

MÜHENDİSLİK ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

EDİTÖRLER

PROF. DR. COŞKUN ÖZALP

PROF. DR. SELAHATTİN BARDAK

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

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

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2024

ISBN •978-625-6319-62-2

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

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

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

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

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.serüvenyayınevi.com

e-mail: serüvenyayınevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

MÜHENDİSLİK ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

Editörler

Prof. Dr. Coşkun ÖZALP
Prof. Dr. Selahattin BARDAK

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

ENDÜSTRİYEL KENEVİRİN (CANNABİS SATİVA L.) ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARINDA KULLANIMINA GENEL BİR BAKIŞ

Serpil SAVCI1

Bölüm 2

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Muhammed DEMİRBAĞ9

Yasemin ATİLLE9

Seval ANDİÇ9

Bölüm 3

AÇLIĞA ÇARE BESİN KAYNAKLARI: YENİLEBİLİR YABANI BİTKİLER

Cavidan DEMİR GÖKIŞIK29

Bölüm 4

PÜSKÜRTME (SPREY PİROLİZ) YÖNTEMİYLE BÜYÜTÜLEN BOR KATKILI ZNO İNCE FİMLERİNİN YAPISAL VE OPTİKSEL KARAKTERİZASYONU

Birol ERTUĞRAL51

Hilmi ZENK51

Bölüm 5

BETONARME ÇELİĞİNDE KULLANILAN PAS SÖKÜCÜLERİN BETON DAYANIMINA ETKİSİ

Said DUSAK71



Bölüm 1

ENDÜSTRİYEL KENEVİRİN (*Cannabis sativa* *L.*) ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARINDA KULLANIMINA GENEL BİR BAKIŞ

Serpil Savcı¹

¹ Doç. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, serpil.savci@yobu.edu.
tr-ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2015-2223>

GİRİŞ

Sanayi ve madencilik sektörlerindeki antropojenik faaliyetler, dünya çapında önemli miktarda ağır metal ile kirlenmiş alanlar yaratmaktadır. Biyolojik olarak parçalanamamaları nedeniyle kalıcı özelliklere sahip olan ağır metallere maruz kalan topraklar ve sular, ciddi toprak kirliliği, su kirliliği ve canlılar için ciddi sağlık tehlikelerine neden olabilmektedir (FAO, 2018; Saxena ve ark., 2020; Todde ve ark., 2022).

Yaygın olarak endüstriyel kenevir olarak bilinen *Cannabis sativa L.*, tıbbi kullanımlardan tarımsal ve endüstriyel kullanıma kadar çeşitli uygulamaları olan çok yönlü bir bitkidir. *C. sativa L.*, tıbbi özelliklerinin yanı sıra 10.000 yılı aşkın süredir tarımsal ve endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır. Kenevir çiçekleri, güçlü bir sakinleştirici, kenevir tohumu ise vitamin, mineral, lif, esansiyel amino asit ve yağ asitleri kaynağıdır (Barbosa, 2017).

Ayrıca bitkinin tamamı çok çeşitli uygulamalar için geri kazanılabilmektedir. Çok amaçlı bir bitki olarak kenevir, geleneksel olarak ipler, giysiler, kumaşlar, inşaat malzemeleri ve liflerden elde edilen kağıtlar veya tohumlardan elde edilen un ve yağ gibi çeşitli ürünlerin kaynağı olmuştur. Fonksiyonel gıda, içecek, biyokompozitler (biyoplastikler, otomotiv kompozitleri), kozmetik, enerji ve yakıt üretimi, mücevher ve moda sektörlerinde de uygulamaları bulunmaktadır (Ingrado ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2019). Bu kitap bölümünde endüstriyel kenevirin atık su arıtımında ve toprak kirliliğinin giderimindeki uygulamaları anlatılmıştır.

AĞIR METAL GİDERİMİNDE KULLANIMI

Tarımsal, endüstriyel, teknolojik uygulamalar ve bunların yaygın kullanımını sonucu bakır ve kurşun gibi ağır metaller doğal olarak oluşan elementlerdir. Bu kullanımın bir sonucu olarak, insanların ağır metallere maruz kalmasıyla birlikte atık sudaki ağır metal kirliliği, öngörülemeyen ve olumsuz sonuçlarla birlikte artmıştır (Boechar ve ark., 2016). Toksik kirleticiler olan ağır metaller canlı dokuda birikebilir, insanlara ve çevreye zarar verebilir. Bakır, atık sudaki en yaygın ağır metal kirleticilerden biridir. Değirmencilik, madencilik, gübre üretimi, pestisit kullanımı, elektrokaplama ve metal yüzey işlemlerinin oluşturduğu endüstriyel atık sular ve bakır borulardan, bağlantı parçaları veya armatürleri yoluyla atık su sistemlerine girebilmektedir. Çevre Koruma Ajansı (EPA), 90. yüzdelik dilime dayalı olarak Kurşun (Pb) için 0,015 mg/L ve Bakır (Cu) için 1,3 mg/L'lik bir etki düzeyi belirleyen, kurşun ve bakır kuralı olarak bilinen bir yönetmelik yayınlamıştır (EPA, 2021). Eşik değerinin aşılması bir ihlal değildir ancak su kalitesi parametrelerinin izlenmesi, korozyon kontrolü, kaynak suyu izleme/arıtımı, halkın eğitimi gibi diğer faaliyetleri gerektirebilir. Atık sularındaki kirletici konsantrasyonlarını düzenleyen bu tür mevzuatla birlikte, azaltma stratejileri zorunlu hale gelmektedir (Jaishankar, 2014; Ali ve ark., 2017).

Atık sulardan ağır metallerin uzaklaştırılması için kimyasal çökeltme, iyon değişimi, elektro-flotasyon, ters ozmoz, membran ayırma, elektrokimyasal arıtma gibi çeşitli teknikler uygulanmıştır. Ancak bu yöntemler pahalıdır, düşük konsantrasyon seviyelerinde etkisizdir ve ilave kimyasal üretimine veya ikincil kirletici madde üretimine neden olabilir. Bu nedenle adsorpsiyon veya biyosorpsiyon kirleticilerin gideriminde daha çevreci bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Rincón ve Motta, 2014; Shi ve Cai 2009; Shim ve ark., 2014).

Liu ve Beckerman (2002), kenevir parçalarını biyosorbent olarak kullanarak atıksulardan Cu (II) giderimini araştırmışlardır. Düşük maliyetleri ve yüksek biyosorpsiyon kapasiteleri nedeniyle biyosorbentlerin üretiminde kenevir dilimlerini kullanmışlardır. Çalışmada pH'nın etkisi, başlangıç metal konsantrasyonu, reaksiyon süresi, biyosorbent miktarı, sıcaklık ve biyosorbent parçacık boyutu gibi çeşitli parametreler sistematik olarak ölçülmüş ve tartışılmıştır. Kenevirin biyosorbent olarak kullanımının atıksu kirliliğini azaltmak ve atık su yönetimini iyileştirmek için etkili ve sürdürülebilir olduğunu rapor etmişlerdir.

BOYAR MADDE GİDERİMİNDE KULLANIMI

Artan dünya nüfusu ve hızlı küresel sanayileşme, günlük hayatımızda boya ve pigmentlerin kullanımını artırmıştır. Pazar araştırması sunan lider küresel şirket Fortune Business Insight, küresel boya ve pigment pazarının 2026 yılına kadar 54,64 milyara ulaşacağını tahmin etmektedir. Organik boyalar atık sularda mevcut olan kirletici maddelerdir. Başlıca boya üreten endüstriler tekstil, boya, baskı, deri ve kozmetik endüstrileridir. Dünya Bankası raporlarına göre tekstil ve boya endüstrilerinden kaynaklanan atık sular yıllık toplam endüstriyel su kirliliğinin yüzde 17 ila 20'sini oluşturmaktadır. Boya endüstrilerinden çıkan atık sular kanserojendir, ciddi alerjik reaksiyonlara neden olur ve geleneksel atık su arıtma yöntemleriyle sudan uzaklaştırılması zordur. Üstelik bu biyolojik olarak parçalanamayan ve dirençli bileşiklerin çevre ve sağlık üzerinde ciddi etkileri vardır. Bu nedenlerden dolayı boya maddelerin atıksulardan giderimi gerekmektedir.

Son yıllarda tarımsal atık ürünlerin veya tarımsal yan ürünlerin atık su arıtımında kullanıldığı rapor edilmiştir. Ancak çok az sayıda araştırmacı sürdürülebilir çok işlevli bir adsorban olarak lignoselülozik bakımından zengin biyokütle olan keneviri kullanmıştır (Mandal ve ark., 2022). Kenevir, çok çeşitli atık sulara kolayca bağlanabilen selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan iyi huylu bir biyopolimerdir.

Mandal ve ark., (2022) kenevirden elde edilen bir adsorban ile Congo red ve Brilliant green boya maddelerinin atıksulardan giderimini çalışmışlardır. Sonuç olarak çevre dostu, çok işlevli, yeniden kullanılabilir bir malzeme elde etmişler ve ticari amaçlar için birçok teşvik edici olasılık ortaya koymuşlardır.

Ayrıca adsorbanın organik boyaları uzaklaştırma konusunda mükemmel potansiyele sahip etkili bir adsorban olduğunu bildirmişlerdir.

TOPRAK KİRLİLİĞİNİN GİDERİMİNDE KULLANIMI

Son yıllarda toprak ortamının ağır metallerle kirlenmesi hem kırsal hem de kentsel alanlar için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Toprağın arıtımı için uygun yöntemleri bulma çabası bilim camiası için büyük önem taşımaktadır. Fitoremediasyon, son derece geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında daha ekonomik, daha az müdahaleci ve daha fazla çevre dostu bir tekniktir. Topraktaki kirleticilerin kök sistemi aracılığıyla ayrıştırılması ve etkili bir şekilde topraktan uzaklaştırılması amacıyla özel bitkilerin kullanımına dayanan biyolojik bir restorasyondur. Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa L.*) elementlerin iyonlarıyla kolayca kararlı kompleksler ve bileşikler oluşturabildiğinden, sürgünlerinde ve köklerinde metalleri ve metaloidleri biriktirme konusunda doğal bir yeteneğe sahiptir. Yaşam döngüsü kısa olduğu için tarla denemelerinde ve saksılarda yetiştirilmesi memnun edici sonuçlara yol açmıştır. Endüstriyel kenevir, kirli toprakları temizleyebilecek kapasitesi sayesinde umut verici bir ürün olarak ortaya çıkmıştır. Kirletici maddeleri çoğunlukla yeraltı kısmında biriktiren, yüksek değerli ürünlerin üretiminde kullanılan sapları ve tohumları neredeyse hiç kirletici madde içermemektedir (Golia ve ark., 2023).

Toprak ıslahı terimi, insanların ve diğer yaşam formlarının zararlı kimyasallara maruz kalmasını önlemek için tehlikeli atık sahalarının yakınındaki toprak kirliliğinin boyutunu sınırlamak amacıyla gerçekleştirilen eylemleri ifade etmektedir (Dhaliwal ve ark., 2020). Günümüzde en uygun yöntemin toprağın özelliklerine, kirlenme türüne, arıtma derinliğine ve ilgili maliyetlere bağlı olduğu birçok toprak iyileştirme tekniği (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) bulunmaktadır.

Kenevir, ucuz, ekolojik ve sürdürülebilir olması, büyümek için böcek ilacı veya yüksek miktarda suya ihtiyaç duymaması nedeniyle diğer mahsullerle karşılaştırıldığında öne çıkmaktadır. Toprağın iyileştirilmesine katkıda bulunmasının yanında, düşük enerji tüketimine sahip olduğu bilinmektedir (Mongiovi ve ark., 2022; Alonson ve ark., 2022).

Kirlenmiş toprakları iyileştirmek için kullanılan farklı teknolojiler arasında fitoremediasyon, toprağı ağır metallerden arındırmak için kullanılan en ucuz ve en hızlı tekniktir. Fitoremediasyonun fizikokimyasal toprak ıslah yöntemleriyle karşılaştırıldığında uygun maliyetli ve çevre dostu bir teknoloji olduğu olduğu gösterilmiştir. Bunun nedeninin toprağın mikro florasına daha az tehdit oluşturduğu ve toprağın kimyasal özelliklerinde daha az değişiklik yarattığı içindir (Dhaliwal, 2020; Souza ve ark., 2020).

Ağır metaller (Pb, Cd, Hg ve As) tarım toprağında doğal olarak düşük konsantrasyonlarda bulunur. Ancak yaygın oluşumları, kümülatif davranış-

ları ve toksisiteleri nedeniyle hem mahsuller hem de insan sağlığı açısından oldukça sorunlu ve tehlikelidirler (Shi ve Cai, 2009). Endüstriyel ve trafik emisyonları, kentsel atıkların atmosferde birikmesi, metal üretimi dahil olmak üzere tarımsal toprakların ağır metal kirliliğine pek çok faktör katkıda bulunmaktadır. Tarım topraklarındaki ağır metal kirliliği ve bunun sonucunda bu metallerin bitkiler tarafından, özellikle bitkilerin yenilebilir kısımları tarafından emilmesi ve birikmesi, uzun süredir önemli bir konu olarak bilim dünyasının karşısına çıkmaktadır (Milan ve ark., 2024).

Kurşun, nikel, kadmiyum, çinko ve krom gibi ağır metaller, *Cannabis sativa L* tarafından çok yüksek derecede absorbe edilebilir ve biriktirebilir. Kenevir bitkisi türlerinin çeşitli türleri, metalleri asimile etme konusunda farklı eğilimlere sahip olabilir ('Ca'ci'c et al., 2019)

Endüstriyel kenevirin derin köklerinin bulunması nedeniyle yetiştirildiği toprakta farklı elementleri biriktirme eğilimindedir. Bu özellik, bitkilerin çevredeki metalleri absorbe etmek için kullanıldığı fitoremediasyon için faydalıdır. Kenevir ağır metallerin gideriminin yanı sıra pestisitleri, toksinleri ve diğer zararlı kimyasalları gidermek için de kullanılmaktadır. Bu durum endokrin bozucu etkilere neden olabilmektedir. Metal biriktirdiği bilinen kenevirin, atık su veya kanalizasyon çamurunda bulunan metalleri absorbe etme olasılığı da vardır. Kenevirin bu özelliğinin dezavantajı, elementlerin ve diğer kimyasal toksik kirliliğin bitkinin her yerinde birikebilmesi ve daha sonra gıda, tıbbi veya diğer endüstriyel amaçlarla ticarileştirilen bitkilerde bulunabilmesi ve ticari kullanımlarını sınırlandırabilmesidir (Placido and Lee, 2022; Dubrow ve ark., 2021).

SONUÇ

Son günlerde kenevir bazlı ürünlerin artan popülaritesi ve bunların tüketimiyle ilişkili potansiyel sağlık riskleri nedeniyle toksik ve esansiyel elementlerin varlığı önemlidir. En büyük zorluklardan biri kenevir mahsullerinin temiz ortamlarda yetiştirilmesini ve topraktan, havadan veya sudan zararlı kirletici maddeleri absorbe etmemesini sağlamaktır. Bu, kirlenmeyi önlemek için toprak ve su kalitesinin sıkı bir şekilde izlenmesini ve analiz edilmesini gerektirir. Gerekliliklerden biri, kenevir ürünlerinin, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği gibi düzenleyici kurumlar tarafından belirlenen kurşun, arsenik, kadmiyum ve cıva gibi toksik elementlerin izin verilen maksimum seviyelerini aşmamasını sağlamaktır (Milan ve ark., 2024).

Son yıllarda döngüsel ekonominin tüm dünyaya katkısını güçlendirmek için dünya çapında önemli bir çaba sarf edilmektedir. Endüstriyel kenevir ekimi, yüksek fitoremediasyon kapasitesinin yanı sıra, günlük evsel veya endüstriyel ürünlerin üretimi ve çeşitli alternatif kaynaklar üretmek için kullanılabilir. Cansız biyo-kütleden elde edilen yan ürünlerle döngüsel bir ekonomi modeline katkı sağlamaktadır (Vaitsis ve ark., 2022).

KAYNAKLAR

- Ali, H., Khan, E., 2017. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term ‘heavy metals’—proposal of a comprehensive definition. *Toxicol. Environ. Chem.* 100, 1–25.
- Alonso-Esteban, J.I., Torija-Isasa, M.E., S´anchez-Mata, M. de C., 2022. Mineral elements and related antinutrients, in whole and hulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *J. Food Compos. Anal.* 109, 104516.
- Barbosa, F., 2017. Toxicology of metals and metalloids: promising issues for future studies in environmental health and toxicology. *J. Toxicol. Environ. Health* 80, 137–144.
- Boechat, C. L., Pistóia, V. C., Ludtke, A. C., Gianello, C., & Camargo, F. A. D. O. (2016). Solubility of heavy metals/metalloid on multi-metal contaminated soil samples from a gold ore processing area: effects of humic substances. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40, e0150383.
- Dhaliwal SS, Singh J, Taneja PK, Mandal A. Remediation techniques for removal of heavy metals from the soil contaminated through different sources: a review. *Environ Sci Pollut Res* 2020;27:1319–33.
- Dubrow, G.A., Pawar, R.S., Srigley, C., Fong Sam, J., Talavera, C., Parker, C.H., Noonan, G.O., 2021. A survey of cannabinoids and toxic elements in hemp-derived products from the United States marketplace. *J. Food Compos. Anal.* 97, 103800.
- EPA, National Primary Drinking Water Regulations, 2009. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf (Accessed 26 November 2021).
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Outcome Document of the Global Symposium on Soil Pollution, 2-4 May 2018 Rome, Italy.
- Golia, E. E., Bethanis, J., Ntinopoulos, N., Kaffe, G. G., Komnou, A. A., Vasilou, C. (2023). Investigating the potential of heavy metal accumulation from hemp. The use of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for phytoremediation of heavily and moderated polluted soils. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31, 100961.
- Ingrao, C., Lo Giudice, A., Bacenetti, J., Tricase, C., Dotelli, G., Fiala, M., Siracusa, V., Mbohwa, C., 2015. Energy and environmental assessment of industrial hemp for building applications: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 51, 29–42.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology*, 7(2), 60-72.
- Liu, J., Beckerman, J. (2022). Application of sustainable biosorbents from hemp for remediation copper (II)-containing wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107494.

- Mandal, S., Alankar, T., Hughes, R., Marpu, S. B., Omary, M. A., & Shi, S. Q. (2022). Removal of hazardous dyes and waterborne pathogens using a nanoengineered bioadsorbent from hemp—Fabrication, characterization and performance investigation. *Surfaces and Interfaces*, 29, 101797.
- Milan, J., Michalska, A., Jurowski, K. (2023). The comprehensive review about elements accumulation in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Food and Chemical Toxicology*, 114344.
- Mongiovi, C., Lacalamita, D., Morin-Crini, N., Gabrion, X., Placet, V., Ribeiro, A. R. L., ... & Crini, G. (2022). Use of chènevotte, a valuable co-product of industrial hemp fiber, as adsorbent for copper ions: Kinetic studies and modeling. *Ara-bian Journal of Chemistry*, 15(4), 103742.
- Placido, D.F., Lee, C.C., 2022. Potential of industrial hemp for phytoremediation of heavy metals. *Plants* 11 (5), 595.
- Rincón, G. J., La Motta, E. J. (2014). Simultaneous removal of oil and grease, and heavy metals from artificial bilge water using electro-coagulation/flotation. *Journal of Environmental Management*, 144, 42-50.
- Saxena G, Purchase D, Mulla SI, Saratale GD, Bharagava RN. Phytoremediation of heavy metal- contaminated sites: eco-environmental concerns, field studies, sustainability issues, and future prospects. *Rev Environ Contam T* 2020;234: 71–131.
- Shi, G., Cai, Q., 2009. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnol. Adv.* 27 (5), 555–561.
- Shim, H. Y., Lee, K. S., Lee, D. S., Jeon, D. S., Park, M. S., Shin, J. S., Chung, D. Y. (2014). Application of electrocoagulation and electrolysis on the precipitation of heavy metals and particulate solids in washwater from the soil washing. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3(04), 130.
- Souza LRR, Pomarolli LC, da Veiga MAMS. From classic methodologies to application of nanomaterials for soil remediation: an integrated view of methods for decontamination of toxic metal(oid)s. *Environ Sci Pollut Res* 2020;27: 10205–27.
- Todde, G., Carboni, G., Marras, S., Caria, M., & Sirca, C. (2022). Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for phytoremediation: Energy and environmental life cycle assessment of using contaminated biomass as an energy resource. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102081.
- Vaitsis, Ch, Kanellou, E., Pandis, P.K., Papamichael, I., Sourkouni, G., Zorpas, A.A., Argiris, C., 2022. Sonochemical synthesis of zinc adipate Metal-Organic Framework (MOF) for the electrochemical reduction of CO₂: MOF and circular economy potential. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 29, 100786.
- Zhang, R., Leiviska, T., Tanskanen, J., Gao, B.Y., Yue, Q.Y., 2019. Utilization of ferric groundwater treatment residuals for inorganicorganic hybrid biosorbent preparation and its use for vanadium removal. *Chem. Eng. J.* 361, 680–689.



Bölüm 2

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Muhammed Demirbağ¹

Yasemin Atille²

Seval Andiç³

1 Muhammed Demirbağ, Araş. Gör., Yüzüncü Yıl Üniv., Turizm Fak., Gastronomi ve Mutfak Sanatları Böl. ORCID ID: 0000-0001-5378-6674

2 Yasemin Atille, Gıda Müh., Yüzüncü Yıl Üniv., Fen Bilimleri Enst. Gıda Müh. ABD, ORCID ID: 0009-0001-7889-9672

3 Seval Andiç, Prof. Dr. Yüzüncü Yıl Üniv., Mühendislik Fak., Gıda Müh. Böl. ORCID ID: 0000-0002-8306-0222

1. GİRİŞ

Protein kelimesi, Yunanca birincil anlamına gelen “proteois” kelimesinden türemiştir. Bu grup bileşikleri tanımlamada protein terimi çok uygundur çünkü insan ve hayvan dokularının en temel bileşeni bu grup bileşikleridir (Reeds, 2000). Proteinler vücudun ve çeşitli hücrelerin fonksiyonlarını sürdürebilmesi için hayati öneme sahiptir ve bu nedenle vücuda dışarıdan alınmaları zorunludur (Nadathur vd., 2017). DRI (Dietary Reference Intakes)’a göre besinlerle alınması gereken protein oranı yaş, cinsiyet, gebelik ve emzirme dönemlerine göre değişiklik göstermekle beraber, yetişkinlerde günlük kalori ihtiyacının %10-35’inin, çocuklarda ise %10-30’unun proteinlerden karşılanması önerilmektedir (NIH, 2024).

İnsanların protein ihtiyacının çoğu et, balık, süt, süt ürünleri ve yumurta gibi hayvansal kaynaklar ile soya, buğday, mercimek ve patates gibi bitkisel kaynaklardan karşılanmaktadır (Van der Spiegel vd., 2013). Ancak hızla artan nüfusa karşın, tarım alanları sınırlı kalmakta hatta tarım alanları yerleşim ve endüstriyel amaçlarla kullanılması gibi nedenlerle azalmaktadır. Ayrıca sentetik gübreler ve zirai ilaçlarla gerçekleştirilen kitlesel tarım, toprağın verimliliğini her geçen gün azaltmakta ve çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Fasolin vd., 2019). Okyanuslarda aşırı avlanma yaşanmakta ve iklim değişikliği ile buna bağlı su kıtlıklarının gıda üretiminde olumsuz derin etkiler yaratabileceği öngörülmektedir. Tarımsal faaliyetler sera gazı emisyonunun %13’ünü oluştururken, et, su ürünleri, yumurta ve süt gibi hayvansal protein kaynakları yüksek düzeyde sera gazı emisyonuna neden olmakta ve üretimleri için geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır (Güneşliol ve Acar Tek, 2022).

FAO (2017), tarafından yayımlanan “Tarım ve Gıda Geleceği, Eğilimler ve Zorluklar” konulu raporda, 1961-2011 yılları arasında et, yumurta, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal kaynaklardan alınan günlük kişi başı protein oranının, gelir seviyesi yüksek ülkelerde %33 oranında artış göstererek 31 gramdan 52 grama yükseldiği, düşük ve orta gelir seviyesine sahip ülkelerde ise %116 oranında artış göstererek 9 gramdan 20 grama yükseldiği bildirilmiştir. Aynı raporda kişi başı günlük protein alımının 2030 yılı için yüksek gelirli ülkelerde 54 g, düşük ve orta gelirli ülkelerde 22 g, 2050 yılı içinse yüksek gelirli ülkelerde 57 g, düşük ve orta gelirli ülkelerde 25 g olacağı tahmin edilmektedir. Halihazırda 8 milyarın üzerinde olan dünya nüfusunun yaklaşık 1 milyarı açlıkla yüzleşmektedir. 2050 yılında Dünya nüfusunun 9 milyara yükseleceği tahmin edildiğinden, bu nüfusun gıda ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gıda kaynaklarının da artırılması gerekecektir. Aynı zamanda gelecek yıllarda insan protein ihtiyacının karşılanmasında geleneksel protein kaynaklarının yetersiz kalacağı ve bu nedenle de alternatif protein kaynakları bulunmasına gereksinim duyulacağı da açıktır (Weindl vd., 2020).

Geleneksel hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarına alternatif oluşturacak protein kaynaklarının başında tek hücre proteini, yenilebilir böcekler ve yapay et gelmektedir. Bu protein kaynaklarının tüketilmesi farklı toplumlarda farklı tepkilerle karşılanırsa da, günümüzdeki tüketim oranlarına bakıldığında, geleceğin protein alternatifleri olabilecekleri açıktır.

2. PROTEİNLER

Proteinler insan beslenmesinin temel makro besin öğeleridir ve kimyasal yapılarında karbon, oksijen, hidrojen, nitrojen ve bazılarında da sülfür ve fosfor bulunmaktadır (Malecki vd., 2021). Proteinler biyopolimer yapılardır ve birbirine peptit bağlarıyla bağlanmış aminoasitlerden oluşmaktadır. Vücuda gıdalarla alınan proteinler aminoasit, dipeptit ve tripeptit gibi yapılara kadar proteaz ve peptidaz gibi enzimlerle hidrolize edilir ve proteinlerin besin değerleri hidroliz derecelerine bağlıdır (Tome, 2013). Proteinlerin yapıtaşı olan aminoasitler 20 tanedir. Proteinler bu 20 aminoasidin farklı sırada ve sayıda bir araya gelmesi ile oluşmaktadır (Wu, 2021). Proteinlerin kalitesi, içerdiği aminoasit bileşimi ve biyoyararlılığı yani sindirilebilirliği ile ilişkilidir. Aminoasitler, esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasitler olmak üzere iki grup altında sınıflandırılmaktadır. İnsan vücudu, esansiyel olmayan aminoasitleri sentezleme yeteneğine sahipken esansiyel aminoasitleri sentezleyememektedir. Esansiyel aminoasitler; lizin, lösin, izolösin, triptofan, teroinin, triptofan, fenilalanin, histidin ve valin olmak üzere 9 tanedir. Arjinin, sistin, glutamin, glisin, prolin ve tirozin amino asitlerinin bazı koşullarda kullanım hızları sentez hızlarından daha büyük olabilir. Bu nedenle bu amino asitler koşullu olarak esansiyel olarak sınıflandırılabilir (Reeds, 2000).

