkale ilinin liken biyotasına katkıda bulunulmuştur.

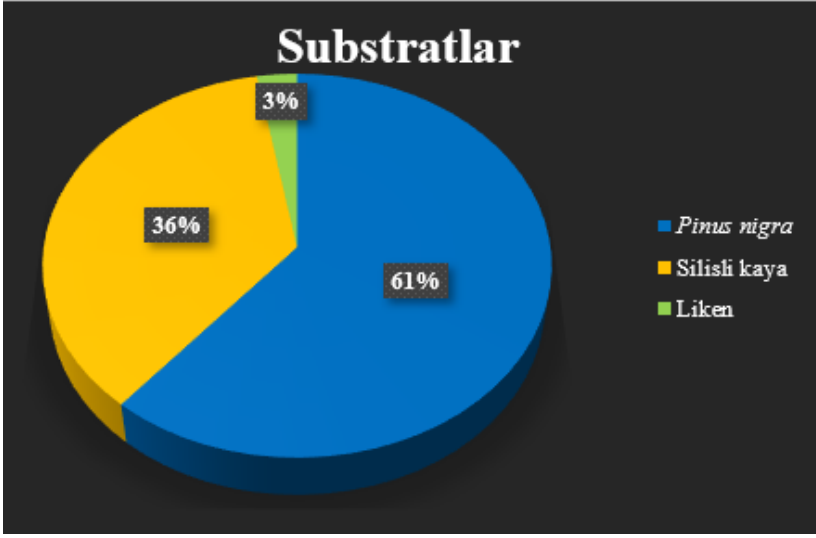
Tespit edilen 36 taksondan 21 tanesi Kırıkkale ilinden daha önce rapor edilmeyen türlerdir. Bu türlerin tespit edilmesi ile Kırıkkale ilinin liken biyotasına önemli bir katkı sağlanmıştır. Kırıkkale ilinden ilk kez tespit edilen liken ve likenikol mantar taksonları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Kırıkkale ilinden ilk kez tespit edilen taksonlar

Takson	Substrat
<i>Acarospora fuscata</i> (Schrad.) Arnold	Silisli kaya
<i>Calogaya saxicola</i> (Hoffm.) Vondrák	Silisli kaya
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	<i>Pinus nigra</i>
<i>Dimelaena oreina</i> (Ach.) Norman	Silisli kaya

<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray	Silisli kaya
<i>Evernia divaricata</i> (L.) Ach.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	<i>Pinus nigra</i>
<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	<i>Pinus nigra</i>
<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	<i>Pinus nigra</i>
<i>Muellerella pygmaea</i> (Körb.) D. Hawksw.	<i>Phycia stellaris</i>
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	<i>Pinus nigra</i>
<i>Polyozosia dispersa</i> (Pers.) S.Y. Kondr., Lökös & Farkas	Silisli kaya
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	<i>Pinus nigra</i>
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Ramalina polymorpha</i> (Lilj.) Ach.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	Silisli kaya
<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt	Silisli kaya
<i>Sanguineodiscus haematites</i> (Chaub. ex St.-Amans) I.V. Frolov & Vondrák	<i>Pinus nigra</i>

Tespit edilen 36 taksondan 22 tanesi *Pinus nigra* üzerinden, 13 tanesi silisli kayalar üzerinden ve 1 tanesi ise likenler üzerinden tespit edilmiştir. Çalışma alanından tespit edilen taksonlardan %36'sı saksikol likenler, %61'i epifitik likenler ve %3'ü likenikol mantarlardan oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Tespit edilen taksonların substrat tipleri

