



Editörler

Prof. Dr. Canan ÖZDEMİR

Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR

DOĞA BİLİMLERİ VE  
MATEMATİKTE ÖNCÜ VE  
ÇAĞDAŞ ÇALIŞMALAR

**DOĞA BİLİMLERİ  
VE MATEMATİKTE  
ÖNCÜ VE ÇAĞDAŞ  
ÇALIŞMALAR**

**Editörler**

**Prof. Dr. Canan ÖZDEMİR**

**Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR**



*Doğa Bilimleri ve Matematikte Öncü ve Çağdaş Çalışmalar*  
*Editör: Prof. Dr. Canan ÖZDEMİR, Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR*

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Kapak ve Sayfa Tasarımı:** Duvar Design

**Yayın Tarihi:** Haziran 2023

**Yayıncı Sertifika No:** 49837

**ISBN:** 978-625-6945-86-9

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)

## **İÇİNDEKİLER**

<b>1. Bölüm</b>	<b>5</b>
Florit Oluşumu, Kullanım Alanları ve Ekonomik Önemi Abdullah SAR, Mustafa Eren RİZELİ, Mehmet Ali ERTÜRK	
<b>2. Bölüm</b>	<b>17</b>
CTO ve FTO Yarıiletken İnce Filmlerinin Üretimi ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi Onur ÖZDEMİR, Sinan TEMEL, Fatma Özge GÖKMEN	
<b>3. Bölüm</b>	<b>35</b>
Gıda endüstrisinde Non-Crustacean Arthropoda <i>Zeynep AYDOĞAN</i>	
<b>4. Bölüm</b>	<b>51</b>
Bazı Mikro Morfolojik Karakterlerde Sayısal Analizlerin Karşılaştırılması Ali ÖZDEMİR, Canan ÖZDEMİR	
<b>5. Bölüm</b>	<b>65</b>
Bazı Salgı Tüylerinin Geometrik Modellemeleri Ali ÖZDEMİR, Canan ÖZDEMİR	
<b>6. Bölüm</b>	<b>79</b>
<i>Centaurea L.</i> Türlerinde Antikanser Aktivite <i>Mehmet SARIMAHMUT</i>	





## **1. Bölüm**

# **Florit Oluşumu, Kullanım Alanları ve Ekonomik Önemi**

**Abdullah SAR<sup>1</sup>**

**Mustafa Eren RİZELİ<sup>2</sup>**

**Mehmet Ali ERTÜRK<sup>3</sup>**

---

<sup>1</sup> Dr.; Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.  
asar@firat.edu.tr ORCID No: 0000-0002-9752-7807

<sup>2</sup> Dr.; Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. m.erenrizeli@gmail.com ORCID No: 0000-0003-3725-3063

<sup>3</sup> Dr.; Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. erturkmae@gmail.com ORCID No: 0000-0003-1197-9202



## ÖZ

Florit, yeşil, sarı, mavi, mor, beyaz, siyah gibi çeşitli renkleri (Şekil 1) ve diğer tonları ile doğadaki en renkli minerallerden biridir. Floritin çeşitli renkleri çoğunlukla renk merkezlerine, organik renklenmeye ve koloidal kalsiyum renklenmesine vb. atfedilir. Saf olmayan elementlerin, özellikle nadir toprak elementlerinin, renklere katkıda bulunabileceği bulunmuştur. Örneğin, daha fazla itriyum ve seryum içeren florit genellikle yeşil görünmektedir. Florit ( $\text{CaF}_2$ ) yüzey merkezli kübik sistemde kristalleşmekte olup genellikle küpler veya oktahedronlar (Simmons, 2020) ve daha az yaygın olarak dodekahedronlar oluşturur (Muntyan, 2017; Mao vd., 2016; Kaydu Akbudak vd., 2022). Yoğunluğu 3.2, sertliği ise Mohs sertlik cetvelinde 4'tür (Mauthner, 2020), 1.433-1.448 arasında düşük kırılma indeksine sahiptir. Camsı veya donuk parlaklıkta (Jacobson, 2013) olan florit genel olarak şeffaf veya yarı şeffaftır (Aydın vd., 1998). Florit mükemmel dilinimlere sahiptir. Kırıklı, kıymıklı veya yarı konkoidal (Pohwat, 2013) ve böbreğimsi kabuklar halinde bulunmakla birlikte lifli, sütunlu, taneseli ve masif agregatlar oluşturabilir (Anthony vd., 1997; Kaydu Akbudak vd., 2022: 2).

Yenilenemeyen, stratejik, metalik olmayan bir mineral kaynağı olan florit, Avrupa komisyonu EC 2014 tarafından kritik malzeme olarak tanımlanmaktadır (Öztürk vd., 2021; Gao vd., 2021). Florit sanayide ulusal savunma, kimya, metalürji ve optik endüstrileri gibi çeşitli alanlarda kullanılan flor ürünleri için birincil hammadde kaynağıdır. Florit, karbonatitlerle ilişkili florit yatakları, alkali intrüzyon kayaçlarıyla ilişkili florit yatakları, sedimanter kayaçlarla ilişkili florit yatakları şeklinde bir dizi jeolojik ortamda oluşabilmektedir. Ülkemizdeki florit yatakları, Kızılcaören, Kuluncak, Bayındır, İsağocacı, Cangılı, Akçakent, Divriği, Keban, Taş deresi, Pöhrenk, Tavşanlı, Akkaya ve Yeşilyurt bölgelerinde yer almaktadır (Öztürk vd., 2021).