İnsan vücudundaki her hücre protein içermektedir. Canlılarda diğer birçok önemli işlevi yanında, hücre yapımı ve onarımı için besinlerle beraber proteinlere ihtiyaç duyulmaktadır. Proteinler canlılarda, canlılığın devamı için vazgeçilmez olan enzim, hormonların yapı taşlarıdır. Ayrıca vücutta karbonhidrat ve lipit kaynakları tükendiğinde proteinler enerji kaynağı olarak kullanılabilir ve 1 g protein yaklaşık olarak 4.0 kcal enerji sağlamaktadır (Bernardot, 2020). Fakat bu enerji protein kaynağına göre değişmektedir. Örneğin bazı bitkisel kaynaklı proteinler için enerji değeri 10.02 kJ/g (2.44 kcal/g) iken yumurta kaynaklı proteinin enerji değeri 18.2 kJ/g (4.36 kcal/g)'dir (Merrill ve Watt, 1955).

Vücutta çok önemli işlevleri yerine getiren proteinlerin eksikliği kadar gereğinden fazla tüketilmesi de bazı problemlere yol açar. Proteinin fazlalığı ve eksikliği ödem, karaciğer yağlanması, kemiklerde daha fazla kırılma riski, saç ve tırnak zayıflığı, kas kitlesinin azalması, bulantı, baş ağrısı, ruh halinde değişiklikler, kalp atış hızı yavaşlaması, tansiyon ve yorgunluk gibi birçok hastalığa yol açabilir. Bu sebeple vücutta protein dengesinin korunması gerekmektedir (Verma, 2023). Alınması tavsiye edilen günlük protein miktarı

yaş, cinsiyet, gebelik, emzirme dönemi, fiziksel aktivite gibi birçok faktöre göre değişmektedir. Yetişkinler için önerilen günlük protein alımı kg başına 0.8 g iken protein eksikliğinin yaşanmaması için ortalama sınır değer kg başına 0.66 g'dır (NIH, 2024).

Proteinler gıdaların besleyici değerlerinin yanı sıra fizikokimyasal özellikleri ve gıdanın nihai kalitesini belirlemede de önemli bir rol oynamaktadır. Hidrofilik ve hidrofobik yapıları bir arada bulunduran çok yönlü kimyasal yapıları ile karbonhidrat, yağ, su, mineral, vitamin ve diğer proteinler gibi gıda bileşenleriyle çeşitli etkileşimler ve bağlar meydana getirerek gıdaların yapısal, duysal ve beslenme özelliklerini etkileyebilirler. Bu fonksiyonel özellikleriyle bitkisel ve hayvansal proteinler; viskozite oluşturma ve/veya arttırma, jelleştirme, stabilizasyon, renk oluşumuna katkıda bulunma, emülsiyon oluşturma, köpük oluşturma, su tutma, yağ bağlama, mineral bağlama, tat-koku molekülleri bağlama gibi birçok fonksiyonel özelliğe sahiptirler (Is-mail vd., 2020).

İnsanlar protein ihtiyaçlarını çok büyük oranda, geleneksel protein kaynakları olan hayvansal ve bitkisel proteinlerden karşılarlar (Van der Spiegel vd., 2013). Ancak çoğu bitkisel kaynaklı protein bazı esansiyel amino asitlerden yoksundur ve sindirilebilirlikleri hayvansal kaynaklı proteinlerden daha azdır. Bu nedenle tamamen bitkisel kaynaklı beslenme, eksiksiz ve besleyici bir diyet için çeşitli bitkisel kaynaklı proteinlerin karıştırılması önerilmektedir (Gorissen vd., 2018).

3. ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde arttığı ve 2050 yılı itibarıyla 9 milyar olacağı göz önüne alındığında mevcut gıda ve protein kaynaklarının yetersiz kalacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca mevcut protein kaynaklarının elde edilmesi için geniş tarımsal arazilere ihtiyaç vardır ve özellikle hayvansal protein üretimi sera gazı emisyon oranını arttırmaktadır (Weindl vd., 2020). Bu sebeple bilim insanları ve gıda üreticileri alternatif protein kaynakları araştırmaktadır. Günümüzde hayvansal kaynaklı proteinler, insanlar için toplam protein tüketiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. İklim değişikliği, hayvancılığın gerektirdiği yüksek maliyet ve sera gazı emisyonuna olan katkısı, değişen tüketici tercihleri ve artan dünya nüfusu gibi sebeplerden dolayı alternatif protein kaynakları ile ilgili araştırmalar dünya çapında giderek artış göstermektedir. Artık proteinler sadece geleneksel kaynaklardan değil aynı zamanda henüz kullanımı çok yaygınlaşmayan birçok alternatif kaynaktan da karşılanabilmektedir (Sobczak vd., 2023). Geleneksel protein kaynaklarına alternatif olacak yeni protein kaynakları olarak yenilebilir böcekler, tek hücre proteini ve yapay et öne çıkmaktadır (Van der Spiegel vd., 2013).

3.1. Yenilebilir Böcekler

Yüksek besin içeriği nedeniyle, değerli bir gıda kaynağı olarak kabul edilen yenilebilir böcekler; pahalı ve çevreye olumsuz etkileri olan özellikle hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak değerlendirilmekte ve bu konuda çok sayıda araştırma yapılmaktadır (Gravel ve Doyen, 2020). Pratik olarak böcek yemek entomofaji olarak adlandırılmaktadır ve sanıldığı gibi aksine yeni bir kavram değildir. Aslında böcek yemenin insan kültüründe oldukça uzun ve zengin bir tarihi vardır. Böcekler, binlerce yıldır insan beslenmesinin bir parçası olmuş ve gıda olarak tüketildiklerine dair kanıtlar tarih öncesi arkeolojik alanlarda bile bulunmuştur (Olivadese ve Dindo, 2023). Birçok böcek çeşidi günümüzde dünya genelinde yaklaşık 2 milyar insanın geleneksel diyetinin bir parçası olarak tüketilmektedir (Collins vd., 2019). Böcek yeme, Latin Amerika, Asya ve Afrika kıtalarında yaygın olup dünya nüfusunun yaklaşık olarak üçte biri böcek tüketmektedir (Raheem vd., 2019). Genellikle batılı toplumlarda ise beslenme alışkanlıkları ve kültürel ön yargılar nedeniyle, böcekler insan gıdası olarak kabul görmemekte ve böcek yeme tiksindirici bulunmaktadır. Bu toplumlarda böcekler daha ziyade hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Kim vd., 2019). Batılı toplumlarda böcek yemeye karşı olan bu ön yargı nedeniyle, böceğin bütün olarak yenmesinin yerine öğütülerek gıda bileşeni olarak kullanılması ile ilgili çalışma ve uygulamalar daha yaygındır. Ek olarak protein, yağ ve karbonhidrat gibi böcek bileşenlerinin izole edilerek gıda katkısı olarak kullanılması da ayrı bir seçenektir (Amarrender vd., 2020).

Farklı etnik gruplar içerisinde tüketilen yaklaşık 2000 böcek türü bulunmaktadır (Ghosh vd., 2018). Yenilebilir böcekler genellikle *Blattodea* (hamamböcekleri, termitler), *Coleoptera* (kın kanatlılar), *Diptera* (sinekler), *Hemiptera* (yarım kanatlılar), *Hymenoptera* (karıncalar, arılar ve eşek arıları), *Lepidoptera* (kelebekler ve güveler), *Odonata* (yusuçuklar, kızböcekleri) ve *Orthoptera* (çekirgeler) olmak üzere sekiz takıma aittir (Meyer-Rochow vd., 2021). Sık tüketilen böcek türleri kınkanatlılar, tırtıllar, arılar, eşekarısı, karıncalar, çekirgeler, cırcır böcekleri, ağustos böcekleri, yaprak zararlıları, termitler, yusuçuklar ve sineklerdir. Dünyada böcek tüketen bazı bölge ve ülkeler ve bu bölge ve ülkelerde tüketilen böcek çeşitleri Tablo 1'de verilmiştir (Dufour ve Sander, 2008).

Tablo 1. *Farklı bölgelerde tüketilen böcek çeşitleri*

Bölge veya ülke	Tüketilen böcek çeşitleri
Güney Amerika	Kelebek, Çekirge, Cırcır böceği, Ağustos böceği, Karınca, Sinek, Arı, Eşek Arısı
Kolombiya	Dev kraliçe karınca, Palmye kurtçuğu, Tırtıl
Asya	Çekirge, Cırcır Böceği, İpek böceği pupası, Yusufçuk, Termit
Tayland	Dev su böceği, Afrika Tırtılı, Mopane solucanı, Termit, Çekirge
Pasifik Adaları	Papua, Palmye kurtçuğu, Çekirge, Cırcır böceği, Değnek çekirgesi, Peygamber devesi, Göçmen Çekirge
Avustralya	Bal karıncası, Kurtçuk, Güve, Bardi kurtçuğu Teke böceği
Çin	İpek böceği pupası, Sinek larvası, Cırcır böceği, Hamam böceği, Termit, Çekirge
Hindistan	Termit, Yusufçuk, Çekirge, Karınca, İpek böceği, Bal arısı, Cırcır böceği

Böcekler büyük biyoçeşitliliğe sahiptir ve biyokütleleri hayvanlar âleminin %95'ini oluşturmaktadır (Sun-Waterhouse vd., 2016). Hayvancılıkla kıyaslandığında böcek yetiştirme, daha düşük sera gazı oluşturması, daha az çevre kirliliğine neden olması ve üretim için daha az araziye ihtiyaç duyulması gibi sebeplerden dolayı çevre dostu olarak görülmektedir. Hayvancılık ürünleri için küresel talebin 2050 yılında 2000 yılına göre iki kattan daha fazla artacağı öngörülmektedir. Bu durum böceklerin alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılma olasılığını arttırmaktadır. Böceklerin bir gıda kaynağı olarak benimsenmesi genellikle: çevresel faydalar, beslenme faydaları ve sosyo-ekonomik faydalar olarak üç temel nedene dayandırılmaktadır (Jena vd., 2022).

Yenilebilir böcekler, tüm insanlık için sürdürülebilir bir çevre ve gıda alternatifi olarak geleceğin önemli bir trendi olarak kabul edilmektedir. (Doğan ve Çekal, 2022). Dünya çapındaki böcek çiftliklerinin çoğu evcil hayvan yemi, balık yemi, hayvanat bahçeleri, haşere kontrol şirketleri, araştırma laboratuvarları ve birkaç su ürünleri şirketinden oluşmaktadır. Tayland ve Çin'de insan gıdası ve tıbbi uygulamalar için kendi bölgelerine özgü böcek üreten orta ve büyük ölçekli böcek çiftliği örnekleri vardır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da, giderek artan sayıda şirket insan gıdası ve hayvan yemi için yenilebilir böcek türleri yetiştirmektedir (Dossey vd., 2016).

Yenilebilir birçok böceğin enerji ve protein değerleri insan ihtiyacını karşılayabilecek düzeydedir. Ayrıca doymamış yağ asitleri açısından oldukça zengin olup bakır, demir, magnezyum, mangan, selenyum, fosfor, çinko ve selenyum gibi mineraller açısından da zengindirler. Osmani vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada çekirge tozu içeren ekmeklerin kontrol (buğday) ekmeğine göre yağ asidi bileşimi, protein içeriği ve esansiyel amino asitler açısından daha yüksek bir besin profili sergilediği tespit edilmiştir. Yüksek amino asit ve omega yağ asidi içeriğine sahip olmaları, yenilebilir böceklerin gıda takviyesi olarak işlev görmesini sağlamaktadır (Ramos-Bueno vd., 2016).

Fakat yüksek miktarda doymamış yağ asidi içeriğinin, böcek ürünlerinin işlenmesi sırasında gıda güvenliği riskine sebep olacak oksidasyona yol açabileceği gerçeği göz ardı edilmemelidir.

Bazı yenilebilir böceklerin yağ, karbonhidrat, protein içerikleri ile kalori değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Böceklerin protein, yağ, mineral ve vitamin içerikleri oldukça yüksektir. Ancak bu içerikler tür, toplama alanı, işleme yöntemi, yaşam evresi, yetiştirme teknolojisi ve böcek yemi gibi bir çok faktöre göre değişiklik gösterebilmektedir (Meyer-Rochow vd., 2021). Yenilebilir böcekler genellikle düşük düzeyde karbonhidrat içerirler (%6.7-%16) (Gorbunova ve Zakharov, 2021). Böceklerin yağ içeriği kuru ağırlık için 4.2-77.2 g/100g aralığında ve yine kuru ağırlık için kalori değeri 293-762 kcal/100g aralığında değişmektedir (Ramos-Elorduy vd., 1997).

Tablo 2. Bazı yenilebilir böceklerin yağ, karbonhidrat, protein içerikleri ve kalori değerleri

Tür	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Protein (%)	Kalori (kcal/100g)	Kaynak
<i>Allomyrina dichotoma</i> (larva)	20.24	-	54.18	-	Ghosh vd., 2017
<i>Gynanisa maja</i>	12.1	10.70	55.92	394.1	Siulapwa vd., 2014
<i>Sphenarium purpurascens</i>	11	30	56	404	Ramos-Elorduy vd., 1997
<i>Sphenarium histrio</i>	4	16	77	363	Ramos-Elorduy vd., 1997
<i>Tenebrio molitor</i> (larva)	34.54	-	55.22	-	Ghosh vd., 2017
<i>Gonimbrasia belina</i>	10.0	7.8	56.95	385	Siulapwa vd., 2014
<i>Schistocerca gregaria</i>	12.97	1.7	76	432	Zielińska vd., 2015
<i>Aplagiognathus spinosus</i>	36.38	-	25.80	508.30	Rumpold ve Schlüter, 2013
<i>Arophalus rusticus</i>	56.06	-	20.10	652.30	Rumpold ve Schlüter, 2013

Yenilebilir böcekler, yapısında tüm esansiyel amino asitleri içeren yüksek kaliteli bir protein içeriğine sahiptirler ve Dünya Sağlık Örgütü’nün önerdiği esansiyel amino asit gereksinimlerini karşılamaktadırlar (Collavo vd. 2005; Rumpold ve Schlüter, 2013). Protein içerikleri ise özellikle türe göre, 7.5-77

g/100g gibi oldukça geniş bir aralıkta değişiklik göstermektedir (Ramos-Elorduy vd., 1981). Böcek proteinleri fıstık ve mercimek gibi bitki kaynaklı proteinlere kıyasla daha yüksek sindirilebilirlik oranına sahipken sığır eti ile yumurta akı gibi hayvan kaynaklı proteinlere kıyasla biraz daha düşük sindirilebilirlik oranına sahiptir (Gravel ve Doyen, 2020).

Yenilebilir böceklerin bileşimleri türe göre, hatta aynı tür için yaşam evresine göre oldukça değişiklik gösterse de, yüksek protein içeriğine sahip olmaları nedeni ile hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarına iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir.

Böceklerin başlıca karbonhidratını kitin temsil etmektedir (Gorbunova ve Zakharov, 2021). Kitin, azot içeren modifiye bir polisakkarittir ve düşük sindirilebilirlik özelliği ile sindirilmeyen selülozla benzer bir yapıya sahiptir. Bağırsaklarda yararlı bakteri türlerinin seçici olarak büyümesini teşvik ederek insan sağlığına fayda sağlayabilecek potansiyel bir prebiyotiktir (Clark ve Smith, 2002). Kitinin bir çok türevi vardır ancak bunlardan en önemlisi kitosandır. Kitinin deasetilasyonu ile üretilen kitosan bir diyet lif kaynağıdır ve antimikrobiyal, antioksidan etkilerinin yanında bağışıklık düzenleyici, serum kolesterol seviyesinin azalması, yaraların iyileşmesi ve kronik hastalıkların iyileşmesinde faydalı etkiler sağlayan bir fonksiyonel gıda bileşeni olarak kabul edilir (Singh vd., 2018). Böcekler, bitkisel kaynaklara göre daha yüksek lif içerirler. Hem yüksek protein hem de lif içeriği bakımından, et, balık ve yumurta gibi gıdalara göre daha avantajlı bir konumdadırlar (Baş ve Paksever, 2021).

Geleneksel olarak böcek tüketilen bölge ve ülkelerde, böcekler çoğunlukla bütün olarak tüketilmektedir. Ancak kültüründe böcek tüketme alışkanlığı olmayan toplumlarda böcek yeme tiksindirici bir davranış şekli olarak görülmektedir. Bu nedenle böceklerin öğütülüp toz haline getirilerek çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılma yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Örneğin çekirge (*Grylloides sigillatus*) ve un kurdu (*Tenebrio molitor*) tozları ile zenginleştirilmiş unlardan üretilen çöreklerin, kontrol grubu örneklerle (sadece unla üretilmiş) göre, protein oranları ve antoksidan kapasitelerinin arttığı, karbonhidrat ve glisemik indeksinin ise azaldığı ve tüketiciler tarafından kontrol grubu çöreklerle göre daha fazla tercih edildiği bildirilmiştir (Zielińska vd., 2021). Kim vd. (2017), tarafından yapılan çalışmada ise çeşitli oranlarda (%5 ve %10) ev çekirgesi (*Acheta domesticus*) tozunun et emülsiyonunun fizikokimyasal ve dokusal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak az yağlı etin yağ kısmının ev çekirgesi tozu ile %10'a kadar değiştirilmesi ile et emülsiyonunda protein ve bazı mikrobelerin miktarlarının (fosfor, potasyum ve magnezyum gibi) arttırılabileceği ve pişirme ile yapısal özellikler üzerinde olumsuz etkiler yapmadan, et emülsiyonunun güç-

lendirilebileceği tespit edilmiştir. Dewi vd. (2020), buğday unu yerine farklı oranlarda (%0, %5, %7, %10) odun çekirgesi tozu kullanarak bebek bisküvisi geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda farklı oranlarda odun çekirgesi tozu ile yapılan bir porsiyon bebek bisküvisinin 12-24 aylık çocukların günlük protein ihtiyacının %24-38'ini karşılayabileceği tespit edilmiştir.

Çoğu böcek bazlı gıdalarda böcek tozu kullanırken, bütün halde böcekler de artık mutfak restoran endüstrisinde kullanım alanı bulmaktadır. Birçok yüksek nitelikli restoran, üstün nitelikli tabaklarında böcekleri kullanmaktadır. Çeşitli Meksika ve Asya restoranları bütün halde böcekler veya böcek tozu içeren yemekleri sunmaktadır. Ayrıca David George Gordon, Laurent Quenioux, Karen Barroso ve Zack Lemann gibi birçok ünlü şef bütün halde böcekler kullanarak, ilgi çekici tabaklar hazırlamaktadırlar (Oaklander, 2015; Dossey vd., 2016).

Yapılan duyuusal değerlendirme çalışmalarında, böceklerin tat ve aroma özelliklerinin itici olmadığı, tam tersine çeşitli böceklerin lezzet karakteristiklerinin geleneksel gıdalara benzediği tespit edilmiştir (Şekil 1) (Kouřimská ve Adámková, 2016; Poshadri vd., 2018; Mishyna vd., 2020).

Yenilebilir Böcek	Tat - Aroma
<ul style="list-style-type: none"> • Karınca, termit • Kara böceklerinin larvaları • Odun zararlısı böcek larvası • Su böcekleri • Hamamböceği • Çizgili kalkan böceği • Yaban arısı • Wainscot güve tırtılı • Unlu bit • Corixidae yumurtası • Erebid güvesi tırtılı • Bal arısı (yavru) • Süne (yetişkin) • Çekirge • Yusufçuk larvası 	<ul style="list-style-type: none"> • Tatlı, cevizimsi • Tam tahıllı ekmek • Kırmızı et • Balık • Mantar • Elma • Çam tohumu • Çiğ mısır • Patates • Havyar • Ringa balığı • Tereyağı, süt, mantar, ceviz • Elma, acı kırmızı biber • Balık • Balık

Şekil 1. Bazı yenilebilir böceklerin lezzet karakteristikleri

3.2. Tek Hücre Proteinleri

Dünyada giderek artan protein eksikliği, insanlığın temel sorunu haline gelmektedir (Suman vd., 2015). Nüfus artışı ve Dünya genelinde protein yetersizliği nedeniyle mikrobiyal biyokütlenin yem ve gıda olarak kullanımı, diğer alternatiflerle birlikte ön plana çıkmaktadır. Tek Hücre Proteinleri (THP), protein açısından zengin olan ve besin takviyesi olarak kullanılacak bakteri, maya, alg ve küf hücrelerinden elde edilmektedir (Şekil 2) Mikrobiyal hücreler proteinin yanı sıra yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineral madde açısından da zengindir (Adedoya vd., 2011; Ghasemi vd., 2011; Suman vd., 2015; Mahapatra vd., 2016; Amara vd., 2022).

Bakteri	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Alcaligenes</i> spp. • <i>Cellulomonas</i> spp. • <i>Brevibacterium</i> spp. • <i>Methylomonas methanica</i> • <i>Streptomyces</i> spp. • <i>Acromobacter delvaevate</i> • <i>Rhodobacter capsulatus</i> 	Alg	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chlorella</i> spp. • <i>Spirulina</i> spp. • <i>Sargassum</i> spp. • <i>Chondrus crispus</i> • <i>Dunaliella salina</i>
Maya	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Saccharomyces cerevisiae</i> • <i>Candida utilis</i> • <i>Candida lipolytica</i> • <i>Candida tropicalis</i> • <i>Pichia pastoris</i> • <i>Torulopsis glabrata</i> 	Küf	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fusarium</i> spp. • <i>Rhizopus</i> spp. • <i>Aspergillus fumigatus</i> • <i>Aspergillus niger</i> • <i>Trichoderma alba</i> • <i>Trichoderma viride</i>

Şekil 2. THP üretiminde kullanılan organizmalar

THP üretiminde kullanılacak organizmaların bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Kültürü yapılacak organizmalar: insanlara, hayvanlara ve bitkilere patojen olmamalı, besin değerleri yüksek olmalı, gıda ve yem olarak kullanılabilir olmalı, üretim maliyeti düşük olmalı ve toksik maddeler içermemelidir (Adedoya vd., 2011).

Mikroalgler açık havuz sistemlerinde, mikroorganizmalar ise genellikle tanklarda veya reaktörlerde yetiştirildiklerinden, tarım ve hayvancılıkta olduğu gibi büyük su rezervuarları ve geniş araziler gerektirmez ve sera gazı salınımına sebep olmazlar (Baş ve Paksever, 2021). Mikroorganizmalar: yüksek üreme hızına sahiptirler, esansiyel aminoasitler bakımından zengindirler, ucuz üretilebilirler, protein değerleri yüksektir (%60-70) ve çevre ve iklim koşullarından etkilenmezler (Katırcıoğlu ve Aksöz, 2003). THP üretiminde kullanılan çeşitli organizmaların biyokimyasal bileşimleri Şekil 3'de verilmiştir (Adedoya vd., 2011, Mahapatra vd., 2016).

Organizma	Protein (%)	Yağ (%)	Nükleik Asit (%)
Bakteri	50-65	8-10	15-16
Maya	45-55	2-6	6-12
Alg	40-60	5-10	4-6
Küf	30-45	5-13	7-10

Şekil 3. THP üretiminde kullanılan organizmaların bileşimleri

THP'nin, olumlu özelliklerinin yanı sıra toksik madde içerebilmeleri, yüksek düzeyde nükleik asit içermeleri (nükleik asit, serum ürik asit düzeylerini yükselterek böbrek taşı oluşumuna ve gut hastalığına sebep olur) ve biyokütle yöntemiyle üretilenlerin çoğunun doğal halleriyle oldukça lezzetsiz olması gibi dezavantajları vardır (Sharif vd., 2020, Demirel ve Şentürk-Demirel, 2018). THP üretimi sırasında fermantasyon koşullarının kontrol altında tutulması, uygun substrat ve mikroorganizmaların seçilmesiyle dezavantajların çoğu önlenebilir. Ayrıca nükleik asit içeriği farklı fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanarak da azaltılabilir (Sharif vd., 2020).

THP üretimi, çoğunlukla belirlenen mikroorganizma türlerinin uygun hammaddeler (substratlar) üzerinde çoğaltıldığı ve biyokütlenin büyümesine yol açan bir fermentasyon ve ardından ayırma işlemleriyle gerçekleştirilir (Malla-Obaida, 2021). Fermantasyondan sonra biyokütle substrattan ayrılır ve yıkama, hücre parçalanması, protein ekstraksiyonu ve saflaştırma gibi işlemlere tabi tutulabilir. Fermantasyon yöntemleri ıslak fermantasyon ve kuru fermantasyon olarak ikiye ayrılır. Islak fermantasyon yönteminde üretim, substratın içinde bulunduğu ve %95'ten fazla nem içeren sürekli bir sıvı faz içerisinde gerçekleştirilir. Islak fermantasyon yönteminde, genellikle taze sebze ve meyve atıkları veya yüksek nem içeriğine sahip substratlar kullanılır. Kuru fermantasyon yöntemi, mikroorganizmaların katı bir substrat üzerinde serbest sulu faz olmadan üretilmesidir. Bu yöntem genellikle maya ve bazı filamentli küller gibi düşük su aktivitesi altında verimli bir şekilde büyüyen mikroorganizmalar için kullanılır (Aidoo vd., 2023).

Mikroorganizmaların üretilmesinde, peynir altı suyu, kâğıt, insan ve hayvan atıkları, kanalizasyon atıkları, nişasta, selüloz, şeker ve melas gibi bitki kaynaklarından elde edilen malzemeler, doğalgaz, gazyağı, asetik asit, etil ve metil alkol gibi enerji kaynakları substrat olarak kullanılabilir (Malla-Obaida, 2021). Kolay bulunabilen ve ucuz hammaddelerin substrat olarak kullanılabilmesi ve mikroorganizmaların çok kısa sürelerde çoğalması (bakteri: 30-120 dakika, maya: 40-180 dakika, alg: 180-360 dakika) sistemin en avantajlı yönleridir (Aidoo vd., 2023). Günümüzde tek hücre proteinleri insan ve hayvan beslenmesinin yanında deri ve kâğıt üretimi gibi farklı endüstri alanlarında da kullanılmaktadır (Demirel ve Şentürk-Demirel, 2018).