Ülkemiz son derece zengin bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Fakat ülkemizin liken biyotası henüz tam olarak tamamlanmamıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri ise henüz çalışılmamış birçok doğal ve korunan alanın bulunmasıdır. Bu korunan alanlardan biri olan Sulakyurt Tabiat Parkı'nın liken biyotasının belirlenmesi ile ülkemizin ve Kırıkkale ilinin biyoçeşitliliğine katkılar sunulmuştur. 2017 yılında basılmış olan Türkiye Likenleri Listesi kitabı ile ülkemizin ilk liken biyotası kitabı çıkarılmıştır ve liken çalışmaları için önemli bir referans sağlamıştır (John & Türk, 2017). Daha sonra 2020 ve 2023 yıllarında bu kitaba yapılan eklemeler ile güncelleştirmeler yapılmıştır (John vd. 2020; John & Güvenç, 2023). Çalışma sonucunda Kırıkkale ilinden ilk kez tespit edilen taksonlar ile bir sonraki güncellemeye katkıda bulunmuş olacaktır ve ileride yapılacak çalışmalar için referans olacaktır.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmayı 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012213942 proje numarası ile maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Armstrong, R. A. (2019). The lichen symbiosis: lichen “extremophiles” and survival on Mars. *J. Astrobiol. Space Sci. Rev.*, 1, 378-397.
- Arnold, F. C. G. (1897). Flechten auf dem Ararat (4912), *Bull. de l’Herb. Boisser*, 5, 631-633.
- Arup, U., S ochting, U., & Fr od en, P. (2013). A new taxonomy of the family Teloschistaceae. *Nordic journal of Botany*, 31(1), 016-083. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00062.x>
- Asplund, J., & Wardle, D. A. (2017). How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. *Biological reviews*, 92(3), 1720-1738. <https://doi.org/10.1111/brv.12305>
- Barak, M.  ., Kocakaya, M., & Kocakaya, Z. (2022). *Ramalina digitellata*, A New Lichen Record for T rkiye. *T rler ve Habitatlar*, 3(1), 17-22. <https://doi.org/10.53803/turvehab.1103702>
- Biradar, S., Ramya, R., & Sankaranarayanan, A. (2023). Mycobionts interactions in lichen. In *Microbial Symbionts* (pp. 215-233). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99334-0.00040-2>
- Ceylan, A., Karatoprak, G. Ő., Kocakaya, Z., & Kocakaya, M. (2022). Evaluation of DNA Protective and Antimicrobial Properties of some *Cladonia* Species. *Cumhuriyet Science Journal*, 43(4), 550-555. <https://doi.org/10.17776/csj.1141849>
- Değirmenci, B. C., Kocakaya, M.,  lg n, S., Karatoprak, G. Ő., Kocakaya, Z., & Ceylan, A. (2024). Investigation of Biological Activity of *Squamarina cartilaginea* (With.) P. James Species Distributed in T rkiye. *Cumhuriyet Science Journal*, 45(3), 478-485. <https://doi.org/10.17776/csj.1424202>
- Grimm, M., Grube, M., Schiefelbein, U., Z hlke, D., Bernhardt, J., & Riedel, K. (2021). The lichens’ microbiota, still a mystery?. *Frontiers in Microbiology*, 12, 623839. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.623839>
- Ihlen, P. G., & Wedin, M. (2008). An annotated key to the lichenicolous Ascomycota (including mitosporic morphs) of Sweden. *Nova Hedwigia: Zeitschrift f r Kryptogamenkunde*, 86, 275-365. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2008/0086-0275>
- Kalra, R., Conlan, X. A., & Goel, M. (2021). Lichen allelopathy: a new hope for limiting chemical herbicide and pesticide use. *Biocontrol Science and Technology*, 31(8), 773-796. <https://doi.org/10.1080/09583157.2021.1901071>
- Kanyungulu, C. N., & Farkas, E. (2023) The importance of lichens and their conservation. *Acta Biologica Plantarum Agriensis*, 11(2), 30. <https://doi.org/10.21406/abpa.2023.11.2.30>
- Kılıç Yayla, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. Ő.,  lg n, S., & Ceylan, A. (2023). Analyzing the Impact of *Ramalina digitellata*, *R. fastigiata*, *R. fraxinea*, and *R. polymorpha*’s Usnic Acid Concentration on Antioxidant, DNA-Pro-

- tective, Antimicrobial, and Cytotoxic Properties. *Chemistry & Biodiversity*, 20(1), e202200816. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200816>
- Kocakaya, M. (2016). A new record for the Turkish lichen biodiversity *Psoroma tenue* Henssen. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2), 55-56.
- Kocakaya, M. (2021). *Didymocyrtis epiphyscia*, *Lichenochora weillii*, and *Lichenocodium xanthoriae* newly recorded from Turkey. *Mycotaxon*, 136(2), 523-528. <https://doi.org/10.5248/136.523>
- Kocakaya, M., Akbulut, E., & Kocakaya, Z. (2024a). Apoptosis stimulating effect of *Cladonia furcata* on breast cancer cells via PI3K/Akt/mTOR pathway: Apoptosis stimulating effect of *Cladonia furcata*. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEb)*, 62(12), 967-977. <https://doi.org/10.56042/ijeb.v62i12.8906>
- Kocakaya, M., Barak, M. Ü., & Kocakaya, Z. (2023). New records of lichenicolous and lichenized fungi from Üzümdere Nature Park, Türkiye. *Mycotaxon*, 137(4), 943-951. <https://doi.org/10.5248/137.943>
- Kocakaya, M., İlik, G. N., İlgün, S., Kocakaya, Z., Karatoprak, G. Ş., & Ceylan, A. (2024b). Comparative in vitro analysis of the biological potential of *Usnea florida* (L.) Weber ex FH Wigg., *Usnea intermedia* (A. Massal.) Jatta, and *Usnea lapponica* Vain and quantification of usnic acid. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 23(6), 530-538. <http://doi.org/10.56042/ijtk.v23i6.3586>
- Kocakaya, M., Kocakaya, Z., Kaya, D., & Barak, M. Ü. (2018). A New Lichenicolous Fungus Record from the Turkey, *Tremella macrobasidiata* (Basidiomycota, Tremellales). *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 95-97. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.36932>
- Kocakaya, Z., Kocakaya, M., & Barak, M. Ü. (2020). A New Lichenicolous Fungus Record from The Çamlık National Park (Yozgat, Turkey), *Tremella candelariellae* (Basidiomycota, Tremellales). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2), 388-390. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.565751>
- Kocakaya, Z., Kocakaya, M., & Karatoprak, G. Ş. (2021). Comparative analyses of antioxidant, cytotoxic, and anti-inflammatory activities of different *Cladonia* species and determination of fumarprotocetraric acid amounts. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(6), 1196-1207. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.868927>
- Köprü, S., Dokan, F., Kocakaya, Z., Per, S., Çadır, M., & Kocakaya, M. (2022). Determination of Trace Elements of Some *Cladonia* Species from Turkey by ICP-MS. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 135-146. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1179052>
- Morillas, L., Roales, J., Cruz, C., & Munzi, S. (2022). Lichen as multipartner symbiotic relationships. *Encyclopedia*, 2(3), 1421-1431. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2030096>