**Anahtar Kelimeler:** Florit, Nadir Toprak Elementleri, Karbonatit, İntrüzyon kayaçlar, Sedimanter kayaçlar

## 1. FLORİTİN OLUŞUM ORTAMLARI

Türkiye’deki florit yataklarının birçoğu genel olarak Neo-Tetis okyanusunun kapanmasına bağlı olarak gelişen alkali magmatizma ile ilişkilidir (Kadioğlu vd., 2006; Uras vd., 2020). Türkiye’deki Nadir Toprak Elementlerce zengin florit yatakları yan kayaçların türlerine bağlı olarak üç sınıfa ayrılmıştır: (i) karbonatit, (ii) alkali magmatik kayaçlar ve (iii) sedimanter kayaçlar (kireçtaşı) (Öztürk vd., 2021). Öztürk vd., 2021 bu yatakların çarpışma sonrası magmatizma ile ilişkili olarak geliştiğini ve cevher oluşturan akışkanların diğer kaynaklardan da beslendiğini belirtmiştir.



**Şekil 1.** Florit kristalleri

### 1.1. Türkiye’de Nadir Toprak Elementlerine Bağlı Gelişen Florit Yatakları

Türkiye’de Nadir Toprak Elementi içeren florit yatakları üç gruba ayrılmıştır. Bunlar; (i) karbonatitlerle ilişkili florit yatakları, (ii) alkali magmatik kayaçlarla ilişkili florit yatakları, (iii) sedimanter kayaçlarla ilişkili florit yataklarıdır (Öztürk vd., 2021).

Karbonatitlerle ilişkili florit yatakları ülkemizde Kızılcaören (Eskişehir) ve Kuluncak (Malatya) bölgelerinde yer almaktadır. Kızılcaören florit yatağı F, Ba ve NTE’ler bakımından zengin olup Eskişehir’e yaklaşık 40 km uzaklıkta konumlanmaktadır. Bölgenin jeolojisi podiform kromit yatakları, serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar, düşük dereceli metamorfik kumtaşı, breş,

şist, kireçtaşı ve volkanik blokların oluşturduğu melanjdan oluşmaktadır (Öztürk vd., 2021). Bölgedeki cevher yatağı melanjin metasedimanter kayaçları içerisindeki Th taşıyıcı bastnasit-barit-florit damar ve mercleklerini içermektedir. Kuluncak (Malatya) florit yatağı Malatya ili Başören köyünün 4 km güneyinde konumlanmaktadır. Bölgede kalın kireçtaşları ve volkanosedimanter istif hakimdir. Cevher yatağı karbonatit damarları içeren nefelinli siyenit stoğuna bitişik kireçtaşlarında damarlar, damarcıklar ve lensler şeklinde gözlenmektedir (Özgenç ve Kibici, 1994; Öztürk vd., 2021).