Bakteriler çok çeşitli hammaddeler ile nişasta ve şekerler gibi yenilebilir substratlar üzerinde hızlı bir şekilde çoğalabilirler. Ayrıca protein kalitesi herhangi bir maya veya mantardan daha yüksektir (Sharif vd., 2021). Bakteriyel THP'nin, protein (%80) ve esansiyel aminoasit içeriği yüksektir. Ancak nükleik asit içeriğinin yüksek olması (kurumadde %15-16) ve hastalıklara neden olabilmeleri nedeniyle, gıda kaynağı olarak kabul edilebilirlikleri düşüktür (Mahapatra vd., 2016). THP üretiminde kullanılan bakterilere, *Brevibacterium*, *Lactobacillus*, *Cellulomonas* türleri, *Acromobacter delvaevate*, *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas fluorescens* örnek verilebilir (Adedoya vd., 2011).

Hemen her ortamda bulunan mayalar, sıcakkanlı hayvanların cilt yüzeylerinde ve bağırsaklarında da simbiyotik veya parazit olarak yaşayabilirler. Mayalar diğer geleneksel protein kaynaklarına kıyasla esansiyel amino asitler açısından nispeten zengindir (Malla-Obaida, 2021). Maya hücreleri, iyi hasat edilebilirliğe, yüksek lizin içeriğine ve asidik koşullarda büyüme kapasitesine sahip olmalarına rağmen, THP olarak kullanılmasını sınırlayan iki olumsuz özelliğe sahiptir. Bunlar, yüksek nükleik asit içeriği ve düşük hücre duvarı sindirilebilirliğidir (Mahapatra vd., 2016). THP üretiminde kullanılan mayalara, *Candida utilis*, *Candida lipolytica*, *Candida tropicalis* ve *Saccharomyces cerevisiae* örnek verilebilir (Adedoya vd., 2011).

Algler ototrofik olarak büyürler ve enerjilerini güneş ışığından veya yapay ışıktan, karbonu karbondioksitten ve besin maddelerini büyüme ortamında bulunan karbonhidratlardan alırlar (Nangul ve Bhatia, 2013). Arkeolojik kanıtlara göre yenilebilir algler, ağırlıklı olarak Asya'da (Çin, Japonya ve Güney Kore'de) insan beslenmesinin bir parçası olmuştur. Daha yakın zamanlarda ise Avrupa'nın kıyı bölgelerinde (Fransa, Norveç, Galler, İrlanda vb.) deniz yosunu gıda olarak tüketilmiştir (Lima ve ark., 2022).

Alglerde bakteriler gibi hızlı çoğalabildiklerinden THP üretiminde avantajlı organizmalardır (Tan, 2022). Yağda çözünen vitaminler ve C vitamini bakımından oldukça zengindirler. Ayrıca %40-60 protein, %7 mineral madde, kromofil ve lif içerirler. Bakteri ve maya hücrelerine göre daha düşük nükleik asit içermeleri (%4-6) avantajlı yönleridir. Dezavantajları ise hücre duvarı sertliğinden dolayı sindirilebilirliklerinin düşük olmasıdır. Sindirilebilirliği arttırmak için hücre duvarı: kimyasal yöntemler (organik çözücüler veya asitler gibi), enzimatik yöntemler (selülozlar gibi) ve fiziksel ve mekanik yöntemler (boncuk frezleme, yüksek basınçlı homojenizasyon veya mikroakışkanlar gibi) gibi çeşitli yöntemlerle parçalanabilir (Jones vd., 2020).

İnsan beslenmesine yönelik mikroalgler günümüzde kapsül, tablet veya sıvı formda pazarlanmaktadır. İnsan beslenmesinin yanında hayvan beslenmesinde de kullanılmaktadırlar (Ghasemi vd., 2011). THP üretiminde kullanılan alglere, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokiniana*, *Chondrus crispus*, *Scenedesmus acutus* ve *Spirulina maxima* örnek verilebilir (Adedoya vd., 2011).

Küfler yeryüzünde en yaygın şekilde dağılan organizmalar arasındadır ve çoğu hidrokarbon atıklarının parçalanmasına katkıda bulunurlar (Amarra vd., 2023). Zengin protein kaynağı olmaları nedeniyle, bakteri, maya ve alglerde olduğu gibi küfler de THP üretiminde kullanılmaktadır. Ancak bazı *Aspergillus türleri* başta olmak üzere bazı küf türleri tarafından üretilen mikotoksinlerin, hayvanlarda ve insanlarda alerjik reaksiyonlara ve başta akciğer kanseri olmak üzere bazı hastalıklara neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle küflerden elde edilen THP'nin tüketilmeden önce mikotoksinlerden

arındırılması gereklidir (Nangül vd., 2013). *Fusarium*, *Rhizopus*, *Trichoderma* türleri ile *Aspergillus niger*, *Penicillium cyclopium* ve *Trichoderma album* THP kaynağı olarak kullanılan küfler arasındadır (Mahapatra vd., 2016).

3.3. Yapay Et

Kırmızı et; bazı mineraller (fosfor ve demir), vitamin ve biyolojik değeri yüksek, kaliteli proteince zengin, besleyici ve lezzetli bir gıda maddesidir (Çakmak vd., 2023). Ancak geleneksel et endüstrisi hızla artan nüfus, orman alanlarının tahribatı, yüksek sera gazı emülsiyonu, hayvan refahı ve tarım arazilerinin yetersizliği gibi olumsuz etkenlerle karşı karşıyadır (Sürek ve Uzun, 2020). Canlı hayvanların kesilmesi sonucu elde edilen et üretiminin çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için geliştirilen uygulamalardan biri de yapay et üretimidir (Yıldız-Turp vd., 2022). Yapay et yerine “in vitro et”, “kültür eti” veya “temiz et” terimleri de kullanılmaktadır (Allahverdiyev, 2023). Yapay et üretimine ait çalışmalar 1912’de başlamıştır ve günümüzde Dünyada çok sayıda yapay et üreten şirketler bulunmaktadır (Sürek ve Uzun, 2020).

Yapay et uygun bir kültür ortamında kök hücrelerden elde edilmektedir. Kök hücreler (yetişkin iskelet kas hücreleri) büyük ya da küçük baş hayvanlardan izole edilerek biyoreaktör içerisinde ve uygun bir besiyeri ortamında çoğaltılır ve çoğalan hücrelerin uygun bir iskele veya kallojen taşıyıcıya tutunması sağlanır. Kök hücrelerin çoğalma ortamları genellikle bitki kökenli zenginleştirilmiş ortamlardır ve hücrelerin çoğalma süresi haftalar veya aylar sürebilir (Ersoy, 2022).

Yapay et üretimi ile: sera gazlarının azalması (%78-96), su tüketiminin azalması (%82-96), enerji tüketiminin azalması (%7-45), orman ve enerji tahribatının önüne geçilmesi, canlı hayvan kesimine gerek kalmaması ve hızla artan nüfusun kaliteli protein gereksiniminin karşılanabilmesi gibi pek çok fayda elde edilecektir (Çakmak vd., 2023). Ancak bu avantajların elde edilebilmesi tekniğin bazı dezavantajlarının giderilmesine bağlıdır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda bu dezavantajların azaltılması ve/veya giderilmesi hedeflenmektedir. Örneğin:

Kültürde hücre yetiştirmek için kullanılan malzemeler oldukça pahalıdır ve bir kısmı hayvan kökenli olduğundan kontaminasyon riski taşımaktadır. Ayrıca fetal veya yeni doğmuş buzağıdan toplanan serumlardan kas dokusu yetiştirildiği durumlarda “zulümsüz et” terimini kullanmak mümkün olmayacaktır. Bunun yerine sentetik bir ikame maddesi (serum aktivitesini taklit eden maddelerin karışımı) veya serumla aynı özelliklere sahip bitki kökenli doğal bir ürün kullanılması tercih edilebilir (Orzechowski, 2015).

Hücre kültürü sürecinin yüksek düzeyde kontrol edilen ortamı, gıda kaynaklı patojen veya kirlenici madde riskini azaltarak sağlık ve güvenliğin iyileş-

tirilmesine olanak sağlayabilir. Yapay et aynı zamanda insan-hayvan etkileşimlerinin azalmasına da olanak tanıyarak salgın zoonoz ve yeni ortaya çıkan hastalık risklerini azaltacaktır. Laboratuvarda yetiştirilen etin, araştırmacılar veya üreticiler tarafından tamamen kontrol edilen bir ortamda, başka herhangi bir organizma olmaksızın üretilmesi gerçeğine dayanarak, yapay etin geleneksel etten daha güvenli olduğu iddia edilebilir (Chriki ve Hocquette, 2020). Ancak endüstriyel yapay et üretimine yönelik teknikler henüz tam anlamıyla geliştirilmemiştir ve bu nedenle tüketici sağlığı ve ürün güvenliği açısından hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurma potansiyeline sahiptir (Bonny vd., 2017).

Laboratuvar koşullarında üretilen yapay etin, tüketici tarafından güvenli ve sürdürülebilir bir seçenek olarak tercih edilebilmesi için duyuşal ve yapışal özellikler bakımından geleneksel ete benzemesi gereklidir (Allahverdiyev, 2023). Ancak yapay et, geleneksel etin aksine renksizdir, dokusu zayıftır ve doğal ette bulunan vitamin gibi besin elementlerini içermemektedir. Bu dezavantajları gidermek için renk maddeleri ilavesi, transglutaminaz uygulamaları ile dokunun geliştirilmesi ve besin maddeleri ilaveleri gibi uygulamalar yapılabilir (Mateti vd., 2022).

Yapay et üretimi: büyük ölçekli üretim yapılamaması, üretim maliyetlerinin yüksek olması, bazı tüketiciler tarafından kabul görmemesi ve ilgili yasal düzenlemelerin bulunmaması gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Ancak bu sorunlar aşılabilirdiğinde, hayvansal kaynaklı ete alternatif olabilme potansiyeline sahip olabilir (Heidmeier ve Teuber, 2022).

4. SONUÇ

Günümüzdeki gıda kaynakları ile gelecekteki nüfusun gıda ve protein ihtiyacının karşılanamayacağı açıktır. Protein ihtiyacımızın karşılanması için yapılan tarımsal faaliyetler yüksek sera gazı emisyonu, büyük ölçekli arazi kullanımı, aşırı hayvan kesimi, yüksek maliyet, fazlaca sentetik gübre ve zirai ilaçların kullanılması neticesinde toprak verimliliğinin azalması gibi birçok olumsuz duruma neden olmaktadır. Geleneksel protein kaynaklarının sınırlılıkları ve çevresel etkileri göz önüne alındığında, yenilebilir böcekler, tek hücre proteini ve yapay et gibi alternatif protein kaynakları ön plana çıkmaktadır. Bahsi geçen alternatif protein kaynaklarının yüksek protein içeriğine sahip olması, esansiyel amino asit ve doymamış yağ asidi ve bazılarının vitamin ve mineraller gibi besin elementleri açısından zengin olması gibi avantajları nedeniyle geleneksel proteinlerin yerine geçebileceği düşünülmektedir. Ancak avantajlarının yanı sıra bazı tüketiciler tarafından kabul görmemesi, insan sağlığı açısından duyulan endişeler, yapay et ve tek hücre proteinin laboratuvar ortamında üretilmesinden dolayı doğal kabul edilmemesi, endüstriyel üretime uygunluğu yönünden duyulan kaygılar gibi olumsuz yönleri de mevcuttur. Yapılan çalışmalar, bu olumsuz özellikler azaltıldığı veya giderildiğinde, yenilebilir böcekler, tek hücre proteini ve yapay et gibi alternatif protein kaynaklarının, gelecekte insan beslenmesinde protein kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Adedoya, M.R., Ajiboye, E.A., Akintunde, J.K., Odaibo, A., (2011). Single Cell Proteins: As Nutritional Enhancer. *Advances in Applied Science Research*, 2(5), 396-409.
- Aidoo, R., Kwofie, E.M., Adewale, P., Lam, E., Ngadi, M., (2023). Overview of Single Cell Protein: Production Pathway, Sustainability Outlook, and Digital Twin Potentials. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 577-589. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.003>
- Allahverdiyev, E. (2023). Innovative Approaches in the Field of Meat Production. *ERSME*, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602021>
- Amara, A.A., El-Baky, N.A., (2023). Fungi as a Source of Edible Proteins and Animal Feed. *Journal of Fungi*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.3390/jof9010073>
- Amarender, R.V., Bhargava, K., Dossey, A.T., Gamagedara, S. (2020). Lipid and protein extraction from edible insects–Crickets (Gryllidae). *LWT*, 125, 109222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>
- Baş-Aksoy, Ayşen, El, S.N. (2021). Sustainable Protein Sources: Plants, Edible Insects, Artificial Meat and Single-Cell Proteins. III. International Turkic World Congress on Science and Engineering 14-15 June, Niğde, Turkey. <http://turk-cose.ohu.edu.tr/pdf/21/bookofabstract.pdf>
- Benardot, D. (2021). *Advanced sports nutrition*. p. 528, Ontario, Canada, Human Kinetics Publishers.
- Bonny, S.P.F., Gardner, G.E., Pethick, D.W., Hocquette, J.F. (2017). Artificial meat and the future of the meat industry. *Animal Production Science*, 57(11). <https://doi.org/10.1071/AN17307>
- Chriki, S., Hocquette, J.F. (2020). The Myth of Cultured Meat: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7(7), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- Clark, G.L., Smith, A.F. (2002). X-ray Diffraction Studies of Chitin, Chitosan, and Derivatives. *The Journal of Physical Chemistry*, 40(7), 863-879. <https://doi.org/10.1021/j150376a001>
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G. (2005). House cricket small-scale farming. In M.G. Paoletti (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock. Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, (pp. 515-540), Plymouth, UK, Science Publishers.
- Collins, C.M., Vaskou, P., Kountouris, Y. (2019). Insect food products in the western world: assessing the potential of a new ‘green’market. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 518-528. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz015>
- Çakmak, Ö., Ergene, E., Acaröz, U., Aldemir, T. (2023). Yapay Et Üretiminde Teknolojik Gelişmeler ve Endüstrisinin Geleceği. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji*

loji Derneği Bülteni, 14(1), 1-15.

- Demirel, R., Şentürk-Demirel, D. (2018). Tek Hücre Proteinlerinin İnsan ve Hayvan Beslemede Kullanımı, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(3), 327-336.
- Dewi, T., Vidiarti, A.N., Fitranti, D.Y., Kurniawati, D.M., Anjani, G. (2020). Formulation of baby biscuits with substitution of wood grasshopper flour (*Melanoplus cinereus*) as an alternative complementary food for children. Food Research, 4(3), 114-122. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(S3\).S25](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S3).S25)
- Doğan, E., Çekal, N. (2022). Sustainable food alternative in gastronomy: Edible insects (entomophagy). International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences, 6(2), 246-253. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.2.7>
- Dossey, A.T., Tatum, J.T., McGill, W.L. (2016). Modern insect-based food industry: current status, insect processing technology, and recommendations moving forward. In *Insects as sustainable food ingredients* (pp. 113-152). Academic Press.
- Dufour, D., Sander, J. (2008). Insects. In K.F. Kiple, K.C. Ornelas (Eds.), *The Cambridge World History of Food*. (pp. 546-554), Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHOL9780521402149>
- Ersoy A., (2022). Bitkisel Bazlı Yapay Et Üretimi ve Üretilen Yapay Etlerin Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Fasolin, L.H., Pereira, R.N., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Andrade, C.C.P., Ramos, O.L., Vicente, A.A. (2019). Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. Food Research International, 125, 108586. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108586>
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges.
- Ghasemi, Y., Rasoul-Amini, S., Morowvat, M.H., (2011). Algae For the Production of SCP, In M. Liong (Ed.), *Bioprocess Sciences and Technology*, (pp. 163-184), Nova Science Publishers, Inc.
- Ghosh, S., Jung, C., Meyer-Rochow, V.B. (2018). Edible insects in sustainable food systems, In A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, N. Roos (Eds.), *What governs selection and acceptance of edible insect species?*. (pp. 331-351), Springer.
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C., Meyer-Rochow, V.B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 686-694. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
- Gorbunova, N.A., Zakharov, A.N. (2021). Edible insects as a source of alternative protein. A review. *Теория и практика переработки мяса*, 6(1), 23-32.
- Gorissen, S.H., Crombag, J.J., Senden, J.M., Waterval, W.H., Bierau, J., Verdijk, L.B., van Loon, L.J. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino acids*, 50, 1685-1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>

- Gravel, A., Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102272. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272>
- Güneşliol, B.E., Acar Tek, N. (2022). Sürdürülebilir Beslenmede Bitkisel Protein Kaynaklarının Önemi, 4. Uluslararası Tıp Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi, İstanbul, Turkey, 26-28 March, vol.9786257367530, pp.335-343
- Heidmeier A.K., Teuber R., (2022). Acceptance of in vitro meat and the role of food technology neophobia, dietary patterns and information-Empirical evidence for Germany. *British Food Journal*, 125(7), 2540-2557.
- Ismail, B.P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., Brackenridge, A. (2020). Protein demand: Review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Animal Frontiers*, 10(4), 53-63. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa040>
- Jena, M., Sahoo, S., Sahoo, N. (2022). Entomophagy: A Step towards Food Security. *AgriCos e-Newsletter*, 3(3), 47-50.
- Jones S.W., Karpol A., Friedman S., Maru B.T., Tracy B.P. (2020). Recent Advances in Single Cell Protein Use as a Feed Ingredient in Aquaculture. *Current Opinion in Biotechnology*, 61: 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>
- Katırcıoğlu, H., Aksöz, N. (2003). Tek Hücre Proteini, *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(8), 34-49.
- Kim, H.W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O.G., Kim, Y.H.B. (2017). Effect of house cricket (*Acheta domesticus*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *Journal of Food Science*, 82(12), 2787-2793. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>
- Kim, T.K., Yong, H.I., Kim, Y.B., Kim, H.W., Choi, Y.S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of animal Resources*, 39(4), 521. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e53>
- Kouřimská, L., Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 2226. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>.
- Lima, M.J., Relvas, P., Barbosa, A.B. (2022). Variability patterns and phenology of harmful phytoplankton blooms off southern Portugal: Looking for region-specific environmental drivers and predictors. *Harmful Algae*, 116, 102254. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102254>
- Mahapatra, D.M., Chanakya, H.N., Ramachandra, T.V. (2016). Algae Derived Single-Cell Proteins: Economic Cost Analysis and Future Prospects. *Protein By-products*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802391-4.00015-X>.
- Malla-Obaida B.A.R., (2021). Yeasts as a Source of Single Cell Protein Production: A Review. *Plant Archives*, 21(1), 324-328. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.051>
- Mateti, T., Laha, A., Shenoy, P. (2022). Artificial Meat Industry: Production Methodo-

- logy, Challenges, and Future, *JOM* 74(9), 3428-3444. <https://doi.org/10.1007/s11837-022-05316-x>.
- Merrill, A.L., Watt, B.K. (1955). Energy value of foods: basis and derivation (No. 74). Human Nutrition Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Meyer-Rochow, V.B., Gahukar, R.T., Ghosh, S., Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036. <https://doi.org/10.3390/foods10051036>
- Mishyna, M., Chen, J., Benjamin, O. (2020). Sensory attributes of edible insects and insect-based foods—future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>
- Nadathur, S.R., Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L. (2017). Proteins in the diet: Challenges in feeding the global population. In S.R. Nadathur, J.P.D. Wanasundara, L. Scalini (Eds.), *Sustainable protein sources* (pp. 1-19). Academic Press.
- Nangul, A., Bhatia, R., (2013). Mikroorganisms: A Marvelous Source of Single Cell Proteins, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(1), 15-18.
- NIH (National Institutes of Health). (2024). Nutrient Recommendations and Databases: Dietary Reference Intake (DRI) Reports and Tables.
- Oaklander, M. (2015). 20 Delicious Bug Recipes from Chefs. Retrieved from <https://time.com/3830167/eating-bugsinsects-recipes/> Date of access: 19.03.2024
- Olivadese, M., Dindo, M. L. (2023). Edible insects: A historical and cultural perspective on entomophagy with a focus on Western societies. *Insects*, 14(8), 690. <https://doi.org/10.3390/insects14080690>
- Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217-221. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60882-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60882-0)
- Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzan, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F., Aquilanti, L. (2018). Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 150-163. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.007>
- Poshadri, A., Palthiya, R., Charan, G.S., Butti, P. (2018). Insects as an Alternate Source for Food to Conventional Food Animals. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6 (2), 697-705. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5356>
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O.B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., Raposo, A. (2019). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(14),

2169-2188. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1440191>

- Ramos-Bueno, R.P., González-Fernández, M.J., Sánchez-Muros-Lozano, M.J., García-Barroso, F., Guil-Guerrero, J.L. (2016). Fatty acid profiles and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology*, 242, 1471-1477. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2647-7>
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M.M., González, M.O. (1981). Digestibilidad in Vitro de Algonos Insectos Comestibles de México. *Folia Entomológica Mexicana*, 49, 141-154.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J.M.P., Prado, E.E., Perez, M.A., Otero, J.L., De Guevara, O.L. (1997). Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of food composition and analysis*, 10(2), 142-157. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- Reeds, P. J. (2000). Dispensable and indispensable amino acids for humans. *The Journal of Nutrition*, 130(7), 1835S-1840S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.7.1835S>
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sharif, M., Zafar, M.H., Aqib, A.I., Saeed, M., Farag, M.R., Alagawany, M., (2021). Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. *Aquaculture*, 531, 735885. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735885>
- Singh, A., Gairola, K., Upadhyay, V., Kumar, J. (2018). Chitosan: An elicitor and antimicrobial Bio-resource in plant protection. *Agricultural reviews*, 39(2), 163-168. <https://doi.org/10.18805/ag.R-1723>
- Siulapwa, N., Mwambungu, A., Lungu, E., Sichilima, W. (2014). Nutritional value of four common edible insects in Zambia. *International Journal of Science and Research*, 3, 876-884.
- Sobczak, P., Grochowicz, J., Łusiak, P., Żukiewicz-Sobczak, W. (2023). Development of alternative protein sources in terms of a sustainable system. *Sustainability*, 15(16), 12111. <https://doi.org/10.3390/su151612111>
- Suman, G., Nupur, M., Anuradha, S., Pradeep, B. (2015). Single Cell Protein Production: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(9), 251-262.
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G.I.N, You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J., Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89, 129-151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>
- Sürek, E., Uzun, P. (2020). Geleceğin Alternatif Protein Kaynağı: Yapay Et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758840>
- Tan, E., (2022). Tek Hücre Proteini Üretiminde Kullanılan Bazı Mikroorganizmalara

rın Fermantasyon Sıvılarının Bitki Büyümesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.

- Van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Van der Fels-Klerx, H. J. (2013). Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(6), 662-678. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>
- Verma, P. (2023). Protein Deficiency and Poisoning. *Research & Reviews: A Journal of Medicine*. 13 (1), 9-14.
- Weindl, I., Ost, M., Wiedmer, P., Schreiner, M., Neugart, S., Klopsch, R., Kuehnold, H., Kloas, W., Henkel, I.N., Schlüter, O., Bußler, S., Kimura, S.D., Ma, H., Grune, T., Rolinski, S., Klaus, S. (2020). Sustainable food protein supply reconciling human and ecosystem health: A Leibniz Position. *Global Food Security*, 25, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100367>
- Wu, G. (2021). *Amino acids: biochemistry and nutrition*. CRC Press.
- Yıldız-Turp, G., Eliküçük, Y., Küçükkurt, F. (2022). Yapay Et: Üretim Yöntemleri, Teknolojik ve Etik Kısıtlamalar, Sürdürülebilirliğe Katkısı. In N. Bağdatlıoğlu (Ed.), *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar*. (pp. 128-140), SİDAS.
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>
- Zielińska, E., Pankiewicz, U., Sujka, M. (2021). Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insects flour. *Antioxidants*, 10(7), 1122. <https://doi.org/10.3390/antiox10071122>



Bölüm 3

AÇLIĞA ÇARE BESİN KAYNAKLARI: YENİLEBİLİR YABANI BİTKİLER

Cavidan DEMİR GÖKİŞİK¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0001-7273-3156

GİRİŞ

Gıda güvenliği dünya çapında giderek artan bir endişe kaynağıdır. Dünyanın dört bir yanındaki ülkeler ekonomilerinin yavaşladığını ve gerilediğini görüyor. Hiçbir ulus bu durumdan muaf değildir ve her zamanki gibi en çok acı çekenler yoksul ülkelerin yoksul insanlarıdır. Ekonomik krizin bir sonucu olarak, Dünyadaki Gıda Güvensizliği Durumunun bu baskısında bildirilen tahminler, her yıl 100 milyondan fazla insanın açlıktan ve yetersiz beslenmeden acı çektiğini gösteriyor. Yoksul ülkelerdeki yoksul halkın tamamı aç veya yetersiz besleniyor. Fiyat artışları birçok yoksul aileyi ayakta kalabilmek için varlıklarını satmaya veya sağlık, eğitim veya gıda hizmetlerini feda etmeye zorlamaktadır (FAO, 2019).

FAO'nun 2009 raporunda, dünya çapında tahminen 1, 02 milyar insanın yeterli besinsel enerjiye sahip olmadığı için aç veya yetersiz beslendiği rapor edilmiştir (FAO 2009). FAO'nun 2019 raporu ise, 2009'dan buyana açlık çeken insanların sayısının yavaş yavaş artmaya devam ettiğini göstermektedir. Raporunda, gıda güvensizliğinin açlıktan daha fazlası olduğu vurgulanmakta; pek çok insanın, aç olmasalar bile, gıda elde etme yetenekleri konusunda belirsizliklerle karşı karşıya kaldıkları belirtilmektedir. Ayrıca, gıdanın kalitesi ve miktarından ödün vermek zorunda kaldıkları için orta düzeyde gıda güvensizliği yaşadıklarına dair kanıtlar sunulmaktadır. Bu durum, yalnızca düşük ve orta gelirli ülkelerde değil, yüksek gelirli ülkelerde de gözlemlenmektedir. Raporunda, düşük doğum ağırlığı ve beşyaş altı çocuklarda bodurluğun azaltılması gibi küresel beslenme hedeflerine ulaşmada ilerleme kaydedilmediği, buna karşılık aşırı kilo ve obezitenin tüm bölgelerde, özellikle okul çağındaki çocuklar ve yetişkinler arasında artmaya devam ettiği belirtilmektedir. Bu eğilimleri durdurmak ve tersine çevirmek için çok yönlü, çok sektörlü yaklaşımlar gerektiği vurgulanmaktadır. Raporunda, dünya ekonomisinin kırılgan durumu ışığında, ekonominin yavaşladığı veya daraldığı birçok ülkede yoksulluk ve açlığın arttığına dair yeni kanıtlar sunulmaktadır. Ekonomik yavaşlamalar ve gerilemeler ile gıda güvensizliği ve yetersiz beslenme arasındaki bağlantılar ortaya koyulmaktadır. Dünya genelinde pek çok ülke ekonomilerinin yavaşladığını ve gerilediğini gözlemlenmektedir. Fiyat artışları, birçok yoksul aileyi ayakta kalabilmek için varlıklarını satmaya veya sağlık, eğitim veya gıda hizmetlerini feda etmeye zorlamaktadır (FAO, 2019). Bu raporlardan sonra dünyanın yaşadığı pandemi (COVID-19) sonrası Dünya çapında ekonomik sıkıntılar gıda kıtlığını ve açlık sorunlarını çok daha şiddetlendirmiştir. Bütün bunlara rağmen yoksul ülkelerde insanlar savaşlar, pandemi ve kuraklık gibi tarımı etkileyen nedenlerden dolayı alternatif gıda kaynaklarını kullanmasını bilen yerel halk yabani gıda kaynaklarını kullanarak ayakta kalabilmiştir. Bütün bu felaketlerden etkilenmeyecek kaynak ulaşılabilir, ucuz ve sürdürülebilir olarak yabani bitkiler ve meyvelerdir (Biswas ve ark., 2018; Motti, 2021).

Yenilebilir Yabani Bitkilerin Geçmişi Ve Geleceği

İnsanoğlu, bitkileri yetiştirmeden önce toplamaya başlamış ve atalarımız bin yıldan fazla bir süre boyunca deneme yanılma yöntemiyle hangi bitkileri yemeleri gerektiğini, hangi bitkilerin tarıma uygun olduğunu öğrenmişlerdir (Pinela ve ark., 2017; Suwardi ve ark., 2019). O zamandan beri, insanlar birkaç bitkiyi seçip evcilleştirmeye başlamışlardır. Bu, ağır bir gıda güvenliği yükü taşıyan türlerin yalnızca küçük bir kısmıdır. Gıda ihtiyacımızın %90'ını yalnızca 20 bitki karşılamakta ve kalori ihtiyacımızın %60'ı yalnızca dört bitkiden (mısır, pirinç, buğday ve soya) karşılanmaktadır (Bistt ve ark., 2018). Covid-19 salgını sırasında bu bitkilerin ekimi büyük sekteye uğradı. Zengin ülkelerde tarım makineler ile yapıldığı için çok etkilenmedi ancak insan gücüyle üretim yapan yoksul ülkelerde ekimler sekteye uğradı. Yeterli üretim yapamayan yoksul ülkeler yabancı bitkiler ile açlığını gidermektedir (Laborde ve ark., 2020). Doğada 8000'den fazla bitkinin yenilebilir olması şaşırtıcıdır ve biz hala bunların sadece bir kısmını kullanmaktayız. Bunun nedeni, geleneksel bilgimize artık değer vermememiz ve hatta bilgilerin çoğunun belgelenmemiş olmasıdır. Bu faktörler, bitkilerin yenilebilirliği veya tıbbi kullanımları hakkındaki geleneksel bilgilere yönelik tehdit oluşturmaktadır. Başka bir raporda, Küresel gıda güvenliği, yaygın olarak yetiştirilen birkaç türe bağımlıdır; üç ürün olan buğday, mısır ve pirinç, dünyanın günlük protein ve kalori ihtiyacının %50'sinden fazlasını sağlamakta ve 12 tür, toplam besin alımının yaklaşık %80'ine katkıda bulunmaktadır (Suwardi ve ark., 2020). COVID-19 sırasında bazı ülkelerin uyguladığı ihracat kısıtlamaları, buğday ve pirinç gibi temel gıdaların ticaret akışını sekteye uğrattı. Pandemi, küresel gıda güvenliğini bulunabilirlik, erişim, kullanım ve istikrar seviyesinde çok fazla etkiledi. İnsanlar ticareti yapılan gıdalara ulaşamadı veya insanlar yeterli besin alımına sahip olamadı (Laborde ve ark., 2020). Buna karşılık, yabancı gıdalar, onlara bağımlı birçok yerli topluluğa daha büyük bir beslenme çeşitliliği sağladı ve hayatlarını devam ettirebildiler. Yabancı bitkiler üzerinde yapılan etnobotanik araştırmalara göre, geçmişte insanlık tarihinin herhangi bir aşamasında 7000'den fazla tür kullanılmıştır. Örneğin, Hindistan'da 600 bitki türünün gıda değeri olduğu bilinmektedir (Shaden ve ark., 2017; Bist ve ark., 2018).

Gıda güvenliği, günümüzde dünya için potansiyel bir çıkmaz haline gelmiştir. Hızla büyüyen dünya nüfusuna ucuz, sürdürülebilir ve besleyici gıda sağlama konusunda bir zorlukla karşı karşıyayız. Gıda güvenliğinin sağlanmasının yalnızca yetiştirilen türlere bağımlılıkla mümkün olamayacağını, bu nedenle acilen alternatif kaynaklar, yani yenilebilir yabancı bitki kaynaklarının araştırılması gerektiğini belirtmektedir. Yenilebilir yabancı bitkiler, kentsel ve kırsal topluluklar tarafından bütünüyle veya herhangi bir kısmı (kök, yaprak veya meyve) yenmesi amacıyla kabul edilen bitkiler olarak tanımlanabilir. FAO, yenilebilir yabancı bitkileri, doğal veya yarı doğal ekosis-

temlerde kendi kendine yeten popülasyonlar halinde kendiliğinden büyüyen ve doğrudan insan eyleminden bağımsız olarak var olabilen bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Yenilebilir yabani bitkilerin, asla yetiştirilmediği ve evcilleştirilmediği, ancak yabani yaşam ortamlarından elde edilebildiği de ifade edilmektedir. Bu bitkiler genellikle ormanlar, tarım alanları, yol kenarları ve çorak araziler gibi antropojenik olarak zarar görmüş alanlar gibi farklı habitatlarda yetişebilmektedir (Baytop, 1999; Shaden ve ark., 2017). Yabani bitkiler gibi doğal ortamlarında yetişen yabani meyvelerin kırsal topluluklara faydaları çok fazladır (Shava, 2005). Yabani meyveler besin ve tıbbi değerlerinden dolayı gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal toplulukların yetersiz beslenme ve geçim kaynaklarında önemli bir rol oynamıştır (Biswas ve ark., 2018) Yabani meyveler insan sağlığının korunması için gerekli olan vitamin ve mineralleri sağlar. Birçok yabani meyve, ticari türlere göre daha fazla C vitamini içerir ve diyetle makro ve mikro besin maddeleri sağlama kapasitesine sahiptir. Ayrıca kültür meyve bitkileriyle benzer tat, lezzet ve aroma sağlarlar (Suwardi ve ark., 2019). Buna ek olarak, yabani meyveler aynı zamanda kırsal topluluklar için geleneksel içecekler, yemek tarifleri, yağ, ilaçlar, yem, yakacak odun ve inşaat malzemeleri açısından da önemli kaynaklardır (Suwardi ve ark., 2019; 2020). Yerel toplulukların, yerel bitkilerin gıda olarak ve diğer amaçlarla kullanılması konusunda geniş bilgiye sahip oldukları bilinmektedir. Yerel halk, yenilebilir yabani bitki kaynaklarından gıda toplanması ve hazırlanmasına ilişkin bilgilerini korumak ve geliştirmek için doğal yaşam alanlarına sürekli erişim sağlayabilmelidir (Suwardi ve ark., 2019).

Yenilebilir yabani bitkiler, dünyanın farklı bölgelerinin kültürel ve genetik mirasının bir parçasıdır. İnsanoğlu, gıda, ilaç, barınma, eşya ve örtünme gibi tüm ihtiyaçları için yabani bitkileri tarih boyunca kullanmıştır. İnsanoğlunun yabani bitkilerle beslenmesi, insanlık tarihi ile başlamıştır. Yabani bitkiler, yüzyıllardır insan ve hayvan tüketimine sunulmuş ilahi besinler olduğu gibi gelecekte de olacaktır (Pinela ve ark., 2017). Yabani bitkiler, kültürel bitkilerden önce besin olarak tüketilmesinin yanında sağlığı koruma ve hastalıkların tedavisinde ilaç olarak kullanılan tek kaynaktı (Torija-Isasa ve Matallana-González, 2016). Kültürel bitkilerin atası olan yabani bitkiler, kültürel bitkilerden sonra da dünyanın birçok bölgesinde geleneksel kültürde besin kaynağı ve ilaç olarak önemli bir yer tutmaktadır (Salvi ve Katewa, 2016).

Günümüzde, dünyanın çok farklı bölgelerinde yaşayan yoksul ülkelerdeki topluluklar beslenme, barınma ve geçim kaynağı olarak yabani bitki ve hayvanlara bağımlı olarak yaşıyor (Shaden ve ark., 2017). Bu ülkelerin çoğu Afrika ve Asya kıtasında bulunmasına rağmen diğer ülkelerde de kırsal kesimde yaşayan, maddi gücü olmayan birçok insan yabani gıdaları kullanmaktadır.

Kıtlık ve kriz zamanlarında, bu besin kaynakları ve sağlığı teşvik eden bileşikler, özellikle kırsal ve banliyö bölgelerde büyük önem kazanmıştır. Şu

anda yeterince kullanılmamasına rağmen, Portekiz'in Kuzeydoğu bölgesinde yabancı bitkiler hâlâ geleneksel olarak tüketilmekte ve günümüz toplumunda da sağlığa faydalarından dolayı önem kazanmaktadır. Ancak bu besinler az gelişmiş bölgelerde insan beslenmesine önemli katkılar sağladıkları için yerel halk tarafından tanınmaktadır. Kırsal kesimlerde gıda kaynaklarına ulaşamayan halk, yabancı bitkileri tüketerek yaşamını sürdürmektedir (Pinela ve ark., 2017). Yenilebilir yabancı bitkiler, dünyanın gelişmekte olan bölgelerindeki kırsal kesimde yaşayan aileler ve topluluklar için gıda ve ilaç güvenliğinin sağlanmasında önemli bir kaynaktır (Ahirwar, 2015). Hindistan nüfusunun yaklaşık yüzde 75'i kırsal bölgelerde yaşamakta ve yabancı yenilebilir bitkiler ile beslenmektedir. Yenilebilir yabancı bitkiler, dünya çapında kırsal kesimde yaşayan ve hazır gıda ve ilaca erişimi olmayan toplumlardaki insanların beslenme alışkanlıklarının bir parçasıdır ve sosyo-kültürel, manevi yaşamları ve sağlıklarının birçok yönüyle yakından bağlantılıdır (Guarrera et al., 2016). Bhaga ve ark., 2016). Dünyanın farklı bölgelerinde yerel topluluklar yenilebilir yabancı meyve ve sebzeleri yiyecek, ilaç, inşaat malzemesi, mobilya ve yakacak odun olarak kullanıyor. Ve dahası yerel pazarlarda satışı yapılarak ekonomik destek sağlıyor (Ertuğ, 2004; Abbasi ve ark., 2013; Handayani, 2018; Suwardi ve ark., 2020a; Khan ve ark., 2017).

Dünya mirası alanlarından biri olan Gunung Leuser Ulusal Parkı (GLNP), Sumatra'daki tropik meyve bitkilerinin sıcak noktası olarak değerlendirildi. Bu bölgede yaklaşık 4.000 bitki türü bulunmaktadır. GLNP çevresinde bir milyondan fazla insan yaşıyor ve gelir ve geçim güvenliği için orman kaynaklarına güveniyorlar. Kereste dışı orman ürünlerinden biri olan meyveler, yerel toplulukların ekonomik koşullarını iyileştirme potansiyeli sunmaktadır (Deb et al., 2013; Oryema ve ark., 2013) birçok yabancı meyvenin büyük miktarlarda tüketildiğinin ve aynı zamanda Uganda'nın Gulu Bölgesi'ndeki yerel topluluğun geçim kaynaklarına önemli ölçüde katkıda bulunduğunun tespit edildiğini bildirmiştir. Endonezya'nın Riau Eyaletindeki yerel halk için yabancı tropik meyve satışları, toplam yıllık aile gelirinin %38'ini oluşturuyor (Pardede ve ark., 2018). Benzer şekilde Orta Aceh, Endonezya ve Sudan'ın Doğu Nuba Dağları'ndaki topluluklar, satılan yabancı meyvelerden toplam yıllık aile gelirinin % 43'ünü ve %0-100'ünü elde ediyor (Salih-Kamal ve Ali, 2014; Navia ve ark., 2020). Bu nedenle yabancı meyvelerin kırsal geçim kaynaklarının sürdürülmesi, kırsal yoksulluğun azaltılması ve kırsal ekonomik büyümenin teşvik edilmesi açısından hayati önem taşıdığı düşünülmektedir (Maske ve ark. 2011; Ahenkan & Nimet, 2011). Yetersiz kullanım, yüksek nüfus artışı ve tarım sektörünün genişlemesi de dahil olmak üzere arazi kullanımını değişiklikleri Ormansızlaşma aynı zamanda GLNP'de bile yabancı meyve çeşitliliğinin kaybına yol açacaktır (Navia ve ark., 2020; Suwardi ve ark., 2020b).

Hindistan'ın Uttarakhand tepelerinde kırsal topluluklar hâlâ birçok yenilebilir yabancı bitki kaynağını toplamakta ve yaşamını bu bitkiler ile sürdür-

mektedir. Kurak dönemlerde yiyecek kıtlığı olduğunda bu bitkilerin tüketimi herkes için önemlidir. Yabani bitki kaynakları, kırsal çiftçi topluluklarının geçim kaynaklarının artırılmasına ve hane ekonomilerinin desteklenmesine yardımcı olmaktadır. Yabani bitki kaynakları, özellikle zengin vitamin ve mineral kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Mevcut alan çalışmalarında, kırsal toplulukların, küçük ama önemli gıda bileşenlerini oluşturan, farklı tarımsal ekolojiler altında yabani olarak hasat edilen toplam yaklaşık 335 bitki türü belgelenmiştir (Bist ve ark., 2018). Mevcut çalışmalar, yabani olarak hasat edilen gıdaların yerli toplulukların toplam gıda ve beslenme güvenliğine katkısının yeterince değerlendirilmediğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, yabani ekonomik türlerin sürdürülebilir şekilde toplanması ve bunların yerel topluluklara sürekli olarak ulaştırılmasının sağlanması yoluyla güçlü bir politika desteği gereklidir. Yabani gıdaların daha fazla tüketilmesini içeren geleneksel gıda canlandırma projeleri değerlendirilmektedir (Bisth ve ark., 2018; Khan ve ark., 2017).

Sadece Güney Afrika, yaklaşık 30.000'den fazla bitki türüne sahiptir, bunlardan sadece 3000 tür tedavi amaçlı ve besin olarak kullanılmaktadır (van Vuuren, 2008).

Asya ve Afrika'nın 22 ülkesinde, 36 noktada tarım ve toplayıcı toplulukların ortalama lokasyon başına 90-100 yabani türü kullandığı rapor edilmiştir (Bharucha and Pretty, 2010). Bu ülkelerde toplu ülke tahminleri 300-800 türe ulaşabilir (örneğin Hindistan, Etiyopya, Kenya). Hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki yerli topluluklarda yabani türlerin ortalama kullanımı topluluk başına 120 tür olarak bildiriliyor. Ancak, doğal yaşam alanları kalkınma, koruma-dışlamalar ve tarımsal genişleme nedeniyle artan baskıya maruz kaldıkça, bu gıda kaynaklarının bulunabilirliği ve erişim olanakları azalıyor. Değerlerine rağmen, yabani gıdalar doğal kaynakların ekonomik değerine ilişkin resmi istatistiklerin dışında tutuluyor. Yabani bitkiler ve hayvanlar, küresel gıda sepetinin önemli bir bölümünü oluşturmaya devam ediyor ve eğer ekolojik faktörler yabani gıda kullanımını azaltacak şekilde hareket ederse, tarımsal üretkenlik üzerindeki baskılar arttıkça bu bitkilerin önemi de artabilir (Bist ve ark., 2018).

İtalya'da, yabani bitkilerin gıda olarak kullanıldığı Orta Çağ dönemi ve sonraki yüzyıllarda belgelenmiştir. İtalya, İspanya ve Türkiye gibi birçok Avrupa ülkesinde kırsal kesimde insanlar WEP lere güvenmekte ve tüketmektedir (Guarrera and Savo, 2016). Tarımsal ürünlerin çoğalması ve gıda sanayinin hızla gelişmesi sonucu yabani bitkilere talep azalmış hatta birçok gelişmiş bölgelerde unutulmuştur. Ancak, günümüzde tarımsal ürünlerin ve ticari gıda ürünlerinin sağlığa zararları ortaya çıktıkça, yabani bitkilere hak ettiği değeri kazanmaya başlamıştır. Yabani bitkilerin sağlığa faydaları ve besleyici değerleri bilimsel olarak bilindikten sonra genel olarak etnobotanikçiler, beslenme uzmanları ve gıda bilimi akademisyenleri tarafından ye-

niden değerlendirilmekte ve büyük ilgi görmektedir (Luczaj ve Szymański, 2007). Ve dahası dünya çapında sentetik antibiyotiklerin yan etkilerinin çok fazla olması, bakterilerin bu antibiyotiklere güçlü direnç geliştirmesi gibi pek çok nedenden yabancı bitkiler bilimin ve sağlıklı yaşamak isteyen insanlar için yoğun talep görmeye başlamıştır. Kırsal kesimlerde yaşayan yoksul halk yüzyıllardır her türlü ihtiyacını yabancı bitkilerden karşılıyor (Khan ve ark., 2017

Özellikle Hindistan'da kırsal topluluklar hâlâ birçok yenilebilir yabancı bitki kaynağını toplamaktadır. Kurak dönemlerde yiyecek kıtlığı olduğunda bu bitkilerin tüketimi önemlidir. Yabancı bitki kaynakları, kırsal çiftçi topluluklarının geçim kaynaklarını artırmakta ve hane ekonomilerini desteklemektedir. Zengin vitamin ve mineral kaynakları olarak değerlendirilen bu bitkiler, kırsal toplulukların toplam gıda ve beslenme güvenliğine katkıda bulunuyor (Bhatt and Gupta, 2022).

Yabancı gıda kaynaklarına erişim ve bulunabilirlik, habitat bozulması, gelişimsel faaliyetler, tarımsal genişleme ve yabancı gıda kullanımını azaltan diğer sosyal ve ekolojik etkenler nedeniyle azalmaktadır. Bununla birlikte, artan tarımsal üretkenlik üzerindeki baskının artmasıyla birlikte, yabancı gıda kullanımının öneminin artmaya başladığı rapor edilmiştir.

İnsanoğlunun en büyük sorunlarından biri olan gıda, dünya nüfusundaki ciddi artışla birlikte küresel gıda talebinin de artmasına neden olmaktadır. Doğa, besin zincirinin en üstünde yer alan bitkiler de dahil olmak üzere çeşitli şekillerde besin sağlar. Birçok yabancı tür, insan tüketimine uygun olarak değerlendirilmektedir. Yenilebilir yabancı bitkiler, açlığa ve yetersiz beslenmeye çare olabilir hatta dengeli beslenmenin sağlanmasında önemli bir yer tutabilir. Yeterli miktarda karbonhidrat, protein, yağ, mineral, vitamin, antioksidan ve diğer biyolojik olarak aktif bileşenleri içerirler (Yıldız ve ark., 2014). Dahası hastalıklara çare olarak son yıllarda yabancı bitkilerin antibakteriyel özellikleri konusunda yoğun bir araştırma yürütülmektedir (WHO, 2019; 2022; Chine ve ark., 2023).

Bu nedenle, dünyada mevcut olan yenilebilir yabancı bitki türlerinin büyük çoğunluğuna ilişkin yerel bilgilerin belgelenmesi ve kurtarılmasına büyük ilgi duyulmakta, pek çok ülkede kayıt altına alınmıştır (Khan ve ark., 2017). Türkiye'de yerel bilgilerin belgelenmesi işi Milli Parklar "Geleneksel bilginin kayıt altına alınması" projesi ile her ilde yenilebilir bitkiler ve geleneksel tıpta kullanılan bitkiler kayıt altına alınmaktadır.

Gıda güvenliği ve ekosistem hizmetlerine ilişkin literatürler, kültürel gıdaları vurgulama eğilimindedir (Ericksen ve ark., 2009). Ancak, yabancı gıdaların küresel gıda diliminin önemli bir parçası olduğuna dair önemli kanıtlar mevcuttur. Bölgesel ve ulusal düzeyde gıda dengeleri, ticaret, yardım ve gıda krizlerinin ilanına ilişkin politikalara yön vermektedir. Bunlar arasında, özellikle yenilebilir yabancı türlerin katkısı eksiktir. Yabancı gıdaların rutin

olarak küçümsenmesiyle birlikte, tedarik ekosistemlerinin ihmal edilmesi tehlikesi ortaya çıkmaktadır. Yeterince kullanılmayan bitkiler, ailenin gıda güvenliğine büyük ölçüde katkıda bulunur ve kuraklık, kıtlık, şoklar ve risk zamanlarında hayatta kalma aracı olarak hizmeteder. Ayrıca, daha iyi besin değerlerinden dolayı beslenme gereksinimlerini destekleyebilirler. Bu ürünler arasında tahıllar, sahte tahıllar, meyveler ve sert kabuklu yemişler, baklagiller, sebzeler, kök ve yumrular, yağlı tohumlar ve diğer endüstriyel yem ve yem türleri yer alır. Geleneksel olarak, yeterince kullanılmayan mahsuller, özellikle kuraklık ve kıtlık dönemlerinde ve kurak mevsimlerde kırsal hanelerin beslenmesine önemli katkılar sağlar.

Borelli (2020), “Born to Eat Wild: An Integrated Conservation Approach to Secure Wild Food Plants for Food Security and Nutrition” adlı çalışmasında, ulusal raporlarda ve koruma programlarında gözden kaçırılan yabani gıda bitkilerinin, yüzyıllardır gıda ve beslenme güvenliğinin hayati bir bileşeni olduğunu belirtmektedir. Son zamanlarda, birçok ülke WFP’lerin özellikle kırsal ve yerli topluluklar tarafından ve aynı zamanda kentsel bağlamlarda yaygın ve düzenli olarak tüketildiğini bildirmiştir. Bu bitkilerin, geçim kaynaklarının dayanıklılığı ve gıda kıtlığı veya diğer acil durumlara katlanan insanlara temel mikro besin maddeleri sağlanması açısından kritik öneme sahip oldukları bildirilmektedir. Ancak, arazi kullanımı ve iklimdeki değişiklikler, aşırı kullanım ve kentleşmeden kaynaklanan tehditler, bu biyolojik kaynakların doğada bulunabilirliğini azaltmakta ve bunların kullanımıyla ilgili geleneksel bilgilerin kaybına katkıda bulunmaktadır. Bu arada, bu bitkilerin korunmasını ve sürdürülebilir kullanımını hedefleyen çok az politika önlemi mevcuttur. Bu durum, politika yapıcılar ve ilgili paydaşlar arasında yabani bitkilerin kullanılmayan potansiyeline ilişkin bilimsel kanıt ve farkındalık eksikliği ile bunların kullanımını sınırlayan piyasa ve piyasa dışı engellerden kaynaklanabilir. Yabani bitkiler birçok yoksul topluluklarda beslenme ve sağlık için önemine rapor eden çeşitli ülkelerden epey bir çalışma mevcuttur. Çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen son çabaları gözden geçirmekte ve bu bitkilerin korunmasına ve sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunan sektörler arası işbirliği ve çok paydaşlı yaklaşımların örneklerini sunmaktadır. Gelecek nesiller için kullanılabilirliğinin güvence altına alınmasına katkıda bulunacak entegre bir koruma yaklaşımı önerilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde, kırsal kesimdeki yoksul insanlar, ücretsiz ve kolay erişim sağladıkları yiyecek kaynağı olarak yenilebilir yabani kaynaklara güvenmektedir (Guarrera et al., 2016). Yabani türlerin çeşitliliği, aile beslenmesinde çeşitlilik sağlar ve evdeki gıda güvenliğine katkıda bulunur. Dünyanın büyük bir kısmında yabani bitkiler, fakirlik, kültürel damak zevki, sağlığa faydaları, aroma özellikleri ve besin değerleri gibi birçok nedenle tüketilmektedir (Guarrera ve ark., 2016). Gelişmiş bölgelerde (İspanya, İtalya ve Türkiye gibi) yabani bitkiler sebze, salata ve diğer malzemelerle karıştırılarak

birçok geleneksel yemek hazırlanmaktadır (Shrestha ve Dhillon 2006; Yıldız ve ark., 2014). Yenilebilir yabancı bitkilerin kullanımı, çok uzun bir kültürel geçmişin ve bilgeliğin bir mirasıdır (Sökand, 2016). Yerel halk, atalarından ve kendi yaşam deneyimlerinden edindikleri bu bilgiyi nesilden nesile sözlü gelenekler halinde aktararak yenilebilir yabancı bitkiler hakkında bilgi sahibi olmuştur. Türkiye’de Karadeniz Bölgesinde yerel halk yabancı bitkiler ile beslenmeyi kültür bitkilerine tercih etmektedir (Özbucak ve ark., 2007).

Ancak, genç nüfusun kırsaldan ve yaşlı ebeveynlerinden uzak kentte yaşama isteği ve fast food tüketim tercihleri gibi nedenlerle, yaşlı nesillerin geleneksel bilgiyi genç nesillere aktarmakta başarısız olduğu gözlemlenmektedir (Sousa ve ark., 2012; Saynez-Vaquest ve ark., 2016). Ayrıca, tarım sektörünün genişlemesi, kentleşme, gıda ve ilaç sanayinin hızlı gelişmesi gibi birçok nedenle doğada yenilebilir yabancı bitkilerin varlığı ve yerel halkların yabancı gıdalara ilişkin geleneksel bilgisi modernleşmeyle azalmış veya unutulmuştur (Ong ve diğerleri 2012; Wiryono ve ark., 2017). Ancak son yıllarda, modernleşme ve sanayileşme sonucu kronik hastalıkların ve evrensel salgınların artması ve bu hastalıklara çare arayışı ile doğal beslenmeye doğru bir eğilim oluşmuş, yabancı bitkilere talep artmıştır. Sebze olarak tüketilen yabancı bitkilerin besin içeriklerinin ve sağlığa faydalarının birçok kültür sebzesine oranla yüksek olması bu artışa katkı sağlamıştır (Lyimo et al., 2003; Civelek 2011; Kibar ve Temel 2015). Birçok kronik hastalığın oluşmasında beslenme şeklinin rol oynadığı anlaşıldıktan sonra, dünya genelinde yabancı bitkilerin sağlığa faydaları konusunda pek çok çalışma yürütülmüştür (Guarrera, 2016). Yabancı bitkiler, temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayabilen biyoaktif bileşenler içerdikleri için fonksiyonel gıdalar olarak tanımlanmıştır (Pinela ve ark., 2016).

Gelişmekte olan ülkelerde, insanın hayatta kalmasının önündeki önemli bir engel, gıda bulunabilirliği ile artan insan nüfusu arasındaki artan uçurumdur. Gıda güvensizliği, meyve ve sebze tüketiminin azalmasına neden olmakta ve bu bölgelerdeki bireylerin mineral ve vitamin eksikliklerine yol açmaktadır. Yabancı bitkiler, fakirlik, kültürel damak zevki, sağlığa faydaları, aroma özellikleri ve besin değerleri gibi birçok nedenle tüketilmektedir (Guarrera and Savo, 2016). Yoksul ülkelerde yoksul halk beslenme ihtiyacını karşılamak için, gelişmiş ülkelerde yemeklere aroma katması ve sağlık amaçlı tüketilmektedir. Ancak, günümüzde beslenme şeklinin kronik hastalıklar ile ilişkisi bilindikten sonra yabancı bitkiler ile beslenme talebi de artmıştır. Protein ve yağ ağırlıklı beslenen Avrupalılarda kalp-damar, şeker ve eklem hastalıklarının, yabancı bitkiler ile beslenen Afrikalılara göre çok yüksek olması yabancı bitkilere ile beslenme ve çalışmaları artırmıştır. Yüksek diyet lif ve besin içeriklerinden dolayı kronik hastalıkların önlenmesinde yabancı bitkiler bir çözüm olarak görülmektedir. Dahası yabancı bitkiler antimikrobiyal özelliklerinden dolayı hastalıkların önlenmesine de yardımcı olur. Kimyasal

antibiyotiklere bakterilerin direnç geliştirmiş olması sonucu yabancı bitkiler üzerinde antimikrobiyal çalışmalar hız kazanmıştır (Dan ve ark., 2018; Atef ve ark., 2019; Tirado-Torres ve ark., 2019; Öztürk ve ark., 2020).

Pakistan'ın Malakand bölgesindeki yoksul insanlar da gıda ve beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için yenilebilir yabancı bitkilere bağımlıdır. Pakistan'da yenilebilir yabancı bitkiler kırsal alanlarda yaşayan aileler için gıda kıtlığının üstesinden gelmek için potansiyel bir çözümdür (Abbasi ve ark., 2013; İbrahim ve ark., 2023).

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi, Türk insanı bitkileri tıbbi amaçlarla kullanmanın yanı sıra gıda, yakıt, boya, bahçe süsü, tarım aletleri ve mobilyalar olarak da kullanmıştır (Baytop, 1999). Özellikle yenilebilir yabancı bitkiler, geleneklerin nesilden nesile aktarılması nedeniyle Türk insanı için büyük önem taşımaktadır (Ertuğ, 2014). Son yıllarda yabancı yenilebilir bitkilerin özellikle Türk mutfak uygulamalarında kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu tür bitkiler çiğ olarak tüketilmekte veya sebze olarak pişirilerek tüketilmekte ve yetiştikleri Türkiye'nin çeşitli bölgelerine bağlı olarak çeşitli şekillerde hazırlanabilmektedir. (Ertuğ, 2014; an vd., 2017). Ege Bölgesi'nde yapılan bir araştırma, yabancı yenilebilir bitkilerin besin ve besin kaynağı olmanın yanı sıra, özellikle iyi yönetildikleri takdirde yerel topluluklar için önemli bir gelir kaynağı sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Yıldız ve ark., 2014).

UNESCO'nun (2013) raporunda "İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası" olarak kabul edilen Akdeniz diyetinin pek çok yerel ve geleneksel yemeği de yer alır. Bu diyet genellikle yabancı sebzelerden zengin olduğu için kronik hastalık ve kanser riskini azaltan bileşikler içerdiği bilinmektedir. Sebze olarak tüketilen yabancı bitkilerin besin içeriklerinin ve sağlığa faydalarının birçok kültür sebzesine oranla yüksek olması, bu bitkilerin önemini artırmıştır (Motti et al., 2020). Afolayan ve Jimoh, Güney Afrika'nın yabancı sebzeleri olan *Chenopodium album*, *Sonchus asper*, *Solanum nigrum* ve *Urtica urens*'te bulunan besin maddelerinin ıspanak, marul ve lahanaya gibi yaygın olarak kullanılan sebzelerle karşılaştırılabilir veya bunlardan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Misra ve diğerleri, altı köyden yabancı olarak toplanmış 21 yapraklı sebzeyi belgelemektedir. İhmal edilen ve yeterince kullanılmayan türlerin çoğu besin açısından zengindir ve düşük girdili tarıma uyarlanmıştır. Bu türlerin erozyonu, yoksulların beslenme durumu ve gıda güvenliği üzerinde doğrudan sonuçlar doğurabilir. Geliştirilmiş kullanımları, daha iyi beslenmeyi sağlayabilir ve gizli açlıkla mücadele edebilir. Örneğin, yeterince kullanılmayan birçok yabancı meyve ve sebze, yaygın olarak bulunan ticari tür ve çeşitlerden daha fazla C vitamini ve pro-vitamin A içerir (Suwardi ve ark., 2020a).

Yabancı bitkilerin çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olduğu bilinmektedir. Yabancı bitki besinleri, eski zamanlardan beri insan beslenmesinin ay-

rılmaz bir parçası olmuştur ve yaklaşık 75.000 bitki türünün yenilebilir olduğu bilinmektedir. Yaklaşık 200 bitki türü gıda ürünü olarak evcilleştirilmiştir ve bunların yalnızca %30'unun dünyadaki bitkisel besin alımının %95'ine katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Leonti ve ark., 2006; Suwardi ve ark., 2019). Bununla birlikte, tarımsal toplulukların geleneksel mahsul bitkilerine güvenmelerine rağmen, dünya çapındaki kırsal topluluklar hâlâ yabani bitki besinleri tüketmektedir. Dünya raporunda gıda güvensizliğinin mevcut olduğu durumda, yaklaşık bir milyar insanın diyetlerinde yabani bitkileri kullandığı tahmin edilmektedir. Başka bir kaynağa göre Doğada 8000'den fazla bitkinin yenilebilir olması şaşırtıcıdır ve biz hala bunların sadece bir kısmını kullanmaktayız. Bunun nedeni, geleneksel bilgimize artık değer vermeme-miz ve hatta bilgilerin çoğunun belgelenmemiş olmasıdır. Bu faktörler, bitkilerin yenilebilirliği veya tıbbi kullanımları hakkındaki geleneksel bilgilere yönelik tehdidi tetiklemektedir. Dünya raporunda gıda güvensizliğinin mevcut olduğu durumda, yaklaşık bir milyar insanın diyetlerinde yabani bitkileri kullandığı tahmin edilmektedir (FAO, 2009).

Yenilebilir yabani bitkiler, Türkiye dahil dünyanın farklı bölgelerinin kültürel ve genetik mirasının bir parçası olarak kullanılmaktadır. Bu bitkiler, kıtlık ve kriz zamanlarında önemli bir besin kaynağı ve sağlığı teşvik edici bileşikler olarak öne çıkar. Özellikle kırsal ve banliyö bölgelerde büyük önem taşırlar. Günümüzde yeterince kullanılmamasına rağmen, yabani bitkiler hâlâ farklı topluluklar tarafından geleneksel olarak tüketilmekte ve günümüz toplumunda önem kazanmaktadır. Bu bitkilerin eksikliği, az gelişmiş bölgelerde insan beslenmesine önemli katkılar sağladıkları için tanınmaktadır (Pirella ve ark., 2017).

Yeterince kullanılmayan bitkiler, ailenin gıda güvenliğine büyük ölçüde katkıda bulunur ve kuraklık, kıtlık, şoklar ve risk zamanlarında hayatta kalma aracı olarak hizmet edebilir. Ayrıca, daha iyi besin değerlerinden dolayı beslenme gereksinimlerini destekleyebilirler. Bu ürünler arasında tahıllar, sahte tahıllar, meyveler ve sert kabuklu yemişler, baklagiller, sebzeler, kök ve yumrular, yağlı tohumlar ve diğer endüstriyel yem ve yem türleri yer alır. Geleneksel olarak, yeterince kullanılmayan mahsuller, özellikle kuraklık ve kıtlık dönemlerinde ve kurak mevsimlerde kırsal hanelerin beslenmesine önemli katkılar sağlayacak çeşitlilikte araştırılması gerekir (Deshmukh and Waghmode 2011).

Gelişmekte olan ülkelerde, insanın hayatta kalmasının önündeki önemli bir engel, gıda bulunabilirliği ile artan insan nüfusu arasındaki artan uçurumdur. Gıda güvensizliği, meyve ve sebze tüketiminin azalmasına neden olmakta ve bu bölgelerdeki bireylerin mineral ve vitamin eksikliklerine yol açmaktadır. Yenilebilir Yabani Bitkiler: Gıda güvenliğine alternatif bir yaklaşım, gıda güvensizliğini ve yetersiz beslenmeyi azaltmak için yabani bitkilerin yetiştirilmesine ve kullanılmasına odaklanmaktadır. Yenilebilir yabani

bitkiler ucuzdur ve zengin bir antioksidan, vitamin, lif ve mineral kaynağıdır. Yenilebilir yabani bitkilere ve bunların gıda güvenliği ve beslenmedeki hayati rolüne özel olarak odaklanan ilk kitap olan bu kitap, gelişmekte olan dünyada gıda eksikliğine yenilikçi potansiyel çözümler araştıran her araştırmacı için inanılmaz derecede değerlidir (Motti ve ark., 2021).

Yabani bitki gıdalarının besin değerleri ve tıbbi potansiyeli, gelişmekte olan ülkelerdeki yoksul nüfusun geleneksel gıda kaynaklarının belirlenmesine yardımcı olduğundan oldukça önemlidir. Ancak yabani bitkilerin kültür bitkileri kadar faydalı olduğu, hatta sağlığa faydaları çok daha fazla olduğu ve sağlığa zarar verecek pestisitler taşımadığı için tüketilmesi gerektiği konusunda toplumda farkındalık oluşturmak önemlidir.

Motti (2022) yabani bitkilerin kullanımının teşvik edilmesinin 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'nde önemli bir rol oynayabileceğini vurgulamaktadır.

Bitkilerin birçok parçası (örneğin gövde, kök, sürgün, yapraklar, meyveler, tohumlar ve tomurcuklar) yenilebilir olabilir ve herhangi bir parçası yenilebilir olan bir bitki, yenilebilir bitki olarak kabul edilir. Ancak, bu bitkilerin zehirli, şifalı, acı, odunsu ve kıllı kısımları da bulunabilir. Bu nedenle, hangi bitkilerin yenilebilir olduğunu belirlemek çok önemlidir; aksi takdirde feci sonuçlar doğurabilir.

Yenilebilir yabani bitkiler, beslenme ve sağlık açısından birçok önemli fayda sunar. İşte bu bitkilerin beslenmedeki önemine dair bazı önemli noktalar (Khan et al., 2017).

1. Besin Değeri

Vitamin ve Mineral Zenginliği: Yabani bitkiler genellikle yüksek miktarda vitamin (A, C, K) ve mineraller (demir, kalsiyum, magnezyum) içerir. Örneğin, kuşkonmaz ve ebegümece gibi bitkiler, vitamin C ve demir bakımından zengindir.

Antioksidanlar: Yabani bitkilerde yüksek miktarda bulunan antioksidanlar, serbest radikalleri nötralize ederek hücre hasarını önler ve yaşlanma sürecini yavaşlatır.

2. Sağlığa Faydaları

Anti-inflamatuar Özellikler: Bazı yabani bitkiler, iltihap önleyici özelliklere sahiptir. Örneğin, ısırgan otu, anti-inflamatuar ve ağrı kesici özellikleriyle bilinir.

Sindirim Sağlığı: Yabani bitkilerde bulunan lifler, sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasını destekler. Karahindiba gibi bitkiler, sindirimi teşvik eder ve bağırsak hareketlerini düzenler.

Bağışıklık Sistemi Desteği: Yabani bitkiler, bağışıklık sistemini güçlendiren bileşikler içerir. Örneğin, ekinezya bağışıklık sistemini güçlendirir ve soğuk algınlığına karşı koruma sağlar.

3. Çevresel ve Ekonomik Faydalar

Sürdürülebilir Besin Kaynağı: Yabani bitkiler, doğal ortamlarında kendiliğinden yetiştiği için tarımsal girdi gerektirmez ve sürdürülebilir bir besin kaynağıdır.

Ekonomik Fayda: Yabani bitkiler genellikle doğada bol miktarda bulunur ve toplanması ücretsizdir, bu da ekonomik açıdan avantaj sağlar.

4. Çeşitlilik ve Erişilebilirlik

Gıda Çeşitliliği: Yabani bitkiler, diyetinize çeşitlilik katar ve yeni tatlar deneyimlemenizi sağlar.

Erişilebilirlik: Doğada bulunabilen bu bitkiler, özellikle kırsal bölgelerde yaşayanlar için kolay erişilebilir bir besin kaynağıdır.

5. Kültürel ve Geleneksel Önemi

Geleneksel Tıp: Birçok kültürde, yabani bitkiler geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılır. Örneğin, adaçayı ve kekik gibi bitkiler, geleneksel olarak soğuk algınlığı ve sindirim sorunları için kullanılmıştır.

Mutfak Kültürü: Yabani bitkiler, pek çok mutfak kültüründe yer alır ve çeşitli yemeklerde kullanılır. Örneğin, Ege mutfağında yaygın olarak kullanılan otlar, yemeklere lezzet katar.

Sürdürülebilir besin kaynağı olarak yabani bitkilerin önemi çeşitli açılardan ele alınabilir:

1. Ekolojik Dengeye Katkı

Biyoçeşitliliği Koruma: Yabani bitkiler, ekosistemlerin biyolojik çeşitliliğini korumasına yardımcı olur. Bu bitkiler, birçok hayvan türü için yiyecek ve barınak sağlar.

Toprak Sağlığı: Yabani bitkiler, toprağın yapısını ve verimliliğini iyileştirir. Kök sistemleri sayesinde erozyonu önler ve toprağın su tutma kapasitesini artırır.

2. Besin Güvenliği

Doğal ve Besleyici: Yabani bitkiler, genellikle yüksek besin değeri taşır ve pestisit gibi kimyasal maddeler içermediğinden daha sağlıklıdır.

Gıda Çeşitliliği: Bu bitkiler, insanların beslenme çeşitliliğini artırır. Özellikle kırsal ve zor koşullarda yaşayan insanlar için önemli bir besin kaynağıdır.

3. Ekonomik Avantajlar

Düşük Maliyet: Yabani bitkiler, tarım için gerekli olan ekim, sulama ve gübreleme gibi maliyetleri gerektirmez. Doğal ortamlarında kendiliğinden yetişirler.

Yerel Ekonomi: Yabani bitkilerin toplanması ve satışı, yerel ekonomiyi canlandırabilir. Bu bitkiler, kırsal kesimlerde yaşayan insanlar için ek bir gelir kaynağı oluşturabilir.

4. İklim Değişikliği ile Mücadele

Dayanıklılık: Yabani bitkiler, genellikle zor koşullara dayanıklıdır ve iklim değişikliğine karşı daha dirençlidir. Bu, gelecekteki besin kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Karbon Yakalama: Bazı yabani bitkiler, karbonu toprağa hapsederek iklim değişikliğiyle mücadelede rol oynar.

5. Kültürel ve Geleneksel Değerler

Geleneksel Bilgi: Birçok toplumda yabani bitkiler, geleneksel bilgi ve kültürün bir parçasıdır. Bu bitkilerin toplanması ve kullanımı, kültürel mirasın korunmasına katkıda bulunur.

Sağlık ve Şifa: Yabani bitkiler, geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılır ve doğal şifa kaynağı olarak değerlendirilir.

Bu bitkiler, besinsel ve tıbbi yararları açısından değer verilen çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir. İşte bu bitkilerin fonksiyonel özelliklerinden bazıları:

Geleneksel bilgilere dayanarak yaygın olarak tüketilen doğal bitkiler, besinsel ve tıbbi yararları açısından değer verilen çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir. İşte bu bitkilerin fonksiyonel özelliklerinden bazıları:

1. **Diyet Lifi:** Bölgedeki birçok yabani bitki, sağlıklı sindirimi teşvik etmek, bağırsak hareketlerini düzenlemek ve kabızlığı önlemek için gerekli olan diyet lifi açısından zengin kaynaklardır. Diyet lifi aynı zamanda sağlıklı kilonun korunmasına ve bazı sindirim bozuklukları riskinin azaltılmasına da yardımcı olur.

2. **Antioksidanlar:** Bazı yabani bitkilerin vücuttaki serbest radikalleri nötralize etmede önemli rol oynayan antioksidanlar açısından zengin olduğu bilinmektedir. Antioksidanlar vücut hücrelerini oksidatif hasardan korumaya yardımcı olur ve yaşlanma karşıtı ve hastalık önleyici özelliklere sahip olduklarına inanılır.

3. **Vitaminler ve Mineraller:** Bölgedeki yabani bitkiler genellikle A, C, E vitaminleri ve çeşitli B vitaminleri gibi vitamin ve minerallerin yanı sıra de-

mir, kalsiyum, potasyum ve magnezyum gibi temel minerallerle doludur. Bu besinler genel sağlık ve refah için hayati öneme sahiptir.

4. Geleneksel Tıp: Giresun'da bulunan pek çok yabancı bitki besin değerlerinin yanı sıra yüzyıllardır geleneksel tıpta da kullanılmaktadır. Yerel topluluklar genellikle bu bitkileri sindirim sorunları, solunum sorunları, cilt bozuklukları ve daha fazlası gibi çeşitli rahatsızlıkları ve sağlık koşullarını tedavi etmek için kullanır.

5. Antimikrobiyal ve Antiinflamatuvar Özellikler: Bazı yabancı bitkilerin, inflamasyonu azaltmada ve inflamatuvar durumlarla ilişkili semptomları hafifletmede faydalı olabilecek antiinflamatuvar özelliklere sahip olduğuna inanılmaktadır.

6. Bağışıklık Sistemi Desteği: Bazı yabancı bitkilerin bağışıklık sistemini güçlendirerek vücudun enfeksiyonlara ve hastalıklara karşı savunmasına yardımcı olduğu bilinmektedir.

7. Aromatik ve Lezzetli: Yabancı bitkiler genellikle yemeklere benzersiz ve farklı tatlar katarak onları yerel mutfaklarda popüler malzemeler haline getirir ve geleneksel yemeklerin genel tadını artırır.

8. Doğal İdrar Söktürücüler: Bölgedeki bazı yabancı bitkiler doğal idrar söktürücü görevi görerek idrar üretimini teşvik eder, atık ve toksinlerin vücuttan atılmasına yardımcı olur.

9. Sindirime Yardımcı: Bazı yabancı bitkiler sindirime yardımcı olmak, hazımsızlığı hafifletmek ve iştahı açmak için kullanılır.

10. Diüretik: Bazı yabancı bitkiler idrar söktürücü özelliklere sahiptir, bu da su tutulmasını azaltmaya ve böbrek fonksiyonunu desteklemeye yardımcı olabilir.

Sonuç

Sonuç olarak yabancı bitkiler insan beslenmesinin çok önemli bir bölümünü temsil ediyor. Giderek artan sayıda bilimsel araştırmanın bitki çeşitliliğine, geleneksel bilgiye ve tarımsal çalışmalara odaklanacağı ve biyolojik koruma stratejilerini ve sürdürülebilir gıda üretimini teşvik edeceği umulmaktadır. Biyokimyasal bilgi, yabancı bitkilerin etki mekanizmaları, güvenliği ve etkinliği ile ilgili klinik araştırmaların geliştirilmesi amacıyla sağlık yararlarının ve fizyolojik etkilerinin değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yabancı bitkiler, sürdürülebilir besin kaynakları arasında ilk sırada bir yer tutar. Ekolojik dengeyi korumaktan, besin güvenliğini sağlamaya, ekonomik avantajlar sunmaktan, iklim değişikliği ile mücadeleye kadar birçok alanda değerli katkılar sağlar. Bu nedenle, yabancı bitkilerin korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması, hem ekosistemlerin hem de insan toplumlarının

sağlığı ve refahı için kritik öneme sahiptir. Yenilebilir yabancı bitkiler, doğal ve sağlıklı bir besin kaynağı olarak beslenme düzeninize eklenebilir. Ancak, bu bitkileri toplarken doğru tanımlama ve toplama yöntemlerine dikkat etmek önemlidir, çünkü bazı yabancı bitkiler zehirli olabilir. Günümüzde gıda güvenliği, yaygın olarak yetiştirilen bir avuç türe bağımlı olmaktan çıkarılmalıdır. Öte yandan, dünyanın her yerindeki yabancı gıda kaynakları, kayıt altında olmadan, onlara bağımlı olan birçok yerli topluluğa daha büyük bir beslenme çeşitliliği sağlıyor. Savaşlar, salgınlar ve doğal felaketlerden çok etkilenmeden insanlığın açlığına çare olmuştur ve sonsuzakadar olacaktır. Bu yüzden doğal kaynakları korumak ve gelecek nesillere öğretmek insanlığın üzerine bir borçtur.

KAYNAKLAR

- Abbasi AM, MA Khan, Zafar M. (2013). Ethno-medicinal assessment of some selected wild edible fruits and vegetables of lesser-Himalayas, Pakistan. *Pak. J Bot.*, 45(I):215-222.
- Ahenkan A, Boon E. (2011). Non-timber forest products (NTFPs): Clearing the confusion in semantics. *Journal of Human Ecology* 33(1): 1-9
- Ahirwar, JR. (2015). Some Edible Plants of Bundelkhand Region of India. *Research Journal of Recent Sciences*, 4: 165-169.
- Atef, N.M., Shanab, S.M., Negm, S.I. (2019). Evaluation of antimicrobial activity of some plant extracts against antibiotic susceptible and resistant bacterial strains causing wound infection. *Bull Natl Res Cent* 43, 144.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkilerle tedavi (2. Baskı), İstanbul. Nobel Tıp Kitabevi.
- Bhagat, R. B., Chambhare, M., Mate, S., Dudhale, D. and Zaware, BN. (2016). Prospective wild edible fruit plants from part of northern Western Ghats (NWG), Mulshi (MS), India. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4 (1): 15-19.
- Bharucha, Z. and Pretty, J. (2010). The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2913–2926.
- Bhatt, S., Gupta, M. (2023). Dietary fiber from fruit waste as a potential source of metabolites in maintenance of gut milieu during ulcerative colitis: A comprehensive review. *Food Research International*, 164, 112329.
- Bisht IS, Mehta PS, Negi KS, Rawat R, Singh R, et al. (2017). Wild Plant Food Resources in Agricultural Systems of Uttarakhand Hills in India and Its Potential Role in Combating Malnutrition and Enhancing Human Health. *J Food Sci Toxicol*, 2, 1:3.
- Biswas, S.C., Majumdar, M., Das, S., Misra, T.K. (2018). Diversity of wild edible minor fruits used by the ethnic communities of Tripura, India. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 17(2): 282-28.
- Borelli, T., Hunter, D., Powell, B., Ulian, T., Mattana, E., Termote, C., Engels, J. (2020). Born to Eat Wild: An Integrated Conservation Approach to Secure Wild Food Plants for Food Security and Nutrition. *Plants*, 9, 1299.
- Deb, C. R., Jamir NS, Ozukum S. (2013). A study on the survey and documentation of Underutilized crops of three district of Nagaland, India. *Global Journal of Bioscience* 2: 67-70.
- Deshmukh, B.S. and Waghmode, A. (2011). Role of wild edible fruits as a food resource: Traditional knowledge. *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 2(7):919-924.
- Ertuğ, F. (2004). “Wild Edible Plants of the Bodrum Area (Muğla, Turkey),” *Turkish Journal of Botany*, 28, 1-16.

- Ericksen, P. J., Ingram, J.S.I., Liverman, D. M. (2009). Food security and global environmental change: emerging challenges, *Environmental Science & Policy*, 12, 4, 373-377.
- FAO (2009). *The State of Food Insecurity in the World*. Rome: FAO.
- FAO. (2019). *The state of food security and nutrition in the world: Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. FAO, Rome
- Guarrera, P.M., Savo, V. (2016). Wild food plants used in traditional vegetable mixtures in Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 185 () 202–234.
- Handayani T. Diversity, potential and conservation of Annonaceae in Bogor Botanic Gardens, Indonesia. *Biodiversitas*. 2018; 19(2):591-603.
- Ibrahim, M, Akhtar N., Wahab A., Alrefaei AF., Almutairi, MH. (2023). Exploring Wild Edible Plants in Malakand, Pakistan: Ethnobotanical and Nutritional Insights. *Sustainability*. 15(17):12881.
- Ivanova, T., Bosseva, Y., Chervenkov, M., Dimitrova, D. (2021). Enough to Feed Ourselves!—Food Plants in Bulgarian Rural Home Gardens. *Plants*, 10, 2520.
- Chine, K. W., Tiong, H.L.M., Luang, V., Nyuk Ling Ma. (2023). An overview of anti-biotic and antibiotic resistance. *Environmental Advances* 11; 100331.
- Khan, M. and Hussain, S. (2014). Diversity of wild edible plants and flowering phenology of district Poonch (J&K) in the North-West Himalaya. *Indian Journal of Social Science Researches*, 9 (10): 32-38.
- Khan, F. A., Bhat, S. A., and Sumati Narayan. (2017). Wild edible plants as a food Resource: Traditional Knowledge. <https://www.researchgate.net/publication/315099989>.
- Kibar, B. ve Temel, S. (2015). Evaluation of Mineral Composition of Some Wild Edible Plants Growing in the Eastern Anatolia Region Grasslands of Turkey and Consumed as Vegetable. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 56–66.
- Laborde, D., Martin, W., Swinnen, J., Vos, R. (2020). COVID-19 risks to global food security. *Science*, 369,500-502.
- Leonti M, Nebel S, Rivera D, Heinrich M. (2006). Wild Gathered Food Plants in the European Mediterranean: A Comparative Analysis. *Economic Botany*, 60(2): 130–142.
- Lyimo, M., Temu, R. P. C. and Mugula, J. K. (2003). Identification and nutrient composition of Indigenous vegetables of Tanzania. *Plant Foods Human Nutrition*, 58, 82-92.
- Maske, M., Mungole, A., Kamble, R., Chaturvedi, A., Chaturvedi, A. (2011). Impact of non-timber forest produces (NTFPs) on rural tribes' economy in Gondia district of Maharashtra, India. *Achieves of Applied Science Research* 3(30): 109-114.
- Motti, R.; Bonanomi, G.; Lanzotti, V.; Sacchi, R. The Contribution of Wild Edible

- Plants to the Mediterranean Diet: An Ethnobotanical Case Study Along the Coast of Campania (Southern Italy). *Econ. Bot.* 2020, 74, 249–272.
- Motti, R. (2021). Wild plants used as herbs and spices in Italy: An ethnobotanical review. *Plants*, 10, 563.
- Navia, ZI., Suwardi, AB., Harmawan, T., Syamsuardi, Mukhtar E. (2020). The diversity and contribution of indigenous edible fruit plants to the rural community in the Gayo Highlands, Indonesia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 121(1): 89-98
- Ogle, BM., Tuyet, HT., Duyet, HN., Dung, NX. (2003). Food, feed or medicine: The multiple functions of edible wild plants in Vietnam. *Econ Bot.*, 57:103-117.
- Ong, HC., Norliah, A., Sorayya, M. (2012). Traditional knowledge and usage of edible plants among the Temuan villagers in Kampung Tering, Kuala Pilah, Negeri Sembilan, Malaysia. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 11(1):161-165.
- Oryema, C., Oryem-Origa, H., Nanna, R. (2013). Edible wild fruit species of Gulu District, Uganda. *International Journal of Biology and Biological Sciences* 2(4): 068-082.
- Ozbucak, T.B., O.E. Akcin ve S. Yalcin, (2007). Nutrition contents of the some wild edible plants in central Black Sea Region of Turkey. *Int. J. Nat. Engin. Sci.*, 1: 11-13.
- Ozturk, H. I., Nas, H., Ekinci, M., Turan, M., Ercisli S., Narmanlioglu, H: K., Yildirim, E., Assouguem, A., Almeer, R., Amany A. Sayed, and et al. (2022). “Antioxidant Activity, Phenolic Composition, and Hormone Content of Wild Dible Vegetables” *Horticulturae*, 8, 5: 427.
- Pardede, KN., Sribudiani, E., Yoza, D. (2018). The contribution of non timber forest products toward community revenue around Bukit Rimbang Bukit Baling Wildlife Sanctuary. *Jurnal Ilmu Kehutanan Faperta UR* 2(2): 17-25
- Paura,, B., Di Marzio, P., Salerno, G., Brugiapaglia, E., Bufano, A. (2021). Design a database of Italian vascular alimurgic flora (AlimurgITA): Preliminary results. *Plants*, 10, 743.
- Pinela, J., Carvalho, A. M., Ferreira, Isabel C.F.R. (2017). Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today’s society, *Food and Chemical Toxicology*, 110, 165-188.
- Salih-Kamal, EM, and Ali AH. (2014). Wild food trees in Eastern Nuba Mountains, Sudan: Use, diversity, and threatening factors. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 115 (1): 1-7.
- Salvi, J. and Katewa, SS. (2016). A review: Underutilized wild edible plants as a potential source of alternative nutrition. *International Journal of Botany Studies*. 1 (4): 32-36.
- Saynes-Vásquez A, Vibrans H, Vergara-Silva F, Caballero. (2016). J. Intracultural differences in local botanical knowledge and knowledge loss among the Mexican Isthmus Zapotecs. *PLoS ONE.*, 11(3):0151693.

- Shade, A., Jacques, M-A., Barret, M. (2017). Ecological patterns of seed microbiome diversity, transmission, and assembly. *Current Opinion in Microbiology*, 37, 15-22.
- Shrestha, PM., Dhillon, SS. (2006). Diversity and traditional knowledge concerning wild food species in a locally managed forest in Nepal. *Agroforest Syst.* 66:55.
- Somnasang, P., Moreno-Black, G. (2000). Knowing, gathering and eating: knowledge and attribute about wild food in an Asian village in North-eastern Thailand. *Journal of Ethnobiology* 20: 197.
- Sousa, RS., Hanazaki, N., Lopes, JB., de Barros, RFM. (2012). Are gender and age important in understanding the Distribution of Local Botanical Knowledge in Fishing Communities of the Parnaíba Delta Environmental Protection Area? *Ethnobot Res Appl.*, 10:551-559.
- Suwardi, AB., Indriaty, Navia, ZI. (2018). Nutritional evaluation of some wild edible tuberous plants as an alternative foods. *Innovare Journal of Food Sciences* 6(2): 9-12
- Suwardi, AB., Navia, ZI., Harmawan, T., Syamsuardi, Mukhtar, E. (2019). The diversity of wild edible fruit plants and traditional knowledge in West Aceh region, Indonesia. *Journal of Medicinal Plants* 7 (4): 285-290
- Suwardi, AB., Navia, ZI., Harmawan, T. (2020a). Wild edible fruits generate substantial income for local people of the Gunung Leuser National Park, Aceh Tamiang Region. *Ethnobotany Research & Applications*, 20:11.
- Suwardi, AB., Navia, ZI., Harmawan, T., Nuraini, Syamsuardi, Mukhtar E. (2020b). Ethnobotany, nutritional composition and sensory evaluation of *Garcinia* from Aceh, Indonesia. *Materials Science and Engineering* 725 (1): 012064
- Tirado-Torres D, Chan-keb CA, Pérez-Balán RA, Ake-Canché B, Gómez Solano MI, Aragón-Gastélum JL, Gómez-López I, Aguirre-Crespo FJ, López-Ramos MC, Gutiérrez-Alcántara EJ. (2019). Antimicrobial activity of *Moringa oleifera* against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from raw milk. *Applied ecology and environmental research* 17(1):587-599.
- Torija-Isasa, M.E., Matallana-González, M.C., (2016). A historical perspective of wild plant foods in the mediterranean area. In: *Mediterranean Wild Edible Plants*. Springer New York, New York, NY, pp. 3–13 aureus isolated from raw milk. *Appl Ecol Environ Res.*, 17(1):587–599.
- Van Vuuren, S.F. (2008). Antimicrobial activity of South African medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology* 119, 462–472.
- Wiryono Japriyanto, Erniwati. (2017). The diversity of locally utilized plants and local botanical knowledge in Central Bengkulu District, Bengkulu Province, Indonesia. *Biodiversitas.* ,18(4):1589-1595
- World Health Organization (WHO), 2019. Antibacterial agents in clinical development: an analysis of the antibacterial clinical development pipeline (No. ISBN 978-92-4- 000019-3).

- World Health Organization (WHO), 2022. 14.9 million excess deaths associated with the COVID-19 pandemic in 2020 and 2021. URL <https://www.who.int/news/item/05-05-2022-14.9-million-excess-deaths-were-associated-with-the-covid-19-pandemic-in-2020-and-2021>.
- Yadav, RK, and Mishra A. (2015). Aromatic wild-type plants at terai region of Uttar Pradesh with traditional knowledge. *Annals of Phytomedicine*, 4(2): 106-111.
- Yildiz, H., Ercisli, S., Hegedus, A., Akbulut, M., Topdas, EF and Aliman, J. (2014). Bioactive content and antioxidant characteristics of wild (*Fragaria vesca* L.) and cultivated strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch.) fruits from Turkey. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 87, 274 – 278.



Bölüm 4

PÜSKÜRTME (SPREY PİROLİZ) YÖNTEMİYLE BÜYÜTÜLEN BOR KATKILI ZNO İNCE FİMLERİNİN YAPISAL VE OPTİKSEL KARAKTERİZASYONU

Birol ERTUĞRAL¹

Hilmi ZENK²

¹ Prof. Dr.; Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü

birol.ertugral@giresun.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4376-3476

² Doç. Dr.; Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

hilmi.zenk@giresun.edu.tr, ORCID No: 0000-0002- 1653-8580

GİRİŞ

Son yıllarda insanlığın kullandığı ve teknolojik gelişmelerin belirleyici unsurlarından birisi ince film teknolojisidir. Bu yarıiletken ince filmler, elektronik cihazlarda, güneş pillerinde, sensörlerde ve diğer birçok uygulamada kullanılmakta ve elektriksel, optik ve manyetik özellikleri kontrol etmek için önemli bir rol oynarlar. Kaynaklarının tükenmesi, maliyetinin yükselmesi bilim insanlarını daha iyi performans gösteren ve yüksek kalitede geçirgen oksit yarıiletken filmlerin geliştirilmeleri için yeni arayışlara yöneltmiştir (Gaikwad, vd., 2012, Kim vd., 2009).

Bu nedenle Çinko oksit (ZnO), toksik olmaması, iyi biyolojik parçalanabilirliğe ve biyouyumluluğa sahip bir bileşik olması, ucuz malzeme fiyatı, kararlı olması ve kolay çözelti bazlı sentezi olması nedeniyle geçirgen iletken oksit filmlerin üretimi için cazip bir alternatif olup yarı iletken endüstrisinde önemli bir yere sahiptir.

Aynı zamanda ZnO, görünür bölgede optik geçirgenliği yüksek, şeffaf özellik gösteren, wurtzite altıgen yapıda olan, geniş direk bant aralığına (3.37eV), yüksek elektron mobilitesine ($115-155\text{cm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) yüksek bağlanma enerjisi (60meV) sahip II-VI türü bileşik olan bir n-tipi yarıiletkendir (Koç, 2021). Bununla birlikte ZnO yüksek kırılma voltajına, $10^{-3}-10^{-2}\Omega\text{cm}$ aralığında bir elektriksel direnç değerine, yüksek kırılma indisine (1,95–2,1), güçlü emisyon ve büyük doyma hızı ($\sim 3,2 \times 10^7\text{cm/s}$) gibi mükemmel özelliklere sahiptir (Koç, 2010). Bunun gibi yarıiletken filmlerin elektriksel özellikleri uygun katkılama ya da ısı işlem yapılarak tamamen değiştirilebilir ve böylece farklı elektronik özellikler kazandırılabilir.

ZnO iletken ince filmler üretmede kullanılan karakteristik katkılayıcılardan periyodik tablonun III. grubunda bulunan B, Al, In, Ga ve IV. grubunda bulunan Pb, Sn elementleri ile yapılan katkılama

sonucunda malzemenin yapısal, optik ve elektriksel niteliklerinin artırıldığı belirlenmiştir (Kaya vd., 2021).

ZnO ince filmlerinin üretilmesinde; kimyasal buhar biriktirme (Çoşğun vd., 2021; Chao et al., 2015; Barankin vd., 2007; Coşkun vd., 2009; Asil vd., 2010), magnetron püskürtme (Li vd., 2009; Yang vd., 2008), darbeli lazer biriktirme (Franklin vd., 2011; Kaur vd., 2015), elektrokimyasal biriktirme (Khalil vd., 2022; Gong vd., 2010; Rahal vd., 2017), sol-jel tekniği (Anand vd., 2010; Wen vd., 2016; Arvanto vd., 2017; Pilor vd., 2022; Ammaih vd., 2016) ve püskürtme (Sprey Piroiliz) yöntemi (Koç, 2021; El Khalidi vd., 2018; Junhee vd., 2019; Rajendra vd., 2014; Maciag vd., 2017; Ambedkar vd., 2020; Nehru vd., 2012; Gümüş vd., 2006; Rabeel vd., 2022; Bedia vd., 2014; Lamri vd., 2023; Sağlam vd., 2023; Sağlam vd., 2022) gibi teknikler kullanılmaktadır.

Püskürtme yöntemlerinin avantajı, film oluşumunun herhangi bir kimyasal çözücü gerektirmemesidir, bu da oldukça saf bir malzeme elde edilmesini sağlar. Bu teknikte, Zn öncülünün damıtılmış suda çözülerek sulu bir çözeltili hazırlanır ve ısıtılmış alt tabaka üzerine basınçlı taşıyıcı hava gazı ile püskürtülür. Bu teknikle hazırlanan ZnO ince filmler ihtiyaçlara göre çeşitli iyonlarla katlandırılabilirler (Lehraki vd., 2012).

Bu çalışmada, Bor katkılı ZnO ince filmler püskürtme yöntemiyle 450°C sıcaklıkta cam altlıklar üzerine sentezlenmiştir. Örneklerin yapısal ve optik analizleri X-Işını Kırınımı (XRD), Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) ve Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrometresi (UV-Vis) ile karakterize edilmiştir. XRD desenleri, elde edilen ZnO'nun hekzagonal wurtzite tipi bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Optik analiz sonucunda filmlerin optik bant aralığı enerjilerinin Bor konsantrasyonları ile arttığını görülmüştür.

II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, katkısız ve Bor katkılı ZnO ince filmler püskürtme yöntemi ile alüminyum altlık üzerine hazırlanmıştır. Bor kaynağı olarak borik asit (H_3BO_3), çinko kaynağı olarak ta çinko asetat ($C_4H_4OZn:2H_2O$) ve çinko nitrat heksahidrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) kullanılmıştır. Altlık olarak kullanılan camların temizlenmesinde; küçük boyutlarda kesim, ultrasonik cihazda bekletme, dionize suyla yıkama, Hidrojen peroksit ve sülfürik asit karışımı solüsyonda bekletme, tekrar dionize suda yıkama, asetonle ultrasonik banyoda temizlik aşamalarından oluşan kirlenmeyen cam yöntemi kullanılmıştır.

Sprey solüsyonlarının bileşimlerinin Bor konsantrasyonunun molaritesi ağırlıkça % 0.01, 0.02, 0.05 ve 0.1 şeklinde hazırlanmıştır.

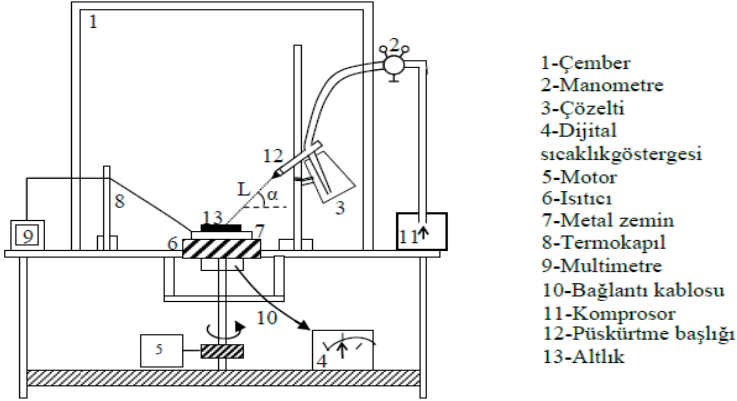
Hazırlanan solüsyonlar sırasıyla; ZnO-1(katkısız), ZnO-2, ZnO-3, ZnO-4(katkısız), ZnO-5, ZnO-6 ve ZnO-7 olarak adlandırılmıştır (Tablo 1). Bu tablodaki ZnO ince filmlerden ZnO-1 0,1M $C_4H_4OZn:2H_2O$ çözeltisinden ve bor katkısız, ZnO-2,3 ise 0.05M $C_4H_4OZn:2H_2O$ çözeltisinden ve sırasıyla 0.05M-0.1M H_3BO_3 katkıları kullanılarak, ZnO-4 0.1M $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ çözeltisinden ve bor katkısız, ZnO-5,6,7 ise 0.1M $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ çözeltisinden ve sırasıyla 0.01M, 0.02M, 0.02M H_3BO_3 katkıları ile elde edilmiştir.

Filmlerin büyütülmesi aşamasında; püskürtme ucu ile altlık arasındaki en ideal uzaklığın 30cm, Nozzle sprej açısını 45° , büyütme hızı ise 4-5ml/ dk, sıcaklık $450^\circ C$ ve büyüme işlemi süresi ise yaklaşık 40 dakika olarak uygulanmıştır. Yani her bir büyütme işleminde, her bir püskürtme için çözelti miktarının 50ml ve 100ml olacak şekilde hazırlanmış olup taşıyıcı gaz olarak filtrelenmiş 1-1.5 bar basınçlı hava kullanılmış ve homojen bir kaplama gerçekleştirebilmek için altlıkların üzerinde bulunduğu döner levhanın hızı 20rpm/dk olarak ayarlanmıştır. Şekil 1'de Püskürtme sistemi şeması verilmiştir.

Büyütülen ince filmlerin X-ışını kırınımı (XRD) ölçümleri, PANalytical Empyrean XRD cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Filmlerin yüzey morfolojileri için taramalı elektron mikroskobu FESEM(FEI Quanta 450 FEG) kullanılmıştır. Optik soğurma değerleri ise oda sıcaklığında çalıştırılan Shimadzu UV Spectrophotometer cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Şekil 1

Püskürtme (Sprey Piroiliz) Sistemi Şeması(Tatar, 2015)



Tablo 1*Katkısız ve Çeşitli Oranlarda Bor Katılarak Hazırlanan ZnO İnce Film Çözeltiler*

Numune Adı	Molarite	Sıcaklık	Zaman
ZnO-1(katkısız)	0,1M $C_4H_4OZn:2H_2O$ 100 mL [%75Metanol+%25deionize su]	450 °C	821 s
ZnO-2	0,0 5M $C_4H_4OZn:2H_2O$ 50 mL [%75Metanol+%25deionize su] 0,05 M (H_3BO_3)	450 °C	410 s
ZnO-3	0,05M $C_4H_4OZn:2H_2O$ 50 mL [%75 Metanol+%25 deionize su] 0,1M (H_3BO_3)	450 °C	360 s
ZnO-4(katkısız)	0,1M Hexatilen +20 mL deionize su 0,1 M $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ +20 mL deionize su	450 °C	574 s
ZnO-5	0, 1M Hexatilen +20 mL deionizesu 0,1 M $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ +20 mL deionize su 0,01 M (H_3BO_3)	450 °C	517 s
ZnO-6	0,1M Hexatilen +20 mL deionize su 0,1 M $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ +20 mL deionize su 0,02 M (H_3BO_3)	450 °C	520 s
ZnO-7	0,1M $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ 100 mL [%75Metanol+%25deionize su] 0,02 M (H_3BO_3)	450 °C	667 s

III. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Yapısal Özellikler

Püskürtme yöntemiyle oluşturulan katkısız ve Bor katkılı ZnO ince filmlerin ZnO-1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 numaralı numunelerine ait XRD yapısal analizleri sonucu elde edilen kırınım desenleri Şekil 2(a-g)'de sunulmuştur. Filmlerin yapısal özellikleri 0 ila 80 derece arasında 2θ 'da nikel filtreli CuK α radyasyonu ($\lambda=0.15418nm$) ile monokromatize edilmiş X-ışını kullanan bir XRD cihazı (PANalytical Empyrean) ile elde edilmiştir. Kırınım desenlerindeki pikler, “Joint Committee 172 on Powder Diffraction Standards (JCPDS)” veri tabanı ile indekslenmiş olup ve 01-089-1397 kart numarasına uygundur. ZnO ince filmlerin ana pikleri (100),

(002), (101) ve (102) düzlemlerine karşılık gelmektedir. Büyütülen ZnO ince filmlerin kristal boyutları (D) Debye-Scherrer formülü ile belirlenmiştir(Denklem 1).

$$D=K. \lambda/\beta(\cos\theta) \quad (1)$$

Burada, K boyutsuz şekil faktörünü ($K=0.94$), β pikin maksimum yüksekliğinin yarı genişliğini (FWHM), λ kullanılan X-ışınının dalga boyunu (1.5418Å) ve ise θ Bragg açısını (radyan) göstermektedir.

Katkısız ve katkılı ZnO ince filmlerin ana pikleri ve bu piklere karşılık gelen düzlemler ile kristal boyutları Tablo 2’de verilmiştir. Bu değerlerde katkı miktarının artması ile kristal boyutunun arttığı ve ZnO-5 ince filminin en yüksek kristal boyutunun 350.3Å olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2

Katkısız ve Bor Katkılı ZnO İnce Filmlerin Kristal Boyutları ve Pik Şiddetleri

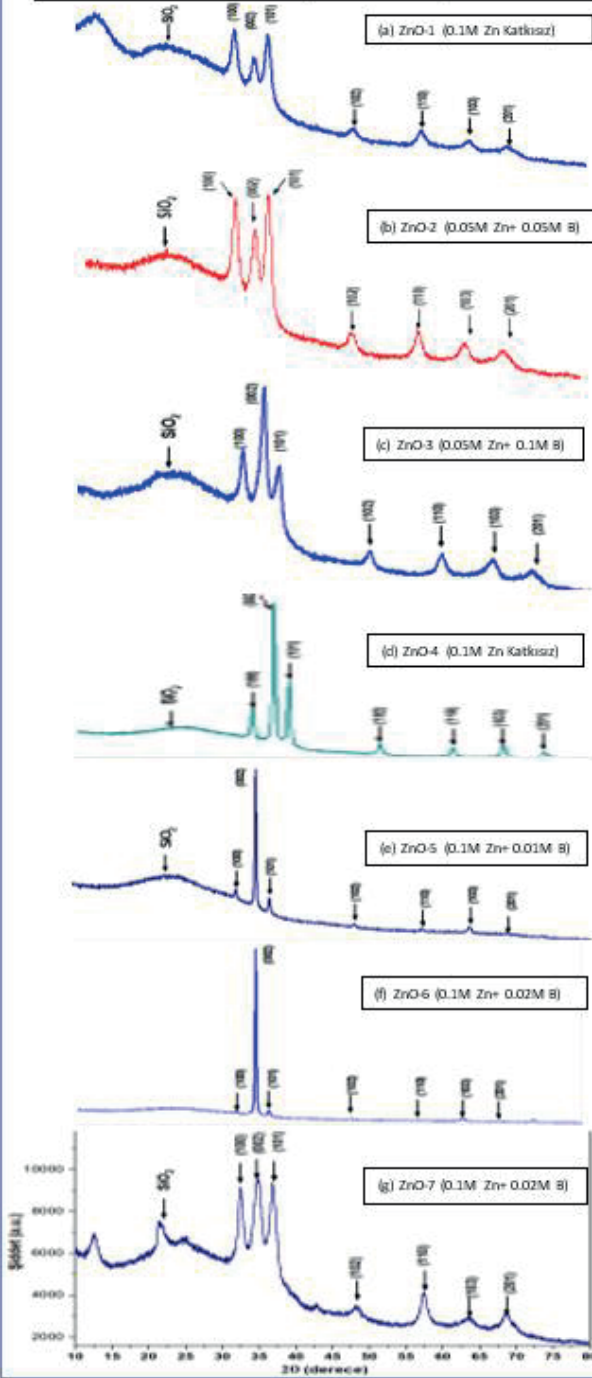
Numune Adı	Ortalama Kristal boyutu (Å)	Pik Şiddeti (002)	Pik Pozisyonu (2θ (°))
ZnO-1 Katkısız	94,30	7 114	34,93
ZnO-2	96,20	8 126	35,04
ZnO-3	96,60	10 832	35,00
ZnO-4 Katkısız	222,40	27 277	34,90
ZnO-5	350,30	18 631	34,88
ZnO-6	282,20	17 648	34,87
ZnO-7	80,50	9 384	34,78

Şekil 2(a), (b), (c), (d), (e), (f) ve (g)'de tüm numunelerin polikristal yapıda olduğu ve tek fazlı ZnO altıgen wurtzite yapısını sergilediği görülmekte olup, kaydedilen aralıktaki tüm pikler tanımlanmıştır. Şekil 2(a), (b) ve (c)'de görüldüğü üzere, katkısız filmlerdeki (002) tepe noktaları, Bor katkılı filmlerdeki tepe noktalarına göre daha az yoğunluğa sahiptir. Şekil 2(d), (e), (f) ve (g)'de görüldüğü üzere, Bor katkılı filmlerdeki (002) tepe noktaları ise, katkısız filmlerdeki tepe noktalarına göre daha az yoğunluğa sahiptir. Bunun nedeni çinko ve katkı maddesi arasındaki iyon boyutu farkının stres oluşturması ve katkı maddesinin tane sınırlarında ayrılmasıdır (Zhou et al., 2007).

ZnO-4 numunesinin (002) noktasındaki yoğunluğunun, ZnO-7 ile karşılaştırıldığında keskin bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Katkılı ZnO filmler arasında ZnO-6 numunesi en iyi sonucu vermektedir. Diğer taraftan, katkısız ZnO-3 ve ZnO-5 filmleriyle ($34,93^{\circ}$ ve $34,90^{\circ}$) karşılaştırıldığında, Bor katkılı filmlerin (002) tepe konumlarında küçük kaymalar olduğu görülmektedir. Katkısız ZnO ince filmlerinin tepe konumunun kayması, filmlerin c-ksenine paralel çekme bileşenleriyle tekdüze bir gerilim durumunda olduğunu göstermektedir (Deng et al., 2004).

Şekil 2

Katksız ve Bor katkılı ZnO ince filmlerin XRD spektrumları

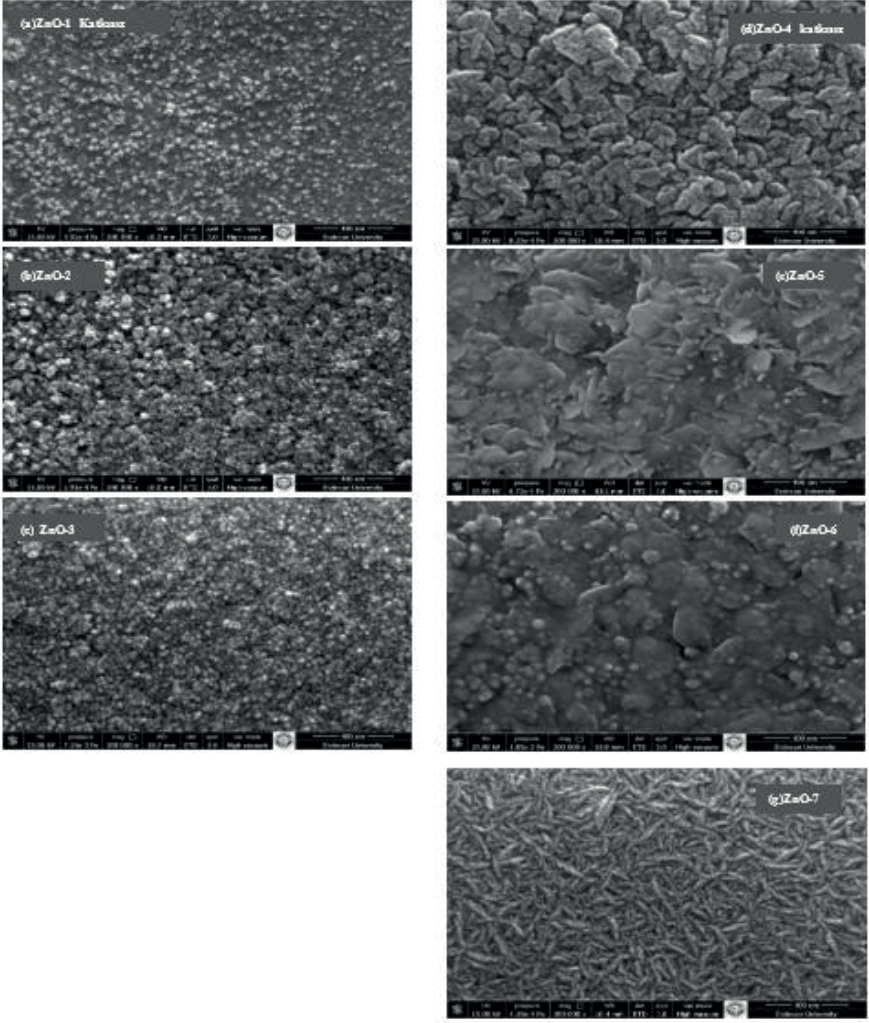


3.2. Morfolojik Özellikler

Şekil 3(a), (b), (c), (d), (e), (f) ve (g)'de katkısız ve Bor katkılı ZnO nanoparçacık ince filmlerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiş iki boyutlu yüzey morfolojisi görülmektedir.

Şekil 3(a)'da katkısız ZnO-1 ince filminin nano yapıdaki yüzey morfolojisi görülmektedir. Şekil 3(a) incelendiğinde, çatlakları olmayan, nanokristal şeklinde büyümüş düzenli bir film yüzeyi ve homojen bir dağılım görülmektedir. ZnO-2 ve ZnO-3 numunelerine Bor katkılama yapıldığında nanokristal boyutlarının büyüdüğü ve katkılama miktarı arttığında ise tekrar küçüldüğü ancak düzenli yapının bozulmadığı görülmektedir (Şekil 3(b) ve(c)).

Şekil 3(d)'de $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ kullanılarak elde edilmiş katkısız ZnO filminin yüzey morfolojisi görülmektedir. Şekil 3(d) incelendiğinde, yine çatlakları olmayan, daha büyük nanokristallere sahip homojen bir film yüzeyi görülmektedir. Bor katkılama miktarları arttıkça filmin yapısı pul benzeri tekdüze bir yapıya dönüşmüştür (Şekil 3(e) ve (f)). Bu yapılar düzenli ve basamaklı bir şekilde oluşmuştur. Artan bor katkı miktarıyla nanokristallerin boyutları önce büyümüş ve sonra küçülmüştür (Şekil 3(g)). Çinko ile katkı maddesi arasındaki iyon boyutu sebebiyle ZnO ince filmlerinin kristalleşme özellikleri katkılama konsantrasyonlarına bağlı olarak değişim göstermiştir (Lee et al., 2003). Diğer taraftan, bu şekilde kendiliğinden meydana gelen yapıların sebebi ortamın termodinamiğine ve kristalin büyütülmesi sırasındaki parametrelere atfedilebilir.

Şekil 3*Katkısız ve Bor Katkılı ZnO İnce Filmlerin Yüzey Morfolojileri***3.3. Optik Özellikler**

Şekil 4'te katkısız ve Bor katkılı ZnO filmlerin Ultraviyole-görünür bölge spektrumları (geçirgenlik ve soğurma) ile optik bant boşluğu (yasak enerji aralığı) grafikleri gösterilmektedir.

Tüm ZnO ince filmler, görünür bölgede, 2,5-5,6 katsayı aralığında geçirgenlik göstermiş olup ilgili geçirgenlik katsayıları Tablo 3'te verilmiştir. Burada en yüksek geçirgenlik ZnO-6'da görülürken, en düşük geçirgenlik ise ZnO-1 de görülmektedir. Katkılı büyütülen ZnO ince filmler optik geçirgenliklerinin yüksek olması daha küçük yüzey pürüzlülüğünün sonucu olduğu söylenebilir.

ZnO ince filmlerin soğurma spektrumların grafiklerinden ölçülen değerler yine Tablo 3'te verilmiş olup buradan da en yüksek soğurmanın katkısız ZnO-1 de, en düşük soğurmanın ise ZnO-5'te olduğu görülmektedir.

ZnO ince filmlerin optik bant aralığı (E_g) analizi için Ultraviyole-görünür bölge spektrum ölçümlerinden elde edilen veriler Denklem 2'de kullanılarak bulunmuştur.

$$(\alpha h\nu)^{1/n} = \beta (h\nu - E_g) \quad (2)$$

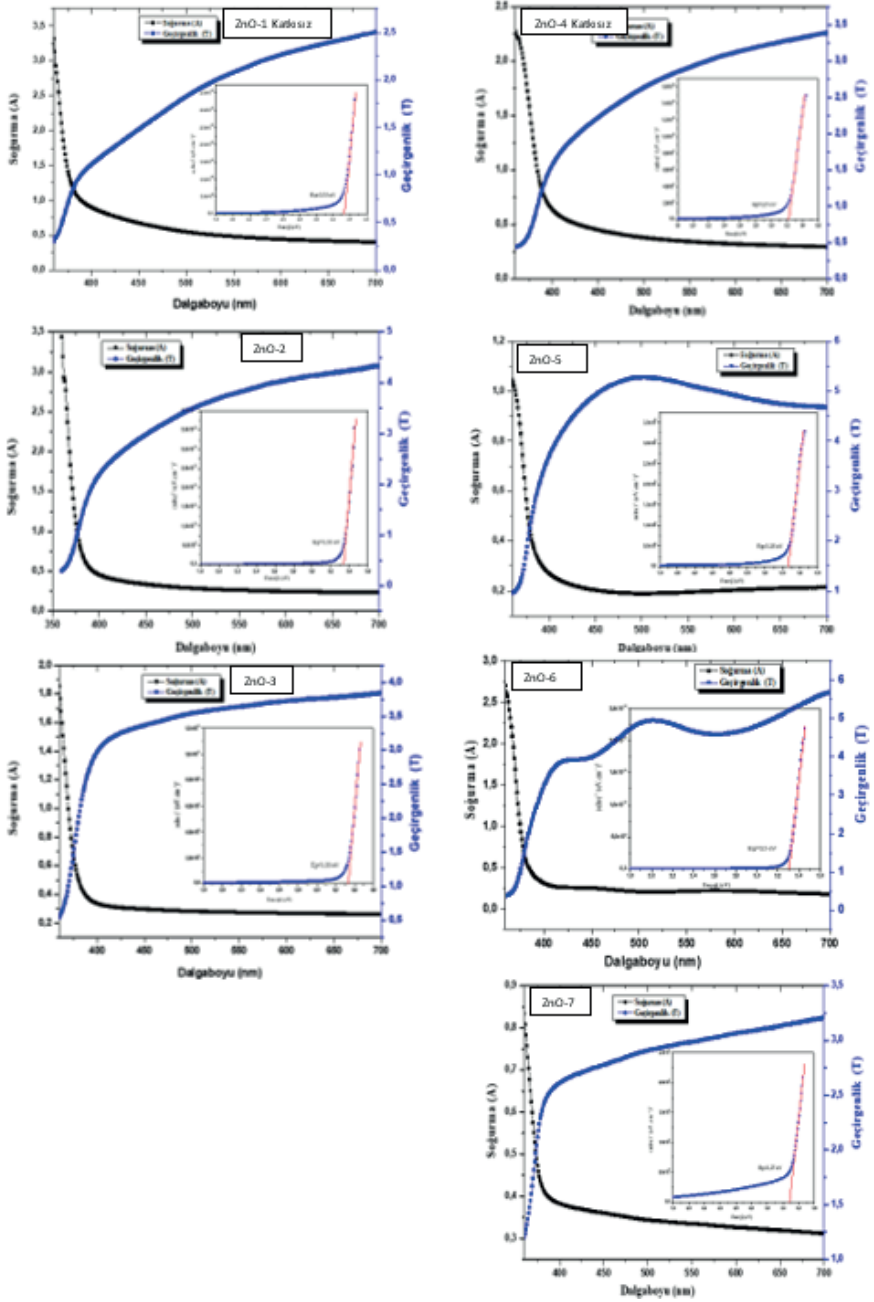
Burada; α ve β sırasıyla absorpsiyon sabiti ve bant kuyruk parametresi olup E_g ise optik bant aralığıdır ve $n = 1$ 'dir (Khatoon ve Ahmad, 2012). Şekil 3'te katkısız ve Bor katkı ZnO ince filmlerin $(\alpha h\nu)^{2/3}$ 'nin $h\nu$ 'ye göre çizilen grafiklerinden elde edilen eğrinin lineer kısmının ekstrapolasyon yöntemi kullanılarak optik bant aralıkları (E_g) hesaplanmış ve bu değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Katkısız ve Bor Katkılı ZnO İnce Filmlerin Geçirgenlik, Soğurma ve Optik Bant Aralığı Değerleri

Numune Adı	Geçirgenlik (T)	Soğurma (A)	Optik Bant Aralığı (eV)
ZnO-1(katkısız)	2,5	3,40	3,34
ZnO-2	4,4	3,50	3,34
ZnO-3	3,7	1,88	3,34
ZnO-4(katkısız)	3,4	2,25	3,21
ZnO-5	4,6	1,15	3,26
ZnO-6	5,6	2,75	3,30
ZnO-7	3,4	0,84	3,29

Şekil 4
Katkısız ve Bor katkılı ZnO İnce Filmlerin Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrumları ve Optik Bant Analizi Grafikleri



IV. SONUÇLAR

Püskürtme (Sprey piroliz) yöntemi ile katkısız ve Bor katkılı ZnO ince filmlerin yapısal, morfolojik ve optik özellikleri incelenerek en iyi sonuçlar araştırılmıştır.

**İlk olarak; katkılı ve katkısız büyütülen katkısız ve Bor katkılı ZnO ince filmlere ait XRD grafikleri ile yapısal analizleri incelendi.

Yapı oluşan bu ince filmlerin polikristal yapıda olduğu ve Şekil 2' deki grafiklerden de görüleceği üzere filmlerin (100), (002), (101) ve (102) düzlemlerinde büyüdükleri ve bu piklerin derecelerinin yaklaşık 32.33°, 34.91°, 36.86° ve 48.04° olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda ilgili grafiklerden büyütülen filmlerin XRD pik şiddetinde farklılık gözlenmiştir. Bu fark kullanılan $C_4H_4OZn:2H_2O$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ bileşiklerin özelliklerinden ve katkı olarak kullanılan Bor (H_3BO_3) elementinin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. XRD pik şiddeti en büyük ve keskin olanların en kaliteli kristal olarak bu bileşikle büyütülmüş olduğu kabul edilir. Ayrıca Bor elementine ait (hkl) piklerinin olmaması da katkılanmanın mükemmel olduğunu göstermektedir.

**İkinci olarak; ince filmlerin kristal boyutları Tablo 2'de verilmiş olup katkı miktarının artması ile kristal boyutunda artma gözlenmiş ve en yüksek kristal boyutu üretilen ZnO-5 ince film için 350.3 Å olarak ölçülmüştür.

**Üçüncü olarak; Şekil 4'te katkısız ve Bor katkılı ZnO filmlerinin Ultraviyole-görünür bölge spektrumları (geçirgenlik ve soğurma) ile optik bant aralığı grafikleri gösterilmektedir. Tüm ZnO ince filmlerde geçirgenlik yaklaşık 350 nm'den sonra hızlı bir artış göstermiş ve ilgili katsayılar Tablo 3'te verilmiştir. Burada en yüksek geçirgenlik ZnO-6'da görülürken, en düşük geçirgenlik ise ZnO-1 de görülmektedir. Katkılı biriktirilen ZnO ince filmin daha iyi optik geçirgenliğe sahip olmasının daha küçük yüzey pürüzlülüğünün sonucu olduğu düşünülmektedir.

**Son olarak; Şekil 4'te verilen ince filmlerin soğurma grafiklerinden yaklaşık 375 nm dalga boyundan başlayarak 400 nm dalga boyuna doğru keskin bir artış göstermiştir. Bu soğurma sınırının dışında 400 nm dalga boyunda daha büyük dalga boylarında materyaller hemen hemen geçirgen, 350 nm dalga boyundan küçük dalga boylarında ise kuvvetli bir soğurucu olarak davranış göstermiştir.

KAYNAKÇA

- Ambedkar, A.K., Singh, M., Kumar, V., Kumar, V., Singh, B. P., Kumar, A., Gautam, K.Y., (2020). Structural, optical and thermoelectric properties of Al-doped ZnO thin films prepared by spray pyrolysis. *Surfaces and Interfaces*, Volume 19, 100504.
- Ammaih, Y., Lfakir, A., Hartiti, B., Ridah, A., Siadat, M., Thevenin, P., (2016). Optimization of parameters for deposition of ZnO films by sol gel using Taguchi method. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 627, 176–182.
- Anand, V.K., Sood, S.C., Sharma, A., (2010). Characterization of ZnO Thin Film Deposited by Sol-Gel Process. *AIP Conf. Proc.*, 1324, 399–401.
- Aryanto, D., Jannah, W. N., Masturi, Sudiro, T., Wismogroho, A.S., Sebayang, P., Sugianto, Marwoto, P., (2017). Preparation and structural characterization of ZnO thin films by sol-gel method. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 817 012025.
- Asil H., Çınar K., Gür E., Coşkun C. and Tüzemen S, (2010). Effect of Different Solutions on Electrochemical Deposition of ZnO. *Azerbaijan Journal of Physics:Fizika*, 16(2), 129-133
- Barankin, M. D., Gonzalez II, E., Ladwig, A. M., Hicks, R. F., (2007). Plasma-enhanced chemical vapor deposition of zinc oxide at atmospheric pressure and low temperature. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 924-930.
- Bedia, F. Z., Bedia, A., Maloufi, N., Aillerie, M., Benyoucef, B., (2014). Effect of tin doping on optical properties of nanostructured ZnO thin films grown by spray pyrolysis technique. *J. Alloy. Compd.*, 616, 312-318.
- Chao, C.H., Wei1, D.H., (2015). Synthesis and Characterization of High c-axis ZnO Thin Film by Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition System and its UV Photodetector Application, *J. Vis. Exp.*, 3(104):53097.
- Çoşğun, A., Taşçıoğlu, A., Yılmaz, G., (2021). İnce Film Üretiminde Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi ve Çeşitleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2): 351-363.
- Coşkun C., Güney H, Gür E and Tüzemen S, (2009). Effective annealing of ZnO thin films grown by electrochemical deposition technique. *Turk J Phy.*, 33(1), 49-56.

- Deng, H., Russell, J.J., Lamb, R.N., Jiang, B., (2004). Microstructure control of ZnO thin films prepared by single source chemical vapor deposition. *Thin Solid Films*, 458, 43.
- El Khalidi, Z., Comini, E., Hartiti, B., Moumen, A., Arachchige, H.M., Fadili, S., Thevenin, P., Kamal, A., (2018). Effect of vanadium doping ZnO sensing properties synthesized by spray pyrolysis. *Mater. Des.*, 139, 56–64.
- Franklin, J. B., Zou, B., Petrov, P., McComb, D. W., Ryana, M. P., and McLachlan, M. A., (2011). Optimised pulsed laser deposition of ZnO thin films on transparent conducting substrates. *Journal of Materials Chemistry*, Issue 21, 8178-8182.
- Gaikwad, R. S., Bhande, S. S., Mane, R. S., Pawar, B. N., Gaikwad, S. L., Han, S. H., & Joo, O. S. (2012). Roughness- based monitoring of transparency and conductivity in boron-doped ZnO thin films prepared by spray pyrolysis. *Materials Research Bulletin*, 47(12), 4257-4262.
- Gong, J., Dou, Z., Ding Q., Xu Y., and Zhu W., (2010). Controlled Synthesis of ZnO Nanostructures by Electro deposition Method. *Journal of Nanomaterials*, Article ID 740628, 6 pages doi:10.1155/2010/740628.
- Gümüş, C., Ozkendir, O.M., Kavak, H., Ufuktepe, Y., (2006). Structural and optical properties of zinc oxide thin films prepared by spray pyrolysis method. *Journal Of Optoelectronics And Advanced Materials*, Vol. 8, No. 1, p. 299 – 303.
- Junhee, C., Seongkwon, H., Doo-Hyun K., and Seungjun C., (2019). Transparent ZnO Thin-Film Deposition by Spray Pyrolysis for High-Performance Metal-Oxide Field-Effect Transistors. *Materials (Basel)*, Oct; 12(20): 3423.
- Kaya, Y., Baydır, E., Aras, Ö., (2021). Bor Katkılı ZnO Nanopartiküllerin Sentezi ve Yapısal, Morfolojik, Optik Özelliklerinin Deneysel/Kuramsal İncelenmesi. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1064-1072, 2021.
- Kim, G., Bang, J., Kim, Y., Rout, S. K., & Woo, S. I. (2009). Structural, electrical and optical properties of boron doped ZnO thin films using LSMCD method at room temperature. *Applied Physics A*, 97(4), 821-828.
- Kaur, G., Mitra, A., & Yadav, K. L. (2015). Pulsed laser deposited Al-doped ZnO thin films for optical applications. *Progress in Natural Science: Materials International*, 25(1), 12-21.

- Khalil, R., Azar, M., Malhama, I. B., Turmine, M., Vivier, V., (2022). Electrochemical deposition of ZnO thin films in aprotic ionic liquids: Effect of the cationic alkyl-chain-length. *Journal of Ionic Liquids*, 2, 100031.
- Khatoon, S., & Ahmad, T. (2012). Synthesis, optical and magnetic properties of Ni-doped ZnO nanoparticles. *Journal of Materials Science and Engineering B*, 2(6), 325-333.
- Koç, M., (2021). Ultrasonik Sprey Piroliz ile Üretilen ZnO İnce Filmlerin Alttař Sıcaklıklarının Yapısal ve Optik Özelliklerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 16(1): 169-178
- Koç, P., (2010). Elektro Kimyasal Büyütme Yöntemi İle Elde Edilen ZnO İnce Filmlerin Elektriksel Ve Optiksel Özellikleri Üzerinde Yüksek Enerjili Elektron Bombardımanının Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lamri, Z.M., Toudjén, N.E. H., Aida, M.S., Aouabdia, N., Rouabah, S. (2023) Growth of undoped ZnO thin films by spray pyrolysis: effect of precursor concentration. *Opt.*, 52(4):1782–1788.
- Lee J.H., Park, B.O., (2003). Transparent conducting ZnO: Al, In and Sn thin films deposited by the sol-gel method. *Thin Solid Films*, 426 94-99.
- Lehraki, N., Aida, M.S., Abed, S., Attaf, N., Attaf, A., Poulain, M., (2012). ZnO thin films deposition by spray pyrolysis: influence of precursor solution properties. *Curr. Appl. Phys.*, 12, 1283–1287.
- Li, C., Furuta, M., Matsuda, T., Hiramatsu, T., Furuta, H., Hirao. T., (2009). Effects of substrate on the structural, electric and optical properties of Al-doped ZnO films prepared by radio frequency magnetron sputtering. *Thin Solid Films.*, 517, 3265-3268.
- Maciąg, A., Sagan, P., Kuźma, M., Popovych, V., (2017). Zinc oxide films prepared by spray pyrolysis. *EPJ Web of Conferences*, 133, 03004.
- Nehru, L.C., Umadevi, M., Sanjeeviraja, C., (2012). Studies on Structural, Optical and Electrical Properties of ZnO Thin Films Prepared by the Spray Pyrolysis Method. *International Journal of Materials Engineering*, 2(1): 12-17.
- Pilor, M., Hartiti, B., Dioum, A., Labrim, H., Arba, Y., Belafhaili, A., Tahri, M., Fadili, S., Ba, B., Thevenin, P., (2022). Study and Characterization of

ZnO Thin Films Deposited by Sol–Gel Method Associated With Dip Coating. Sustainable Energy-Water-Environment Nexus in Deserts, pp 439–445.

- Rabeel M., Sofia Javed, S., Khan, R., Akram, M.A., Rehman, S., Kim, D.K., Khan, M.F., (2022). Controlling the Wettability of ZnO Thin Films by Spray Pyrolysis for Photocatalytic Applications. *Materials (Basel)*, May 7;15(9):3364. Doi: 10.3390/ma15093364.
- Rahal, H., Kihal, R., Affoune, A.M., Ghers, M., and Djazi, F., (2017). Electrodeposition and characterization of ZnO thin films using sodium thiosulfate as an additive for photovoltaic solar cells. *Journal of Semiconductors*, Vol 38, 5.
- Rajendra, B.V., Vinayak B., Dhananjaya K., (2014). Optical Properties of Zinc Oxide (ZnO) Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Method, *Advanced Materials Research*, (Volume 895), p. 226-230.
- Sağlam H. K., Gür, E., Ertuğrul, M., (2023) . Investigation of the growth temperature effect on H₂ gas detection for ZnO thin films. *Optical Materials*, vol.137.
- Sağlam H. K., Sarıtaş S., İskenderoğlu D., Güney H., Ertuğrul M., (2022). Ag-doped ZnO hydrogen sensor grown by the USP method. *Optical Materials*, vol.133.
- Tatar D., (2015). Spray Pyrolysis Yöntemi İle Farklı Altlık Sıcaklığında Elde Edilen SnO₂ Ve SnO₂F İnce Filmlerin Bazı Fiziksel Özelliklerine Altlık Sıcaklığının Etkisinin Araştırılması. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yang P.F., Wen, H.C., Jian, S.R., Yi-Shao Lai, Y.S., Wu, S., Chen, R.S., (2008). Characteristics of ZnO thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering. *Microelectronics Reliability*, Volume 48, Issue 3, P. 389-394.
- Zhou, H.M., Yi, D.Q., Yu, Z.M., Xiao L.R., Li, J., (2007). Preparation of aluminum doped zinc oxide films and the study of their microstructure, electrical and optical properties. *Thin Solid Films*, 515, 6909.
- Wen, B., Liu, C. Q., Wang, N., Wang, H. L., Liu, S. M., Jiang, W., Chai, W. P. (2016). Crystallization behavior and properties of B-doped ZnO thin films prepared by sol-gel method with different pyrolysis temperatures. *Chinese Journal of Chemical Physics*, 29(2), 229-233.



Bölüm 5

BETONARME ÇELİĞİNDE KULLANILAN PAS SÖKÜCÜLERİN BETON DAYANIMINA ETKİSİ

Said DUSAK¹

1. GİRİŞ:

Betonarme yapılarda kullanılan çeliğin beton dökülene kadar geçen süre içerisinde korozyona uğraması, betonarme yapıları olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle ileri derecedeki korozyon durumlarında, oluşan korozyon çelik ile beton arasında bir katman oluşturarak beton ile çeliğin aderansını engellemekte ve betonarme elemanlardan beklenen dayanımın sağlanamamasına sebep olmaktadır. Betonarme çeliğinde oluşan bu korozyonun beton dökülmeden önce temizlenmesi, ideal betonarme davranışının sağlanması için son derece önemlidir. Pas sökücü kimyasallar, bu sorunu çözmek için yaygın olarak kullanılır. Ancak bu kimyasalların beton dayanımına etkisi dikkatlice değerlendirilmelidir. Pas sökücü kimyasal kullanıldıktan sonra çelik ve kalıp yüzeylerinden bu kimyasal maddelerin iyice yıkanıp, temizlenmesi gerekmektedir. Aksi halde bu pas sökücü kimyasal madde kalıntılarının dökülecek olan betonun karma suyuna karışması durumunda betonun basınç dayanımına nasıl etki edeceği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bölümde, korozyonun temizlenmesi amacıyla kullanılan pas sökücü kimyasal maddelerin betona etkileri detaylı bir şekilde incelenecektir. Bu bağlamda, pas sökücü kimyasal maddelerin betona etkisini görmek için bu kimyasal maddelerin belirli karışım oranlarıyla beton karma suyuna ilave edilerek hazırlanan beton numuneleri üzerinde bir seri deneysel çalışma yapılmıştır.

1. Literatür İncelemesi

Yapılmış olan çalışmalardan, pas sökücü kimyasalların beton üzerindeki olası zararları ve alternatif temizleme yöntemlerini ele almaktadır. Pas sökücü kimyasalların, özellikle asidik özellikte olanların, betonun kimyasal yapısını bozarak dayanıklılığını azaltabileceği belirtilmiştir [1]. Kimyasal pas sökücüler, beton yüzeyinde beyazlama veya ilave turuncu lekeler oluşturabileceği belirtilmiştir [2]. Pas sökücü kimyasalların cilt, göz ve solunum yollarına zarar verebileceği ve çevreye olumsuz etkileri olabileceği belirtilmiştir [3]. Bazı doğal asitler, daha hafif pasları gidermek için kullanılabilir ve çevre dostu bir alternatif sunar [4]. Asidik pas sökücüler, beton yüzeyindeki çimento ve mikro-agrega yapısını aşındırarak kalıcı hasara yol açabilir [5].

2. Korozyon Oluşumunun Betonarmeye Etkisi:

Korozyon, betonarme yapının dayanımını doğrudan etkiler. Korozyon, çelik yüzeyde çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucunda pas oluşumuna neden olur. Pas, çelik donatıların hacmini artırır ve bu da betonun içinde öngörülme-yen ilave gerilmeler oluşturarak çatlama ve parçalanmaya yol açar. Bu durum, betonarmenin taşıma kapasitesini ve dayanımını azaltır (Şekil 1).



Şekil 1. Betonarme Çeliğinde Pas oluşumu

3. Pasın (Korozyon) Kimyasal Yöntemlerle Temizlenmesi:

Pas temizliği çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak giderilmektedir. Demir ve çelik üzerinde oluşan pasın çözdürülerek temizlenmesi amacıyla kullanılan maddelerden biri de “Ortofosforik Asit” olarak tanımlanan bir kimyasal maddedir. Bunun dışında da aynı şekilde pas sökücü amaçla kullanılan kimyasal bileşikler bulunmaktadır.

4. Pas Sökücü Kimyasal Maddenin Özellikleri:

Pas sökücü olarak kullanılan farklı kimyasal maddeler bulunmakla birlikte bileşiminde etken madde olarak fosforik asit kullanılan pas sökücülerin kullanımı yaygındır. Bu pas sökücünün bileşimi ve birleşim oranları Tablo.1’de verilmiştir.

Tablo 1. Pas sökücü kimyasal maddenin ihtiva ettiği maddelerin tanımı ve konsantrasyonları

Bileşenler	Konsantrasyon
ORTHOPHOSPHORIC ACID	45-55
BUTHYL GLYCOL ETHER	0-5

5. Pas Sökücü Kimyasal Maddenin Beton Basıncı Dayanımına Etkisi:

Pas sökücü kimyasalların beton üzerindeki etkileri şu şekilde incelenebilir. Kimyasal sızma ve betonun mikro yapısında değişikliklere sebep olabilir. Pas sökücü kimyasallar, mevcut beton yüzeyine veya çatlaklarına sızabilir. Yeni yapılan bir betonarme yapıda, pas oluşmuş olan betonarme çeliğinin temizlenmesi sonrası yüzeyde kalan kimyasal kalıntıların yeni dökülecek betona karışarak bu kimyasalların betonun mikro yapısına olan etkisi, betonun dayanımını ve bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle asidik

veya aşındırıcı bileşenler içeren kimyasallar, betonun bağlayıcı bileşenlerine zarar verebilir.