- Nash, T. H. 2002. Lichen flora of the greater Sonoran desert region. Lichens Unlimited, Arizona State University, 532 pp.
- Otálora, M. A., Jørgensen, P. M., & Wedin, M. (2014). A revised generic classification of the jelly lichens, Collemataceae. *Fungal diversity*, 64, 275-293. <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0266-1>
- Pandır, D., Hilooglu, M., & Kocakaya, M. (2018). Assessment of anticytotoxic effect of lichen *Cladonia foliacea* extract on *Allium cepa* root tips. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32478-32490. <http://doi.org/10.1007/s11356-018-3221-6>
- Purvis, O.W., Coppins, B. J., Hawksworth, D. L., James, P. W., Moore, D. M. 1992. The lichen flora of Great Britain and Ireland. London: Natural History Museum, 710 pp.
- Rigler, L. (1852). *Türkei und Behohner, Naturhistorischen, Pshsiologischen und Pathologischen Verhältnissen wom Standpunkte Constantinopel's*, Verlag von Carl Gerold, 110. Wien, Avusturya.
- Ristić, S., Šajin, R., & Stamenković, S. (2021). Lichens as the main indicator in biological monitoring of air quality. *Contaminant Levels and Ecological Effects: Understanding and Predicting with Chemometric Methods*, 101-129. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66135-9_4
- Sanders, W. B., & Masumoto, H. (2021). Lichen algae: the photosynthetic partners in lichen symbioses. *The Lichenologist*, 53(5), 347-393. <https://doi.org/10.1017/S0024282921000335>
- Schiffner, V. (1896). Über die von Sintenis in Turkish-Armenian gesammelten Kryptogamen, *Österr. Bot. Z.* 46, 274-278.
- Schweiger, A. H., Ullmann, G. M., Nürk, N. M., Triebel, D., Schobert, R., & Rambold, G. (2022). Chemical properties of key metabolites determine the global distribution of lichens. *Ecology Letters*, 25(2), 416-426. <https://doi.org/10.1111/ele.13930>
- Spribille, T., Resl, P., Stanton, D. E., & Tagirdzhanova, G. (2022). Evolutionary biology of lichen symbioses. *New Phytologist*, 234(5), 1566-1582. <https://doi.org/10.1111/nph.18048>
- Szatala, Ö. (1927). *Lichenes Turcicae asiaticae a Patre Prof. Stefano Selinca in insula Burgas Addasi (Antigoni) lecti*, *Magy. Bot. Lapok*, 26, 18-22.
- Szatala, Ö. (1960). *Lichenes Turcicae Asiaticae ab Victor Pietschmann collect.* *Sydowia*, 14, 312-325.
- Thakur, M., Bhardwaj, S., Kumar, V., & Rodrigo-Comino, J. (2024). Lichens as effective bioindicators for monitoring environmental changes: a comprehensive review. *Total Environment Advances*, 9, 200085. <https://doi.org/10.1016/j.teadva.2023.200085>
- Tripathi, A. H., Negi, N., Gahtori, R., Kumari, A., Joshi, P., Tewari, L. M., Joshi, Y., Bajpai, R., Upreti, D. K., & Upadhyay, S. K. (2022). A review of

anti-cancer and related properties of lichen-extracts and metabolites. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 22(1), 115-142. <https://doi.org/10.2174/1871520621666210322094647>

Vančurová, L., Malíček, J., Steinová, J., & Škaloud, P. (2021). Choosing the right life partner: Ecological drivers of lichen symbiosis. *Frontiers in Microbiology*, 12, 769304. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.769304>

John V., Güvenç Ş, & Türk A. (2020) Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey. *Archive for Lichenology*, 19, 1-32.

John, V., Güvenç, Ş., & Türk, A. (2023). Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey II. *Archive for Lichenology*, 34, 1-47.

John, V., & Türk, A. 2017. Türkiye Likenleri Listesi. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayını.