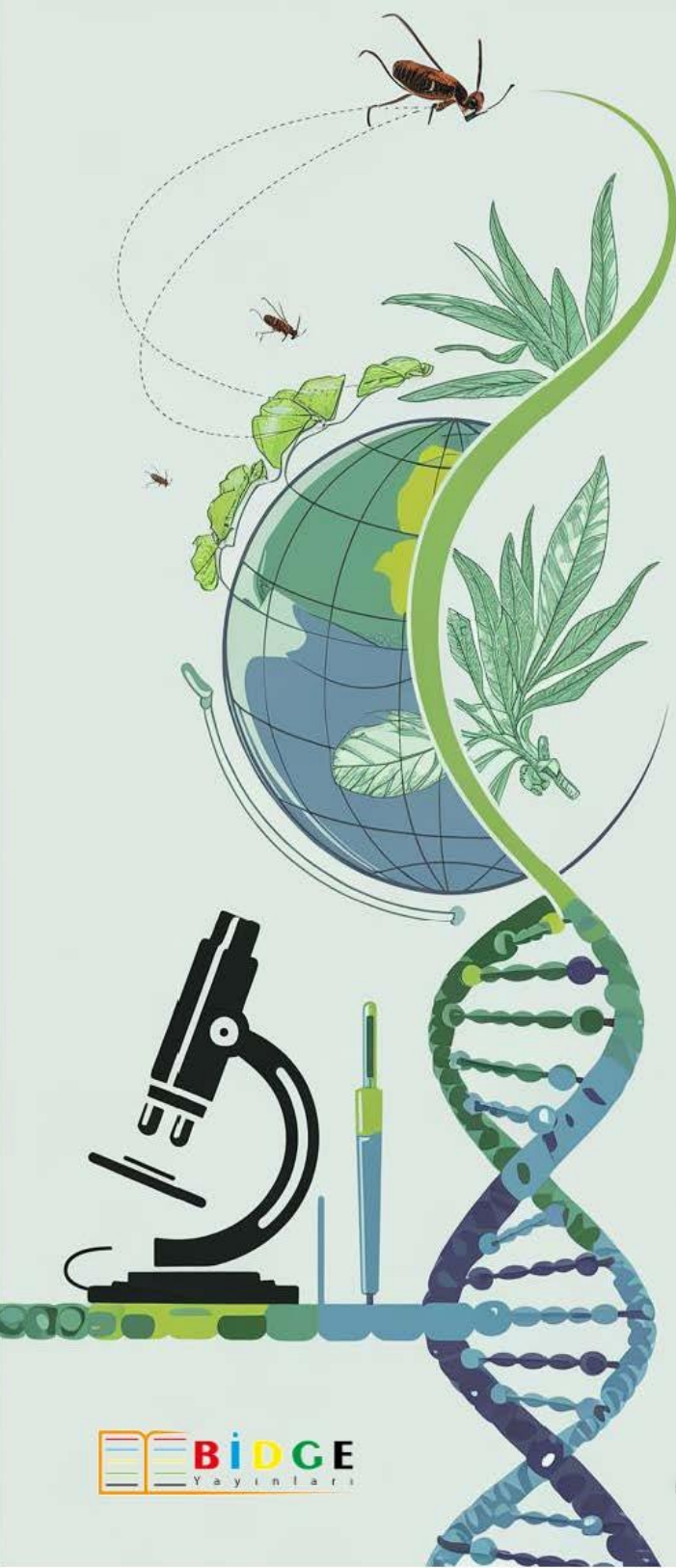


BÖCEKLER BİTKİLER VE BİYOTEKNOLOJİ



BİDGE Yayınları

Böcekler, Bitkiler ve Biyoteknoloji

Editör: Doç. Dr. Fulya KAYA APAK & Öğr. Gör. Hayrettin İlker ÖZDEMİR

ISBN: 978-625-372-371-2

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



Önsöz

"Böcekler, Bitkiler ve Biyoteknoloji" adlı bu kitap, doğanın en ilginç ve birbirine bağlı bu öğeleriyle ilgili konular içeren bir çalışmadır. Her biri, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve insanlar açısından öneme sahip olan böcekler, bitkiler ve biyoteknoloji alanlarına dair bilgiler içermektedir.

İlk bölümde, *Böceklerin Uluslararası Yolculuğu* ve bu yolculuğu gerçekleştirme yöntemleri ele alınmıştır. Böceklerin, kıtalar arası yolculuklarını hangi yollarla gerçekleştirdikleri, bu yer değiştirme sonucunda yarattıkları etkileri ve böceklerin ülkeler hatta kıtalar arası yer değiştirmelerini önlemek için alınabilecek önlemler üzerinde durulmuştur.

İkinci bölüm, *Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Biyoteknoloji* konusunu ele almaktadır. Tıbbi bitkiler, binlerce yıldır insanlık için sağlık kaynağı olmuştur ve günümüzde biyoteknolojik yöntemlerle bu bitkilerin potansiyelinden daha verimli bir şekilde yararlanmak mümkündür. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik üretim süreçleri ve bunların sağlık alanındaki kullanım alanları incelenmiştir.

Son olarak, *Moleküler Biyoloji ve Hızlı Tanı Yöntemleri* başlıklı bölümde, biyoteknolojinin tarım ve sağlık bilimlerindeki önemli bir uygulama alanı olan moleküler biyolojinin, hastalıkların tanısında nasıl devrimsel bir rol oynadığını tartışıyoruz. Genetik analizler, hızlı tanı testlerinin tarım ve tıptaki yeri, bu bölümün temel odak noktasıdır.

Bilimsel gelişmelerin hızla ilerlediği bu dönemde, böcekler, bitkiler ve biyoteknoloji konularına farklı bir bakış açısı getirmek için bu kitap hazırlanmıştır.

Editörler

Doç. Dr. Fulya KAYA APAK

Öğr. Gör. Hayrettin İlker ÖZDEMİR

Content

Böceklerin Uluslararası Yolculuğu I	6
Fulya KAYA APAK	6
Moleküler Biyoloji ve Hızlı Tanı Yöntemleri	46
Hayrettin İlker ÖZDEMİR	46
Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Biyoteknoloji.....	73
Hayrettin İlker ÖZDEMİR	73

BÖLÜM I

Böceklerin Uluslararası Yolculuğu I

Fulya KAYA APAK¹

Giriş

“Her ne kadar ticaret kimileri tarafından ekonominin temeli olarak görülse de, kimileri içinse ekonominin de ötesinde, dünya üzerinde iyi ve kötü olan her şeyin sebebi olarak görülmektedir.”

Günümüzde ulaşım yollarında yaşanan gelişmeler nedeniyle uluslararası ticarete de hızlı bir şekilde artış gözlemlenmektedir. Ulaşım yolları ve ticarete yaşanan bu gelişmeler nedeniyle de kıtaların ve ülkelerin arasındaki uluslararası ticarete sorun oluşturan doğal engeller de ortadan kalkmakta ve böylelikle de yapılan ticaret neticesinde bilinçli ve bilinçsiz olarak bir çok canlı türünün kendi yaşam alanlarından başka alanlara taşınması da kolaylaşmaktadır. Direkt ticareti yapılan böcekler dışında, uluslararası ticarete konu olan ürünlerle birlikte pek çok böcek türünün de ülkeler arası hatta kıtalar arası taşındığı bilinmektedir. Hatta ve hatta ürünlerle birlikte fark edilmeden ve istenmeden taşınan canlılar içerisinde böcekler çok önemli bir yere sahiptirler.

¹ Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Aydın/Türkiye, Orcid: 0000-0001-9226-6583, fulya.apak@adu.edu.tr

Doğal yaşam ortamlarında böcek popülasyonları; çevresel etmenler, ilkim koşulları, besin kaynakları ve doğal düşmanları gibi pek çok etmen ile denge halinde yaşamaktadırlar. Fakat sahip oldukları üstün adaptasyon yetenekleri sayesinde bulundukları alanlardan direk kendileri canlı olarak bir yerden başka bir yere taşınabildiği gibi içerisinde ya da üzerinde bulundukları canlı bitki materyalleri ile ve yahut yapılan hayvan ticareti, ağaç ve ağaçtan yapılma malzemelerin ticareti gibi faktörler ile farklı yerlere taşınmaları durumunda da gittikleri bölgelere adapte olarak ve çok kısa sürede daha geniş alanlara da yayılarak yaşam şansı bulmaları yanında; önemli sorunlara da neden olabilmekte ve yeni yaşam alanlarında istilacı tür durumuna da geçebilmektedirler.

Yeni yaşam alanlarında istilacı böcek olarak isimlendirilen bu türlerin ortak özellikleri ise çok değişik çevresel koşullara göstermiş oldukları çok geniş tolerans gücü, yüksek yayılma yetenekleri, hızlı büyüme ve üreme kabiliyetine sahip olmaları, polifag yani bir çok bitki çeşidi ile beslenebilme yetenekleridir (Anonim, 2001). Son yıllarda giderek gelişim gösteren ulaşım yolları nedeniyle uluslararası ticarete de hızlı bir artış görülmekte ve bunun neticesinde de ülkelerin ve kıtaların arasındaki doğal engellerin yok olması sebebiyle azımsanmayacak kadar çok canlı türün kendi doğal yaşam alanlarından daha farklı alanlara taşınması da kolaylaşmıştır (Lowe & ark., 2000).

Dünya üzerinde yaşam süren canlılar içerisinde en kalabalık grubu oluşturan böcekler, farklı ortam koşullarına adapte olabilmeye yetenekleri ile her zaman hayatta kalma konusunda başarılı olmuşlardır. Böcek popülasyonlarının, doğal yaşam yerlerindeki ekosistemlerde bir çok etmen ile uyum halinde olduğu bilinmektedir.

Yaşam istekleriyle uygun herhangi bir ortama giden ya da taşınan böcekler ilk önce hayatta kalmaya çalışmaktadır. Bu aşamada söz konusu uyum sürecini geçme konusunda başarılı olabilirlerse, kısa sürede çoğalabilmekte ve fark edilinceye kadar geçen süre zarfında önemli zararlara sebep olmaktadır. Günümüzün başlıca sorunlarından birisi olan ve 40 yıldır belirgin bir şekilde etkileri yaşanan küresel ısınma, canlıların biyocoğrafik

alanlarında giderek genişlemelere neden olmuştur. Zararlıların bazılarının ekolojik ortamlarının büyümesine neden olması yanında; bazı istilacı zararlıların ise istediği koşullara uyumlu farklı ekolojik alanlara gittiği tespit edilmiştir. Bu böcek türlerinden bazıları varlıklarını bile hissettirmeden yaşamalarına devam ederken, bazı türler doğal düşman baskısının olmadığı alanlarda ciddi zararlara ve salgınlara neden olmuş ve beraberinde önemli ekonomik kayıplara da neden olmuşlardır.

Farklı coğrafi bölgelerde yaşayan böcekler çevresel faktörler, tarım alanlarında bilinçsiz ve kontrolsüz şekilde yapılan tarım faaliyetleri ve yetersiz karantina önlemleri nedeniyle yeni bölgelere taşınabilmekte ve yaşam alanı buldukları bu yeni bölgelerde potansiyel zararlı konumundan ana zararlı konumuna gelebilmektedirler.

Böcek türlerinin yayılması, bitki türlerinin ticaretindeki artış nedeniyle de son yıllarda büyük ölçüde artmıştır. Özellikle ilk dönemlerinde oldukça küçük yapıya sahip olan kabuklu bitler (Coccoidea) genellikle sahip oldukları bu yapıları nediyle bitkilerin karantina muayenesi sırasında tespit edilemeyebilirler. Kabuklu bitler, yeni geldikleri yaşam alanlarında doğal düşmanları da henüz yoksa, kolayca kendilerine yeni yaşam alanı oluşturabilir ve kısa sürede de ekonomik açıdan önemli zararlılar haline gelebilirler (Kaydan, Erkiliç & Ülgentürk, 2012). İstilacı türlerin bazen biyolojik çeşitliliğin değişmesine neden olmaları yanında çevresel ve ekonomik anlamda büyük zararlara neden oldukları da bilinmektedir (Muniappan, 2011). Bunun yanında odun dokusunda zarar oluşturan türlerin tesbiti de oldukça zor olmakta ve zarar şiddetli bir şekilde kendini belli ettikten sonra, böcek zararı fark edilebilmektedir. Örneğin; özellikle hurma ağaçlarında oldukça zararlı bir böcek türü olan Kırmızı palmyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier)'un (Kehat, 1999) larvaları, ağaçların gövdelerini oyup, tüneller, galeriler açarak zararlı olmakta ve ancak zararlı tarafından yapılan zarar belirtileri gözle görülür bir şekilde ortaya çıktıktan sonra, böceğin varlığı da fark edilebilmektedir. Böcek tarafından meydana getirilen bu zararların geç fark edilmesi

nedeniyle mücadelede önemli sorunlarla karşılaşılması, ithalat ve ihracat sırasında da uygulanan karantina önlemlerine rağmen belirlenememesine ve böylelikle de kıtalar arasında taşınmalara yol açmaktadır.

İlk karantina önlemlerinin 1873 yılında Amerika'dan Almanya'ya getirilen bitkilerde uygulandığı bilinmektedir. Genel olarak zararlı ve zararlı olma potansiyeli yüksek olan türlerin yayılmasını engellemek, karantina önlemlerinin asıl amacını oluşturmaktadır. Karantina konusunda ki ilk uluslararası anlaşma 1881 yılında imza altına alınmış ve artık yasallaşmıştır (Mathys & Baker 1980). İnsan aktivitesinin giderek arttığı ve küresel ısınmanın da kendisini iyice belli ettirdiği son yıllarda özellikle istilacı türler, karantina önlemlerinde ilk sıralarda yer almaktadırlar (Mumford, 2002). Yeni bulaştıkları ekolojik alanlarda biyoçeşitliliğinin olumsuz bir şekilde etkilenmesine neden olan istilacı türler, tarımsal alanlarda da epidemilere sebep olarak önemli boyutlarda ürün kayıplarına da neden olabilmektedirler. Bu türlerin olası zararından korunabilmek ve bu türlerin yayılmasını engellemek amacıyla karantina önlemleri kapsamında ciddi tedbirlerin alınması gerekliliği vardır.

Karantina zararlıları, tarımsal faaliyetlerin başladığı ilk çağlardan başlayıp modern tarım uygulamalarına geçiş yapılan 1900'lü yılların sonlarına kadar bulundukları yerlerden başka alanlara insan aktivitesi ile taşınmışlardır. İpek, değerli taşlar, buğday, baharat ve kumaş gibi pek çok malın 12. ve 13. yüzyıllarda Doğu'dan gemilerle Venedik Limanı'na taşındığı zamanlarda, bu ürünlerle birlikte farelerin de taşındığı ve karşılıklı deniz ticareti hacminin yoğun olduğu bölgeler dikkate alınarak, karantinahane inşâ edilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (İşler, 2019). Küresel ticaret, iklim değişiklikleri, turizmdeki artış ve doğal afetlerin sık sık meydana gelmesi bitki zararlılarının bölgesel ve küresel olarak giriş, yerleşme ve yayılmalarında da artışa sebep olmaktadır. Bu nedenle, riskleri yönetmek için bölgesel ve ulusal düzeylerde karantina açısından önemli olan zararlıların listelerini oluşturmak, bölgeler ve ülkeler arasında taşınmaları konusunda

tedbirler almak kaçınılmaz bir zorunluluktur. Türkiye’de varlığı bilinmeyen ve ithale mani teşkil eden karantinaya tabi böceklerin hazırlanmış bir listesi mevcut olup, Tablo 1.’de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye’de varlığı bilinmeyen ve ithale mani teşkil eden karantinaya tabi böcekler

<i>Acleris gloverana</i>	<i>Ips hauseri</i>
<i>Acleris variana</i>	<i>Ips lecontei</i>
<i>Aeolesthes sarta</i>	<i>Ips paraconfusus</i>
<i>Agrilus auroguttatus</i>	<i>Ips plastographus</i>
<i>Agrilus anxius</i>	<i>Ips pini</i>
<i>Agrilus planipennis</i>	<i>Ips subelongatus</i>
<i>Aleurolobus marlatti</i>	<i>Iridomyrmex humilis</i>
<i>Amauromyza maculosa</i>	<i>Jacobiasca lybica</i>
<i>Anastrepha fraterculus</i>	<i>Keiferia lycopersicella</i>
<i>Anastrepha ludens</i>	<i>Limonius californicus</i>
<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Liriomyza sativae</i>
<i>Anastrepha suspensa</i>	<i>Listronotus bonariensis</i>
<i>Anoplophora glabripennis</i>	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>
<i>Anoplophora malasiaca</i>	<i>Malacosoma americanum</i>
<i>Anthonomus bisignifer</i>	<i>Malacosoma disstria</i>
<i>Anthonomus eugenii</i>	<i>Margarodes prieskaensis</i>
<i>Anthonomus grandis</i>	<i>Margarodes vitis</i>
<i>Anthonomus quadrigibbus</i>	<i>Margarodes vredendalensis</i>
<i>Anthonomus signatus</i>	<i>Massicus raddei</i>
<i>Apriona cinerea</i>	<i>Matsucoccus feytaudi</i>
<i>Apriona germari</i>	<i>Megaplatypus mutatus</i>
<i>Apriona japonica</i>	<i>Melanotus communis</i>
<i>Aromia bungii</i>	<i>Monochamus spp.</i>
<i>Arrhenodes minutus</i>	<i>Myndus crudus</i>
<i>Bactericera cockerelli</i>	<i>Naupactus leucoloma</i>
<i>Bactrocera ciliatus</i>	<i>Neoleucinodes elegantalis</i>
<i>Bactrocera cucumis</i>	<i>Neoclytus spp.</i>
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	<i>Nipaecoccus vastator</i>
<i>Bactrocera latifrons</i>	<i>Numonia pyrivorella</i>

<i>Bactrocera minax</i>	<i>Oemona hirta</i>
<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>Opogona sacchari</i>
<i>Bactrocera tryoni</i>	<i>Orgyia pseudotsugata</i>
<i>Bactrocera tsuneonis</i>	<i>Parasaissetia nigra</i>
<i>Bactrocera zonatus</i>	<i>Pardalaspis cyanescens</i>
<i>Blitopertha orientalis</i>	<i>Pardalaspis quinaria</i>
<i>Cacyreus marshalli</i>	<i>Paysandisia archon</i>
<i>Carneocephala fulgida</i>	<i>Pissodes nemorensis</i>
<i>Ceratitis rosa</i>	<i>Pissodes strobi</i>
<i>Choristoneura spp.</i>	<i>Pissodes terminalis</i>
<i>Conotrachelus nenuphar</i>	<i>Platypus parallelus</i>
<i>Cydia inopinata</i>	<i>Polygraphus proximus</i>
<i>Cydia packardi</i>	<i>Popillia japonica</i>
<i>Dendroctonus adjunctus</i>	<i>Premnotrypes spp.</i>
<i>Dendroctonus brevicomis</i>	<i>Pristiphora abietina</i>
<i>Dendroctonus frontalis</i>	<i>Pseudopityophthorus minutissimus</i>
<i>Dendroctonus ponderosae</i>	<i>Pseudopityophthorus pruinus</i>
<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	<i>Rhagoletis cingulata</i>
<i>Dendroctonus rufipennis</i>	<i>Rhagoletis completa</i>
<i>Dendrolimus sibiricus</i>	<i>Rhagoletis fausta</i>
<i>Diabrotica balteata</i>	<i>Rhagoletis indifferens</i>
<i>Diabrotica barberi</i>	<i>Rhagoletis mendax</i>
<i>Diabrotica speciosa</i>	<i>Rhagoletis pomonella</i>
<i>Diabrotica trivittata</i>	<i>Rhagoletis suavis</i>
<i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i>	<i>Rhagoletis ribicola</i>
<i>Diabrotica undecimpunctata undecimpunctata</i>	<i>Rhizoecus hibisci</i>
<i>Diabrotica virgifera zea</i>	<i>Rhynchophorus palmarum</i>
<i>Diaphorina citri</i>	<i>Saperda candida</i>
<i>Diaprepes abbreviatus</i>	<i>Scaideus luteolus</i>
<i>Draeculacephala minerva</i>	<i>Scaphoideus titanus</i>
<i>Drosophila suzukii</i>	<i>Scaphytopius acutus</i>
<i>Dryocoetes confusus</i>	<i>Scirtothrips aurantii</i>

<i>Epichoristodes acerbella</i>	<i>Scirtothrips citri</i>
<i>Epitrix cucumeris</i>	<i>Scirtothrips dorsalis</i>
<i>Epitrix similaris</i>	<i>Scolytus morawitzi</i>
<i>Epitrix tuberis</i>	<i>Sirex ermak</i>
<i>Erschoviella musculana</i>	<i>Sirex noctilio</i>
<i>Erythroneura comes</i>	<i>Spodoptera eridania</i>
<i>Euphranta japonica</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>
<i>Euwallacea fornicates</i>	<i>Spodoptera litura</i>
<i>Euzophera osseatella</i>	<i>Sternochetus mangiferae</i>
<i>Gnathotrichus sulcatus</i>	<i>Tetropium gracilicorne</i>
<i>Gonipterus gibberus</i>	<i>Thaumatopoea processionea</i>
<i>Gonipterus scutellatus</i>	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>
<i>Graphocephala atropunctata</i>	<i>Thrips palmi</i>
<i>Helicoverpa zea</i>	<i>Thrips setosus</i>
<i>Heteronychus arator</i>	<i>Toxoptera citricida</i>
<i>Homalodisca vitripennis</i>	<i>Trichoderus campestris</i>
<i>Hylurgopinus rufipes</i>	² <i>Trioza erythrae</i>
<i>Ips amitinus</i>	<i>Unaspis citri</i>
<i>Ips calligraphus</i>	<i>Unaspis yanonensis</i>
<i>Ips cembrae</i>	<i>Xylosandrus crassiusculus</i>
<i>Ips confusus</i>	<i>Xylotrechus altaicus</i>
<i>Ips duplicatus</i>	<i>Xylotrechus namanganensis</i>
<i>Ips grandicollis</i>	

Kaynak: Bitki Karantinası Yönetmeliği

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre, insanlar tarafından tüketilen gıdanın %80'inden fazlasını karşılayan bitkiler, hayvanlar için de birincil besin kaynağını oluşturmaktadırlar. Küresel ürün üretiminin %40'ının her yıl zararlılar yüzünden kaybolduğu tahmin edilmektedir. Bitki hastalıkları ve istilacı böcekler her yıl küresel ekonomiye sırasıyla yaklaşık 220 milyar ABD doları ve 70 milyar ABD dolarına mal olmaktadır (Ristaino & ark., 2021). Söz konusu kaybın önüne geçebilmek için gerekli karantina önlemlerinin alınma gerekliliği mutlak bir zorunluluktur. Gerekli karantina önlemleri alındığında

ülkelere yeni zararlı girişleri engellenerek söz konusu zararın daha da artmasına engel olunmalıdır. Türkiye’de sınırlı olarak bulunan ve ithale mani karantinaya tabi böcekler Tablo 2.’de verilmiştir. Bu beceklerle bulaşık ürünlerin ülkeye girişine izin verilmemektedir.

Tablo 2. Türkiye’de sınırlı olarak bulunan ve ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı böcekler

<i>Anoplophora chinensis</i>	<i>Ips typographus</i>
<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Liriomyza bryoniae</i>
<i>Cacoecimorpha pronubana</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Liriomyza trifolii</i>
<i>Chrysomphalus aonidum</i>	<i>Lopholeucaspis japonica</i>
<i>Dendroctonus micans</i>	<i>Lymantria monacha</i>
<i>Dryocosmus kuriphilus</i>	<i>Pammene fasciana</i>
<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Pissodes castaneus</i>
<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>
<i>Ips acuminatus</i>	<i>Spodoptera littoralis</i>
<i>Ips curvidens</i>	<i>Tuta absoluta</i>
<i>Ips sexdentatus</i>	

Kaynak: Bitki Karantinası Yönetmeliği

Karantina bitki zararlıları, gıda güvenliği, insan sağlığı, küresel ticaret ve ürün üretim maliyetleri üzerindeki etkileri nedeniyle sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan oldukça önemli bir gruptur. Özellikle dış karantina önlemlerinin ne kadar önemli olduğunu ve bu konuda yapılması gereken hususları Mathys & Baker (1980), Wadhi (1986), Follett & Neven (2006) ve Macleod, Pattuso & Jeger (2010) belirtmişlerdir. Alınması gereken en mühim önlemlerden birisi uluslararası karantina kuruluşlarının daha sağlam işleyen ve daha iyi geliştirilmiş sistemler kullanarak zararlı ve hastalıkların bulaşma risklerini minimuma indirmeleri gerekliliğidir. Bu konuda ülkelerin üzerine düşen görev ise, kendi bölgelerinde bulunmayan ve risk teşkil eden bu zararlı türlerin ve hastalıkların doğru ve kısa sürede tanısı, yayılım alanları, konukçuları ve doğal düşmanları ile ilgili iyi bir veri tabanı oluşturmaktır. Karantina kuruluşları tarafından oluşturulan zararlı ve hastalık listelerinin sık

aralıklarla güncellemeleri gerekmektedir. Ayrıca ithalatı yapılan ürünlerin ülkelere kabul aşamalarında uygulanan prosedürlerin uluslararası standartlar göz önüne alınarak hastalık ve zararlıların ülkelere girişini sağlayan risklerin en aza indirilmesi gerekmektedir. Söz konusu istilacı türlerin ülke sınırlarında kontrollerinin daha dikkatli ve uygun şekilde yapılabilmesi ve ülkeye girişlerinin önlenmesi için personel ve teknolojik altyapı imkanlarının artırılması gerekmektedir. Türkiye'ye için hazırlanmış ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı organizmalar ve bulaşma materyallerini içeren liste Tablo 3. ve Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 3. Bazı bitki veya bitkisel ürünlerde bulunması halinde ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı organizmalar (a-Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi böcekler)

ZARARLI ORGANİZMALAR	BULAŞMA MATERYALİ
<i>Aschistonyx eppoi</i>	Tohum ve meyve hariç <i>Juniperus</i> L. bitkileri
<i>Aleurocanthus</i> spp.	Tohum ve meyve hariç, <i>Citrus</i> L., <i>Fortunella</i> Swingle, <i>Poncirus</i> Raf bitkileri ve bunların melezleri
<i>Carposina niponensis</i>	Tohum hariç <i>Cydonia</i> Mill., <i>Malus</i> Mill., <i>Prunus</i> spp. ve <i>Pyrus</i> L. bitkileri
<i>Enarmonia prunivora</i>	Tohum hariç <i>Crataegus</i> L., <i>Malus</i> Mill., <i>Photinia</i> Ldl., <i>Prunus</i> spp. and <i>Rosa</i> L.'nin dikim amaçlı bitkileri ve <i>Malus</i> Mill. ve <i>Prunus</i> spp.'nin meyveleri
<i>Hishomonus phycitis</i>	Tohum ve meyve hariç, <i>Citrus</i> L., <i>Fortunella</i> Swingle, <i>Poncirus</i> Raf bitkileri ve bunların melezleri
<i>Rhopalomyia chrysanthemi</i>	Tohum hariç, <i>Chrysanthemum</i> spp. dikim amaçlı bitkileri ve kesme çiçekleri
<i>Tecia solanivora</i>	<i>Solanum tuberosum</i> L. (patates) yumruları

Kaynak: Bitki Karantinası Yönetmeliği

Tablo 4. Bazı bitki veya bitkisel ürünlerde bulunması halinde ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı organizmalar (b-Türkiye’de sınırlı olarak bulunan karantinaya tabi böcekler)

<i>Aoinidiella citrina</i>	Tohum ve meyve hariç, <i>Citrus</i> L. (turunçgil), <i>Fortunella</i> Swingle, <i>Poncirus</i> Raf. bitkileri ve bunların melezleri
<i>Balaninus glandium</i>	<i>Quercus</i> (meşe) meyveleri
<i>Circulifer haematocephus</i>	Tohum ve meyve hariç, <i>Citrus</i> L. (turunçgil), <i>Fortunella</i> Swingle, <i>Poncirus</i> Raf. bitkileri ve bunların melezleri
<i>Circulifer tenellus</i>	Tohum ve meyve hariç, <i>Citrus</i> L. (turunçgil), <i>Fortunella</i> Swingle, <i>Poncirus</i> Raf. bitkileri ve bunların melezleri
<i>Merodon equestris</i>	Soğanlı süs bitkileri ve çiçek soğanları
<i>Pectinophora gossypiella</i>	<i>Gossypium</i> spp. (pamuk) tohumları
<i>Phthorimaea operculella</i>	Tohumluk ve yemeklik <i>Solanum tuberosum</i> (patates) yumruları
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Palmae (Arecaceae) familyasına ait; <i>Areca catechu</i> (Malabar palmyesi), <i>Arecastrum romanzoffianum</i> , <i>Arenga pinnata</i> , <i>Borassus flabellifer</i> , <i>Brahea armata</i> , <i>Butia capitata</i> , <i>Calamus merillii</i> , <i>Caryota maxima</i> (Cevizli palmye), <i>C. cumingii</i> , <i>Cocos nucifera</i> (Hindistan cevizi), <i>Corypha gebang</i> , (Syn.: <i>C. elata</i> , <i>C. utan</i>), <i>Elaeis guineensis</i> (Afrika yağ palmyesi), <i>Howea forsteriana</i> , <i>Jubea chilensis</i> , <i>Livistonia australis</i>

	<i>Livistona decipiens</i> (Syn.: <i>Livistona decora</i>) (Şemsiye palmiye), <i>Metroxylon sagu</i> , <i>Oreodoxa regia</i> (Syn.: <i>Roystonea regia</i>) (Kral palmiye), <i>Phoenix canariensis</i> (Kanarya adaları phonixi), <i>P. dactylifera</i> (Hurma ağacı), <i>P. sylvestris</i> (Yabani hurma), <i>Sabal umbraculifera</i> (Syn.: <i>Sabal palmetto</i> , <i>Cabbage palmetto</i>), <i>Trachycarpus fortunei</i> (Syn.: <i>Chamaerops excelsa</i>)(Kendir palmiye), <i>Washingtonia</i> spp., <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Phoenix theophrasti</i> Bitkileri ve <i>Agavaceae</i> familyasına ait <i>Agave americana</i> ; Bitkisinin meyve ve tohumları hariç,taban gövde çapı 5 cm üzerinde olan dikim amaçlıbitkileri
<i>Virachola isocrates</i>	<i>Punica granatum</i> (nar) meyveleri
<i>Viteus vitifolii</i>	Tohum hariç, dikim amaçlı <i>Vitis</i> (asma) bitkileri

Kaynak: Bitki Karantinası Yönetmeliği

Ayrıca CITES verilerinde de açıkça belirtilmektedir ki özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde Bio-terörizim faaliyetleri aracılığıyla “nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan türler” (CITES Ek I); “nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olmayan ancak ticaretinin kontrol edilmesi gereken türler” (CITES Ek II) ve “diğer CITES üye ülkelerinden ticaretin kontrol edilmesi konusunda yardım isteyen en az bir ülkede korunan türler” (CITES Ek III)’in bölgelere getirilmesinin engellenmesi için önlemler alınması gerekmektedir.

Dünya toplam hayvan biyokütlesinin %95’ini oluşturan ve hayvanlar aleminde büyük bir çeşitlilik gösteren böcekler (De Castro & ark., 2018), polinasyon, biyolojik kontrol, tıp, araştırma

faaliyetleri, hediyeelik eşya, yem ve gıda, evcil hayvan ve kişisel veya ticari koleksiyon (hobi, hayvanat bahçeleri ve kelebek evleri) amaçlarıyla kullanılmakta (Gullan & Cranston, 2012; Gahukar, 2020; Van Huis, 2020; Bellini, 2022; Enkerlin & Pereira, 2022) ve tozlaşma, zararlı yönetimi, endüstriyel prosesler, araştırma ve diğer kullanımlar için canlı böceklerin sınır ötesi sevkiyatları önemli miktarlarda ve çeşitli türlerde gerçekleşmektedir. Özellikle renkleri, büyüklükleri ve çeşitliliği nedeniyle kelekler son yıllarda hediyeelik eşya olarak kullanılmaları yanında koleksiyonerlerin de dikkatini çekmektedir. Ayrıca insanların keleklerle iç içe olup onlara yaklaşma hatta temas etme fırsatı bulduğu kelek vadileri, kelek çiftlikleri nedeniyle de uluslararası ticarete maruz kalmaktadır. Uluslararası ticaret, kelek türlerinin ve popülasyonlarının özellikle egzotik türlerde habitat değışikliği nedeniyle hayatta kalmalarını tehdit etmeleri yanında yeni gittiği ülkelerde yayılmacı ve istilacı olma durumlarına da neden olabilmektedir. Nesli Tehlike Altında Olan Yabancı Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme (CITES) verilerine göre sadece Türkiye böcek ticareti verilerine bakıldığında; 2002-2020 yılları arasında Kanada, Malezya, Papua Yeni Gine, Filipinler ve Endonezya olmak üzere toplam 5 ihracatçı ülkenin Türkiye böcek ticaretine dahil olduğu ve Türkiye'nin bu ülkelerden Lepidoptera takımı Papilionidae familyasına ait 13 türü ithal ettiği belirlenmiştir. Uluslararası ticarete konu olmuş toplam 1.685 bireyin %46,3'ünün orijinini Filipinler'in oluşturduğu ve Lepidoptera takımı Papilionidae familyasına ait 162 bireyin doğadan ergin olarak toplanarak ihraç edildiği, 358 bireyin ise ergin öncesi dönemlerde doğadan toplanarak kültüre alındığı ve ergin döneme getirildikten sonra ihraç edildiği verilerde belirtilmektedir. İthalatı yapılan keleklerin sadece bir tanesi kişisel, 1.684 tanesi ise ticari olarak ithal edilmiştir (Kaya Apak & Kiremit, 2024). Söz konusu türün dünyadaki ithalat ve ihracatına bir çok ülke dahil olmaktadır. Bu da türün dünyada bir çok kıtaya yolculuk yaptığı anlamına gelmektedir.

Böceklerin üreme ve genetik etkiler sonucu oluşan kontrollü hareketlerinden birisi göç etme özellikleridir. Özellikle böceklerde üreme öncesi görülen bir harekettir ve göç uçuşunun belli bir yönü,

mesafesi, hızı, ritmi, süresi ve yüksekliği vardır. Göç çoüunlukla kalabalıklaşma, fotoperiyodizm, habitatın geçici olması ve bitkisel uyarıcılar nedenleriyle olmaktadır. Böcekler sahip oldukları uçuş yetenekleri sayesinde çevrelerini daha iyi kullanabilmektedirler. *Danaus plexippus* 4000 km'lik bir mesafeyi katedebilirken (Gibo, 1991); *Schistocerca gregaria* erginleri kanatlarını kıpırdatmadan 300-400 km uçabilmektedir (Johnson, 1965)

Her yıl dünya çapında böcekler, daha önce bilinenden çok daha büyük bir ölçekte büyük mevsimsel hareketler gerçekleştirmektedirler. Göç eden hayvanlar üzerine yapılan araştırmalar öncelikli olarak omurgalıları odaklanmıştır (Dingle, 2014), ancak son bulgular karasal göçmenlerin çoğunun böcekler olduğunu ve hem bolluk hem de biyokütle açısından omurgalıları geride bıraktığını göstermektedir (Holland, Wikelski & Wilcove, 2006; Chapman, Reynolds & Wilson, 2015). Radarla yapılan bir araştırmaya göre, 2-5 trilyon, yüksekten uçan böceğin her yıl yalnızca Birleşik Krallık'ın güneyi üzerinde uzun menzilli mevsimsel hareketler yaptığı belirlenmiştir (Hu & ark., 2016). Ayrıca göçmen böcekler, uzak ekosistemleri birbirine bağlayarak, besinleri ve özellikle polenleri uzun mesafeler boyunca taşıyarak ve besin ağlarını yapılandırarak ekolojik etkileşimleri de büyük ölçüde etkilemektedirler (Bauer & Hoyer, 2014). Her sonbaharda, milyonlarca *Danaus plexippus* L. türü kelebeklerin Doğu ve Orta Amerika Birleşik Devletleri ile Güney Kanada'daki üreme alanlarından Meksika'daki kışlama alanlarına güneybatıya veya güneye göç ettikleri bilinmektedir. Teksas'tan geçerek Meksika'ya ulaşırlar (Schmidt-Koenig, 1979). Ancak Kuzey Amerika'daki tüm bu kelebekler Meksika'ya göç etmez. Bazıları doğuya, ABD'nin Atlantik kıyısına (Urquhart, 1987) ve güneye doğru hareket ederek güney Florida'ya (Knight, 1998) ve Küba'ya kadar ulaşmaktadırlar. Bu kelebekler, kış soğğundan kaçınmak ve üreme faaliyeti olmadan besin rezervlerini koruyabilecekleri serin, nemli yerlerde hayatta kalmak için sonbaharda güneye göç ederek uluslararası yolculuklarına devam ederler.

Çok farklı açılardan toplumu etkileyen tarım sektörü, bir çok gelişmekte olan ülkelerde kırsal bölgelerde yaşayan insanların geçimlerini sağladıkları (Doğan, 2009), gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise vazgeçilmez bir kaynak olup, uzun vadeli yapılanmalarda önem verilen temel bir sektör alanı olmasına rağmen (Kaya & Erdoğan Aktan, 2011) stratejik önemi nedeniyle gelişmişlik seviyelerinden ayrı olarak, ülkelerin desteklediği sektörler arasında da ön sıralarda yer almaktadır. Artan nüfusu doyurabilmek için tarım vazgeçilmez bir unsurdur. Fakat tarımsal ürünlerde verim ve kaliteyi azaltan bir çok hastalık, zararlı ve yabancı ot türü vardır ve bunlarla mücadele etmek kaçınılmazdır. Günümüzde insan sağlığı ve çevreye verilen önemin artmasıyla kimyasal mücadeleye alternatif yöntemlerin kullanılması gerekliliği önem kazanmıştır. Bu yöntemlerden birisi de zararlı popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin altında tutmak için onlar üzerinde yaşayan organizmaların kullanıldığı biyolojik mücadeledir. Biyolojik savaş terimi 1919 yılında ilk kez H.S. Smith tarafından kullanılmış olsa da biyolojik savaş çalışmalarının başlangıcı oldukça eski tarihlere dayanmaktadır. 1888 yılına kadar zararlılara karşı uygulanan biyolojik savaş çalışmalarının sonuçları belirsiz olsa da; 1602 yılında *Pieris rapae* L. larvalarının *Apanteles glomeratus* (L.) parazitoiti tarafından parazitlendiği ve 1762 yılında çekirgelere karşı biyolojik mücadelede kullanılmak üzere Hindistan'dan Mauritius Adası'na Mynah kuşu *Acridotheres tristis* L. ve 1840 yılında Kırtıltılı *Lymantria dispar* L.'a karşı *Calosoma sycophanta* L.'nin kullanılmasıyla hem biyolojik savaşın önemi giderek daha da anlaşılmaya başlanmış hem de biyolojik mücadele için böceklerin uluslararası yolculuğu başlamıştır. 1873 yılında ABD'den Fransa'ya Bağ flokserası *Viteus vitifolii* (Fitch.)'ye karşı *Tyroglyphus phylloxerae* Riley'in getirilmiştir. 1883 yılında *Pieris rapae* (L.)'ye karşı biyolojik mücadelede kullanılmak üzere *Apanteles glomeratus* (L.)'un İngiltere'den ABD'ne götürülmesi, Torbalıkoşnil *Icerya purchasi* Mask.'yle mücadelede kullanılmak üzere 1888 yılında Avustralya'dan ABD'ne *Rodolia cardinalis*'in getirilmesi, 1892 yılında Avustralya'dan ABD'ne Turuncgil unlu biti *Planococcus citri* (Rissu)'nin predatörü *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.'nin

getirilmesiyle böceklerin uluslararası yolcuğu devam etmiştir. Böceklerin uluslararası yolculuklarında biyolojik mücadele amaçlı Türkiye'ye getirilmeleri ise 1912 yılında Fransa'dan İstanbul civarına Elma pamuklu bitine karşı *Aphelinus mali* (Hald.)'nin ve Torbalıkoşnile karşı *Rodolia cardinalis* (Muls.)'in Mersin'e getirilmesiyle başlamıştır. Sonrasında İtalya'dan Bursa'ya Dut koşniline karşı *Encarsia berlesei* (Huw.) ve İncir kurdu *Ephestia cautella* Zell.'ya karşı Almanya'dan İzmir'e *Bracon heinator* Say.'un getirilmesiyle devam etmiştir (Öncüer, 2000). Böceklerin biyolojik ajan olarak kullanılmaları uluslararası yolculuklarında bir neden daha oluşturmaktadır.

Ülkelerin yetiştirdikleri ürün bazında rekabet gücünü belirlemek için yapılan çalışmalarda "Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler ve İç Kaynak Maliyeti" yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlere göre Çek Cumhuriyeti ve Bulgaristan, hububat ihracatında (Gorton, Davidova & Ratering, 2000), Macaristan hayvansal ürünlerde (Fertő & Hubbard, 2003), Hindistan yer fıstığı, çay, pirinç gibi ürünlerde (Kanaka & Chinadurai, 2012), Rusya tahıl ve bitkisel yağ ihracatında (Ishchukova & Smutka, 2013) ve Türkiye'nin sebze, meyve, şeker ve şekerden elde edilen ürünlerde (Çoban, Peker & Kubar, 2010; Erkan & ark., 2015), nohut ve mercimekte yüksek rekabet gücüne sahip olurken, buğday, mısır ve kuru fasulye gibi ürünlerde ise rekabet üstünlüğüne sahip olmadığı belirtilmiştir (Peker, 2015). Türkiye'nin geleneksel ihraç tarım ürünlerinden incir, fındık, kuru kayısı, kuru üzüm ve antep fıstığında rekabet avantajına sahipken, badem ve ceviz de ise rekabet dezavantajına sahip olduğu belirlenmiştir (Erkan, 2012).

Türkiye kabuklu yemişler, meyve ve sebzeler, un, değirmencilik ürünleri, konserveler, tütün ve tütün mamulleri, zeytinyağı ve pamuk gibi tarım ürünlerinin ihracatında dünyada ilk sıralarda yer alan ülkeler içerisinde yer almaktadır. Türkiye'nin ithal ettiği önemli tarımsal ürünler içerisinde yağlı tohumlar, hububat, et ve canlı hayvan yer almaktadır (Uzundumlu, 2012). Son dönemlerde Türkiye tarafından ithal edilen hububat miktarında önemli seviyede yükseliş görülürken, hububatın 2014 yılı toplam tarımsal ithalattaki

payında ise %18.8 seviyelerine kadar ulaşan artış görülmektedir. Hububattan sonra en fazla ithalatı yapılan ürünler arasında hayvansal ve bitkisel yağlar ve yağlı tohumlar gelmektedir. Hububat depolarda muhafaza edilerek yıl içerisinde tüketimi yapılan ürünlerdendir ve saklanma ortamına göre bir çok hastalık ve zararlıyı içerisinde barındırabilmektedir. Uygun koruma ve uygun mücadele yöntemleri uygulanmadığı takdirde taşınma sırasında uğradığı yerlerde ve varış ülkesinde içerisinde barındırdığı zararlıların da taşınma ve yayılmasına neden olmaktadır. Ayrıca uygun koşullarda muhafaza edilerek taşınmıyorsa, varış ülkesine ulaşana kadar güzergahtaki ülkelerden böcek bulaşmaları olabilmektedir. Bağcı, Yılmaz & Ertürk (2014), buğday depolarından alınan örneklerde Coleoptera takımının Tenebrionidae familyasından Un biti [*Tribolium castaneum* (Herbst 1797)]; Dermestidae familyasından Khapra böceği [*Trogoderma granarium* (Everts 1898)]; Curculionidae familyasına bağlı Buğday biti [*Sitophilus granarius* (Linnaeus 1758)], Pirinç biti [*Sitophilus oryzae* (Linnaeus 1763)] ve Mısır biti [*Sitophilus zeamais* (Motschulsky 1855)]; Silvanidae familyasından Testereli böcek [*Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus 1758)]; Bostrichidae familyasından Ekin kambur biti [*Rhyzopertha dominica* (Fabricius 1792)]; Laemophloeidae familya üyesi *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens 1831) ve Psocoptera takımından Liposcelididae familya üyesi *Liposcelis bostrychophila* (Badonnel 1931) türlerini tespit etmişlerdir. Günümüzde uluslararası ticaret nedeniyle genel olarak depolanmış ürün zararlıları tüm bölgelerde görülebilmektedir (Ferizli & Emekci, 2010) ve ürünlerin ithalat ve ihracatı sırasında ürünlerin içerisinde ve üzerinde bulunan böceklerin de uluslararası taşınması sağlanmaktadır.

Ülkemize yurt dışından her yıl oldukça fazla sayılarda bitkisel üretim materyali ve bitki ithal edilmektedir. İthalat ve ihracatta orman ürünlerinin de önemli bir yeri vardır. Uluslararası ticaretin çok fazla böcek türünün bir ülkeden başka bir ülkeye hatta kıtalar arasında taşınmasında önemli rol oynaması, tüm bu ürünlerle uluslararası yolculuk yapmasını sağlamaktadır.

Defne beyazsineği, *Parabemisia myricae* (Kuvana) (Hemiptera: Aleyrodidae) ilk kez 1982 yılında Çukurova Bölgesi turunçgil bahçelerinde tespit edildikten sonra, 1988 yılında da İzmir ilinde saptanmıştır (Öncüler & Yoldaş, 1988). Zararının oldukça kısa sürede çok yüksek popülasyon seviyelerine gelerek 1994 yılına kadar turunçgillerde ana zararlı konumuna geldiği ve oldukça fazla miktarlarda ekonomik kayıplara neden olduğu belirlenmiştir. *P. myricae*'nin ilk kez Japonya'da tesbit edildiği ve A.B.D.'de Kaliforniya'da 1978 yılında turunçgillerde görüldüğü ve 1980 yılında da limon ağaçlarında yüksek popülasyonlar oluşturduğu bildirilmiştir. Zararının avakado, dut, nar, defne, şeftali, asma, elma ve turunçgiller gibi geniş bir konukçu yelpazesi mevcuttur (Rose, DeBach & Woollery, 1981).

Sebze ve süs bitkilerinde yapmış olduğu zararlar önemli bir zararlı konumuna gelen Batı çiçek thiripsi [*Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae)], Kaliforniya thiripsi olarak da adlandırılmakta ve türün ana vatanının Kuzey Amerika'nın Alaska'dan Kosta Rika'ya kadar uzanan batı kesimleri olduğu bilinmektedir. Buradan Hawaii, Yeni Zelanda, Japonya ve Kore'ye kadar yayılan tür Avrupa'da ilk defa 1985 yılında Almanya ve İskandinavya sera ve süs bitkilerinde tesbit edilmiş (Strassen, 1986); Hollanda'da 1983 yılından itibaren görülmesine karşın ancak 1986 yılında *F. occidentalis* türü olduğu tanımlanmıştır (Mantel, 1989). 1989 yılında Macaristan'da görüldükten sonra; Türkiye'de ilk olarak Antalya ili sebze üretim alanlarında 1993 yılında gözlemlenmiş (Tunç & Göçmen, 1995) daha sonraki tarihlerde de Adana ili pamuk üretim alanlarında varlığına rastlanılmıştır (Atakan, Özgür & Kersting, 1998). Avrupa'da görüldükten sonra Türkiye'de ilk olarak Antalya ilinde görülmesinin nedeni olarak ithal edilen fide, fidan gibi üretim materyalleriyle taşınmış olabileceğini düşündürmüştür. *F. occidentalis* Bitki Karantinası Yönetmeliği'nin Ek-1 B-Türkiye'de sınırlı olarak bulunan ve ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı organizmalar listesinde yer almaktadır (Tablo 2).

Ülkeler ve Bölgesel Bitki Koruma Organizasyonları karantina listelerini belirlemek, bitki sağlığı ile ilgili düzenlemeleri yapmak ve önemli zararlılar ve malların oluşturduğu risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetilmesi amacıyla karantinaya ihtiyaç duymaktadırlar. Dünya’da ve ülkemizde karantinada bulunan zararlı türleri oldukça önemlidir. Dünya’da ve Türkiye’de gün geçtikçe gelişim gösteren tarım ürünlerindeki artan ithalat ve ihracatın ekonomik olarak getirisinin yanında elbette olumsuz etkileri de mevcuttur. Zaman zaman alınan yetersiz karantina önlem ve uygulamaları nedeniyle ülkeye birçok yeni zararlı ve hastalıkların girişi olmaktadır (Yeşilayer & Çobanoğlu, 2010). Karantinaya tabi olması yanında, sınırlı alanlarda bulunan yazıcı böceklerden *Ips sexdentatus* (Boern)’un Türkiye’de bütün çam ormanlarında, özellikle de Doğu Karadeniz Ladin ormanlarında büyük zarara neden olduğu belirlenmiş olup sadece söz konusu bu alanlarda bile 1928-1999 yılları itibariyle kayda geçmiş zararlarının 1.682.390 m³ olduğu rapor edilmiştir (Anonim, 2001).

İthalatı yapılan süs bitkileri aracılığıyla da böcekler uluslararası yolculuk yapmakta olup, bu yolla taşınan zararlılardan birisi de uzun antenli böceği [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae)] olup, doğal yaşam alanı Doğu Asya olan türün; Çin, Japonya ve Kore’de doğal olarak yoğun bulunduğu; Malezya, Tayvan, Myanmar, Vietnam, Filipinler ve Endonezya’da daha az bulunduğu kaydedilmiştir. *A. chinensis* istilacı yabancı tür olarak Danimarka, Kuzey Amerika, Romanya, Hollanda, İtalya ve Fransa’da bulunmaktadır (Van der Gaag & ark., 2008). *A. chinensis*’in yayılım yollarından en önemlisi, 1 cm ve üzerinde çapa sahip konukçusu olan bitkilerin zararlıının bulunduğu ülkelerden ticareti yoluyla olmaktadır. Asya ülkelerinden özellikle de Çin’den ithal edilen akasya fidanlarıyla birçok yeni ülkeye dağılım sağlamıştır. *A. chinensis*’in Bitki Karantinası Yönetmeliği’nin Ek-1 B-Türkiye’de sınırlı olarak bulunan ve ithale mani teşkil eden karantinaya tabi zararlı organizmalar listesinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 2). Türkiye’de ilk kez, 12 Haziran 2014 tarihinde İstanbul- Şile Kumbaba Fidanlığı’nda Akçaağaç ve Söğüt ağaçları üzerinde varlığı tespit edilmiş (Hızal & ark., 2015) ve 2016

yılında Antalya’da akçaağaçlarda (Topakçı, Yükselbaba & Göçmen, 2017), 2017 yılında Bartın ilinde (Yıldız, 2017) ve 2018 yılında da Trabzon Maçka’daki fındık bahçelerinde (Bozkurt, 2018) görülmeye başlanmıştır. 2020 yılında da Sakarya’ da saptanmıştır. Türkiye’de özellikle dış mekan süs bitkileri ihtiyacı ithal edilen bitkilerden karşılanmakta ve saksılı iç mekan süs bitkileri, fide, fidan ve ağaçlar en fazla ithal edilen canlı bitkiler arasında yer almaktadır ve bu zararlı türün ithal edilen süs bitkileri türleri ile Türkiye’ye girmiş olabileceği düşünülmektedir.

2005 yılında ilk kez Mersin ilinde süs bitkisi olarak park ve peyzaj alanlarında kullanılan hurma ağaçlarında (*Phoenix dactylifera* L.) görülen Palmiye kırmızıböceği [*Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver) (Coleoptera: Curculionidae)], (Karut & Kazak, 2005), 2007 yılında ise Adana’da yine hurma ağaçları üzerinde tespit edilmiştir (Atakan & Yüksel, 2008). Birkaç yıl gibi kısa bir sürede tüm Akdeniz sahilinde yayılım gösteren zararlının hurma ağaçlarına bulaşarak Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ağaçlarda ölümlere neden olarak çok büyük sorunları da beraberinde getirdiği bilinmektedir (Atakan & Gözel, 2013). Benzer şekilde bu türün de ithal edilen süs bitkisi türleri ile Türkiye’ye girmiş olabileceği düşünülmektedir.

Son yıllarda hızlı bir biçimde büyüme gösteren dünya nüfusunun sürdürülebilir şekilde beslenmesini sağlamak gıda konusundaki en büyük endişelerden birisi haline gelmiştir. 2050 yılında 9,8 milyar seviyelerine ulaşacağı tahmin edilen dünya nüfusunu beslemek için günümüzde üretimi yapılan gıda miktarının neredeyse iki katını üretmemiz gerekmektedir (FAO, 2022; United Nations, 2017; Kaneda & Bietsch, 2020; Worldometer, 2020; Van Huis & ark., 2013). Artan hayvancılık üretimi, tarımsal alanların genişletilmesini, artan su ve ısı tüketimini ve hayvan yemi tüketimini de beraberinde getirmektedir. Ancak, ekilebilir arazilerin azalması ve tatlı su kaynaklarının da azalması nedeniyle günümüzde böyle bir durum mümkün değildir. Artan et üretimi, iklim değişikliğinin önde gelen nedenlerinden biri olarak kabul edilmekte ve hayvancılığın küresel sera gazı emisyonlarının %20'sinden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (Rumpold, Oliver & Schluter, 2013). Büyük

hayvancılık çiftlikleri kuş gribi ve domuz gribi gibi salgınları da tetikleyebilir. Bu bağlamda, protein de dahil olmak üzere yeni besin kaynakları aramak mantıklıdır.

Günümüzde tofudan seitana kadar ete alternatifler ürünler üretilmiş durumda fakat bu et ikamelerinin üretimi çok fazla işlem gerektirmektedir. Bu kadar çok işlemden geçen bu ürünlerin ne kadar sağlıklı olduğu konusunda bir çok soru ortaya çıkmaktadır. Bitki bazlı et alternatiflerinde yaygın bir bileşen olan soya proteini izolatını üretmek, soya fasulyesi unundan protein izolatını çıkarmak için gereken büyük miktarda su ve fosil yakıt enerjisi nedeniyle et üretiminden daha az çevre dostu olduğu da bir gerçektir (Berardy, Costello & Seager 2015).

Binlerce yıl boyunca insanlar için besin kaynağı olan böcekler, nüfus artışı ve beraberinde getirdiği gıda ve yem konusundaki güvenlik endişeleri yanında hayvansal proteinin her bakımdan maliyetinin artması ve çevresel etkiler gibi nedenlerden dolayı 21. yüzyılda tekrardan bir gıda kaynağı olarak ele alınmaya başlanmıştır. Yenilebilir böcekler, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunma potansiyeli yüksek, benzersiz bir gıda bileşenidir ve özellikle ete ilginç bir gıda alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Böceklerin gıda üretiminde kullanımı, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için de önemlidir (Imathiu, 2020). İnsanlar için bir protein kaynağı olarak kabul edilen yenilebilir böcekler, çok daha az sera gazı üretir ve geleneksel hayvancılığa (örneğin tavuklar, domuzlar ve sığırlar) göre çok daha az arazi gerektirir (Oonincx & de Boer, 2012). Böcekler, aynı miktarda protein üretmek için yüksek bir gıda dönüşüm oranına sahiptir, örneğin cırcır böceklerinin sığırlardan altı kat, koyunlardan dört kat ayrıca domuzların ve piliçlerin yarısı kadar yem ihtiyacı vardır (Van Huis & ark., 2015). Dünya genelinde 2000'den fazla yenilebilir böcek türü tüketilmektedir (Van Huis & ark., 2015; Jongema, 2017). Küresel olarak tüketilme yaygınlıklarına bakıldığında böcekler sırasıyla; Coleoptera takımı (kın kanatlılar, %31), Lepidoptera takımı [pul kanatlılar (tırtıllar) %18], Hymenoptera takımı [zar kanatlılar (arılar, eşek arıları, karıncalar) %14], Orthoptera takımı [düz kanatlılar

(çekirgeler, cırcır böcekleri) %13], Hemiptera takımı [yarım kanatlılar (bitki piresi, ağustos böcekleri, gerçek böcekler, kabuklu bitler) %10], Isoptera takımı (termitler %3), Odonata takımı [kız böcekleri (helikopter böceği) %3], Diptera takımı [çift kanatlılar (sinekler) %2] ve diğer (%5) takımlardır (FAO, 2020). Böcekler içerdikleri diyet lifleri, yağlar ve proteinler açısından oldukça zengindir ve türlere göre değişmekle birlikte yaklaşık 400-500 kcal enerjiyi 100 gramla sağlamaktadırlar (Rumpold & Schlüter, 2015; Sogari, Liu & Li, 2019) (Tablo 5.). Günümüzde besin olarak tüketilen böceklerin üretimi yanında böcek çiftliklerinin de sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Böceklerin besin olarak tüketilmeleri onların uluslararası ticarete de maruz kalmalarına neden olmaktadır. Çoğu zaman gıda olarak tüketilmek için bazense yeni üretim alanları oluşturmak için ülkeler arası yer değiştirmeleri mümkün olmaktadır.

Tablo 5. Bazı spesifik böcek takımlarının ortalama protein, yağ ve enerji içeriği

Böcek Takımları	Protein (% KM)	Yağ (% KM)	Lif (%)	Enerji (kcal/100 g)
Blattodea (hamamböceği)	57.30	29.90	5.31	-
Coleoptera (yetişkin böcekler, larvalar)	40.69	33.40	10.74	490.30
Hemiptera (yarım kanatlılar)	48.33	30.26	12.40	478.99
Hymenoptera (karıncalar, arılar)	46.47	25.09	5.71	484.45
Isoptera (termitler)	35.34	32.74	5.06	
Lepidoptera (kelebekler, güveler)	45.38	27.66	6.06	508.89
Odonata (yusufçuklar, kızböcekleri)	55.23	19.83	11.79	431.33
Orthoptera (cırcır böcekleri, çekirgeler)	61.32	13.41	9.55	426.25

Kaynak: (Sogari, Liu, & Li, 2019)

Zararlı organizmaların verdiği zararın etkilerini eski kitap, eski halılar, yazma eser, eski ahşap eşyalar ve arşiv koleksiyonlarının çoğunda da görmek mümkün olmaktadır. Kitap ve ciltlerde delikler açarak, çiğnenmiş ve yıpranmış geniş alanlara neden olarak, yüzeyleri sıyırarak ve lekelerle, renk değışimlerine neden olarak bu eşyalar üzerinde zarar oluşturmaktadırlar.

Çoğu böcek türü için kuru ve temiz kâğıtlar besleyici özellikte değıldir. Fakat eserde kullanılan nişasta ve jelatin benzeri yapıştırıcı maddeleri ya da eserlerde yüzeyler üzerinde ek maddelerin kullanımı söz konusu eserleri böcekler için önemli bir besin kaynağı haline dönüştürebilmektedir. Benzer şekilde ahşap levhalar, raflar, tekstil ürünleri ve mobilyalar da böcekler için besin kaynağı olabilmektedirler. Ciltlerinde fazla miktarlarda hayvansal yapıştırıcı ihtiva eden kitaplar bazı böcek türleri tarafından daha fazla tercih edilir ve daha fazla zarara uğrayabilirler. Nemli kâğıtlar üzerinde gelişen küfler de yine bazı böcek türleri için cezbedici olmakta ve böceklerin kâğıt yüzeylerine zarar vermesine neden olabilmektedir. Yüksek miktarlarda protein içermelerinden dolayı tirşe ve parşömeden yapılmış kitaplarda da böcek zararını görmek mümkündür. Bu tarihi eserlerin ülkeler arası transferleri esnasında herhangi bir böceğı barındırdıklarında, ki bu çok küçük bir böcek olabilir, böceğın yumurta ya da farklı bir dönemi olabilir ve böcekler bu tarihi eserlerle birlikte uluslararası yolculuk yapabilirler (Anonim, 2024) (Tablo 6.).

Tablo 6. Eserlere saldıran zararlı böcekler

<i>Anobium punctatum</i>
<i>Stegobium paniceum</i>
<i>Lasioderma Serricorne</i>
<i>Lepisma saccharina</i>
<i>Liposcelis divinarius</i>
<i>Anthrenus verbasci</i>
<i>Dermestes lardarius</i>
<i>Tineola bisseliella</i>
<i>Ptinus tectus</i>
<i>Xestobium rufovillosum</i>
<i>Catorama herbarium</i>
<i>Nicobium castaneum</i>
<i>Gastrallus imarginatus</i>

Kaynak: Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı
Kitap Şifhanesi ve Arşiv Dairesi Başkanlığı

Lepisma saccharina ve *Liposcelis divinarius* türleri kâğıt ve kitap gibi eserlerde yüzeyleri sıyırarak hasara neden olmaktadır. Yüzeyi kazıyarak kâğıtlarda delikler açmaları yanında yüzeye uygulanan işlemleri, mikroskobik küfü ve organik döküntüleri de yiyerek eserlerde zarara neden olmaktadır. Aynı zamanda kâğıt ortamlar çok fazla rutubetli olduklarında, *L. divinarius*'un yaptığı zarar daha fazla olmaktadır. *Anthrenus verbasci* ve *Dermestes lardarius* hayvansal yapıştırıcılarla beslenen türler arasındadır ve bu tarz yapıştırıcıların kullanıldığı eserler üzerinde yoğun zarara neden olmaktadır. *Stegobium paniceum* ve *Ptinus tectus* türleri kuru gıda ve nişasta ile beslenen zararlı türlerdir ve *S. paniceum* eserlerde kaplama ve yapıştırıcılar ile beslenirken kâğıtta tünellere neden olmaktadır. Temiz kâğıt ve kitaplarla dahi beslenen termitler mobilyalarda, ahşap raflarda ve kitaplarda hasara neden olmaktadır. *Anobium punctatum*, kitaplara saldırmakta, mobilya ve ahşap objelerde de zarara neden olmaktadır (Anonim, 2024).

Anthrenus flavipes ve *Anthrenus sarnicus* türleri yüksek oranda hayvansal yapıştırıcı ihtiva eden ciltlerde beslenmeleri sırasında delikler açarak eserlere zarar vermektedir. Ayrıca yün ve içerisinde yün barındıran eşyalara, tüylere, kürklere, deri ve ipek gibi

protein içerikleri fazla olan maddeleri yemeleri nedeniyle bu tür malzemelerden yapılmış eserlerde zarara neden olmaktadırlar. Ölü böcekleri yiyerek de zarar oluşturmaları özellikle böcek müzeleri ve böcek koleksiyonerleri için önemli hale gelmelerini sağlamaktadır (Anonim, 2024). Ölü böcek koleksiyonerleri sayesinde böcekler içerisine gizlenerek uluslararası yolculuk yapabilmektedirler.

Eserlere zarar veren böcekler arasında Hamamböceği türleri (*Blatta orientalis*, *Blatta germanica*, *Periplaneta americana*) de yer almaktadır. Özellikle nişastalı materyalleri tercih etmelerinden dolayı kâğıtlar, kâğıt ürünleri ve cildler üzerinde meydana getirdikleri zarar nedeniyle kütüphane materyalleri için önemli bir zararlı olurlar.

Eklembacaklıların ve böceklerin hukuk davalarında ve suç olaylarında kullanıldığı bilim dalına adli entomoloji ismi verilmektedir (Voss Spafford & Dadour, 2009). Günümüzde yeni bir disiplin olan ve klasik metodların kullanılmadığı ya da bazen yetersiz kaldığı durumlarda, suçun aydınlatılması amacıyla sessiz tanıkların kullanıldığı bir bilim dalıdır (Amendt, Krettek & Zehner, 2004). Eklembacaklıların ve özellikle böceklerin kriminal incelemelerde kullanılmasının en önemli sebebi, ceseti çok kısa bir zaman içerisinde belirleyip bulabilen canlılardan biri olmaları yanında çürümenin tüm evrelerinde var olabilmeleri ve bazı böcek türlerinin belli yaşam alanlarına ve ortamlara spesifik olmalarıdır (Catts & Goff, 1992). Olay yeri incelemelerinde böceklerin davranış, biyoloji ve dağılım bilgilerinden yararlanılarak ölümün, nasıl, ne zaman ve nerede gerçekleştiği belirlenmeye çalışılır (Anderson & Cervenka, 2002; Catts, 1991).

Adli yargılama açısından fâili meçhul cinayetlerde ve kazalarda ölüm zamanı ve ölüm yerinin belirlenmesi çok önemlidir. Özellikle cesetin bir yerden başka bir yere taşınıp taşınmadığı ve ölüm yeri tespitinde entomolojik deliller çok mühim ip uçları sağlamaktadır (Smith, 1986; Haskell & ark., 1997). Her böceğin yaşam alanı birbiririnden farklılık gösterir ve belli böceklerin belli yaşam ortamlarına sahip olmaları adli olaylarda önemli bir tanı koydurucu olmalarına neden olmaktadır. Örneğin Macaristan'da

gerçekleşen bir olayda; bir feribotta eylül ayında bıçaklanmış bir cesedin bulunması nedeniyle feribotun kaptanı suçlu bulunarak tutuklanmıştır. Saat 18’ de feribotun limana gelmesinden birkaç saat sonra feribotta ceset olduğu belirlenmiştir. Ertesi gün saat 16’ da yapılan otopside ceset üzerinde sarımsı renkli sinek yumurtaları ve yumurtadan yeni çıkmış ve daha 1-2 mm boya ulaşmış larvalar belirlenmiştir. Bulunan bu yumurta ve larvalar da otopsi raporuna dahil edilmiş ama konu uzmanlarının olaya dahil edilmemiş olmaları nedeniyle ve tahminlere dayanılarak feribot kaptanı suçlu bulunarak tutuklanmıştır. Olayın 8 yıl sonra yeniden gündeme gelmesiyle Dr. Mihalyi, eylül ayından sonra Macaristan’da saprofag sineklerin aktif olmadığını ve *L. sericata* Meigen yumurtalarının bırakıldıktan yaklaşık 10-11 saat sonra ve *Lucilia caesor* (Diptera: Calliphoridae) sineklerinin sarımsı yumurtalarının ise dişiler tarafından bırakıldıktan 13 saat sonra, *Phormia terranova* Desv. (Diptera: Calliphoridae) yumurtalarının da ovipozisyonundan hemen sonra açıldığını bildirilmiştir. Sonuç olarak da yumurtaların otopsinin yapıldığı gün bırakılmış olamayacağını belirtmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında Dr. Mihalyi’ nin belirttiği verilerinin doğruluğu ispatlanmış ve kişinin farklı bir yerde öldürülerek feribota taşındığı ve böylelikle Macaristan’a getirildiği dolayısıyla şahsın feribotta öldürülmediği ortaya çıkarılarak, kaptanın suçsuz olduğu anlaşılmış ve kaptan olaydan 8 yıl sonra böceklerin bilinen biyolojik özellikleri sayesinde serbest kalmıştır (Özer & Önder, 2001). Bu durum da gösterir ki böcekler cesetler içerisinde ya da üzerinde de uluslararası yolculuk yapabilmektedirler.

Hayvan ticareti, küresel suç girişimlerinin en kazançlı ilk beşinde yer almaktadır. Bu ticaretin yılda 7-20 milyar dolar arasında bir gelire neden olduğu tahmin edilmektedir (Goyenechea & Indenbaum, 2015). Toplamda, her yıl karaborsada 350 milyondan fazla hayvanın alınıp satıldığı tahmin edilmektedir (Carrington, 2013). Hayvan ticaretinin bu kadar yaygın olmasının birçok nedeni vardır, ancak en büyük nedenlerden birisi yoksulluktur. Bunun dışında lüks mallara ve hayvan bazlı ürünlere olan yüksek taleptir. Kaçak avcılara gelir sağlayan kişiler, hayvan derileri, fildişi veya belirli hayvanlardan elde edilen ilaçlar gibi lüks ürünler satın almak

istemektedirler ve küresel olarak yılda 350 milyondan fazla hayvanın kaçırıldığı tahmin edilmektedir.

Asya çok büyük bir kıta olduğundan, son derece yüksek miktarda yasadışı ticarete sahiptir. Öyle ki araştırmacılar artık Asya'nın son zamanlardaki üstel ekonomik büyümesini ve bunun yıllık milyarlarca dolar kazandıran hayvan kaçakçılığındaki ekonomik artıştan kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmaktadırlar. Ayrıca yakın zamanda Asya'nın bu egzotik hayvanlardan elde edilen lüks malların üretimi ve dağıtımında büyük bir rol oynadığı da ortaya çıkmıştır. Örneğin, Endonezya'da, dünyanın çevresel biyoçeşitliliğinin büyük bir bölümünü barındıran yaklaşık 17.000 ada bulunmaktadır; bu biyolojik çeşitlilik ve orada gerçekleşen hayvan kaçakçılığı nedeniyle Endonezya, bu yasadışı ürünlerin en büyük tedarikçilerinden biri haline gelmiş ve yılda 2 milyon dolara kadar ürün transfer ettiği kaydedilmiştir (Linkie & ark., 2018). Zira CITES verilerine göre de Türkiye'nin ithal ettiği kelebeklerin de %85,8'inin orijinini Endonezya oluşturmaktadır (Kaya Apak & Kiremit, 2024).

Son yıllarda ortaya çıkan bulaşıcı hastalıkların, dünya çapında biyolojik çeşitlilik ve insan toplumları için büyük ve büyüyen bir tehdit olduğu bir gerçektir. Yeni patojenlerin ortaya çıkması ve yayılması, bir çok türde populasyon azalmalarına yol açmış, milyonlarca çiftlik hayvanının da ölümüne neden olmuş ve tarih boyunca insanları derinden etkilemiştir (Rohr & ark., 2019; Daszak, Cunningham & Hyatt, 2000; Enserink, 2020). Vahşi hayvanlar, bu tür salgınların en sık görülen kaynağını oluşturmaktadırlar (Jones & ark., 2008). Özellikle de ülkelere diğer ülkelerden getirilen türler yeni patojenleri küresel olarak yayabilmektedir ve bu durum, diğer hayvanlara ve insanlara bu etmenlerin yayılma şansını artırmaktadır (Hassell & ark., 2017; Zhang & ark., 2022). Son olarak, insanlar tarafından doğrudan yutulan (gıda veya geleneksel tıp için içerik olarak) veya geleneksel olmayan evcil hayvan olarak beslenen türlerin, insanlarla sık ve yakın teması nedeniyle salgınlara neden olma olasılığı daha yüksektir (Shivaprakash & ark., 2021). Dev kara salyangozu

Lissachatina fulica, karada yaşayan en büyük gastropod türüdür ve insanlarda ciddi sağlık sorunlarına neden olabilen bir parazitik nematod olan sıçan akciğer solucanının vektörüdür (Barratt & ark., 2016); Doğu Afrika kökenli olan tür doğal yaşam alanının dışında kendi kendine yetebilen popülasyonlarla dünyanın diğer bölgelerine yayılmaktadır (Patino-Montoya, Giraldo & Tidon, 2022) egzotik bir evcil hayvan olarak fiziksel ve çevrimiçi mağazalardan kolayca satın alınabilir (Bohata & Patoka, 2023; Shivambu, Shivambu & Downs, 2020). Dev kara salyangozunun küresel istilası ve evcil hayvan ticaretiyle ilişkili zoonotik hastalık ortaya çıkma riskine ilişkin kapsamlı bir küresel değerlendirme hâlâ mevcut değildir. *L. fulica* tarafından 22 helmint, 7 bakteri ve 7 protozoa türünün taşındığı ve bu 36 patojen arasında 23'ü tür düzeyinde tanımlanmış ve *Angiostrongylus cantonensis* (53/73 makale), *Aelurostrongylus abstrusus* (7/73), *Angiostrongylus costaricensis* (4/53) ve *Angiostrongylus vasorum* (4/53) olarak belirlenmiştir (Gippet & ark., 2023). Tanımlanan patojenlerin çok çeşitli memeli konakları olduğu ve evcil hayvanlar, çiftlik hayvanları dahil olmak üzere patojenlerin 15'inin de insanları enfekte edebildiği belirlenmiştir. Hamam böcekleri üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise ev ve hastahane ortamlarından böceklerin taşıdığı etmenlere bakılmış ve evlerden toplanan 59 örneğin; %59'undan (35 adet) *Escherichia coli* bakteri türü izole edilirken, %41'i (24 adet) steril olarak belirlenmiştir. Hastahanelerden toplanan 54 böcek örneğinin %63'ünden (34 adet) *E. coli*, %15'inden (8 adet) *E.coli*+*Proteus vulgaris*, %9'undan (5 adet) *P.vulgaris* ve %4'ünden (2 adet) *Klebsiella pneumoniae* türlerinde bakteriler izole edilmişken, %9'u (5 adet) steril olarak belirlenmiştir. Hamam böceklerinin birtakım patojen bakterilerinin sebebiyet verdiği enfeksiyonların yayılmasında vektör görevi üstlendikleri belirlenmiştir (Durak & ark., 2002). Bir çok böcek türünün hayvanat bahçeleri, koleksiyon ve hobi amaçlı canlı olarak uluslararası ticarete konu olduğu bilinmektedir ve taşıdıkları bu patojenler nedeniyle bir çok hastalık ve zararlı etmeni de beraberlerinde uluslararası taşımaktadırlar.

Bazen de bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere gerekli yasal izinler alınarak böceklerin uluslararası gönderimi

yapılabilmektedir. Ayrıca diğerk ölkelere yapılan ziyaretler neticesinde valiz ve eşyalarla da istemsiz şekilde böcekler kıtalar arası taşınabilmektedir. Özellikle savaşlar ve doğal afetler sonucu yapılan göçler nedeniyle de bazı böcekler insanlarla birlikte taşınabilmekte bazen ise yolculuk esnasında tüketilir düşüncesiyle alınan meyve sebzelerle de böcekler taşınabilmektedir. Çok beğenilen masum gibi görünen bir bitki materyali bile böceklerin uluslararası yolculuk yapmalarına sebep olabilmektedir.

Sonuç

Bilhassa 19. ile 20. yüzyıllarda giderek artış gösteren ve günümüzde çok üst seviyelere ulaşan turizm, gezi amacıyla yapılan yolculuklar, taşımacılık amaçlı hareketlilikler ve ticaret, insanların yanında bitkiler, omurgalılar, sucul ve karasal omurgasızlar ile deniz canlıları başta olmak üzere bir çok mikroorganizmanın ve diğerk canlıların ayrıca cansız maddelerin kıtalar arası hareketliliklerini ve yer değıştirmelerini de arttırmıştır. Küresel düzeyde gerçekleşen bu taşımacılık, bölgeden bölgeye taşınmayayı da aşır ölkeler hatta kıtalar arası yaşanan hareketlilik kapsamında diğerk pek çok canlı yanında sayıları azımsanmayacak miktarlara ulaşan böcek türlerinin de hızla yayılmalarına neden olmuş ve yerli tür oldukları yaşam alanlarının dışına çıkarak yabancı tür durumuna gelmelerine neden olmuştur.

Ölkeler arasında bitkisel ve hayvansal gıda maddeleri; tohum, fide, fidan gibi pek çok üretim materyali, polisasyon ve biyolojik mücadele amaçlı canlılar, evcil hayvanlar, antika eşya ve hobi, hayvanat bahçesi ve koleksiyonerlerin yapmış olduğı ticaret nediyle bir çok canlı yanında böceklerin uluslararası yer değıştirmeleri sürekli artmaktadır.

Bulundukları yaşam alanlarının dışına çıkarak yerli tür durumundan yabancı tür durumuna geçişlerinde insanların bilinçsizce va hatta farkında olmadan gerçekleştirdikleri hareket ve davranışların yanı sıra özellikle balıkçılık, ormancılık ve tarım, alanlarında bitkisel ve hayvansal gıda, üretim materyali, hayvanlar için besin maddesi, tarihi eser, evcil hayvan amaçlı, hobi bahçeleri

ve koleksiyon amaçlı olarak kullanılmalarının ve ticaretinin büyük rolü olduğu bilinmektedir. Başlangıçta sorun olabileceği düşünülmemesine rağmen söz konusu canlıların yeni alanlara taşınması, zaman içinde önemli sorunlar yaratmakta ve yaratılan bu sorunlar da çok geç farkedilmektedir. Tüm bu sorunların önüne geçilebilmesi adına uluslararası anlamda karantina tedbirlerine gerekli önem verilmelidir.

Kaynaklar

Amendt, J., Krettek, R., & Zehner, R. (2004). Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91, 51-65.

Atakan, E., Özgür, A.F., & Kersting, U. (1998). *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cotton in Çukurova Region. *Sixth International Symposium on Thysanoptera*, 27 April-1 May 1998, Antalya, Turkey.

Atakan, E., & Yüksel, O. (2008). Adana ilinde hurma (palmiye) ağaçlarında zararlı bir böcek türü: Palmiye kırmızı böceği [(*Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae)] 51-60. *Adana Kent Sorunları Sempozyumu*, 9-10 Mayıs 2008, Adana, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Bildiriler Kitabı, 51-56.

Atakan, E., & Gözel, U. (2013). Adana kentinde Kırmızı Palmiyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) üzerinde entomopatojen nematod türü: *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1, 11-22.

Anderson, G.S., & Cervenka, V.J. (2002). Insects associated with the body: their use and analyses. In: *Haglund WD, Sorg MH, editors. Advances in forensic taphonomy method, theory and archaeological perspectives*. Boca Raton: CRC Pres; 173-200.

Anonim (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT: 2531. ÖGK: 547, 553 s.

Anonim (2024). Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Kitap Şifahanesi ve Arşiv Dairesi Başkanlığı, Ar-Ge Birimi. Yazma eser koleksiyonlarında zararlılarla mücadele. (15/12/2024 tarihinde <http://www.kitapsifahanesi.yek.gov.tr/Content/UploadFile/Doc/Yazma%20Eser%20Koleksiyonlar%C4%B1nda%20Zararlı%C4%B1larla%20M%C3%BCcadele.pdf> adresinden ulaşılmıştır).

Bağcı, F., Yılmaz, A., & Ertürk, S. (2014). Ankara ili hububat depolarında bulunan zararlı böcek türleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 54 (1), 69-78.

Barratt, J., Chan, D., Sandaradura, I., Malik, R., Spielman, D., Lee, R., & et al. (2016). *Angiostrongylus cantonensis* : a review of its distribution, molecular biology and clinical significance as a human pathogen. *Parasitology*, 143,1087–118.

Bauer, S., Hoyer, & B.J. (2014). Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science*, 344 (6179), 1242552.

Bellini, R. (2022). Safety, regulatory, and environmental issues with SIT-based mosquito vector control in European Countries. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 41 (1), 170-177. doi:10.20506/rst.41.1.3314.

Berardy, A., Costello, C., & Seager, T. (2015). Life cycle assessment of soy protein isolate. *International Symposium on Sustainable Systems and Technologies 3*, 18–20 May 2015, Dearborn, MI, USA.

Bohatá, L., & Patoka, J. (2023). Invasion potential of ornamental terrestrial gastropods in Europe based on climate matching. *Diversity*, 15, 272.

Bozkurt, V. (2018). İstilacı böcek türlerinin mücadelesinin yönetimi: *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4, 25-31.

Carrington, D. (2013). People and animals at immediate risk from wildlife crime, Cites chief warns. *The Guardian*. (16/12/2024 tarihinde <https://www.theguardian.com/environment/2013/mar/01/people-animals-wildlife-crime> adresinden ulaşılmıştır).

Catts, E.P. (1991). Analyzing entomological data. In: Catts EP, Haskell NH, editors. *Entomology and Death: a Procedural Guide*. Clemson South Carolina: Joyce's Print Shop; 124- 37.

Catts, E.P., & Goff, M.L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annu Rev Entomol.*, 37, 253-72.

Chapman, J.W., Reynolds, D.R., & Wilson, K. (2015). Long-range seasonal migration in insects: Mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. *Ecology Letters* 18 (3), 287-302.

Çoban, O., Peker, A.E., & Kubar, Y. (2010). Türk tarımının Avrupa Birliği ülkeleri karşısında ki sektörel rekabet gücü. *S.Ü. İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 20, 247-266.

Daszak, P., Cunningham, A.A., & Hyatt, A.D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife—threats to biodiversity and human health. *Science*, 287, 443–9.

De Castro, R.J.S., Ohara, A., dos Santos Aguilar, J.G., & Domingues, M.A.F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends Food Sci Tech*, 76, 82- 89, doi: 10.1016/j.tifs.2018.04.006.

Dingle, H. (2014). *Migration: The biology of life on the move*. Oxford University Press.

Doğan, A. (2009). Yoksullar lehine büyümede tarımın rolü: Sahra-Altı Afrika örneği. *KMU İİBF Dergisi*, 11 (16), 21-38.

Durak, Y., Ertürk, C., Özkalp, B., & Duman, R. (2002). Hamam böceklerinin (Blattodea: Blattidae) patojen bakteriler yönünden araştırılması. *S.Ü Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 1(19): 107-112.

Enkerlin, W.R., & Pereira, R. (2022). Sterile insect technique: International framework to facilitate transboundary shipments of sterile insects. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 41 (1), 66-74. doi:10.20506/rst.41.1.1303.

Enserink, M. (2020). Coronavirus rips through Dutch mink farms, triggering culls. *Science*, 368, 1169–1169.

Erkan, B. (2012). Türkiye'nin geleneksel ihraç tarım ürünlerinde uzmanlaşma düzeyi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4 (1), 75-83.

Erkan, B., Arpacı, B., Yaralı, F., & Güvenç, İ. (2015). Türkiye'nin sebze ihracatında karşılaştırmalı üstünlükleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18 (4), 70-76.

FAO (2020). Insects for food and feed the contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. (05/04/2022 tarihinde <https://www.fao.org/edible-insects/en/> adresinden ulaşılmıştır).

FAO (2022). How to feed the world in 2050. (07/07/2022 tarihinde https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf adresinden ulaşılmıştır).

Ferizli, A.G., & Emekci, M. (2010). Depolanmış ürün zararlılarıyla savaşım, sorunlar ve çözüm yolları. *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak 2010, Ankara.

Fertő, I., & Hubbard, L.J. (2003). Revealed comparative advantage and competitiveness in Hungarian agri-food sectors, *World Economy*, 26 (2), 247-259.

Follet, P.A., & Neven, L.G. (2006). Current trends in quarantine entomology. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 359-385.

Gahukar, R.T. (2020). Edible insects collected from forests for Family Livelihood and Wellness of Rural Communities: A Review. *Glob Food Sec.*, 25, 100348, doi: 10.1016/j.gfs.2020.100348.

Gibo, D.L. (1991). Altitudes attained by migrating monarch butterflies, *Danaus p. plexippus* (Lepidoptera: Danaidae), as reported by glider pilots. *Canadian Journal of Zoology* 59, 571-572.

Gippet, J.M.W., Bates, O.K., Moulin, J. & Bertelsmeier, C. (2023). The global risk of infectious disease emergence from giant

land snail invasion and pet trade. *Parasites & Vectors*, 16, 363. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06000-y>

Gorton, M., Davidova, S., & Ratering, T. (2000). The competitiveness of agriculture in Bulgaria and the Czech Republic vis-a-vis the European Union (CEEC and EU agricultural competitiveness), *Comparative Economic Studies*, XLII (1), 59-86.

Goyenechea, A., & Indenbaum, R.A. (2015). Combating wildlife trafficking from Latin America to the United States. Defenders of Wildlife. (16/12/2014 tarihinde <https://defenders.org/sites/default/files/publications/combating-wildlife-trafficking-from-latin-america-to-the-united-states-and-what-we-can-do-to-address-it.pdf> adresinden ulaşılmıştır).

Gullan, P.J., & Cranston, P.S. (2012). *Böcekler-Entomolojinin Ana Hatları*. Ed. Ali Gök, İstanbul: Nobel Yayın.

Haskell, N.H., Hall, R.D., Cervenka, V.J., & Clark, M.A. (1997). On the body: insect's life stage presence, their postmortem artifacts. In: Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains*. Boca Raton: FL: CRC Press; 415-48.

Hızal, E., Arslangündoğdu, Z., Göç, A., & Ak, M. (2015). Türkiye istilacı yabancı böcek faunasına yeni bir kayıt *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 65 (1), 7-10. DOI: 10.17099/jffiu.48469.

Hassell, J.M., Begon, M., Ward, M.J., & Fèvre, E.M. (2017). Urbanization and disease emergence: dynamics at the wildlife–livestock–human interface. *Trends Ecol Evol.*, 32, 55–67.

Holland, R.A., Wikelski, M., & Wilcove D.S. (2006). How and why do insect migrate? *Science*, 313, 794-796.

Hu, G., Lim, K-S, Horvitz, N., & Chapman, J.W. (2016). Mass seasonal bioflows of high-flying insect migrants. *Science* 354 (6319), 1584-1587.

Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS J.*, 18, 1–11.

Ishchukova, N., & Smutka, L. (2013). Revealed comparative advantage of Russian agricultural exports, *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 61 (4), 941-952.

İşler, D. (2019). Dünyanın en eski karantina adası: Lazzaretto Vecchio. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (2), 97-107.

Johnson, C.G. (1965). Migration. In: Rockstein (Editor), *The Physiology of Insecta*. Vol: 2. Academic Press. New York.

Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., & et al. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451, 990–3.

Jongema, Y. (2017). LIST2017 avh.xls (wur.nl). List of edible insects of the world-WUR, 2017. (29/12/2020 tarihinde <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> adresinden ulaşılmıştır).

Kanaka, S., & Chinadurai, M. (2012). A study of comparative advantage of Indian agricultural exports. *Journal of Management and Science*, 2 (3), 1-9.

Kaneda, T., & Bietsch, K. (2020). World Population Data Sheet, 2020. Population Reference Bureau, pp. 3-21/15. (10/04/2021 tarihinde http://www.prb.org/pdf15/2015-world-population-data-sheet_eng.pdf adresinden ulaşılmıştır).

Karut, K. & Kazak, C. (2005). Akdeniz Bölgesinde yeni bir hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.) zararlısı: *Rynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Curculionidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29 (4), 295-300.

Kaya Apak, F., & Kiremit, F. (2024). Türkiye böcek ticareti. 5. *Bilsel International Efes Scientific Researches and Inovation Congress*, 26-27 October 2024, İzmir, Türkiye, 791-798.

Kaya, P., Erdoğan Aktan, H. (2011). Türk tarım sektörü verimliliğinin parametrik olmayan bir yöntemle analizi, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 261-282.

Kaydan, M.B., Erkiş, L., & Ülgentürk, S. (2012). An invasive mealybug species *Phenacoccus madeirensis* Green (Hemiptera: Coccoidea, Pseudococcidae) introduced recently into Turkey. *Turkish Bulletin of Entomology*, 2 (2), 67-74.

Kehat, M. (1999). Threat to date palms in Israel, Jordan and the Palestinian authority by the Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Phytoparasitica*, 27 (3), 241-242.

Knight, A. (1998). A population study of monarch butterflies in North-Central and South Florida. Unpublished Masters thesis, University of Florida, Gainesville, Florida.

Linkie, M., Martyr, D., Harihar, A., Mardiah, S., Hodgetts, T., Risdianto, D., Subchaan, M., & Macdonald, D. (2018). Asia's economic growth and its impact on Indonesia's tigers. *Biological Conservation*, 219, 105-109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.011>

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive Alien species a selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.

Macleod, A., Pattuso, M., & Jeger, M.J. (2010). Evolution of the international regulation of plant pests and challenges for future plant health. *Food Security*, 2, 49-70.

Mantel, W.P. (1989). Bibliography of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *SROP/WPRS Bull.*, 12, 29-60.

Mathys, G. & Baker, E.A. (1980). An appraisal of the effectiveness of quarantines. *The Annual Review of Phytopathology*, 18, 85-101.

Mumford, J.D. (2002). Economic issues related to quarantine in international trade. *European Review of Agricultural Economics*, 29 (3), 329-348.

Muniappan, R. (2011). Recent invasive hemipterans and their biological control in Asia. *5th Meeting of the Asian Cotton Research & Development Network*, 23-25 February 2011, Lahore.

Oonincx, D.G.A.B., & de Boer, I.J.M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—A life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7, 51145.

Öncüer, C., & Yoltaş, Z. (1988). İzmir ili turunçgil bahçelerinde yeni bir zararlı: *Parabemisia myricae* (Kuw.) (Homoptera: Aleyrodidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12 (4), 231-233.

Öncüer, C. (2000). *Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları No: 13.

Özer, G. & Önder, F. (2001). Adli tıp olaylarında böceklerden yararlanma. *Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Teknik Bülten*, 38.

Patiño-Montoya, A., Giraldo, A., & Tidon, R. (2022). Effect of the invasion history of the giant African snail (*Lissachatina fulica*) on its realized climatic niche. *Invertebr Biol.*, 141, 1–11.

Peker, A.E. (2015). Türkiye hububat ve baklagil alt sektörünün Avrupa Birliği pazarı karşısındaki rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İİBF Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 1-20

Ristaino, J.B., Anderson, P.K., Bebber, D.P., Brauman, K.A., Cunniffe, N.J., Fedoroff, N.V., & et al. (2021). The persistent threat of emerging plantdisease pandemics to global food security. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 118 (23), e2022239118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022239118>

Rohr, J.R., Barrett, C.B., Civitello, D.J., Craft, M.E., Delius, B., DeLeo, G.A., & et al. (2019). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nat Sustain.*, 2, 445–56.

Rose, M., DeBach, P., & Woollery, J. (1981). Potential new citrus pest; Japanese bayberry whitefly. *Calif. Agric.*, 35, 22-24.

Rumpold, B.A., Oliver, K., & Schluter, (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 17, 1–11.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. (2015). Insect-based protein sources and their potential for human consumption: nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, 5(2), 20-24, <https://doi.org/10.2527/af.2015-0015>.

Schmidt-Koenig, K. (1979). Directions of migrating monarch butterflies (*Danaus plexippus*; Danaidae; Lepidoptera) in some parts of the eastern United States. *Behav.Proc.* 4,73-78.

Shivambu, T., Shivambu, N., & Downs, C. (2020). Exotic gastropods for sale: an assessment of land and aquatic snails in the South African pet trade. *MBI.*, 11, 512–24.

Shivaprakash, K.N., Sen, S., Paul, S., Kiesecker, J.M., & Bawa, K.S. (2021). Mammals, wildlife trade, and the next global pandemic. *Curr Biol.*, 31, 3671-3677.

Smith, K.G.V. (1986). Medicocriminal entomology. In: Smith KGV, editors. *A Manual of Forensic Entomology*. London: British Museum (Natural History), Comstock; 1-25.

Sogari, G., Liu, A., & Li, J. (2019). Understanding edible insects as food in Western and Eastern Societies. In D, Bogueva D,

Marinova T, Raphaely K, Schmidinger (Ed.), *Environmental, Health, and Business Opportunities in the New Meat Alternatives Market* (pp. 166- 181). IGI Global.

Strassen, R. (1986). *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) ein nordamerikanischer Fransenflügher (Thysanoptera) als neuer Bewohner europäischer Gewächshäuser. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienstes*, 38, 86-88.

Topakçı, N., Yükselbaba, U., & Göçmen, H. (2017). Detection and identification of citrus long-horned beetle, *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) a new pest in Antalya Province, Turkey by sequencing of mtCOI region. *Turkish Journal of Entomology*, 41 (3), 325-331.

Tunç, İ., & Göçmen, H. (1995). Antalya’da bulunan iki sera zararlısı *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acarina, Tarsonemidae) ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) üzerine notlar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 19 (2), 101-109.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables; Working Paper No. ESA/P/WP/248*; United Nations: New York, NY, USA, 2017.

Urquhart, F.A. (1987). *The monarch butterfly: international traveler*. Chicago, IL: Nelson Hall.

Uzundumlu, A.S. (2012). Tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. *Alınları Ziraat Bilimler Dergisi*, 22 (1), 34-44.

Van der Gaag, D.J., Ciampitti, M., Cavagna, B., Maspero, M., & Herard, F. (2008). Pest risk analysis: *Anoplophora chinensis*. *Plant Protection Service, Netherlands*. (17/12/2024 tarihinde <https://english.nvwa.nl/documents/plant/plant-health/pest-risk-analysis/documents/pest-risk-analysis-anoplophora-chinensis> adresinden ulaşılmıştır).

Van Huis, A., Klunder, J.V.I.H., Merten, E., Halloran, A., & Vantomme, P. (2013). Edible insects. In *Future Prospects for Food and Feed Security; Fao Forestry Papers*; Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO): Rome, Italy.

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security* (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations., ISBN: 978-92-5-107596-8, <https://research.wur.nl/en/publications/edible-insects-future-prospects-for-food-and-feed-security>.

Van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A Review. *J Insects as Food Feed*, 6(1), 27-44, doi: 10.3920/JIFF2019.0017.

Voss, S.C., Spafford, H., & Dadour, I.R. (2009). Annual and seasonal patterns of insect succession on decomposing remains at two locations in Western Australia. *Forensic Sci Int.*,193, 26-36.

Wadhi, S.R. (1986). Current status and future requirements of plant quarantine in India. *Proceedings of the Indian National Science Academy*. B52 (1),165-187.

Worldometer 2020. 29/03/2021 tarihinde <http://www.worldometers.info/world-population/> adresinden ulaşılmıştır).

Yeşilayar, A., & Çobanoğlu, S. (2010). Türkiye karantina listesinde yer alan yazıcı böcekler. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2), 9-19.

Yıldız, Y. 2017. *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) reported at new location in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15 (4),111-116.

Zhang, L., Rohr, J., Cui, R., Xin, Y., Han, L., Yang, X., & et al., (2002). Biological invasions facilitate zoonotic disease emergences. *Nat Commun.*, 13,1762.

BÖLÜM II

Moleküler Biyoloji ve Hızlı Tanı Yöntemleri

Hayrettin İlker ÖZDEMİR¹

Giriş

Moleküler biyoloji, biyolojik olayların moleküller düzeyinde nasıl gerçekleştiğini anlamayı amaçlayan bir bilim dalıdır. DNA, RNA ve proteinlerin birbirleriyle etkileşimleri, hücresel işlevlerin temelini oluşturur. Bu alanda yapılan araştırmalar, genetik bilginin nasıl saklandığını, aktarıldığını ve ifade edildiğini anlamamıza olanak tanımaktadır. Moleküler biyolojinin temel ilkeleri, birçok biyoteknolojik uygulamanın ve genetik mühendisliğinin temelini atmaktadır.

1-DNA, RNA ve Protein: Moleküler Biyolojinin Yapı Taşları

Moleküler biyolojinin temel yapı taşları, DNA, RNA ve proteinlerdir. DNA, genetik bilgiyi taşıyan bir moleküldür ve çift

¹ Öğr. Gör., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Aydın/Türkiye, ORCID: 0000-0002-5480-7227, hayrettin.ozdemir@adu.edu.tr

sarmal yapısı ile bilinir (Watson & Crick, 1953). Genetik bilgi, DNA'daki nükleotid dizileriyle kodlanır. RNA, DNA'dan türetilen bir moleküldür ve genetik bilginin hücre içindeki farklı işlevlerde kullanılmasını sağlar. RNA, hücrede genetik bilginin kopyalanması ve protein üretimi gibi önemli işlevlerde rol oynar. Proteinsel yapılar ise, hücredeki biyolojik süreçlerin gerçekleştirilmesinde görev alır. Enzimlerden yapısal proteinlere kadar birçok fonksiyonu vardır (Alberts & ark., 2002). Proteinler, amino asitlerin belirli bir sırayla dizilmesiyle oluşur ve her bir protein, fonksiyonunu yerine getirmek için üç boyutlu yapısını alır.

Genetik Bilginin İfadesi: Replikasyon, Transkripsiyon ve Translasyon

Genetik bilginin ifadesi, üç temel biyolojik süreçle gerçekleştirilir: replikasyon, transkripsiyon ve translasyon. Replikasyon, DNA'nın kendisini kopyalayarak yeni hücrelere aktarılmasını sağlar. Bu süreç, DNA'nın her iki sarmalının açılarak her bir ipliğin bir şablon olarak kullanılmasıyla gerçekleşir (Meselson & Stahl, 1958). Transkripsiyon, DNA'daki genetik bilginin RNA'ya aktarılması sürecidir. RNA polimeraz, DNA'nın belirli bölgelerini okuyarak, mRNA (mesajcı RNA) sentezler (Alberts & ark., 2002). Translasyon ise, mRNA'nın ribozomlar tarafından okunarak, amino asit dizisinin oluşturulması ve proteinin sentezlenmesi sürecidir. Bu süreç, mRNA'daki genetik bilginin, hücredeki fonksiyonel proteinlere dönüştürülmesini sağlar (Crick, 1958).

Moleküler Biyolojide Kullanılan Temel Teknikler

Moleküler biyolojinin ilerlemesinde kullanılan teknikler, bu alandaki keşifleri hızlandırmıştır. PCR (polimeraz zincir reaksiyonu), DNA'nın belirli bölgelerinin hızlı bir şekilde çoğaltılmasını sağlayan bir tekniktir ve genetik analizlerde yaygın

olarak kullanılır (Mullis & Faloona, 1987). Elektromanyetik alanlar yardımıyla DNA parçacıklarının ayrılması için kullanılan jel elektroforezi, moleküler biyolojinin temel analiz tekniklerinden biridir. Ayrıca, DNA dizileme teknikleri, genetik bilginin daha ayrıntılı analiz edilmesini sağlar ve modern biyoteknolojilerin temelini oluşturur (Sanger, Nicklen & Coulson, 1977). Bu teknikler, genetik mühendislik, genetik hastalıkların araştırılması ve biyoteknolojik ürünlerin geliştirilmesi gibi alanlarda önemli uygulamalara sahiptir.

2-Hızlı Tanı Yöntemlerine Genel Bakış

Hızlı tanı yöntemleri, hastalıkların hızlı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesini sağlayan yenilikçi yaklaşımlardır. Bu yöntemler, genellikle laboratuvar testlerinin süresini kısaltarak, erken tanı ve müdahale imkanı tanır. Hızlı tanı yöntemleri, belirli biyolojik hedeflerin, genetik materyallerin veya patojenlerin hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlayan teknolojilerdir. Bu yöntemler, genellikle dakikalar ile saatler arasında sonuç verir, bu da sağlık hizmetlerinde önemli bir avantaj sağlar. Hızlı tanı yöntemlerinin önemi, özellikle enfeksiyon hastalıkları, kanser ve genetik hastalıklar gibi durumlarda erken tanı koyma ve tedavi sürecini hızlandırma açısından büyüktür. Bu yöntemler, sağlık sistemine hızlı müdahaleyi ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar, böylece sağlık maliyetlerini azaltabilir (Weile & Knabbe, 2009).

Geleneksel Tanı Yöntemleri ile Karşılaştırma

Geleneksel tanı yöntemleri, genellikle laboratuvar ortamında yapılan kültür testleri, biyopsi işlemleri ve mikroskopik incelemeler gibi uzun zaman alan tekniklerdir. Örneğin, bakteriyel enfeksiyonlar için yapılan kültür testleri, genellikle birkaç gün sürebilir ve bu da tedaviye gecikmelere yol açabilir. Ayrıca, kanser gibi hastalıkların teşhisi için biyopsi gereklidir, bu da cerrahi bir işlem anlamına gelir

ve hasta için risk taşır. Buna karşılık, hızlı tanı yöntemleri, örneğin PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) veya immünoassay tabanlı testler gibi teknikler, çok daha kısa sürede sonuç verir ve genellikle daha az invazivdir (Chen & ark., 2018). Hızlı tanı, özellikle acil durumlar ve epidemiyolojik kontroller için büyük bir avantaj sağlar.

Hızlı tanı yöntemlerinin en yaygın kullanım alanlarından biri enfeksiyon hastalıklarının teşhisidir. Özellikle, bakteriyel, viral ve paraziter enfeksiyonlar için kullanılan hızlı testler, klinik kararları hızlandırarak uygun tedavinin erken başlanmasını sağlar. Örneğin, grip, HIV ve COVID-19 gibi hastalıkların hızlı tanısı, salgınların kontrol edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Dutta & ark., 2022). Bunun yanı sıra, kanser tanısında da hızlı tanı yöntemlerinin önemi giderek artmaktadır. Yeni gelişen biyomarker testleri ve genetik analiz yöntemleri, kanserin erken evrelerinde dahi tespit edilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle, kanserin genetik yapısını ve moleküler biyolojik özelliklerini inceleyen biyomarkerler, tedavi süreçlerinin kişiselleştirilmesini sağlar (Sarhadi & Armengol, 2022).

Hızlı tanı yöntemlerinin geleceği, teknolojik ilerlemelerle birlikte daha da parlak görünmektedir. Genetik ve moleküler biyoloji alanlarındaki gelişmeler, hastalıkların daha doğru ve hızlı bir şekilde tanımlanmasını sağlayacak, böylece

3-Moleküler Tanı Tekniklerinin Temelleri

Moleküler tanı teknikleri, hastalıkların teşhisinde genetik ve biyomoleküler bilgilerin kullanıldığı ileri düzeydeki yöntemlerdir. Bu teknikler, genetik materyalin doğrudan analizini sağlayarak, birçok hastalığın daha hızlı, doğru ve hassas şekilde tanımlanmasını mümkün kılar. Moleküler tanı yöntemlerinin temelini, nükleik asitlerin (DNA ve RNA) analizi ve amplifikasyonu oluşturmaktadır. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ve türevi teknikler, nükleik asit

amplifikasyon yöntemleri ve genomik ile transkriptomik analiz tekniklerinden kısaca bahcedilecek olunursa.

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ve Türevi Teknikler

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), 1980'lerin başında Kary Mullis tarafından geliştirilen bir tekniktir ve moleküler biyolojinin en önemli buluşlarından biridir. PCR, DNA'nın belirli bir bölgesinin hızlı bir şekilde amplifiye edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu teknik, kısa bir süre içinde milyonlarca kopya üretir ve bu sayede düşük miktarda örnekle bile genetik analiz yapılmasına olanak tanır. PCR, tıbbi tanıdan adli bilimlere kadar birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Mullis & Faloona, 1987). PCR türevleri arasında, Real-Time PCR (qPCR), mutasyonların tespiti için kullanılan Allele-Specific PCR ve Çoklu PCR (Multiplex PCR) yer alır. Real-Time PCR, amplifikasyon sürecini izleyerek, genetik materyalin miktarını hızlı bir şekilde ölçebilir ve bu da enfeksiyon hastalıklarının tanısında, kanserin erken teşhisinde ve genetik analizlerde faydalıdır (Heid & ark., 1996).

Nükleik Asit Amplifikasyon Yöntemleri

Nükleik asit amplifikasyonu, genetik materyalin miktarını artırarak, hastalık etkenlerinin tespiti için kullanılan bir dizi teknik içerir. PCR, bu alandaki en yaygın kullanılan yöntem olmakla birlikte, alternatif amplifikasyon teknikleri de bulunmaktadır. Bunlar arasında LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) ve NASBA (Nucleic Acid Sequence-Based Amplification) gibi yöntemler yer almaktadır. LAMP, sıcaklık değişimi gerektirmeyen ve genetik materyalin amplifikasyonunu hızlı bir şekilde gerçekleştiren bir tekniktir (Notomi & ark., 2000). Bu yöntem, özellikle düşük maliyetli ve saha ortamlarında kullanılabilmesiyle öne çıkar. NASBA ise, RNA'nın amplifikasyonunda kullanılır ve özellikle viral RNA tespiti için faydalıdır (Compton, 1991). Nükleik

asit amplifikasyonu, özellikle enfeksiyon hastalıklarının tanısında, genetik hastalıkların araştırılmasında ve biyomarkerlerin tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genomik ve Transkriptomik Analiz Teknikleri

Genomik analiz teknikleri, bireyin tüm genomunun analiz edilmesini sağlayarak, genetik hastalıkların tespiti, genetik çeşitlilik ve evrimsel araştırmalar gibi alanlarda önemli bilgiler sunar. Bu analizler, DNA dizileme teknolojileri ve mikrodizi teknolojileri ile gerçekleştirilir. Son yıllarda, yeni nesil dizileme (NGS) teknolojileri, genomik analizlerde devrim yaratmıştır. NGS, tüm genomu hızlı ve düşük maliyetle dizileyebilir ve büyük miktarda veriyi işleyebilir (Mardis, 2008). Transkriptomik analizler ise, hücredeki RNA düzeylerini inceleyerek, gen ekspresyonu, hastalık mekanizmaları ve tedaviye yanıt gibi bilgileri ortaya çıkarır. RNA dizileme (RNA-Seq) bu alandaki en önemli tekniktir ve gen ekspresyonunun zaman içindeki değişimlerini yüksek doğrulukla tespit edebilir (Wang, Gerstein & Snyder, 2009). Genomik ve transkriptomik analiz teknikleri, kanserin moleküler temellerini anlamada, genetik hastalıkların tespitinde ve kişiselleştirilmiş tıbbın geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

4-Moleküler Hızlı Tanı Sistemleri

Moleküler hızlı tanı sistemleri, hastalıkların hızlı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesini sağlayan, genellikle sahada kullanılabilen, yüksek hassasiyete sahip cihazlar ve teknolojilerdir. Bu sistemler, geleneksel laboratuvar testlerinin uzun süreler gerektirmesi yerine, dakikalar içinde sonuç verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu bağlamda, taşınabilir ve Point-of-Care (POC) tanı sistemleri, mikroakışkan teknolojiler ve çip üzerinde sistemler, ve LAMP ile CRISPR tabanlı yöntemler gibi moleküler hızlı tanı sistemleri olduk -ça önem arz etmektedir.

Taşınabilir ve POC (Point-of-Care) Tanı Sistemleri

Taşınabilir ve POC (Point-of-Care) tanı sistemleri, testlerin hastaların bulunduğu ortamda, yani klinik laboratuvar dışında yapılmasına olanak tanır. Bu sistemler, özellikle acil servisler, klinik ortamlar, evde bakım ve saha araştırmalarında kullanılır. POC tanı cihazları, genellikle kullanıcı dostu olup, genetik veya biyomarker analizlerini hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirebilir. Örneğin, COVID-19 pandemisi sırasında, POC testler, virüsün hızlı bir şekilde tespit edilmesine olanak tanıyarak büyük bir önem kazanmıştır (Hussein & ark., 2020). Taşınabilir tanı sistemleri genellikle PCR tabanlı testler, immünoassayler veya mikroakışkan teknolojilerle entegre edilmiş sistemlerdir. Bu sistemlerin en büyük avantajı, sağlık hizmetlerine erişimi sınırlı olan bölgelerde bile hızlı tanı imkanı sunmalarıdır (Kozel & Burnham-Marusich, 2017).

Mikroakışkan Teknolojiler ve ip Üzerinde Sistemler

Mikroakışkan teknolojiler ve ip üzerinde sistemler, moleküler tanıların daha hızlı, taşınabilir ve düşük maliyetli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan ileri düzeydeki teknolojilerdir. Mikroakışkan cihazlar, küçük hacimli sıvıları mikro kanallar üzerinden yönlendiren sistemlerdir ve bu sayede çok az miktarda örnekle hızlı analiz yapılabilir. ip üzerinde sistemler (Lab-on-a-chip), mikroakışkan teknolojileri kullanarak biyolojik örneklerin analizini mümkün kılar. Bu cihazlar, genetik, kimyasal ve biyolojik analizleri tek bir platformda entegre edebilir. Örneğin, ip üzerinde PCR amplifikasyonu veya nükleik asit hibridizasyonu gibi biyomoleküler analizler yapılabilir (Whitesides, 2006). Mikroakışkan cihazlar, yüksek hassasiyet ve hız sunarak, enfeksiyon hastalıklarının hızlı tanısı, kanser biyomarkerlerinin tespiti ve genetik hastalıkların teşhisinde önemli bir yer tutmaktadır.

LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) ve CRISPR Tabanlı Yöntemler

LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) ve CRISPR tabanlı yöntemler, moleküler tanı sistemlerinde kullanılan yenilikçi ve hızlı tekniklerdir. LAMP, PCR'a benzer şekilde nükleik asit amplifikasyonu sağlar, ancak sıcaklık değişimi gerektirmez ve bu da onu sahada kullanılabilir hale getirir. LAMP, belirli DNA bölgelerinin amplifikasyonunu izotermal koşullarda gerçekleştirdiği için, genetik testler için hızlı ve düşük maliyetli bir alternatif sunar (Notomi & ark., 2000). Bu özellik, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve acil durumlarda faydalıdır.

CRISPR tabanlı yöntemler ise, genetik materyali belirli bir hedefe yönlendirmek için kullanılan gen düzenleme teknolojilerinin tanı alanında uygulanmasıdır. CRISPR-Cas9 sistemi, genetik düzenlemede devrim yaratırken, CRISPR-Cas12 ve CRISPR-Cas13 gibi sistemler, nükleik asitleri tanımak ve kesmek için tanı amaçlı kullanılmaktadır. CRISPR tabanlı hızlı tanı yöntemleri, özellikle viral enfeksiyonların tanısında büyük bir potansiyele sahiptir. CRISPR-Cas12 tabanlı testler, SARS-CoV-2 gibi virüslerin hızlı ve hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlayabilmektedir (Broughton & ark., 2020). Bu yöntemler, yüksek hassasiyet, düşük maliyet ve hızlı sonuçlar sunarak, moleküler tanıların geleceği için umut verici bir alan oluşturmaktadır.

5-Hızlı Tanı Yöntemlerinde Kullanılan Yenilikçi Teknolojiler

Hızlı tanı yöntemleri, hastalıkların hızlı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesini sağlayan kritik teknolojilerdir. Son yıllarda, bu yöntemlerin gelişmesi, genetik ve biyolojik analizlerin daha hızlı, hassas ve kullanıcı dostu hale gelmesini mümkün kılmıştır. Yenilikçi teknolojiler, bu süreçlerin daha da hızlanmasını ve iyileşmesini sağlamakta, özellikle nanoteknoloji, biyosensörler, yapay zeka,

makine öğrenimi ve dijital sağlık teknolojileri gibi alanlar öne çıkmaktadır. Hızlı tanı yöntemlerinde kullanılan nanoteknoloji ve biyosensörler, yapay zeka ve makine öğreniminin entegrasyonu ve dijital sağlık teknolojileride büyük önem arz etmektedir.

Nanoteknoloji ve Biyosensörlerin Kullanımı

Nanoteknoloji, moleküler ve atomik ölçekte yapılan mühendislik çalışmalarıdır ve biyomoleküler tanı sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Nanoteknoloji sayesinde, biyosensörler daha hassas, hızlı ve düşük maliyetli hale gelmiştir. Biyosensörler, biyolojik bir bileşenin, genellikle bir hastalık etkeninin veya biyomarkerin tespit edilmesinde kullanılan cihazlardır. Nanomalzemeler, biyosensörlerin algılama kapasitesini artırarak, düşük seviyelerde bile hassasiyetle analiz yapabilmelerine olanak tanır. Örneğin, altın nanoparçacıkları, proteinlerin ve nükleik asitlerin algılanmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Ferrari, 2023). Nanoteknolojinin bir diğer kullanım alanı, hedefe yönelik ilaç taşıma sistemlerinin geliştirilmesidir. Bu teknoloji, enfeksiyon hastalıklarının hızlı tanısında ve kanser gibi hastalıkların biyomarkerlerinin tespitinde büyük bir potansiyele sahiptir (Liu & ark., 2023).

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi ile Tanı Yöntemlerinin Entegrasyonu

Yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MO), biyolojik verilerin işlenmesinde devrim yaratmış teknolojilerdir ve hızlı tanı yöntemlerine entegrasyonları büyük bir potansiyele sahiptir. YZ ve MO algoritmaları, hastalıkların teşhisinde kullanılan büyük veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkararak daha hızlı ve doğru sonuçlar elde edilmesine olanak tanır. Örneğin, görüntü tanı sistemlerinde kullanılan derin öğrenme (deep learning) algoritmaları, kanser gibi hastalıkların tespitinde, özellikle medikal görüntüler üzerinde

oldukça etkili sonuçlar vermektedir (Esteve & ark., 2019). Ayrıca, biyomoleküler testlerin sonuçlarını analiz etmek için geliştirilen makine öğrenimi algoritmaları, genetik ve biyolojik verileri hızlı bir şekilde işleyerek doğru tanımlar koymaktadır. Yapay zeka, ayrıca tedavi planlarını kişiselleştirmede de kullanılabilir ve bu, hastaların tedaviye nasıl yanıt vereceğini önceden tahmin etmeye yardımcı olabilir (Rajkomar, Dean, & Kohane, 2019).

Dijital ve Mobil Sağlık Teknolojilerinin Etkisi

Dijital ve mobil sağlık teknolojileri, kişisel sağlık takibi ve hastalıkların uzaktan izlenmesi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Mobil cihazlar, giyilebilir sensörler ve akıllı cihazlar, bireylerin sağlık verilerini toplamak ve analiz etmek için kullanılmaktadır. Özellikle, akıllı telefonlar ve taşınabilir cihazlar, hastaların evde tanı testleri yapmalarını ve sonuçları hızla iletmelerini sağlar (Kvedar & ark., 2016). Bu cihazlar, anlık izleme yaparak, uzun vadeli hastalıkların yönetilmesine yardımcı olur ve özellikle enfeksiyon hastalıklarının erken tespitinde kritik bir rol oynar. Ayrıca, mobil sağlık uygulamaları, verilerin bulut tabanlı platformlarda saklanmasına olanak tanır, bu da sağlık profesyonellerine hızlı erişim sağlar ve sağlık hizmetlerinin hızını artırır. Dijital sağlık teknolojileri, sağlık hizmetlerinin kişiselleştirilmesi ve daha erişilebilir hale getirilmesi açısından da önemli bir potansiyele sahiptir.

6-Hızlı Tanı Yöntemlerinin Uygulama Alanları

Hızlı tanı yöntemleri, sağlık hizmetlerinin etkinliğini artıran ve hastalıkların erken aşamalarda teşhis edilmesini sağlayan kritik teknolojilerdir. Enfeksiyon hastalıklarından kanser biyomarkerlerine, genetik ve metabolik hastalıkların tanısından halk sağlığı ve epidemiyolojik izlemeye kadar geniş bir uygulama yelpazesi bulunmaktadır. Hızlı tanı yöntemlerinin enfeksiyon

hastalıklarının tanısı, onkoloji ve kanser biyobelirteçleri, genetik ve metabolik hastalıkların tanısı ile halk sağlığı ve epidemiyolojik izleme olan katkıları oldukça önemlidir.

Enfeksiyon Hastalıklarının Tanısı

Enfeksiyon hastalıklarının hızlı ve doğru bir şekilde tanısı, zamanında tedavi ve izolasyonun sağlanması açısından büyük önem taşır. Hızlı tanı sistemleri, enfeksiyon etkenlerinin kısa sürede tespit edilmesine olanak tanır ve bu sayede enfeksiyonların yayılmasının önlenmesine yardımcı olur. Moleküler tanı yöntemleri, özellikle PCR, LAMP ve CRISPR tabanlı testler, virüslerin, bakterilerin ve parazitlerin hızlı bir şekilde tanımlanmasını sağlar. COVID-19 pandemisi, bu teknolojilerin enfeksiyon hastalıklarının tanısındaki kritik rolünü açıkça ortaya koymuştur. PCR tabanlı testler, SARS-CoV-2 virüsünün hızlı bir şekilde tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmıştır (Paltiel & Zheng, 2020). Ayrıca, antijen testleri ve CRISPR tabanlı testler gibi alternatif yöntemler, düşük maliyet ve saha ortamında kullanılabilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Broughton & ark., 2020).

Onkoloji ve Kanser Biyobelirteçleri

Kanser, erken teşhis edildiğinde tedavi edilebilir bir hastalıktır, ancak bu sadece kanserin doğru bir şekilde tanımlanması ve biyolojik işaretlerinin hızlı bir şekilde belirlenmesi ile mümkündür. Hızlı tanı yöntemleri, kanser biyomarkerlerinin tespiti için etkili bir araçtır. Kanser biyomarkerleri, kanserin varlığını, tipini ve evresini belirlemede yardımcı olan biyolojik moleküllerdir. Hızlı tanı testleri, kanser hastalarının tedaviye yanıtını izlemek, hastalığın seyrini değerlendirmek ve tedavi stratejilerini kişiselleştirmek için kullanılabilir. Özellikle kanserin genetik temellerini anlamada, sıvı biyopsiler ve moleküler profil oluşturma teknikleri önemli rol oynamaktadır (Das & ark., 2024). Kanser biyomarkerleri, kanserin

erken evrelerinde tespit edilmesine olanak sağlayarak, yaşam oranlarını artırabilir.

Genetik ve Metabolik Hastalıkların Hızlı Tanısı

Genetik ve metabolik hastalıkların tanısı, hastalığın yönetimi için kritik bir adımdır ve erken tanı, tedavi seçeneklerini artırabilir. Genetik hastalıklar, genetik mutasyonlar nedeniyle meydana gelir ve bu hastalıkların hızlı bir şekilde tanımlanması, genetik testler kullanılarak mümkündür. Moleküler biyoloji teknikleri, DNA dizileme, PCR ve mikroarray teknolojileri gibi araçlarla, bireylerin genetik yapılarındaki mutasyonları belirleyebilir. Genetik testler, özellikle kalıtsal hastalıkların tanısında, genetik danışmanlık süreçlerinde ve tedaviye yönelik bireyselleştirilmiş yaklaşımlarda kullanılır. Metabolik hastalıklar da benzer şekilde genetik kaynaklı olabileceğinden, metabolik bozuklukların tanısında kullanılan biyomoleküler analizler, hızlı tanı yöntemlerinin bir parçası olarak büyük önem taşır. Hızlı metabolik testler, özellikle doğuştan gelen metabolik hastalıkların erken teşhisinde kullanılır (Collins & Varmus, 2015).

Halk Sağlığı ve Epidemiyolojik İzlemde Rolü

Hızlı tanı yöntemlerinin halk sağlığı üzerindeki etkisi, enfeksiyonların yayılmasının kontrol edilmesi, salgınların önlenmesi ve sağlıklı toplumların oluşturulması açısından son derece önemlidir. Enfeksiyon hastalıklarının hızlı tespiti, halk sağlığına yönelik önlemlerin alınmasını hızlandırır ve epidemiyolojik izleme süreçlerinin etkinliğini artırır. Ayrıca, dijital sağlık sistemleri ve mobil sağlık uygulamaları, bireylerin sağlık durumlarını izlemeye yardımcı olur ve epidemiyolojik verilerin toplanmasını hızlandırır (Paltiel & Zheng, 2020). Hızlı tanı teknolojilerinin, enfeksiyon hastalıklarının yayılmasının

engellenmesindeki rolü, özellikle gelişmekte olan ölkelerde sağlık altyapılarının iyileştirilmesi için kritik bir adımdır.

Hızlı Tanı Yöntemlerinin Tarımda Uygulama Alanları

Tarımda hastalıkların erken teşhisi ve yönetimi, verimliliği artırmak, ürün kayıplarını önlemek ve çevresel etkileri minimize etmek açısından büyük önem taşır. Hızlı tanı yöntemleri, tarımda patojenlerin, zararlılarının ve çevresel stres faktörlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesine olanak tanır. Bu sayede hastalıklar zamanında kontrol altına alınabilir ve tarımsal üretim süreci daha verimli hale getirilebilir. Moleküler biyoloji tekniklerinin ve hızlı tanı yöntemlerinin tarımda çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır.

Hızlı tanı yöntemlerinin en yaygın kullanıldığı alanlardan biri, bitki hastalıklarının teşhisidir. Çeşitli mikroorganizmalar, bitkilerde zarara yol açarak verim kayıplarına sebep olabilir. Geleneksel yöntemlerle hastalıkların teşhisi uzun sürebilirken, moleküler biyolojiye dayalı hızlı testler, hastalıkların erken evrede tespit edilmesine yardımcı olur.

Tarımda patojenlerin doğru tespiti, hastalıkların yayılmasını engellemek için önemlidir. Hızlı tanı yöntemleri, tarım alanlarında patojenlerin belirlenmesine ve izole edilmesine olanak tanır. Özellikle virüs, bakteri ve mantarların tespiti için kullanılan bu yöntemler, enfekte olmuş bitkiler ile sağlıklı bitkiler arasındaki farkı hızlıca ortaya koyar.

Nükleik Asit Tabanlı Yöntemler: DNA veya RNA tespiti için kullanılan nükleik asit tabanlı testler, özellikle bitki hastalıklarının teşhisinde etkilidir. Bunlar, bitki hastalıklarının biyolojik etmenlerini hızlı bir şekilde izole eder ve tespit eder (Patel & ark., 2022).

Biosensörler: Bitkilerdeki patojenlerin tespiti için kullanılan biosensörler, çevresel koşulların izlenmesine yardımcı olur. Bu sensörler, patojenlerin varlığını belirlemek için biyolojik moleküllerle etkileşime girer ve sensörler üzerinden veriler sağlanır. Biosensörler, hem çevresel faktörlerin hem de hastalık etmenlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlar (Gan & Ling, 2022).

Hızlı tanı yöntemleri, tarımda zararlıların tespit edilmesi ve yönetilmesi konusunda da önemli bir rol oynamaktadır. Zararlılar, bitkilerde hastalıkların yayılmasına neden olabileceği gibi doğrudan besin kaybına da yol açabilir. Bu zararlılar, böcekler, nematodlar ve diğer mikroskobik organizmalar olabilir.

Moleküler Yöntemlerle Zararlı Tespiti: Zararlıların varlığını ve yayılmasını izlemek için PCR gibi moleküler teknikler kullanılabilir. Örneğin, böceklerin veya nematodların DNA'sı, tarlalardan alınan örneklerde PCR ile hızlıca tespit edilebilir (Mohan, Tresina & Doss, 2021).

Biyomarkerler ve Lateral Flow Assay: Bu yöntemler, zararlıların varlığını hızlıca belirleyebilir ve pestisitlerin doğru şekilde uygulanmasına yardımcı olabilir. Bu sayede çevresel zararlara yol açmadan, daha kontrollü ve hedeflenmiş zararlı yönetimi yapılabilir.

Hızlı tanı yöntemleri, tarımsal ürünlerin genetik analizinde de kullanılabilir. Genetik markerlar ve biyomarkerler, özellikle bitki ıslahında yeni çeşitlerin geliştirilmesinde etkili olabilir. Moleküler işaretçiler (markerler), hastalıklara dayanıklı, verimli veya besin değeri yüksek bitkilerin seçilmesinde kullanılmaktadır.

Marker Yardımlı Seçim (MAS): Bu teknik, genetik markerlar kullanarak bitkilerde istenilen özellikleri taşıyan bireylerin hızlıca seçilmesini sağlar. Hastalıklara dayanıklı bitkilerin

seçimi, ürün verimliliğini artırmada önemli bir adımdır (Zhu & ark., 2019).

Genetik Testler ve CRISPR/Cas9: CRISPR/Cas9 teknolojisi, bitkilerin genetik yapısının hızlı bir şekilde değiştirilmesini sağlar. Bu teknoloji sayesinde, hastalıklara daha dayanıklı, verimli ve çevresel koşullara uygun bitkiler geliştirilebilir.

7-Hızlı Tanı Yöntemlerinin Avantajları ve Zorlukları

Hızlı tanı yöntemleri, sağlık alanındaki önemli gelişmelerden biridir ve özellikle enfeksiyon hastalıkları, kanser, genetik hastalıklar ve diğer birçok hastalığın teşhisinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler, doğru ve hızlı tanı koyma imkanı sağlayarak tedavi süreçlerini iyileştirmekte ve hastaların yaşam kalitesini artırmaktadır. Ancak, her teknolojinin olduğu gibi hızlı tanı yöntemlerinin de bazı avantajları ve zorlukları bulunmaktadır.

Hız, Hassasiyet ve Uygulama Kolaylığı

Hızlı tanı yöntemlerinin en önemli avantajlarından biri, hastalıkların hızlı bir şekilde teşhis edilmesini sağlamalarıdır. Özellikle acil durumlarda, hastaların tedaviye hızla başlanması, komplikasyonların önlenmesi ve hastalıkların yayılmasının engellenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Moleküler biyolojik testler, genetik analizler ve biyosensörler gibi yöntemler, dakikalar içinde sonuç almayı mümkün kılar. PCR tabanlı testler, LAMP ve CRISPR tabanlı yöntemler, enfeksiyon hastalıklarının hızlı bir şekilde tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılır (Broughton & ark., 2020).

Bununla birlikte, hızlı tanı sistemlerinin hassasiyeti de büyük bir öneme sahiptir. Hızlı sonuçlar elde edilirken, bu sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği de kritik bir faktördür. Hassasiyet ve özgüllük, yanlış negatif ve yanlış pozitif sonuçların önlenmesi için

gereklidir. Ayrıca, hızlı tanı yöntemlerinin uygulama kolaylığı, sağlık profesyonelleri tarafından rahatça kullanılabilmeleri açısından önemli bir avantajdır. Kullanıcı dostu arayüzler, taşınabilir cihazlar ve saha testlerine uygun cihazlar, bu yöntemlerin daha geniş bir yelpazeye uygulanmasını sağlar (Hussein, & ark., 2020).

Fiyat, Erişilebilirlik ve Eğitim Gereklilikleri

Hızlı tanı yöntemlerinin fiyatı, geniş çapta uygulanabilirlikleri için önemli bir engel oluşturabilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bazı moleküler biyoloji testleri ve ileri düzey teknolojiler yüksek maliyetler taşıyabilir. Bu durum, tanı yöntemlerinin yaygınlaşmasını ve halk sağlığı üzerindeki etkilerini sınırlayabilir. Düşük maliyetli alternatifler, erişilebilirliği artırırken, fiyat ve maliyet dengesini sağlamak önemli bir zorluk yaratır (Kozel & Burnham-Marusich, 2017)

Ayrıca, bu yöntemlerin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için sağlık profesyonellerinin belirli bir eğitim seviyesine sahip olmaları gerekir. Bazı hızlı tanı cihazları, özel beceri gerektirebilir ve kullanıcıların doğru sonuçlar elde edebilmesi için eğitilmesi gerekir. Bu eğitim gereksinimi, özellikle gelişmekte olan bölgelerde, hızlı tanı teknolojilerinin daha geniş bir ölçekte uygulanabilirliğini engelleyebilir. Eğitim ve kapasite geliştirme, sağlık hizmetlerinin kalitesini ve verimliliğini artırmada önemli bir faktördür (Whitesides, 2006).

Hızlı tanı yöntemlerinin kullanımında karşılaşılan bir diğer önemli zorluk, etik ve yasal sorunlardır. Genetik testler ve biyolojik verilerin hızlı bir şekilde analiz edilmesi, kişisel verilerin gizliliği ve güvenliği konusunda endişelere yol açabilir. Sağlık verilerinin toplanması ve paylaşılması, bireylerin mahremiyetini koruma ve yasal düzenlemelere uyma açısından kritik bir önem taşır. Bu alandaki etik sorunlar, biyosensörler, mobil sağlık uygulamaları ve

dijital sağlık cihazlarının kullanımında da geçerlidir. Sağlık verilerinin korunması, doğru ve adil bir şekilde kullanılması, hukuki açıdan belirli kurallar çerçevesinde düzenlenmelidir (Hood & Friend, 2011).

Bunun yanı sıra, hızlı tanı testlerinin doğruluğu konusunda da etik sorular ortaya çıkabilir. Yanlış pozitif veya negatif sonuçlar, hastalar için yanlış tedavi planlarının oluşturulmasına yol açabilir ve bu da ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Dolayısıyla, hızlı tanı yöntemlerinin uygulanmasında, bu tür etik sorunların dikkate alınması ve doğru denetimlerin yapılması gereklidir.

8-Gelecekte Hızlı Tanı Yöntemleri ve Moleküler Biyolojinin Rolü

Hızlı tanı yöntemleri, hastalıkların erken teşhisini mümkün kılarak tarımda ve sağlık hizmetlerinde devrim yaratmaktadır. Bu teknolojiler, özellikle genetik, biyomoleküler ve proteomik alanlarda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Moleküler biyoloji, hızlı tanı testlerinin temel yapı taşlarını oluşturmakta, kişiselleştirilmiş tıp, yeni nesil dizileme ve proteomik teknolojiler gibi gelişmelerle daha da güçlenmektedir.

Kişiselleştirilmiş Tıp ve Hızlı Tanı

Kişiselleştirilmiş tıp, bireylerin genetik özelliklerine, yaşam tarzlarına ve çevresel faktörlere dayalı olarak özelleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını ifade eder. Bu alandaki ilerlemeler, genetik testlerin ve biyomarkerlerin gelişmesiyle hız kazanmıştır. Moleküler biyoloji tekniklerinin, özellikle hızlı tanı yöntemleriyle birleşmesi, kişiselleştirilmiş tıbbın klinik uygulamalarını daha erişilebilir hale getirmektedir. Kişiselleştirilmiş tedavi, bir hastanın genetik profiline dayalı olarak en uygun tedavi seçeneğini sunar ve bu, genetik hastalıkların yanı sıra kanser gibi karmaşık hastalıkların tedavisinde de büyük bir potansiyele sahiptir (Collins & Varmus, 2015).

Hızlı tanı testlerinin kişiselleştirilmiş tıbbın bir parçası haline gelmesi, tedavi süreçlerini daha hedeflenmiş ve etkin kılmaktadır. Örneğin, kanser tedavisinde, genetik testler sayesinde hastanın kanser türü ve evresi hızlıca belirlenebilir, böylece en uygun tedavi planı hızla oluşturulabilir (Goossens & ark., 2015). Bunun yanı sıra, farmakogenetik testler, bireylerin ilaçlara nasıl tepki vereceğini belirleyerek, tedavi sürecini optimize eder ve yan etki risklerini azaltır.

Yeni nesil dizileme ve Proteomik Teknolojiler

Yeni nesil dizileme (NGS) ve proteomik teknolojiler, biyolojik verilerin analizinde devrim yaratmaktadır. NGS, tüm genomları veya belirli genetik bölgeleri hızla dizileyerek, genetik hastalıkların ve kanser gibi karmaşık hastalıkların daha doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlar. NGS, ayrıca genetik varyasyonları inceleyerek hastaların bireysel genetik yatkınlıklarını belirlemeye yardımcı olur (Mardis, 2008). Proteomik analizler ise, bir organizmanın tüm protein içeriğini inceleyerek hastalıkların biyomarkerlerini tespit etmekte kullanılır. Hızlı tanı yöntemleri, bu iki alandaki yenilikçi teknolojilerle birleşerek, hastalıkların daha erken aşamalarda ve daha doğru bir şekilde tespit edilmesine olanak tanır (Kwon & ark., 2021).

Proteomik teknolojiler, kanser gibi hastalıkların erken evrelerinde tespit edilmesini sağlayacak biyomarkerlerin keşfine olanak tanır. Ayrıca, proteomik analizler sayesinde, tedavi süreçlerinde daha doğru ve kişiye özel yaklaşımlar geliştirilmesi mümkün olmaktadır. NGS ve proteomik analizlerin entegrasyonu, hastalıkların daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin geliştirilmesini sağlar.

Moleküler Tanı Yöntemlerinin Evrimi

Moleküler tanı yöntemleri, genetik ve biyolojik bilimlerin ilerlemesiyle hızla evrimleşmektedir. İlk başta, PCR ve elektroforez gibi temel yöntemler kullanılırken, günümüzde daha hızlı, daha hassas ve daha taşınabilir cihazlar geliştirilmiştir. PCR ve LAMP gibi nükleik asit amplifikasyon yöntemlerinin yanı sıra, CRISPR tabanlı teknolojiler de moleküler tanı yöntemlerinin evriminde önemli bir yer tutmaktadır. CRISPR-Cas9, genetik düzenlemelerin yanı sıra, belirli genetik hedeflere dayalı tanı sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılır (Broughton & ark., 2020). Bu gelişmeler, moleküler tanıların daha hızlı ve düşük maliyetle yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Ayrıca, mikroakışkan teknolojiler ve çip üzerindeki sistemler, moleküler tanı yöntemlerini taşınabilir hale getirerek, daha geniş kitlelere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu cihazlar, laboratuvar ortamına ihtiyaç duymadan, sahada veya hastanın yanında tanı yapılabilmesine olanak tanır (Whitesides, 2006). Bu tür teknolojilerin evrimi, hastalıkların daha erken tespit edilmesine, tedavi sürecinin hızlanmasına ve sağlık sistemlerinin daha verimli çalışmasına olanak sağlar.

Moleküler biyoloji, genetik materyalin yapısını, işlevlerini ve etkileşimlerini anlamaya yönelik disiplinler arası bir bilim dalıdır. Bu alandaki gelişmeler, özellikle sağlık ve tarım sektörlerinde devrim niteliğinde yenilikler sağlamaktadır. Tarımda moleküler biyolojinin uygulanması, daha verimli, dayanıklı ve sürdürülebilir ürünler elde etmek için büyük bir potansiyel taşımaktadır.

9-Sonuç ve Değerlendirme

Hızlı tanı yöntemleri, tıbbın çeşitli alanlarında devrim niteliğinde yenilikler sunmakta ve hastalıkların daha hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Moleküler

biyoloji ve biyoteknolojinin ilerlemesiyle birlikte, bu yöntemler sağlık hizmetlerine daha geniş bir erişim sunmuş ve klinik uygulamaları hızlandırmıştır. Ancak, hızlı tanı sistemlerinin geniş çapta kullanılabilmesi için hâlâ bazı zorluklar ve engeller bulunmaktadır.

Hızlı Tanı Yöntemlerinin Sağlık Alanına Katkıları

Hızlı tanı yöntemleri, sağlık alanındaki en büyük katkılarından birini hastalıkların erken evrede tespit edilmesi ve tedaviye başlanması ile sağlamaktadır. Erken teşhis, özellikle enfeksiyon hastalıkları, kanser, genetik hastalıklar ve metabolik bozukluklar gibi durumlar için hayat kurtarıcı olabilmektedir. Hızlı tanı, tedavi süreçlerini hızlandırarak, hastaların sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri azaltmakta ve tedavi maliyetlerini düşürmektedir (Broughton & ark., 2020).

Ayrıca, hızlı tanı yöntemleri, sağlık hizmetlerinin verimliliğini artırmakta, sağlık sistemlerinde yoğunluk ve yükü azaltmaktadır. Özellikle acil servislerde ve saha koşullarında, hızlı tanı yöntemlerinin kullanımı, hastaların bekleme sürelerini kısaltarak tedavi sürecinin daha etkin hale gelmesini sağlar. Moleküler biyoloji tekniklerinin bu yöntemlere entegrasyonu, daha hassas ve spesifik testlerin yapılmasını mümkün kılmaktadır. PCR, LAMP ve CRISPR gibi teknolojiler, sadece enfeksiyon hastalıklarının tanısında değil, aynı zamanda kanser ve genetik hastalıkların tespitinde de kullanılarak daha hedeflenmiş tedavi seçenekleri sunmaktadır (Das & ark., 2024).

Hızlı tanı sistemlerinin sağlık alanındaki bir diğer önemli katkısı, kırsal ve gelişmekte olan bölgelerde sağlık hizmetlerinin ulaşılabilirliğini artırmasıdır. Laboratuvar altyapısının sınırlı olduğu yerlerde, taşınabilir tanı cihazları, moleküler biyoloji tekniklerinin kullanılmasıyla hastalıkların hızlı bir şekilde tespit edilmesine imkân

tanır (Whitesides, 2006). Bu sayede, özellikle düşük kaynaklı bölgelerde daha etkin sağlık hizmetleri sunulmaktadır.

Hızlı Tanı Yöntemlerinin Tarım Alanına Katkıları

Günümüzde moleküler biyoloji ve hızlı tanı yöntemleri, tarımda verimliliği artırmanın yanı sıra çevresel faktörlere dayanıklı, besin değerleri yüksek ve hastalıklara dirençli bitkilerin üretilmesine olanak sağlamaktadır. Genetik mühendislik, biyoteknoloji ve moleküler biyoloji tekniklerinin daha da geliştirilmesi, tarımın geleceği için kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin sürdürülebilir şekilde kullanılması, çevresel etkilere karşı duyarlı bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir.

Özellikle CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme tekniklerinin tarımda kullanımı, bitki ıslahında devrim yaratacak potansiyele sahiptir. Bu teknolojiler, bitkilerin genetik yapılarının istenilen şekilde değiştirilmesini sağlayarak, daha yüksek verim ve dayanıklılık sağlayabilir (Jinek & ark., 2012).

Moleküler biyoloji, tarımda devrim niteliğinde değişiklikler yapmakta ve tarımın geleceği için umut verici bir alan sunmaktadır. Hızlı tanı yöntemleri ise hastalıkların zamanında tespit edilmesini sağlayarak, verimliliği artırmakta ve tarım sektörüne önemli katkılar sunmaktadır. Gelecekte bu alanlardaki ilerlemeler, sürdürülebilir ve verimli tarım uygulamalarının gelişmesine olanak tanıyacaktır.

Araştırma ve Uygulama Alanlarında Gelecek Perspektifleri

Hızlı tanı yöntemlerinin geleceği, biyoteknoloji ve moleküler biyolojideki ilerlemelerle şekillenecektir. Araştırma alanlarında, genetik ve proteomik teknolojilerin daha ileri seviyelere taşınması, hızlı tanı yöntemlerinin daha hassas ve güvenilir hale gelmesini sağlayacaktır. Özellikle yeni nesil dizileme (NGS) teknolojileri ve proteomik analizler, hastalıkların daha erken evrelerde tespit

edilmesine ve kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasına olanak tanıyacaktır (Mardis, 2008).

Gelecekte, daha taşınabilir, kullanıcı dostu ve düşük maliyetli hızlı tanı cihazlarının geliştirilmesi beklenmektedir. Mikroakışkan teknolojileri ve çip üzerindeki sistemler, bu alanda önemli bir ilerleme kaydetmekte ve bu cihazların daha geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmesini sağlamaktadır (Whitesides, 2006). Bu teknolojilerin entegrasyonu, sağlık hizmetlerinin daha hızlı ve etkili bir şekilde sunulmasını mümkün kılacaktır. Ayrıca, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi dijital sağlık teknolojileri, hızlı tanı cihazlarının doğruluğunu artırmakta ve klinik karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Hussein & ark., 2020).

Bunların yanı sıra, genetik testler ve biyomarkerlerin hızla gelişmesi, kişiselleştirilmiş tıbbın gelecekte daha yaygın bir şekilde uygulanmasına olanak tanıyacaktır. Kişiye özel tedavi stratejilerinin geliştirilmesi, hastalıkların tedavi sürecini daha hedeflenmiş hale getirecek ve yan etki risklerini azaltacaktır (Collins & Varmus, 2015). Hızlı tanı yöntemlerinin entegrasyonu ile daha doğru tanımlar konulabilecek ve tedavi seçenekleri daha kısa sürede belirlenecektir.

Hızlı tanı yöntemleri tarımda ve sağlık hizmetlerinde önemli bir yer tutmakta ve bu alandaki yenilikçi teknolojiler, hastalıkların daha hızlı, doğru ve hedeflenmiş bir şekilde tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha yaygın ve erişilebilir hale gelmesi, sağlık hizmetlerinin kalitesini ve etkinliğini artıracaktır.

Kaynaklar

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (4th ed.). Garland Science.

Broughton, J. P., Deng, X., Yu, G., Fasching, C. L., Servellita, V., Singh, J., Miao, X., Streithorst, J. A., Granados, A., Sotomayor-Gonzalez, A., Zorn, K., Gopez, A., Hsu, E., Gu, W., Miller, S., Pan, C. Y., Guevara, H., Wadford, D. A., Chen, J. S., & Chiu, C. Y. (2020). CRISPR-Cas12-based detection of SARS-CoV-2. *Nature biotechnology*, 38(7), 870–874. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0513-4>

Chen, Y., Wang, Z., Liu, Y., Wang, X., Li, Y., Ma, P., Gu, B., & Li, H. (2018). Recent advances in rapid pathogen detection method based on biosensors. *European journal of clinical microbiology & infectious disease: official publication of the European Society of Clinical Microbiology*, 37(6), 1021–1037. <https://doi.org/10.1007/s10096-018-3230-x>

Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *The New England journal of medicine*, 372(9), 793–795. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1500523>

Compton J. (1991). Nucleic acid sequence-based amplification. *Nature*, 350(6313), 91–92. <https://doi.org/10.1038/350091a0>

Crick, F. H. C. (1958). On protein synthesis. *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 12, 138-163.

Das, S., Dey, M. K., Devireddy, R., & Gartia, M. R. (2024). Biomarkers in Cancer Detection, Diagnosis, and Prognosis. *Sensors*, 24(1), 37. <https://doi.org/10.3390/s24010037>

Dutta, D., Naiyer, S., Mansuri, S., Soni, N., Singh, V., Bhat, K. H., Singh, N., Arora, G., & Mansuri, M. S. (2022). COVID-19 Diagnosis: A Comprehensive Review of the RT-qPCR Method for Detection of SARS-CoV-2. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(6), 1503. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12061503>

Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., Cui, C., Corrado, G., Thrun, S., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature medicine*, 25(1), 24–29. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>

Ferrari, E. (2023). Gold Nanoparticle-Based Plasmonic Biosensors. *Biosensors*, 13(3), 411. <https://doi.org/10.3390/bios13030411>

Gan, W. C., & Ling, A. P. K. (2022). CRISPR/Cas9 in plant biotechnology: applications and challenges. *Biotechnologia*, 103(1), 81–93. <https://doi.org/10.5114/bta.2022.113919>

Goossens, N., Nakagawa, S., Sun, X., & Hoshida, Y. (2015). Cancer biomarker discovery and validation. *Translational cancer research*, 4(3), 256–269. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2218-676X.2015.06.04>

Heid, C. A., Stevens, J., Livak, K. J., & Williams, P. M. (1996). Real time quantitative PCR. *Genome research*, 6(10), 986–994.

Hood, L., & Friend, S. H. (2011). Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. *Nature reviews. Clinical oncology*, 8(3), 184–187. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2010.227>

Hussein, H. A., Hassan, R. Y. A., Chino, M., & Febbraio, F. (2020). Point-of-Care Diagnostics of COVID-19: From Current

Work to Future Perspectives. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(15), 4289. <https://doi.org/10.3390/s20154289>

Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science (New York, N.Y.)*, 337(6096), 816–821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>

Kozel, T. R., & Burnham-Marusich, A. R. (2017). Point-of-Care Testing for Infectious Diseases: Past, Present, and Future. *Journal of clinical microbiology*, 55(8), 2313–2320. <https://doi.org/10.1128/JCM.00476-17>

Kvedar, J. C., Fogel, A. L., Elenko, E., & Zohar, D. (2016). Digital medicine's march on chronic disease. *Nature biotechnology*, 34(3), 239–246. <https://doi.org/10.1038/nbt.3495>

Kwon, Y. W., Jo, H. S., Bae, S., Seo, Y., Song, P., Song, M., & Yoon, J. H. (2021). Application of Proteomics in Cancer: Recent Trends and Approaches for Biomarkers Discovery. *Frontiers in medicine*, 8, 747333. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.747333>

Liu, Q., Zou, J., Chen, Z., He, W., & Wu, W. (2023). Current research trends of nanomedicines. *Acta pharmaceutica Sinica. B*, 13(11), 4391–4416. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2023.05.018>

Mardis E. R. (2008). Next-generation DNA sequencing methods. *Annual review of genomics and human genetics*, 9, 387–402. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.9.081307.164359>

Meselson, M., & Stahl, F. W. (1958). THE REPLICATION OF DNA IN ESCHERICHIA COLI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 44(7), 671–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.44.7.671>

Mohan, V.R., Tresina, P.S., & Doss, A. (Eds.). (2021). The Phytochemical and Pharmacological Aspects of Ethnomedicinal Plants (1st ed.). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003100768>

Mullis, K. B., & Faloona, F. A. (1987). Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. *Methods in enzymology*, 155, 335–350. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)55023-6](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)55023-6)

Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N., & Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic acids research*, 28(12), E63. <https://doi.org/10.1093/nar/28.12.e63>

Paltiel, A. D., Zheng, A., & Walensky, R. P. (2020). Assessment of SARS-CoV-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States. *JAMA network open*, 3(7), e2016818. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.16818>

Patel, R., Mitra, B., Vinchurkar, M., Adami, A., Patkar, R., Giacomozzi, F., Lorenzelli, L., & Baghini, M. S. (2022). A review of recent advances in plant-pathogen detection systems. *Heliyon*, 8(12), e11855. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11855>

Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine Learning in Medicine. *The New England journal of medicine*, 380(14), 1347–1358. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1814259>

Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

America, 74(12), 5463–5467.
<https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>

Sarhadi, V. K., & Armengol, G. (2022). Molecular Biomarkers in Cancer. *Biomolecules*, 12(8), 1021.
<https://doi.org/10.3390/biom12081021>

Wang, Z., Gerstein, M., & Snyder, M. (2009). RNA-Seq: a revolutionary tool for transcriptomics. *Nature reviews. Genetics*, 10(1), 57–63. <https://doi.org/10.1038/nrg2484>

Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171(4356), 737–738. <https://doi.org/10.1038/171737a0>

Weile, J., & Knabbe, C. (2009). Current applications and future trends of molecular diagnostics in clinical bacteriology. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 394(3), 731–742. <https://doi.org/10.1007/s00216-009-2779-8>

Whitesides G. M. (2006). The origins and the future of microfluidics. *Nature*, 442(7101), 368–373.
<https://doi.org/10.1038/nature05058>

Zhu, Q., Wang, B., Tan, J., Liu, T., Li, L., & Liu, Y. G. (2019). Plant Synthetic Metabolic Engineering for Enhancing Crop Nutritional Quality. *Plant communications*, 1(1), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2019.100017>

BÖLÜM III

Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Biyoteknoloji

Hayrettin İlker ÖZDEMİR¹

Giriş

Tıbbi aromatik bitkiler, sağlık üzerinde birçok fayda sağladığı bilinen ve geleneksel olarak tedavi amacıyla kullanılan bitkilerdir. Aromatik bitkiler, genellikle uçucu yağlar, fenolik bileşikler, alkaloidler ve flavonoidler gibi biyolojik olarak aktif bileşikler içerir ve bu bileşikler, bitkilerin farmakolojik etkinliğini oluşturur. Son yıllarda, biyoteknolojik uygulamalar bu bitkilerin daha verimli bir şekilde üretilmesi, biyolojik aktivitelerinin artırılması ve bileşiklerin saflaştırılması konularında büyük bir rol oynamaktadır. Bu kitap bölümü, tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik süreçlerle nasıl daha verimli bir şekilde kullanılabileceğini incelemektedir. Bitkilerin biyoteknolojik üretim

¹ Öğr. Gör., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Aydın/Türkiye, ORCID: 0000-0002-5480-7227, hayrettin.ozdemir@adu.edu.tr

tekniklerinin yanı sıra, bu alandaki biyoteknolojik yenilikler, sağlık uygulamaları ve gelecekteki perspektifler ele alınacaktır.

Tıbbi aromatik bitkiler, tıbbi ve sağlık alanlarında yaygın olarak kullanılan ve aromatik bileşenler (uçucu yağlar ve diğer biyoaktif bileşikler) içeren bitkilerdir. Bu bitkiler, tarihsel olarak farklı kültürlerde, çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Aromatik bitkiler, çoğunlukla antibakteriyel, antiviral, antimikrobiyal, antiinflatuar ve antioksidan özellikler gösteren bileşikler içerir. Örneğin, lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.) rahatlatıcı etkisiyle stres ve anksiyetenin giderilmesine yardımcı olurken, kekik (*Origanum vulgare* L.) antibakteriyel ve antifungal özellikleri ile öne çıkar (Patocka & ark., 2021). Bu bitkiler, farmasötik ve kozmetik endüstrilerinde de önemli bir yere sahiptir. Uçucu yağlar, aktif bileşiklerin konsantre formda elde edilmesi açısından büyük bir ticari değere sahiptir ve bu nedenle bu bitkilerin verimli bir şekilde yetiştirilmesi ve işlenmesi büyük önem taşır.

Tıbbi aromatik bitkilerin biyolojik aktiviteleri, içeriklerindeki çeşitli bileşiklerin genetik yapısına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişir. Ancak, bu bitkilerin ticari potansiyelini en üst düzeye çıkarmak, sürdürülebilir üretim ve kaliteli bileşiklerin elde edilmesi için biyoteknolojik yöntemler gereklidir (Cardoso & ark., 2020). Biyoteknoloji, tıbbi aromatik bitkilerin biyolojik aktivitelerinin artırılmasında ve ticari verimliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Genetik mühendislik, hücre kültürü teknikleri, biyoreaktör teknolojileri ve metabolomik analizler gibi biyoteknolojik yöntemler, bitkilerin büyüme koşullarına, genetik yapısına ve biyolojik özelliklerine müdahale ederek daha verimli üretim süreçleri oluşturur (Cardoso & ark., 2020).

Genetik mühendislik, özellikle bitkilerin biyosentez yollarının manipölasyonu ile hedef bileşiklerin üretiminin artırılmasına olanak tanır. Örneğin, terpenoid ve flavonoid gibi bileşiklerin üretiminde artış sağlanabilir. Ayrıca, biyoteknolojik yöntemler, bitkilerin çevresel streslere daha dayanıklı hale gelmesini sağlayarak, daha verimli üretim süreçlerinin geliştirilmesine yardımcı olur. Hücre kültürü, bitkilerin in vitro ortamda çoğaltılması ve biyoreaktörlerde daha büyük ölçekli üretim yapılması için kullanılır. Bu yöntemler, bitkilerin biyolojik aktivitelerini artıran bileşiklerin saflaştırılması ve verimli üretimi konusunda büyük bir potansiyel sunmaktadır (Patocka & ark., 2021).

Biyoteknolojik uygulamalar ayrıca yeni farmasötik bileşiklerin keşfi ve geliştirilmesi için de önemlidir. Metabolomik ve proteomik analizler, bitkilerin içerdiği biyoaktif bileşenleri daha derinlemesine inceleyerek, bu bileşiklerin potansiyel tıbbi kullanımlarını ortaya çıkarabilir. Bu sayede, daha etkili tedavi yöntemleri ve yeni ilaçlar geliştirilebilir.

Genetik mühendislik ve metabolik yol manipölasyonları ile tıbbi aromatik bitkilerde biyoaktif bileşiklerin üretimi, hücre kültürü ve biyoreaktör teknolojileri gibi biyoteknolojik uygulamalar tartışılacak, ayrıca bu teknolojilerin sağlık ve farmasötik alanındaki potansiyel katkıları değerlendirilecektir. Gelecekteki araştırma alanları ve biyoteknolojik yeniliklerin tıbbi aromatik bitkilerin üretimindeki rolü üzerine de bir perspektif sunulacaktır.

Tıbbi Aromatik Bitkilerin Temel Özellikleri ve Kullanım Alanları

Tıbbi aromatik bitkiler, uçucu yağlar, alkaloidler, flavonoidler, fenolik bileşikler ve terpenoidler gibi biyolojik olarak aktif bileşikler içeren bitkilerdir. Bu bitkiler, tarihsel olarak sağlık ve

tedavi amaçlı kullanılmış olup, günümüzde de modern tıpta önemli yer tutmaktadır. Aromatik bitkiler, antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antiviral ve kanser önleyici özellikleriyle dikkat çekmektedir. Ayrıca, biyoteknolojik yöntemlerle bu bitkilerin verimli üretimi ve biyoaktif bileşiklerin artırılması mümkün hale gelmiştir. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerin biyolojik aktiviteleri, geleneksel ve modern tıpta kullanım alanları ele alınacaktır.

Aromatik bitkiler, içeriklerinde bulunan bileşiklerin biyolojik aktiviteleri sayesinde tıbbi alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bitkilerdeki uçucu yağlar ve diğer aktif bileşikler, genellikle antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, analjezik ve antikanser özellikler gösterir. Örneğin, kekik (*Origanum vulgare* L.) gibi bitkiler, içeriklerinde bulunan fenolik bileşikler ve terpenoidler sayesinde güçlü antimikrobiyal etkilere sahiptir (Vaou & ark., 2021). Lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.), sakinleştirici etkileriyle bilinirken, aynı zamanda stres ve anksiyetenin azaltılmasına yardımcı olabilir (Cavanagh & Wilkinson, 2002). Aromatik bitkilerin biyolojik aktiviteleri, hem doğal tedavi yaklaşımlarında hem de farmasötik formülasyonlarda potansiyel kullanım alanları sunmaktadır.

Biyoteknolojik uygulamalar, bu biyolojik aktivitelerin artırılmasına ve optimize edilmesine yardımcı olabilir. Örneğin, genetik mühendislik ve hücre kültürü teknikleri, tıbbi aromatik bitkilerdeki aktif bileşiklerin üretim verimliliğini artırarak daha güçlü tedavi etkileri sağlanmasına olanak tanır (Cardoso & ark., 2020).

Tıbbi aromatik bitkiler, binlerce yıldır geleneksel tıpta çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Bu bitkiler, özellikle halk hekimliğinde, mide-bağırsak sorunları, solunum yolu hastalıkları,

sindirim bozuklukları ve ağrıların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, papatya (*Matricaria chamomilla* L.), sindirim problemleri ve mide ağrıları için sıklıkla kullanılırken, melisa (*Melissa officinalis* L.) sakinleştirici etkileriyle stres, anksiyete ve uyku sorunlarını gidermek için tercih edilir (Gan & ark., 2022).

Bunun yanı sıra, sarımsak (*Allium sativum* L.) ve zencefil (*Zingiber officinale* Roscoe), soğuk algınlığı ve grip gibi viral enfeksiyonların tedavisinde geleneksel olarak kullanılmıştır. Aromatik bitkilerin bu tür kullanım alanları, halk arasında yaygın bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmiştir ve bu bitkilerin biyolojik aktiviteleri, bu tedavilerin etkinliğini destekler (Salehi & ark., 2019). Geleneksel tıpta bu bitkilerin kullanımının artması, aynı zamanda biyoteknolojik araştırmaların da artmasına ve bu bitkilerdeki aktif bileşiklerin izole edilerek farmasötik olarak kullanılabilecek hale getirilmesine olanak sağlamıştır.

Modern tıpta tıbbi aromatik bitkilerin kullanımı, geleneksel tedavi yöntemlerinden farklı olarak, bilimsel araştırmalarla desteklenen, daha sofistike bir yaklaşıma dayanmaktadır. Günümüzde, aromatik bitkiler, özellikle bitkisel ilaçlar, takviye edici gıdalar ve kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır. Aromatik bitkilerdeki biyoaktif bileşikler, çeşitli klinik araştırmalarla test edilmiş ve kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet gibi kronik hastalıkların tedavisinde potansiyel bir tedavi seçeneği olarak öne çıkmıştır.

Örneğin, zerdeçal (*Curcuma longa* L.), içerdiği kurkumin bileşiği sayesinde güçlü antiinflamatuvar etkiler gösterir ve artrit gibi inflamatuvar hastalıkların tedavisinde kullanılır (Hewlings & Kalman, 2017). Aynı şekilde, tıbbi lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.) ve nane (*Mentha piperita* L.) yağı, baş ağrıları ve migren

tedavisinde modern klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Cavanagh & Wilkinson, 2002).

Aromatik bitkiler ayrıca, kanser tedavisinde de yardımcı ajanlar olarak kullanılmaktadır. Örneğin, yeşil çay (*Camellia sinensis* L.) ve böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) gibi bitkiler, antioksidan özellikleri sayesinde kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye yardımcı olabilir. Ayrıca, bazı aromatik bitkiler, kanser tedavisine ek olarak kemoterapi ve radyoterapinin yan etkilerini hafifletmeye yönelik olarak da kullanılmaktadır (Jenča & ark., 2024).

Biyoteknolojik ilerlemeler, bu bitkilerdeki aktif bileşiklerin daha verimli bir şekilde üretilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Örneğin, genetik mühendislik yöntemleriyle, bitkilerin daha yüksek biyolojik aktiviteye sahip olması sağlanabilir ve bu da modern tıbbın ihtiyaç duyduğu etkili tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine olanak verir.

Tıbbi aromatik bitkiler, biyoteknolojik yöntemlerin kullanılmasıyla daha verimli bir şekilde üretilbilir, biyolojik aktiviteleri artırılabilir ve biyoaktif bileşiklerin verimi optimize edilebilir. Bu bitkilerin biyoteknolojik uygulamaları, genetik mühendislikten hücre kültürüne, biyoreaktör teknolojilerinden metabolomik analizlere kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerde biyoteknolojinin kullanımıyla ilgili başlıca yöntemler ve uygulamalar ele alınacaktır.

Genetik mühendislik, tıbbi aromatik bitkilerin biyosentez yollarının manipülasyonu yoluyla, hedef bileşiklerin üretim verimliliğini artırmak için önemli bir tekniktir. Bu yöntem, bitkilerin genetik yapısına müdahale ederek istenen özelliklerin geliştirilmesine olanak tanır. Özellikle, aktif bileşiklerin üretiminde yer alan genetik yolların anlaşılması ve bu yolların optimize

edilmesi, tıbbi aromatik bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin miktarını artırabilir. Örneğin, terpenoidler ve alkaloidler gibi bileşiklerin üretimi, genetik mühendislik ile artırılabilir. Terpenoidlerin sentezinde yer alan enzimlerin genetik modifikasyonu, bu bileşiklerin üretim düzeylerini önemli ölçüde yükseltebilir. Bu tür biyoteknolojik uygulamalar, tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen ürünlerin farmasötik ve kozmetik sektörlerinde daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanır (Cardoso & ark., 2020).

Genetik mühendislik aynı zamanda bitkilerin çevresel streslere dayanıklılığını artırarak, daha sürdürülebilir üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlar. Bu, iklim değişiklikleri ve diğer çevresel zorlukların bitkilerin biyolojik aktiviteleri üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirebilir (Patocka & ark., 2021).

Hücre kültürü, tıbbi aromatik bitkilerin in vitro ortamda çoğaltılması ve biyokimyasal bileşiklerin üretimi için yaygın olarak kullanılan bir biyoteknolojik yöntemdir. Hücre kültürü teknikleri, bitkilerin genetik yapısına müdahale etmeden, belirli bileşiklerin yüksek verimle üretilebileceği bir ortam sağlar. Bu yöntemle, özellikle tıbbi aromatik bitkilerdeki uçucu yağlar ve diğer biyoaktif bileşiklerin üretimi artırılabilir (Chandran & ark., 2020).

Ayrıca, hücre kültürü teknikleri, bitkilerin morfogenetik özelliklerini değiştirebilir, bu da daha verimli üretim süreçleri için önemli bir fırsat sunar. Örneğin, yaprak veya kök hücrelerinden elde edilen kültürler, bitkilerin metabolik yollarını optimize ederek, istenen biyoaktif bileşiklerin daha fazla üretilmesini sağlayabilir (Bapat & ark., 2023). Ayrıca, hücre kültürü ile yapılan çalışmalarda, bitkilerde bulunan aktif bileşiklerin saflaştırılması ve standartlaştırılması da mümkün hale gelir, bu da farmasötik ürünlerin güvenilirliğini artırır.

Biyoreaktörler, hücre kültürlerinin daha büyük ölçeklerde ve kontrollü koşullarda üretilmesi için kullanılan önemli biyoteknolojik araçlardır. Tıbbi aromatik bitkilerde biyoreaktör kullanımı, bu bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin üretimini artırmada etkili bir yöntemdir. Biyoreaktörler, hücrelerin oksijen, pH ve besin maddeleri gibi çevresel faktörlere duyarlı bir şekilde büyümesini sağlar ve böylece daha verimli bir üretim süreci sunar. Biyoreaktörlerde yapılan üretim, özellikle endüstriyel ölçekli üretim için önemlidir. Uçucu yağlar, alkaloidler, flavonoidler ve terpenoidler gibi bileşiklerin üretimi, biyoreaktörlerde daha büyük verimlilikle gerçekleştirilebilir. Ayrıca, biyoreaktörler, bitkilerdeki metabolik yolları optimize etmek ve daha spesifik bileşiklerin üretimini sağlamak için genetik mühendislik ile entegre edilebilir (Wawrosch & Zotchev, 2021).

Biyoreaktörler, ayrıca daha sürdürülebilir üretim yöntemleri sunar. Bitkilerin doğal koşullarda büyütülmesi, çevresel faktörler ve mevsimsel değişikliklerden etkilenebilirken, biyoreaktörler kontrollü ortamlar sağlayarak bu faktörlerin olumsuz etkilerini minimize eder.

Metabolomik ve proteomik analizler, tıbbi aromatik bitkilerdeki biyolojik aktivitelerin ve bileşiklerin izlenmesi için kullanılan ileri düzey biyoteknolojik yöntemlerdir. Metabolomik, bir bitkideki tüm metabolitlerin (şekerler, amino asitler, lipitler, vb.) analizi ile ilgilenirken, proteomik, bir bitkinin tüm protein içeriğini inceleyen bir yöntemdir (Figueiredo, Huguene & Durazzo, 2022). Bu iki yöntem, bitkilerin biyosentez yollarını daha iyi anlamaya, biyoaktif bileşiklerin üretimini optimize etmeye ve bu bileşiklerin farmasötik uygulamalarını geliştirmeye yardımcı olabilir.

Metabolomik analizler, bitkilerin biyolojik aktiviteleri ve içerikleri hakkında derinlemesine bilgi sunar. Bu sayede,

bitkilerdeki spesifik biyoaktif bileşiklerin tespiti ve bu bileşiklerin potansiyel tıbbi kullanımları hakkında önemli veriler elde edilir. Örneğin, metabolomik analizler, tıbbi aromatik bitkilerdeki antioksidan veya antimikrobiyal bileşiklerin izlenmesine ve bu bileşiklerin üretiminde genetik mühendislik yöntemlerinin nasıl etkili olabileceğine dair bilgiler sunar (Wienkoop & ark., 2008).

Proteomik analizler ise, bitkilerdeki biyolojik işlevleri yöneten proteinlerin ve enzimlerin analizine olanak sağlar. Bu, bitkilerin metabolik yollarını optimize etme ve istenen bileşiklerin üretimindeki verimliliği artırma konusunda faydalıdır. Proteomik ve metabolomik verilerin birleşimi, bitkisel biyoteknoloji araştırmalarında yeni stratejiler geliştirilmesine olanak tanır (Cardoso & ark., 2020).

Tıbbi Aromatik Bitkilerdeki Biyoaktif Bileşiklerin Üretimi

Tıbbi aromatik bitkiler, doğada bulunan birçok biyoaktif bileşiği içerir ve bu bileşikler, sağlık üzerine faydalı etkiler sunar. Aromatik bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin üretimi, biyoteknolojik yöntemlerle önemli ölçüde artırılabilir ve bu bileşiklerin farmasötik ve kozmetik sektörlerindeki potansiyeli daha da artırılabilir. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerdeki başlıca biyoaktif bileşiklerin üretimi, bunların biyosentez yolları ve biyoteknolojik stratejiler ele alınacaktır.

Uçucu yağlar, tıbbi aromatik bitkilerde en yaygın bulunan biyoaktif bileşiklerden biridir ve bu yağlar, antiseptik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle tanınır. Uçucu yağların bileşenleri, terpenoidler ve fenolik bileşikler gibi gruplardan oluşur. Aromatik bitkilerde uçucu yağların üretimi, genetik mühendislik ve hücre kültürü yöntemleriyle artırılabilir. Bu bileşiklerin üretimi, bitkilerin doğal koşullarında sınırlı kalabilirken,

biyoteknolojik yöntemler, üretim verimliliğini ve kaliteyi önemli ölçüde iyileştirebilir.

Bitkilerde uçucu yağların üretimi genellikle damıtma, ekstraksiyon veya soğuk presleme gibi geleneksel yöntemlerle yapılırken, biyoteknolojik yaklaşımlar bu süreçleri daha verimli hale getirebilir. Bitki hücre kültürleri, uçucu yağların büyük ölçekli üretimi için uygun bir platform sağlar. Ayrıca, genetik mühendislik, bitkilerin uçucu yağ üretim kapasitesini artırmak için kullanılır. Örneğin, lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.) gibi bitkilerde genetik mühendislik ile terpenoid biyosentez yolları optimize edilerek, uçucu yağ üretimi artırılabilir (Miastkowska & ark., 2021).

Terpenoidler ve flavonoidler, bitkilerdeki en önemli biyoaktif bileşiklerden olup, antioksidan, antimikrobiyal, antikanserojenik ve antiinflamatuvar aktiviteleriyle bilinirler. Terpenoidlerin sentezi, mevalonat ve DOXP (1-deoxy-D-xylulose 5-phosphate) yollarıyla gerçekleştirilir. Bu bileşiklerin üretimini artırmak için, bitki genetik mühendisliği, metabolik mühendislik ve hücre kültürü teknikleri kullanılabilir.

Terpenoid üretimi, özellikle tıbbi aromatik bitkilerde yoğun bir şekilde gerçekleşir nane (*Mentha piperita* L.), limon otu (*Cymbopogon citratus* Stapf) gibi bitkilerde terpenoidlerin yüksek verimli üretimi biyoteknolojik yöntemlerle sağlanabilir. Flavonoidlerin sentezi ise genetik mühendislikle optimize edilebilir; bu, özellikle flavonoidlerin tıbbi kullanımda önemli olduğu bitkilerde önemli bir uygulamadır. Çin takkesi (*Scutellaria baicalensis* Georgi) gibi bitkilerde, flavonoid bileşenlerin verimli üretimi için genetik modifikasyonlar yapılabilir (Ramzi, 2018).

Metabolik mühendislik kullanılarak, bu bileşiklerin üretim yolları daha verimli hale getirilebilir. Örneğin, flavonoid biyosentezini artırmak için flavonoid üretiminde yer alan anahtar

enzimlerin gen ekspresyonu artırılabilir. Bu, bitkilerin metabolizmasını daha verimli hale getirerek, istenilen biyoaktif bileşiklerin yüksek miktarda elde edilmesini sağlar.

Alkaloidler, tıbbi aromatik bitkilerde bulunan ve önemli farmasötik özelliklere sahip bileşiklerdir. Bu bileşikler, genellikle ağrı kesici, antimikrobiyal, anestezi ve antikanserojenik özelliklere sahip olup, genetik mühendislik ve hücre kültürü yöntemleriyle üretilebilir. Örneğin, haşhaş (*Papaver somniferum* L.) bitkisinden morfin üretimi, biyoteknolojik tekniklerle optimize edilebilir.

Fenolik bileşikler, bitkilerin antioksidan aktiviteleri için önemli olan bileşiklerdir. Fenolik bileşiklerin üretimi, bitkilerin doğal biyosentez yolları tarafından belirlenir, ancak biyoteknolojik yöntemler bu üretimi önemli ölçüde artırılabilir. Fenolik bileşiklerin yüksek verimli üretimi için metabolik mühendislik ve hücre kültürü teknikleri kullanılabilir. Örneğin, sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) gibi bitkilerde, fenolik bileşiklerin üretimi, hücre kültürü ve biyoreaktör sistemleri ile artırılabilir (Rizzo & ark., 2020).

Genetik mühendislik, alkaloid ve fenolik bileşiklerin biyosentezini optimize etmek için önemli bir araçtır. Enzimlerin genetik modifikasyonu, bu bileşiklerin üretimini artırılabilir ve daha verimli bir şekilde elde edilmesini sağlar. Örneğin, fenolik bileşiklerin sentezinde rol oynayan enzimlerin gen ekspresyonu artırılabilir.

Yeni biyosentez yöntemleri, tıbbi aromatik bitkilerden daha fazla biyoaktif bileşik elde etmek için giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Son yıllarda, sentetik biyoloji ve metabolik mühendislik gibi yeni biyoteknolojik stratejiler, biyoaktif bileşiklerin üretimini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Sentetik biyoloji, belirli biyoaktif bileşiklerin biyosentezini optimize etmek için genetik makineler ve biyolojik yolların tasarlanmasına olanak sağlar.

Metabolik mühendislik, biyoaktif bileşiklerin üretimi için genetik yolları yönlendirerek, hedef bileşiklerin daha yüksek verimle elde edilmesini sağlayabilir. Ayrıca, metabolik yolların modifikasyonu, tıbbi aromatik bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin üretim kapasitesini artırmak için kullanılabilir (Zhu & ark., 2019). Ayrıca, biyoreaktör teknolojileri ve hücre kültürü gibi uygulamalar, bu bileşiklerin üretimi için daha verimli yöntemler sunar.

Yeni biyosentez stratejileri, özellikle bitkilerde nadiren bulunan, ancak tıbbi açıdan çok değerli olan bileşiklerin üretimi konusunda büyük bir potansiyel taşır. Örneğin, terpenoidler ve flavonoidler gibi bileşiklerin sentetik biyoloji ile üretimi, bu bileşiklerin büyük ölçekli üretimini mümkün kılabilir. Bu tür biyosentez yöntemleri, tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik üretimi için önemli bir geleceğe sahiptir.

Tıbbi Aromatik Bitkilerin Biyoteknolojik retimi

Tıbbi aromatik bitkiler, biyoteknolojik yöntemler kullanılarak verimli şekilde üretilebilir ve biyoaktif bileşiklerin miktarı artırılabilir. Bu yöntemler, geleneksel tarım yöntemlerinin ötesine geçerek, bitkilerin biyosentez kapasitesini artırmayı hedefler. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik üretimi için kullanılan temel yaklaşımlar ve süreçler ele alınacaktır: hücre kültürü yöntemleri, genetik modifikasyon, mikrobiyal fermentasyon ve endüstriyel retim.

Bitki hücre kültürü, bitkilerin biyoaktif bileşiklerinin verimli şekilde üretilebilmesi için önemli bir biyoteknolojik yöntemdir. Hücre kültürleri, bitkilerin genetik materyalini koruyarak, kontrollü ortamda büyüyebilir ve metabolik bileşiklerin üretimi için uygun bir platform sağlar. Bu yöntem, özellikle nadir bitkilerden veya yetiştirilmesi zor olan bitkilerden biyoaktif bileşenlerin elde edilmesinde etkilidir.

Hücre kültürü, tıbbi aromatik bitkilerdeki uçucu yağlar, alkaloidler, flavonoidler ve diğer fenolik bileşiklerin üretiminde kullanılır. Örneğin, rozet çiçeği (*Catharanthus roseus* L.) bitkisinde hücre kültürü, vinblastin ve vincristin gibi alkaloidlerin üretiminde başarıyla kullanılmıştır (Das & ark., 2020). Ayrıca, lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.) gibi bitkilerde hücre kültürü ile uçucu yağ üretimi artırılabilir. Bu yöntem, verimli bir üretim sağlarken, geleneksel tarımda karşılaşılan mevsimsel değişkenliklerden de etkilenmez.

Bitki hücre kültürleri, ayrıca metabolik mühendislik teknikleriyle de entegre edilebilir. Böylece, hedef biyoaktif bileşiklerin üretim kapasitesi optimize edilir. Bu yöntemlerin en önemli avantajı, kontrollü ortamda sürekli üretim yapılabilmesidir.

Genetik mühendislik, tıbbi aromatik bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin üretimini artırmanın güçlü bir aracıdır. Bu teknoloji, bitkilerin genetik yapısını değiştirerek, belirli biyoaktif bileşiklerin biyosentez yollarını optimize eder. Genetik modifikasyon, bitkilerin metabolik süreçlerinde önemli değişiklikler yaratarak, daha yüksek verimle biyoaktif bileşiklerin elde edilmesini sağlar.

Genetik modifikasyon, terpenoidler, flavonoidler ve alkaloidler gibi önemli biyoaktif bileşiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, nane (*Mentha piperita* L.) gibi bitkilerde, genetik mühendislik ile terpenoid biyosentez yolları artırılabilir. Bu tür bitkilerde, biyosentez enzimlerinin gen ekspresyonu değiştirilebilir ve böylece uçucu yağ verimi yükseltilebilir (Fuchs & ark., 2022).

Bir başka örnek, güzelavrat otu (*Atropa belladonna* L.) bitkisinde alkaloidlerin genetik modifikasyon yoluyla artırılmasıdır. Bitkilerde bulunan alkaloidlerin miktarı, genetik mühendislikle modifiye edilen biyosentez yolları sayesinde optimize edilebilir. Bu,

tıbbi olarak değerli bileşiklerin üretimini ticari olarak daha erişilebilir hale getirebilir.

Mikrobiyal fermantasyon, tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin üretiminde önemli bir biyoteknolojik süreçtir. Bu süreçte, mikroorganizmalar (bakteriler, mayalar ve mantarlar) kullanılarak bitkisel biyoaktif bileşiklerin sentezi artırılabilir. Mikrobiyal fermantasyon, özellikle bitkilerden izole edilen terpenoidler, flavonoidler, alkaloidler ve fenolik bileşikler gibi bileşiklerin üretiminde etkin bir yöntemdir.

Mikrobiyal fermantasyonun avantajları arasında, büyük ölçekli üretim kapasitesinin olması ve bu bileşiklerin saflaştırılmasının kolay olması yer alır. Ayrıca, fermantasyon süreçlerinde kullanılan mikroorganizmalar, kısa sürede yüksek verimli bileşikler üretebilir. Örneğin, bira mayası (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen) gibi mikroorganizmalar, terpenoidlerin biyosentezinde kullanılabilir. Aynı şekilde, *Aspergillus* türleri de alkaloidlerin biyosentezinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhu & ark., 2019).

Mikrobiyal fermantasyon ile üretim, geleneksel tarım yöntemlerine göre daha hızlı ve sürdürülebilir bir alternatiftir. Ayrıca, çevresel koşullardan bağımsız olarak yıl boyunca üretim yapılabilmesi de önemli bir avantajdır.

Biyoteknolojik yöntemlerle tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin endüstriyel üretimi, bitki biyoteknolojisinin ticari başarıya dönüşmesini sağlar. Endüstriyel üretim, genellikle biyoreaktörler, hücre kültürleri ve mikrobiyal fermantasyon sistemlerini içerir. Bu süreçlerin ticarileşmesi, biyoteknolojik araştırmalardan elde edilen bulguların uygulamaya geçirilmesini sağlar.

Endüstriyel üretimde, biyoteknolojik üretim tesisleri kurulur ve burada yüksek kaliteli biyoaktif bileşiklerin büyük ölçekli üretimi yapılır. Örneğin, uçucu yağlar, alkaloidler ve flavonoidlerin üretimi için biyoreaktörler ve fermentasyon sistemleri kullanılır. Bu üretim süreçleri, genellikle GMP (Good Manufacturing Practices) koşullarına uygun şekilde gerçekleştirilir ve bu da ürünlerin kalitesini ve güvenliğini sağlar.

Endüstriyel üretimin ticarileşmesi süreci, ürünün pazara sunulmasından önce yapılan araştırmalar, üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve yasal düzenlemelere uyum sağlamayı içerir. Ayrıca, tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin farmasötik, kozmetik ve gıda takviyesi sektörlerinde kullanımı, bu üretim süreçlerinin ekonomik faydasını artırır.

Tıbbi Aromatik Bitkilerdeki Biyoteknolojik Yenilikler ve İnovasyonlar

Biyoteknoloji, tıbbi aromatik bitkilerin üretimi ve potansiyelinin artırılması açısından devrimsel değişiklikler yapmaktadır. Bu alandaki yenilikçi teknolojiler, bitkilerin genetik yapılarını, biyosentez yollarını ve metabolik süreçlerini optimize etmek için çeşitli ileri düzey yöntemler sunmaktadır. Bu bölümde, CRISPR ve diğer genetik düzenleme teknolojileri, nanoteknoloji ve biyosensörler, yapay zeka ve makine öğrenimi destekli biyoteknoloji gibi tıbbi aromatik bitkilerdeki biyoteknolojik yenilikler ve inovasyonlar ele alınacaktır.

Genetik düzenleme teknolojileri, tıbbi aromatik bitkilerin biyosentez kapasitesini artırmak ve genetik özelliklerini modifiye etmek için büyük bir potansiyel sunmaktadır. CRISPR-Cas9 teknolojisi, bu alandaki en önemli yeniliklerden biridir. Bu teknoloji, genetik mühendislikte devrim yaratarak, bitkilerde hedeflenen genlerin hızlı ve hassas bir şekilde düzenlenmesini sağlar. CRISPR,

özellikle biyoaktif bileşiklerin üretiminde kritik öneme sahip olan genlerin düzenlenmesinde kullanılır.

Örneğin, CRISPR teknolojisi ile *Arabidopsis thaliana* gibi model bitkilerde belirli metabolik yolların düzenlenmesi sağlanarak, daha fazla flavonoid, terpenoid veya alkaloid üretimi elde edilebilir (Gan & ark., 2022). Ayrıca, *Cinnamomum verum* gibi bitkilerde, biyosentez yolu değişiklikleri ile daha fazla uçucu yağ elde edilmesi hedeflenmektedir. CRISPR ve diğer genetik düzenleme teknolojileri, tıbbi aromatik bitkilerdeki genetik çeşitliliği artırarak, daha yüksek verimlilikle biyoaktif bileşiklerin üretimini mümkün kılmaktadır.

Ayrıca, genetik düzenleme ile bitkilerde hastalıklara karşı dayanıklılık artırılabilir, bu da tıbbi aromatik bitkilerin sürdürülebilirliğini sağlar. Bu teknolojiler, bitkilerin üretim süreçlerini optimize ederek, geleneksel tarım yöntemlerinden çok daha verimli ve güvenli alternatifler sunmaktadır.

Nanoteknoloji, bitkilerin biyosentez süreçlerini iyileştirmek ve biyoteknolojik üretim kapasitesini artırmak için kullanılan başka bir inovatif teknolojidir. Nanomaterialler, özellikle biyolojik olarak aktif bileşiklerin üretiminde kullanılarak, hücreler ve biyomoleküller ile etkileşime geçebilir ve metabolik süreçleri hızlandırabilir. Nanoteknoloji, aynı zamanda bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin etkinliğini artırabilir ve ürünlerin biyoyararlanımını iyileştirebilir.

Biyosensörler, nanoteknolojinin tıbbi aromatik bitkiler alanındaki bir diğer uygulama alanıdır. Bu sensörler, bitkilerdeki kimyasal bileşiklerin hızlı tespiti ve analizini sağlar. Özellikle, biyoaktif bileşiklerin içerikleri, bitkisel ekstraktların saflığı ve bileşiklerin biyolojik etkileri biyosensörler ile kolayca izlenebilir. Örneğin, nane (*Mentha piperita* L.) bitkilerinden elde edilen uçucu

yağların kalitesi ve bileşenleri nanoteknolojik biyosensörler ile anında ölçülebilir (Indira & ark., 2021).

Nanoteknolojik araçlar, ayrıca tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen biyolojik bileşiklerin hedeflenmiş tedavi yöntemlerinde kullanılmasını da mümkün kılmaktadır. Nanopartiküller, biyoaktif bileşiklerin hücreler seviyesinde kontrollü salınımını sağlayarak tedaviye yönelik etkinliklerini artırabilir. Bu uygulamalar, özellikle kanser tedavisi gibi alanlarda büyük bir potansiyele sahiptir.

Yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi, biyoteknolojideki inovasyonları bir adım ileriye taşıyan güçlü araçlardır. YZ, büyük veri setlerinin analiz edilmesini, bitki biyosentezi ve metabolik yolların modellenmesini sağlar. YZ algoritmaları, tıbbi aromatik bitkilerde biyoaktif bileşiklerin üretim verimliliğini tahmin etmek ve optimize etmek için kullanılabilir. Özellikle metabolomik ve proteomik verilerin analizinde YZ, daha doğru ve hızlı sonuçlar elde edilmesini sağlar. Makine öğrenimi, tıbbi aromatik bitkilerdeki biyosentez yollarını ve metabolik ağları modelleyerek, bitkilerin hangi koşullarda en fazla biyoaktif bileşiği üreteceğini tahmin edebilir. Örneğin, bir bitkideki belirli bir flavonoid bileşiğinin üretimini artırmak için gerekli olan çevresel koşulları belirlemek, makine öğrenimi destekli algoritmalarla yapılabilir. Ayrıca, YZ, bitkilerin genetik modifikasyon süreçlerinin optimize edilmesinde de kullanılır. YZ algoritmaları, CRISPR gibi genetik düzenleme yöntemlerinin daha etkili bir şekilde uygulanmasına olanak tanır (Sun & ark., 2020).

YZ ve makine öğrenimi ayrıca, tıbbi aromatik bitkilerin metabolik profilini anlamak ve ticari üretim süreçlerini iyileştirmek için de kullanılabilir. Bu teknolojiler, bitkilerin biyoteknolojik üretiminde daha sürdürülebilir ve verimli yöntemlerin geliştirilmesine yardımcı olur.

Tıbbi Aromatik Bitkilerin Sağlık Alanındaki Uygulamaları

Tıbbi aromatik bitkiler, binlerce yıldır sağlık ve iyileşme amacıyla kullanılmaktadır. Bu bitkilerin biyokimyasal içerikleri, modern bilimsel araştırmalarla daha iyi anlaşılmakta ve sağlık alanındaki terapötik potansiyelleri giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Son yıllarda biyoteknolojik gelişmeler, bu bitkilerin biyosentez yollarının optimize edilmesine ve biyoaktif bileşiklerin etkinliğinin artırılmasına olanak tanımaktadır. Bu bölümde, tıbbi aromatik bitkilerin kanser tedavisindeki rolü, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar etkileri, psikiyatrik ve nörolojik bozukluklar üzerindeki etkileri ile kardiyovasküler hastalıklar ve diğer metabolik bozukluklar üzerindeki terapötik potansiyeli incelenecektir.

Kanser, dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olup, tedavi süreçleri genellikle kemoterapi ve radyoterapi gibi zorlu yöntemlere dayanır. Tıbbi aromatik bitkiler, kanser tedavisinde alternatif veya tamamlayıcı tedavi olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Birçok bitki, kanser hücrelerinin büyümesini engelleyen ve metastazı azaltan biyoaktif bileşikler içermektedir. Özellikle, terpenoidler, flavonoidler ve alkaloidler gibi bileşikler, kanser hücrelerinin çoğalmasını inhibe edebilir ve apoptoz (programlanmış hücre ölümü) süreçlerini başlatabilir (Qamar, Rehman & Chauhan, 2019)

Zerdeçal (*Curcuma longa* L.) bitkisinden elde edilen kurkumin, kanser tedavisinde sıkça araştırılan bir bileşiktir. Çeşitli kanser türlerinde anti-kanserojen özellikler göstermiştir (Aggarwal & ark., 2007). Ayrıca, pasifik porsuğu (*Taxus brevifolia* Nutt.) bitkisinden elde edilen taksoller, kanser tedavisinde kemoterapötik ajanlar olarak kullanılır. Son yıllarda, biyoteknoloji yöntemleriyle bu bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin üretimi ve etkinliği artırılmıştır.

Tıbbi aromatik bitkiler, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar özellikleri ile sağlık alanında önemli bir yere sahiptir. Özellikle uçucu yağlar ve fenolik bileşikler, mikroorganizmalar üzerinde etkili birer antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilir. Bu bitkiler, bakteriyel enfeksiyonları tedavi etmek, virüsleri inhibe etmek ve mantar enfeksiyonlarını önlemek için doğal tedavi seçenekleri sunmaktadır (Vaou & ark., 2021). Ayrıca, bitkilerin antiinflamatuvar özellikleri, vücuttaki iltihaplanmayı azaltabilir ve inflamasyonla ilişkili hastalıkların tedavisinde faydalıdır.

Lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) gibi bitkiler, uçucu yağlarının antibakteriyel ve antifungal etkileri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Burt, 2004). Ayrıca, biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinden elde edilen kapsaisin, antiinflamatuvar özellikleri ile artrit ve diğer inflamatuvar hastalıkların tedavisinde araştırılmaktadır.

Biyoteknolojik yöntemlerle bu bitkilerin biyoaktif bileşiklerinin üretimi daha verimli hale getirilmiştir. Hücre kültürleri ve genetik mühendislik, bu bileşiklerin daha yüksek verimlerle üretilebilmesini sağlamaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler, psikiyatrik ve nörolojik bozuklukların tedavisinde de önemli bir yer tutmaktadır. Bu bitkiler, anksiyete, depresyon, uykusuzluk gibi psikiyatrik rahatsızlıkların tedavisinde kullanılırken, aynı zamanda Alzheimer hastalığı gibi nörolojik hastalıkların tedavisinde de araştırılmaktadır. Örneğin, kedi otu (*Valeriana officinalis* L.) bitkisi, yatıştırıcı ve anksiyolitik özellikleri ile bilinir ve çeşitli sinirsel hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Gutierrez & ark., 2004). Biyoteknolojik gelişmeler, bu bitkilerin etkinliğini artırmak ve aktif bileşiklerin üretim verimliliğini optimize etmek için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler, kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde de geniş bir potansiyel taşımaktadır. Kalp hastalıkları, hipertansiyon ve ateroskleroz gibi kardiyovasküler rahatsızlıkların tedavisinde, bitkisel bileşiklerin antihipertansif, antitrombotik ve lipid düşürücü etkileri öne çıkmaktadır. Sarımsak (*Allium sativum* L.), kan basıncını düşürücü etkileri ile bilinirken, kişniş (*Coriandrum sativum* L.) bitkisinde lipid düzeylerini düzenleyen özelliklere sahiptir (Ried, 2016).

Metabolik bozukluklar arasında yer alan diyabet, obezite ve dislipidemi gibi hastalıkların tedavisinde de tıbbi aromatik bitkiler önemli bir yer tutmaktadır. Tarçın (*Cinnamomum verum* J. Presl), kan şekerini düzenleyici etkileri ile diyabet tedavisinde kullanılmaktadır (Neto & ark., 2020). Ayrıca, kavun (*Cucumis melo* L.) gibi bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, obezite ve metabolik sendrom tedavisinde potansiyel sunmaktadır.

Biyoteknolojik yöntemler, bu bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin üretim süreçlerini optimize etmekte ve sağlık alanındaki uygulamalarının daha geniş bir yelpazeye yayılmasına olanak tanımaktadır.

Gelecek Perspektifleri ve Araştırma Alanları

Biyoteknoloji, yaşam bilimlerinin biyolojik sistemlerini kullanarak insan sağlığını, tarımı, çevreyi ve sanayiye iyileştirmeye yönelik çözümler geliştirmektedir. Son yıllarda biyoteknolojinin geleceği, genetik mühendislik, biyomühendislik ve biyoinformatik gibi alanlardaki hızlı gelişmelerle şekillenmektedir. Özellikle gen düzenleme teknolojilerindeki ilerlemeler, CRISPR-Cas9 gibi araçlar sayesinde, hastalıkların tedavisinden tarımda verimliliği artırmaya kadar pek çok alanda devrim yaratmaktadır (Jinek & ark., 2012).

Biyoteknolojinin bir diğer önemli yönü ise biyolojik atıkların ve karbon emisyonlarının dönüştürülmesi ve çevre dostu üretim

yöntemlerinin geliştirilmesidir. Sürdürülebilir biyoteknoloji, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve atıkların geri dönüştürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Cardoso et al., 2020). Bu bağlamda, biyoteknolojinin geleceği, sürdürülebilir kalkınma ile uyumlu yenilikçi çözümler üretmeye odaklanmaktadır.

Kişiselleştirilmiş tıp, genetik, biyomarkerler ve çevresel faktörlerin göz önünde bulundurularak bireye özel tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu alandaki gelişmeler, genetik analizlerin ve biyomoleküler tahlillerin daha yaygın ve ulaşılabilir olmasını sağlamaktadır (Collins & Varmus, 2015). Kişiselleştirilmiş tıbbın geleceği, her bireye özgü tedavi stratejileri belirlemek ve tedavi süreçlerini daha verimli hale getirmek üzerine odaklanmaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler, geleneksel tıbbın önemli bir parçası olmakla birlikte, modern biyoteknoloji ile bu bitkilerin içerdiği biyolojik aktif bileşiklerin keşfi hızlanmıştır. Aromatik bitkiler, antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal özellikleri ile tıpta önemli bir yere sahiptir. Bu bitkilerin aktif bileşiklerinin biyoteknik yöntemlerle üretimi ve saflaştırılması, kişiselleştirilmiş tedavilerin bir parçası olarak sunulmaktadır (Mohan & ark., 2021). Özellikle kanser tedavisinde, bitkisel bileşiklerin yeni tedavi seçenekleri olarak araştırılmaktadır. Tıbbi aromatik bitkiler ve onların biyoteknolojik işlenmesi, gelecekte sağlık sektöründe önemli bir alan oluşturacaktır.

Sürdürülebilir üretim, doğal kaynakların etkin kullanımı, atık yönetimi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Biyoteknoloji, sürdürülebilir üretim alanında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle biyolojik prosesler, yenilenebilir enerji üretimi ve biyolojik atıkların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu süreçlerde

mikroorganizmalar ve enzimlerin kullanımı, enerji tüketimini azaltırken, çevresel kirliliği de engellemektedir. Ayrıca, biyoteknolojik yöntemlerle tarımda kullanılan pestisitler ve kimyasalların yerine biyolojik alternatiflerin geliştirilmesi, çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltabilir.

Sürdürülebilir biyoteknoloji, aynı zamanda biyoenerji üretimi konusunda da önemli bir potansiyele sahiptir. Gelişen biyoteknolojik yöntemler ile alglerden biyoyakıt üretimi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltabilir ve karbon salınımını düşürebilir (Neeti, Gaurav,& Singh, 2023). Bu tür yenilikçi biyoteknolojik uygulamalar, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında önemli bir adım olabilir.

Biyoteknoloji, gelecekte sağlık, çevre ve enerji alanlarında daha sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler sunmayı vaat etmektedir. Kişiselleştirilmiş tıp, tıbbi aromatik bitkiler ve sürdürülebilir üretim gibi alanlar, biyoteknolojinin en umut verici yönlerinden bazılarıdır. Bu alanlardaki araştırmalar, hem tıbbın hem de çevresel etkilerin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Gelecekte, biyoteknolojinin bu alanlardaki gelişmeler, hem insan sağlığını hem de çevreyi koruma yönünde önemli adımlar atılmasına olanak tanıyacaktır.

Sonuç

Tıbbi aromatik bitkiler, binlerce yıl boyunca geleneksel tıbbın temelini oluşturmuş ve modern tıpta da önemli bir yer edinmiştir. Günümüzde biyoteknoloji, bu bitkilerin potansiyelini daha da açığa çıkararak, sağlık ve tarım alanlarında devrim yaratmaktadır. Biyoteknolojik teknikler, tıbbi aromatik bitkilerin etkin bileşiklerinin daha verimli bir şekilde üretilmesini, saflaştırılmasını ve ticari olarak erişilebilir hale getirilmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, biyoteknoloji, bu bitkilerin genetik mühendislik, hücre kültürü ve metabolik mühendislik gibi

yöntemlerle daha güçlü tedavi edici özellikler kazandırılmasına olanak tanımaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler, çoğunlukla doğal tedavi edici bileşikler içeren bitkilerdir ve bu bileşiklerin biyoteknolojik olarak üretimi, farmasötik sektöründe önemli bir gelişim alanıdır. Örneğin, birçok tıbbi bitki flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler ve fenolik asitler gibi biyolojik aktif bileşikler açısından zengindir. Bu bileşikler, antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antikanser özellikler gösterebilir. Biyoteknoloji, bu bileşiklerin üretiminde yeni yöntemler ve araçlar sunarak, bitkilerin tıbbi potansiyelini arttırmaktadır (Bano et al., 2021).

Genetik mühendislik, tıbbi aromatik bitkilerin genetik yapısını modifiye ederek, istenilen bileşiklerin üretim seviyelerini artırabilir. Ayrıca, hücre kültürü teknolojileri, nadir ve değerli bitkisel bileşiklerin laboratuvar ortamında üretilmesine olanak sağlar. Böylece, endüstriyel üretim süreçlerinde bitki yetiştirme sürecine bağlı olan çevresel faktörler ve yetiştirme maliyetleri azalır (Sun & ark., 2024).

Tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik uygulamalarında birçok fırsat olsa da, bazı önemli zorluklar da bulunmaktadır. Öncelikle, bitkisel bileşiklerin biyoteknolojik üretimi genellikle yüksek maliyetlidir. Bu da ticari üretimin yaygınlaşmasını engellemektedir. Ayrıca, genetik mühendislik ve hücre kültürü tekniklerinin uygulanması sırasında, çevresel etkilerin yönetilmesi ve biyoteknolojik ürünlerin güvenliği gibi etik ve düzenleyici sorunlar ortaya çıkabilir.

Bununla birlikte, biyoteknolojik gelişmelerin tıbbi aromatik bitkiler alanında sunduğu fırsatlar oldukça geniştir. Özellikle, kişiselleştirilmiş tıbbın yükselişi ile birlikte, bireylerin genetik profillerine dayalı olarak özelleştirilmiş bitkisel tedavi

seçeneklerinin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, sürdürülebilir tarım ve üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi, tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik olarak üretiminin çevresel etkilerini azaltabilir (Niazian, 2019)

Tıbbi aromatik bitkilerin biyoteknolojik olarak işlenmesi ve bu süreçte elde edilen bileşiklerin sağlık alanındaki kullanımı büyük bir potansiyele sahiptir. Biyoteknoloji sayesinde, tıbbi bitkilerden elde edilen aktif bileşiklerin saflaştırılması, dozajlarının optimize edilmesi ve etkilerinin artırılması mümkün olmaktadır. Örneğin, kanser tedavisinde bitkisel bileşiklerin kullanımı, biyoteknolojik üretim teknikleriyle daha etkili hale getirilebilir. Aynı şekilde, antibiyotiklere dirençli bakterilere karşı bitkisel tedavi yöntemleri araştırılmakta ve biyoteknolojik uygulamalarla bu tedavilerin etkinliği arttırılmaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler, aynı zamanda bağışıklık sistemini güçlendiren, stresle başa çıkmaya yardımcı olan ve sindirim sistemini düzenleyen doğal bileşikler içermektedir. Biyoteknolojik gelişmelerle bu bitkilerin tedavi edici özellikleri daha da glendirilebilmekte ve daha geniş kitlelere ulaştırılabilmektedir. Tıbbi aromatik bitkiler ve biyoteknolojinin entegrasyonu, gelecekte farmasötik ürünlerin daha kişiselleştirilmiş, etkili ve evre dostu olmasını sağlayabilir.

Kaynaklar

Aggarwal, B. B., Sundaram, C., Malani, N., & Ichikawa, H. (2007). Curcumin: the Indian solid gold. *Advances in experimental medicine and biology*, 595, 1–75. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_1

Bano, S., Malik, R., & Soni, R. (2021). Phytochemical and Pharmacological Aspects of Medicinal Plants: A Review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(3), 87-98.

Bapat VA, Kavi Kishor PB, Jalaja N, Jain SM & Penna S. Plant Cell Cultures: Biofactories for the Production of Bioactive Compounds. *Agronomy*. 2023; 13(3):858. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030858>

Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

Cardoso, V. M., Campos, F. F., Santos, A. R. O., Ottoni, M. H. F., Rosa, C. A., Almeida, V. G., & Grael, C. F. F. (2020). Biotechnological applications of the medicinal plant *Pseudobrickellia brasiliensis* and its isolated endophytic bacteria. *Journal of applied microbiology*, 129(4), 926–934. <https://doi.org/10.1111/jam.14666>

Cavanagh, H. M., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy research: PTR*, 16(4), 301–308. <https://doi.org/10.1002/ptr.1103>

Chandran, H., Meena, M., Barupal, T., & Sharma, K. (2020). Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds. *Biotechnology reports*

(Amsterdam, Netherlands), 26, e00450.
<https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00450>

Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *The New England journal of medicine*, 372(9), 793–795. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1500523>

Das, A., Sarkar, S., Bhattacharyya, S., & Gantait, S. (2020). Biotechnological advancements in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(11), 4811–4835. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10592-1>

Figueiredo, A., Huguene, P., & Durazzo, A. (2022). Recent Advances in Plant Metabolomics: From Metabolic Pathways to Health Impact. *Biology*, 11(2), 238. <https://doi.org/10.3390/biology11020238>

Fuchs, L. K., Holland, A. H., Ludlow, R. A., Coates, R. J., Armstrong, H., Pickett, J. A., Harwood, J. L., & Scofield, S. (2022). Genetic Manipulation of Biosynthetic Pathways in Mint. *Frontiers in plant science*, 13, 928178. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.928178>

Gan, W. C., & Ling, A. P. K. (2022). CRISPR/Cas9 in plant biotechnology: applications and challenges. *Biotechnologia*, 103(1), 81–93. <https://doi.org/10.5114/bta.2022.113919>

Gutierrez, S., Ang-Lee, M. K., Walker, D. J., & Zacny, J. P. (2004). Assessing subjective and psychomotor effects of the herbal medication valerian in healthy volunteers. *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, 78(1), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2004.02.011>

Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods* (Basel, Switzerland), 6(10), 92. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>

Indira, M., Krupanidhi, S., Venkateswarulu, T.C. & Pallavi, G., Peele, K.A. (2021). Current Aspects of Nanotechnology: Applications in Agriculture. In: Sarma, H., Joshi, S.J., Prasad, R., Jampilek, J. (eds) Biobased Nanotechnology for Green Applications. Nanotechnology in the Life Sciences. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61985-5_3

Jenča, A., Mills, D. K., Ghasemi, H., Saberian, E., Jenča, A., Karimi Forood, A. M., Petrášová, A., Jenčová, J., Jabbari Velisdeh, Z., Zare-Zardini, H., & Ebrahimifar, M. (2024). Herbal Therapies for Cancer Treatment: A Review of Phytotherapeutic Efficacy. *Biologics: targets & therapy*, 18, 229–255. <https://doi.org/10.2147/BTT.S484068>

Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science (New York, N.Y.)*, 337(6096), 816–821. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>

Miastkowska, M., Kantyka, T., Bielecka, E., Kałucka, U., Kamińska, M., Kucharska, M., Kilanowicz, A., Cudzik, D., & Cudzik, K. (2021). Enhanced Biological Activity of a Novel Preparation of *Lavandula angustifolia* Essential Oil. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(9), 2458. <https://doi.org/10.3390/molecules26092458>

Mohan, V.R., Tresina, P.S., & Doss, A. (Eds.). (2021). *The Phytochemical and Pharmacological Aspects of Ethnomedicinal Plants* (1st ed.). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003100768>

Neeti, K., Gaurav, K., & Singh, R. (2023). The Potential of Algae Biofuel as a Renewable and Sustainable Bioresource.

Engineering Proceedings, 37(1), 22.
<https://doi.org/10.3390/ECP2023-14716>

Neto, J.C., Damasceno, M.M., Ciol, M.A., de Freitas, R.W., de Araújo, M.F., de Souza Teixeira, C.R., Carvalho, G.C., de Siqueira Coelho Lisboa, K.W., de Souza, D.F., de Menezes Nogueira, J., Marques, R.L., & Alencar, A.M. (2020). Analysis of the effectiveness of cinnamon (*Cinnamomum verum*) in the reduction of glycemic and lipidic levels of adults with type 2 diabetes. *Medicine*, 99.

Niazian M. (2019). Application of genetics and biotechnology for improving medicinal plants. *Planta*, 249(4), 953–973. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03099-1>

Patocka, J., Nepovimova, E., Kuca, K., & Wu, W. (2021). Cyclosporine A: Chemistry and Toxicity - A Review. *Current medicinal chemistry*, 28(20), 3925–3934. <https://doi.org/10.2174/0929867327666201006153202>

Qamar, H., Rehman, S., & Chauhan, D. K. (2019). Current Status and Future Perspective for Research on Medicinal Plants with Anticancerous Activity and Minimum Cytotoxic Value. *Current drug targets*, 20(12), 1227–1243. <https://doi.org/10.2174/1389450120666190429120314>

Ramzi A. B. (2018). Metabolic Engineering and Synthetic Biology. *Advances in experimental medicine and biology*, 1102, 81–95. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98758-3_6

Ried K. (2016). Garlic Lowers Blood Pressure in Hypertensive Individuals, Regulates Serum Cholesterol, and Stimulates Immunity: An Updated Meta-analysis and Review. *The Journal of nutrition*, 146(2), 389S–396S. <https://doi.org/10.3945/jn.114.202192>

Rizzo, P., Altschmied, L., Ravindran, B. M., Rutten, T., & D'Auria, J. C. (2020). The Biochemical and Genetic Basis for the Biosynthesis of Bioactive Compounds in *Hypericum Perforatum* L., One of the Largest Medicinal Crops in Europe. *Genes*, 11(10), 1210. <https://doi.org/10.3390/genes11101210>

Salehi, B., Ata, A., V Anil Kumar, N., Sharopov, F., Ramírez-Alarcón, K., Ruiz-Ortega, A., Abdulmajid Ayatollahi, S., Tsouh Fokou, P. V., Kobarfard, F., Amiruddin Zakaria, Z., Iriti, M., Taheri, Y., Martorell, M., Sureda, A., Setzer, W. N., Durazzo, A., Lucarini, M., Santini, A., Capasso, R., Ostrander, E. A. & Sharifi-Rad, J. (2019). Antidiabetic Potential of Medicinal Plants and Their Active Components. *Biomolecules*, 9(10), 551. <https://doi.org/10.3390/biom9100551>

Sun, S., Wang, C., Ding, H., & Zou, Q. (2020). Machine learning and its applications in plant molecular studies. *Briefings in functional genomics*, 19(1), 40–48. <https://doi.org/10.1093/bfpg/elz036>

Sun, L., Lai, M., Ghouri, F., Nawaz, M. A., Ali, F., Baloch, F. S., Nadeem, M. A., Aasim, M., & Shahid, M. Q. (2024). Modern Plant Breeding Techniques in Crop Improvement and Genetic Diversity: From Molecular Markers and Gene Editing to Artificial Intelligence—A Critical Review. *Plants*, 13(19), 2676. <https://doi.org/10.3390/plants13192676>

Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C., & Bezirtzoglou, E. (2021). Towards Advances in Medicinal Plant Antimicrobial Activity: A Review Study on Challenges and Future Perspectives. *Microorganisms*, 9(10), 2041. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102041>

Wawrosch, C., & Zotchev, S. B. (2021). Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies-

status and outlook. *Applied microbiology and biotechnology*, 105(18), 6649–6668. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11539-w>

Wienkoop, S., Morgenthal, K., Wolschin, F., Scholz, M., Selbig, J., & Weckwerth, W. (2008). Integration of metabolomic and proteomic phenotypes: analysis of data covariance dissects starch and RFO metabolism from low and high temperature compensation response in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular & cellular proteomics: MCP*, 7(9), 1725–1736. <https://doi.org/10.1074/mcp.M700273-MCP200>

Zhu, Q., Wang, B., Tan, J., Liu, T., Li, L., & Liu, Y. G. (2019). Plant Synthetic Metabolic Engineering for Enhancing Crop Nutritional Quality. *Plant communications*, 1(1), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2019.100017>