Betonarme yapılarda, beton ve çelik donatı arasındaki aderans, betonarme elemanın yük taşıma özelliği açısından hayati öneme sahiptir. Uygun kimyasal bileşenler ve doğru uygulama teknikleri, bu ara yüzdeki aderansı korumaya yardımcı olabilir.

5.1. Pas Sökücü Kimyasalın Beton Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Azaltmak:

1. Uygun pas sökücü kimyasalların seçimi, beton basınç dayanımının azalmasını engeller.

2. Uygulama öncesi ve sonrası yüzey hazırlığı, pas sökücü uygulamadan önce ve sonra yüzeylerin doğru bir şekilde temizlenmesi, yıkanması, kurutulması ve hazırlanması, kimyasalların olumsuz etkilerini azaltır. Yüzey hazırlığı, kimyasalın etkinliğini artırır ve kalıntıların uzaklaştırılmasını sağlar.

Pas sökücü kimyasallar, betonarme çeliğinin korozyonunu önlemek ve mevcut pası temizlemek için etkili bir çözüm sunar. Ancak, bu kimyasalların beton dayanımına etkileri dikkatlice değerlendirilmelidir. Doğru ürün seçimi, uygun uygulama teknikleri ve koruyucu önlemler, bu kimyasalların olumsuz etkilerini en aza indirerek betonarme yapıların istenen dayanımda kalmasını sağlar. Yapıların güvenliği ve uzun ömürlülüğü için, pas sökücü kimyasalların bilinçli ve dikkatli kullanımı hayati öneme sahiptir.

6. Pas Sökücü Kimyasalların Beton Basınç Dayanımına Etkisini Gösteren Deneysel Çalışmalar:

Nervürlü inşaat demirlerinde meydana gelen korozyonlar, demirlerin betonla aderansını olumsuz yönde etkilemekte ve betonarme yapıların ömrünü azaltmaktadır. Bu sebeple inşaat demirlerinin korozyona uğradığı durumlarda beton imalatından önce korozyonun giderilmesi gerekmektedir.

Korozyonun giderilmesi için piyasada çeşitli kimyasallar bulunmaktadır. Çalışmaya konu olan ve yukarıda içeriği verilen pas sökücü ürünün kullanıldığı nervürlü demirlerin çekme dayanımları ile ilgili deneyler yapılarak meydana gelen kayıpların standartlarda belirlenen tolerans aralığında kaldığı belirtilmiştir. Ancak bahsedilen kimyasal pas sökücünün nervürlü demir yüzeyinde kalması halinde beton dayanımına etkisi ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Kimyasal pas sökücünün beton dayanımına etkisinin incelenmesi amacıyla şantiye ortamında beton dökümü esnasında beton dayanım numuneleri alınırken ayrı gruplar halinde bahsedilen kimyasalın çeşitli oranlarda betona karıştırılarak basınç deneyine tabi tutulması adımlarından oluşan bir deneysel çalışma yapılmıştır.

7. Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Gözlemler:

1. Deneysel çalışma için santral çıkışı üzerinden 62 dakika geçmiş ve karışım özellikleri Tablo 2’de verilen basınç dayanımı C35 olan betondan önce 4 adet silindir numune alınmış, daha sonra el arabasına 16 silindir numune kabı ölçüsünde beton aktarılmıştır.

2. El arabasına aktarılan beton dörtlü setler halinde karıştırma kabına ayrılmıştır. Ayrı bir köşede setlere katılacak olan pas sökücü ölçekli kaplarda hazır edilmiştir.

3. 1. Sete 300 ml su (Kontrol Grubu),

2. Sete 200 ml su, 100 ml Pas sökücü karışımı,

3. Sete 100 ml su, 200 ml Pas sökücü karışımı,

4. Sete 300 ml Pas sökücü karışımı katılarak tüm setlerin beton/sıvı oranının aynı olması hedeflenmiştir.

4. Birinci sete katılan su homojen hale gelene kadar el ile karıştırılmış ve dört adet silindir numune kabına aktarılmış, standardı karşılayacak şekilde şişlenmiş ve beton prizini alıncaya dek sabit ve korunaklı bir zeminde koruma altına alınmıştır.

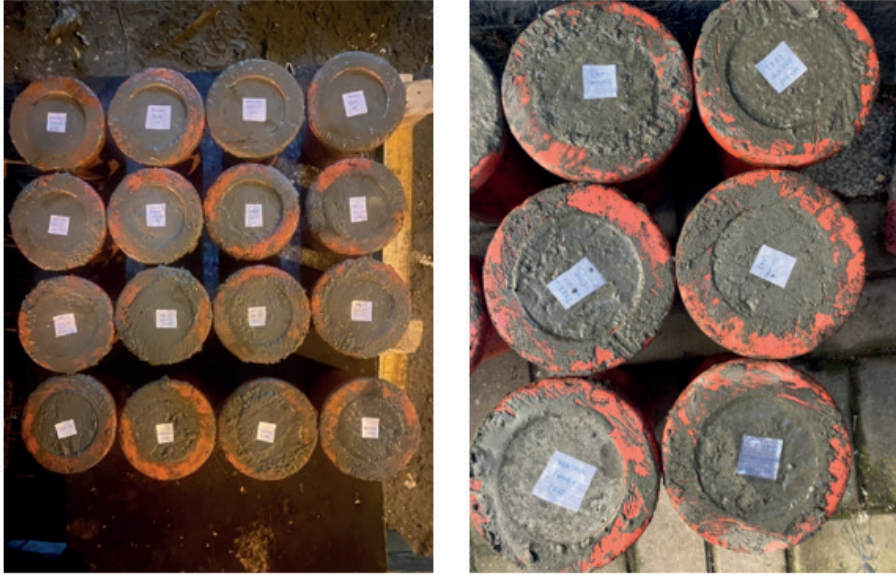
5. İkinci sete aynı anda 200 ml su, 100 ml Pas sökücü katılmış ve karışım homojen hale gelene kadar el ile karıştırılmıştır. Betonun kıvamında gözle görülür bir değişiklik olmamıştır. Karışım dört adet silindir kabına aktarılmış, standardı karşılayacak şekilde şişlenmiş ve beton prizini alıncaya dek sabit ve korunaklı bir zeminde koruma altına alınmıştır.

6. Üçüncü sete aynı anda 100 ml su, 200 ml Pas sökücü katılmış ve karışım homojen hale gelene kadar el ile karıştırılmıştır. Pas sökücü kimyasal sıvısı beton ile karışmaya başladığı andan itibaren betondan duman ve ısı çıkışı gözlenmiş, kimyasal tepkimeye girdiği anlaşılan beton katılarak karıştırılması zorlaşmıştır. Karışım dört adet silindir kabına aktarılmış, standardı karşılayacak şekilde şişlenmiş ve beton prizini alıncaya dek sabit ve korunaklı bir zeminde koruma altına alınmıştır.

7. Dördüncü sete 300 ml Pas sökücü katılmış, karıştırılmaya başladığı andan itibaren daha bariz şekilde kimyasal tepkime emareleri görülen betondan duman ve ısı çıkışı gözlemlenmiştir. Beton katılarak karıştırılması zorlaşmış ve kıvamı koyulaşmış, agregaların kısmen parçalandığı ve ufalandığı gözlemlenmiştir. Karışım dört adet silindir kabına aktarılmış, standardı karşılayacak şekilde şişlenmiş ve beton prizini alıncaya dek sabit ve korunaklı bir zeminde koruma altına alınmıştır.

8. Beton basınç dayanımının belirlenmesin aşamalarında, değerlendirilme; TS EN 13515/2014, numunelerin alınmasında; TS EN 12350-1, kürlen-

mesinde, TS EN 12390-2, test edilmesinde; TS EN 12390-3, slump deneyinde; TS EN 12350-2, uygunluk kontrolünde; TS EN 206 standartlarına göre işlem yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı oranlarda “Pas Sökücü Sıvı” kullanılarak elde edilen beton numuneleri

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan kontrol gurubu betonun karışım oranları

Beton sınıfı	C 35/45 Hazır Beton
Özel nitelikler	Normal
Kıvam sınıfı	S3
Klor içeriği	Cl 0,20
Su/çimento oranı	0,44
Cem / 42,5	280

Uçucu kül (çayırhan)	0
Cüruf	60
Su	150
Süper Akışkanlaştırıcı	5,78
Mıdır 2 no	672
Mıdır 1 No	384
Kırma kum 0,5	524
Kırma kum 0,3	0
Doğal kum	310
Toplam agrega	1890
Kütle	2386

8. Pas Sökücü Kimyasal Karışımı Beton Basınç Deneyi Sonuçları:

Yapılan 7 günlük basınç dayanım testi sonucunda;

- Mikserden alınan katkısız numunenin basınç dayanımı 24,5 N/mm², (Tablo 3).
- Birinci setin basınç dayanımı 20,6 N/mm², (300 ml su), (Tablo 5).
- İkinci setin basınç dayanımı 18,58 N/mm², (200 ml su/100 ml pas sökücü) olarak tespit edilmiştir (Tablo 6).
- Üçüncü set kırım esnasında parçalanarak sonuç vermemiştir (100 ml su /200 ml pas sökücü), (Tablo 7).
- Dördüncü set kırım esnasında parçalanarak sonuç vermemiştir (300 ml pas sökücü) (Tablo 8).

Yapılan 28 günlük basınç dayanım testi sonucunda;

- Mikserden alınan katkısız numunenin basınç dayanımı $32,5 \text{ N/mm}^2$, (Tablo 4).
- Birinci setin basınç dayanımı $27,35 \text{ N/mm}^2$, (300 ml su), (Tablo 5).
- İkinci setin basınç dayanımı $23,41 \text{ N/mm}^2$, (200 ml su/100 ml pas sökücü), (Tablo 6).
- Üçüncü setin basınç dayanımı $22,54 \text{ N/mm}^2$, (100 ml su /200 ml pas sökücü), (Tablo 7).
- Dördüncü setin basınç dayanımı $21,46 \text{ N/mm}^2$, (300 ml pas sökücü), olarak tespit edilmiştir (Tablo 8).

“7 ve 28 Günlük” basınç dayanım testi sonuçları, yükleme grafiği olarak, Birinci set için Şekil 3’te, İkinci set için Şekil 4’te, Üçüncü set için Şekil 5’te, Dördüncü set için Şekil 6’da verilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda tüm gruplarda içerisine ilave su/sıvı karışımı katılan betonların basınç dayanımlarının düştüğü görülmüştür. Dört numune seti için sadece birinci set olan 300ml su ilave edilmesi durumunda 7 günlük basınç dayanımı $24,5 \text{ N/mm}^2$ iken $20,6 \text{ N/mm}^2$ ’ye düşmüş, 28 günlük basınç dayanımı ise $32,5 \text{ N/mm}^2$ ’den $27,35 \text{ N/mm}^2$ ’ye düşmüştür. Yapılan su ilavesi sonucu 28 günlük basınç dayanımında %15,8 oranında bir azalma gerçekleşmiştir. Bu durum, betona kontrolsüz su ilavesinin beton basınç dayanımına ne oranda zarar verdiğini göstermektedir (Tablo 5). 100/200 mm silindir numune hacmi 1570 cm^3 (ml)’dir. Deney numunelerini hazırlarken 4 adet numune için ayrılan hazır beton karışımına toplamda 300 ml sıvı (pas sökücü ve su karışımı) ilavesi yapılmış olup her bir silindir numune için mevcut su muhtevasına ilave $300/4=75 \text{ cm}^3$ (ml) sıvı eklenmiştir. Tablo 2’de verilen beton karışımında 1 m^3 beton için su miktarı 150 litre olduğundan su/beton karışım oranı %15 olmaktadır. Böylece her bir silindir numune içeriğinde $\%15 \times 1570 = 235,50 \text{ cm}^3$ (ml) su muhtevası bulunduğu hesaplanır. Her bir numune için ilave edilen sıvı karışımının, toplam su muhtevasına oranı ise, $75 / 235,5 = 0,32$ (%32) olarak bulunur. Netice olarak hazırlanmış olan bir beton numunesine %32 oranında ilave su eklendiğinde 28 günlük beton basınç dayanımında %15,8 oranında bir azalma gerçekleştiği görülmüştür.

Kimyasal pas sökücünün oransal olarak arttırıldığı durumlarda betonun priz alma süresinin geciktiği gözlemlenmiştir. Bunun yanında betona ilave edilen sıvı içeriğindeki pas sökücü oranı 1/3 olduğu ikinci set olan 200 ml su/100 ml pas sökücü durumunda 7 günlük beton basınç dayanımı; $18,58 \text{ N/mm}^2$ ’ye düşerek %24 oranında bir azalma göstermiştir. Bundan sonraki üçüncü set deney numunesi olan 100 ml su /200 ml pas sökücü ve dördüncü set deney numunesi olan 300 ml pas sökücü ilave edilen durumlarda 7 günde

sağlaması gereken beton basınç dayanımını karşılamayarak yükleme aşamasında henüz yük almadan parçalandığı gözlemlenmiş ve sonuç alınamamıştır (Tablo 9).

Pas sökücü ve su karışımının dört farklı karışım oranlarıyla hazırlanan deney numunelerinden 28 günlük beton basınç dayanım testleri yapılmıştır. Her dört set için elde edilen 28 günlük beton basınç dayanımı ortalaması Tablo 9’da karşılaştırılmıştır.

1. Birinci set olan kontrol grubu beton numunelere (300 ml su/0 ml pas sökücü) %32 oranında ilave su eklendiğinde 28 günlük beton basınç dayanımında %15,8 oranında bir azalma gerçekleşmiştir.

2. İkinci set beton numunelere (200 ml su/100 ml pas sökücü) ilave olarak %21,3 su ve %6,7 pas sökücü eklendiğinde 28 günlük beton basınç dayanımında %28 oranında bir azalma gerçekleşmiştir.

3. Üçüncü set beton numunelere (100 ml su/200 ml pas sökücü) ilave olarak %6,7 su ve %21,3 pas sökücü eklendiğinde 28 günlük beton basınç dayanımında %30,6 oranında bir azalma gerçekleşmiştir.

4. Dördüncü set beton numunelere (0 ml su/300 ml pas sökücü) ilave olarak %32 oranında pas sökücü eklendiğinde 28 günlük beton basınç dayanımında %34 oranında bir azalma gerçekleşmiştir (Tablo 9).

Sonuç olarak her bir set için hazır beton karışımına ilave edilen %32 oranındaki ekstra suyun 28 günlük beton basınç dayanımını % 15,8 oranında azaltırken ilave edilen %32 oranındaki ekstra saf pas sökücünün 28 günlük beton basınç dayanımını % 34 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Katkısız C35 betonun “7 Günlük” basınç dayanım testi sonuçları

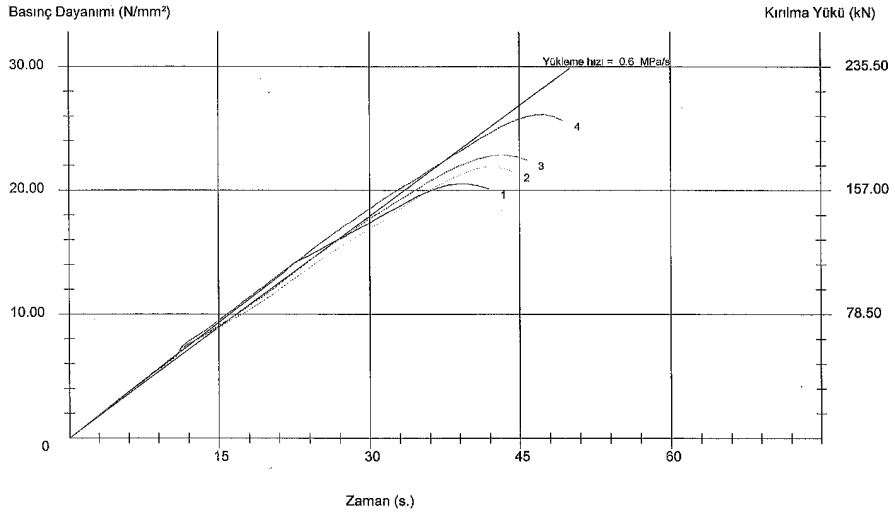
Numune No	Numune Ebadı (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	100/200	188,25	23,0	24,5
2		176,81	21,8	
3		145,28	17,9	
4		214,55	26,5	
5		202,96	25,1	
6		212,39	26,3	
7		222,64	27,5	
8		206,19	25,5	
9		222,64	27,5	

Tablo 4. Katkısız C35 betonun “28 Günlük” basınç dayanım testi sonuçları

Numune No	Numune Ebadı (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	100/200	259,83	32,1	32,5
2		242,31	30,0	
3		218,05	27,0	
4		277,35	34,2	
5		252,29	31,1	
6		284,09	35,1	
7		281,40	34,7	
8		242,31	30,0	
9		310,78	38,4	

Tablo 5. Kontrol grubu betonun (300 ml su/0 ml pas sökücü) “7 ve 28 Günlük” basınç dayanım testi sonuçları

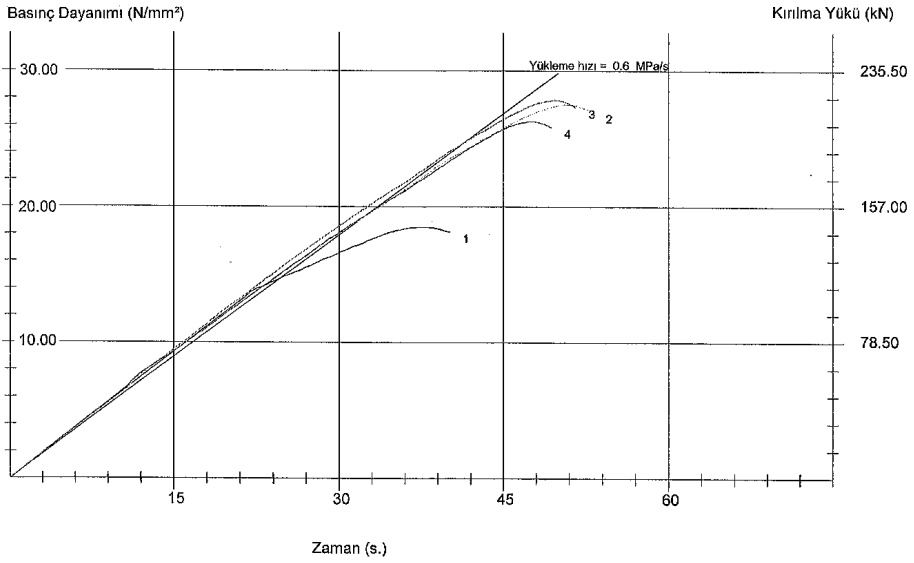
Numune No	Numune Yaşı	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	7 Günlük	161,72	20,60	20,60
2	28 Günlük	207,27	26,40	27,35
3	28 Günlük	216,98	27,64	
4	28 Günlük	219,94	28,02	



Şekil 3. Kontrol grubu betonun (300 ml su/0 ml pas sökücü) “7 ve 28 Günlük” basınç dayanım testi yükleme grafiği

Tablo 6. İkinci set betonun (200 ml su/100 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi sonuçları

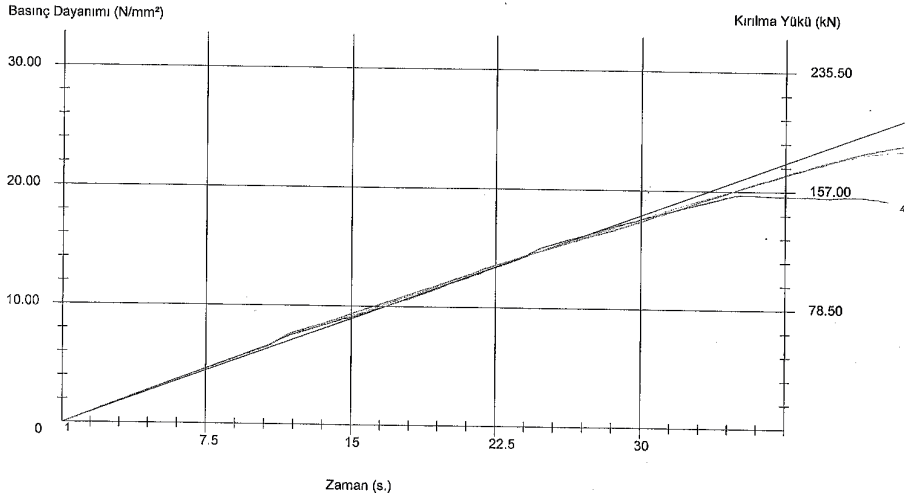
Numune No	Numune Yaşı	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	7 Günlük	145,82	18,58	18,58
2	28 Günlük	172,77	22,01	23,41
3	28 Günlük	180,05	22,94	
4	28 Günlük	205,19	25,27	



Şekil 4. İkinci set betonun (200 ml su/100 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi yükleme grafiğı

Tablo 7. Üçüncü set betonun (100 ml su /200 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi sonuçları

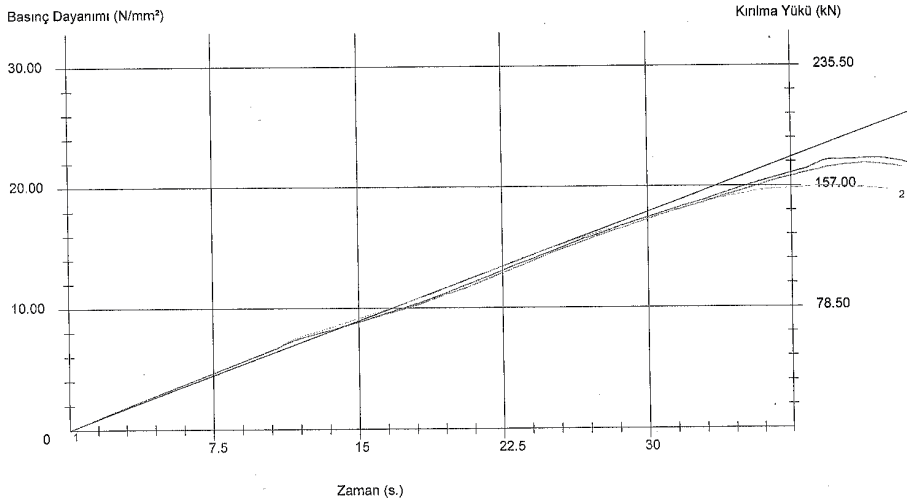
Numune No	Numune Yaşı	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	7 Günlük	0	0	0
2	28 Günlük	185,17	23,59	22,54
3	28 Günlük	190,29	24,24	
4	28 Günlük	155,25	19,78	



Şekil 5. Üçüncü set betonun (100 ml su /200 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi yükleme grafiği

Tablo 8. Dördüncü set betonun (0 ml su /300 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi sonuçları

Numune No	Numune Yaşı	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	7 Günlük	0	0	0
2	28 Günlük	185,17	20,09	21,46
3	28 Günlük	190,29	21,94	
4	28 Günlük	155,25	22,35	



Şekil 6. Dördüncü set betonun (0 ml su /300 ml pas sökücü) "7 ve 28 Günlük" basınç dayanım testi yükleme grafiği

Tablo 9. Beton deney numunelerinin 7 Günlük ve 28 Günlük basınç dayanım testi sonuçları

Numune Adı	7 Günlük Beton Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)	28 Günlük Beton Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)	Basınç Dayanımındaki Azalma (%)	Basınç Dayanımındaki Kümülatif Azalma (%)
Katkısız C35 Beton	24,5	32,5		
1. Set (Kontrol Gurubu) 300 ml su/0 ml pas sökücü	20,6	27,35	15,8	15,8
2. Set 200 ml su/100 ml pas sökücü	18,58	23,41	14,4	28
3. Set 100 ml su/200 ml pas sökücü	0 (Sonuç vermedi, Parçalandı)	22,54	3,7	30,6
4. Set 0 ml su/300 ml pas sökücü	0 (Sonuç vermedi, Parçalandı)	21,46	4,8	34

9. Sonuç:

Pas giderici sıvılar kullanılarak betonarme donatı çeliğinde oluşmuş olan korozyonun temizlenmesi işlemi esnasında kimyasal madde ve su karışımının taze betona karışması durumunda betonun basınç dayanımına zarar vermesi durumu bu deneysel çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu amaçla her sette dört numune olan dört farklı su/pas sökücü karışım seti hazırlanmış ve bu numunelere beton basınç testi uygulanmıştır. Yapılan çalışmaların özeti olarak, hazır beton karışımına ilave edilen %32 oranındaki ekstra suyun 28 günlük beton basınç dayanımını % 15,8 oranında azaltırken ilave edilen %32 oranındaki ekstra saf pas sökücünün 28 günlük beton basınç dayanımını % 34 oranında azalttığı belirlenmiştir. Kullanılan pas sökücü madde oranı uygulama sırasında betona karışabilme ihtimali olan miktardan yüksek bir oranda seçilmiş olmasında en elverişsiz durumun dikkate alınmasını sağlamak olmuştur.

Sonuç olarak nervürlü inşaat çeliğinde korozyonun giderilmesi amacıyla pas sökücü kimyasal kullanıldığı takdirde uygulamadan hemen sonra demirlerin suyla yıkanarak üzerlerinde kimyasal kalıntısının kalmamasına dikkat edilmesi ve yüzey kuruduktan sonra tekrar korozyona uğramasına izin vermeyecek şekilde beton dökümünün gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca bu pas sökücü kimyasalların taze betona karışması engellenmelidir. Pas sökücü kimyasal maddenin betonun karma suyuna karışması durumunda beton basınç dayanımına önemli ölçüde zarar vereceği bilinmelidir.

REFERANSLAR

1. Balogh, A. "Impact of Corrosion on the Bond Strength between Concrete and Rebar: A Systematic Review." *Materials*, 2022. (<https://doi.org/10.3390/ma15197016>).
2. Yazıcıoğlu, S., Tuğla, R., Ay, S., & Demirel, B. "Effect of High Temperature on Compressive Strength of Concrete Prepared Using Different Types of Aggregates." *SpringerLink*, 2005. (<https://doi.org/10.1680/mac.2005.57.8.445>).
3. Marani, A., Jamali, A., & Nehdi, M.L. "Predicting Ultra-High-Performance Concrete Compressive Strength Using Tabular Generative Adversarial Networks." *Materials*, 2020. (<https://doi.org/10.3390/ma13214757>).
4. Li, H., Xiao, H.G., Yuan, J., & Ou, J. "Microstructure of cement mortar with nano-particles" *Composites Part B: Engineering*, 2004. (<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2003.08.002>).
5. Hertz, K.D. "Concrete strength for fire safety design." *Magazine of Concrete Research*, 2005. (<https://doi.org/10.1680/mac.2005.57.8.445>).