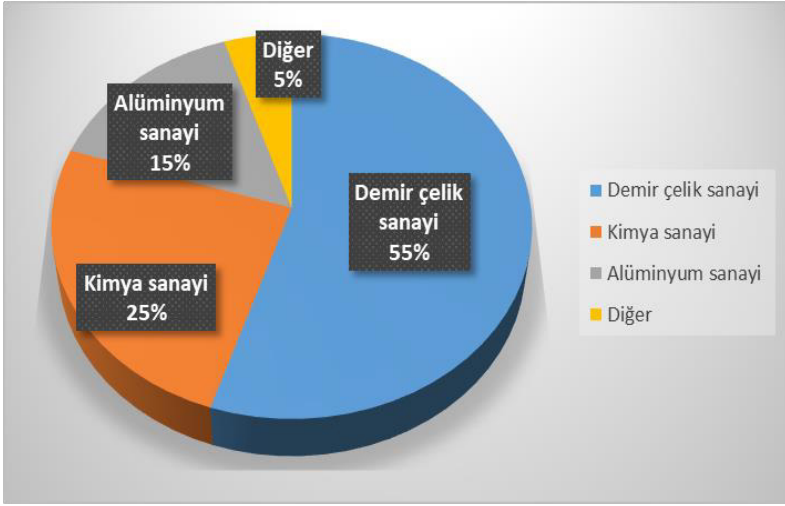
Alkali magmatik kayaçlarla ilişkili florit yatakları ülkemizde Bayındır, İshocacı, Cangılı, Akçakent ve Divriği bölgelerinde yer almaktadır. Bayındır florit yatağı Yozgat ile Kırşehir arasında konumlanmaktadır. Florit damarları, Bayındır siyenitik kayaçlar içinde 30-80 cm kalınlığında ağ ve kırık dolgu damarları olarak ortaya çıkmaktadır (Öztürk vd., 2021). Cevher iri taneli mor, yeşil ve sarımsı floritlerden oluşmaktadır. Cangılı florit yatağı Bayındır siyenitik kayaçları içinde, Kaman'ın 20 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Florit cevherleşme zonu, 30-80 cm kalınlıkta ve 15 m ile 50 m uzunlukta tek tek damarlardan oluşmakta olup cevher zonu altere alkali siyenit içinde yaklaşık 200 m uzanmaktadır (Öztürk vd., 2021). Cevher, yeşil ve mor florit ve kuvars ile doldurulmuş bantlı damarlardan oluşmaktadır. Cangılı florit yatağı, Cangılı köyünün (Yerköy-Yozgat) kuzeyinde yer almaktadır (Öztürk vd., 2021). Florit, Bayındır siyenitik kayaçlarının bir parçası olan bir alkali siyenit sokulumu içinde KD gidişli bir damar olarak bulunmaktadır. Cevher damarı yaklaşık 150 m uzunluğunda ve 10-25 cm kalınlığında olup, kalsitli yeşil ve mor iri taneli floritten oluşmaktadır. Akçakent florit yatağı Senozoyik Yılanlı siyenitleri içinde damarlar oluşturmaktadır (Koç ve Reçer, 2001; Öztürk vd., 2021). Damarlanma zonu altere siyenit içinde ve siyenit ile ilişkili gabro arasındaki tektonik dokanakta yaklaşık 450 m uzanmaktadır. Cevher damarları tipik olarak 70-80 cm kalınlığındadır ve K-KB yönlüdür. Divriği florit yatağı, Divriği'nin önemli demir cevheri yataklarının yaklaşık 10 km kuzeydoğusundadır (Öztürk vd., 2016; 2021). Bu alanda ofiyolitik kayaçlar Geç Kretase'de sokulmuş A tipi granitoidler tarafından kesilmektedir (Boztaş vd., 2007). Florit yatağı, F + U + Cu açısından zenginleştirilmiş karmaşık bir cevher bölgesi içermektedir (Öztürk vd., 2021).

Sedimanter kayaçlarla (kireçtaşı) ilişkili florit yatakları ülkemizde Keban, Taş deresi, Pöhrenk, Tavşanlı, Akkaya ve Yeşilyurt bölgelerinde yer almaktadır (Öztürk vd., 2021). Keban bölgesi Permien-Triyas yaşlı metamorfik kayaçlar ile Kretase-Paleosen yaşlı alkali magmatik kayaçlardan oluşmaktadır (Kalender, 2011; Bünyamin, 2015). Keban florit yatağı, büyük ölçüde Geç Kretase yaşlı karbonatlı skarn ve ikameli Pb-Zn mineralizasyonu ve Au-Ag-Pt porfiri

yataklarından oluşan metalojenik bir bölgenin parçasıdır (Yigit, 2009). Bölge hem porfir stoklarında hem de metamorfik birimlerde barınan çok sayıda florit yatakları içermektedir (Öztürk vd., 2021). Taş deresi florit yatağı Orta Anadolu'da Akdağmadeni'nin (Yozgat) 6 km güneydoğusunda yer almaktadır. Keban'da olduğu gibi, bölge de Üst Kretase yaşlı alkali granitoidlerin kestiği Paleozoyik yaşlı metasedimanter kayaçlar hakimdir. Pöhrenk florit yatağı Orta Anadolu'da Pöhrenk'in kuzeyinde yer almaktadır Çiçekdağı havzasının Senozoyik yaşlı tortul kayaçları tarafından barındırılır (Genç, 2006). Florit mineralizasyonu, Eosen kireçtaşları ve onu örten marn ve kumtaşından oluşan Miyosen tortul dizisi içinde meydana gelmektedir. Tavşanlı (Kütahya) florit yatağı Batı Anadolu'da yer almaktadır. Florit yatağı, kalkerde bir fay zonuna yerleştirilmiş D-B gidişli damarlardan oluşmaktadır. Akkaya florit yatağı, Türkiye'nin güneyindeki Fek'e'nin (Adana) yaklaşık 8 km güneyinde yer alır ve Kambriyen kireçtaşlarında KB yönlü, dik eğimli bir damar olarak oluşur. Yeşilyurt florit yatağı Yeşilyurt (Malatya) yerleşiminin yaklaşık 20 km güneydoğusunda yer almaktadır. Florit yatağı, Karbonifer kireçtaşı ile üstteki Permian şistleri arasındaki dokanakta oluşmuştur.

## **2. FLORİTİN KULLANIM ALANLARI**

Türkiye Demir-Çelik İşletmeleri Fabrikalarında (İsdemir ve Karabük) yılda ortalama 3,5 milyon ton mayi maden üretildiğine göre yaklaşık 6000 ton florit kullanılmaktadır. Florit seramik sanayinde sır yapımında, cam sanayinde beyaz ve renkli opal cam imalinde, portland çimentosu imalinde klinker elde etmek amacıyla, soba, buzdolabı ve pişirme araçlarının çelik kısımlarının kaplanmasında, suni kauçuk ve aerosol üretiminde olmak üzere birçok sanayi dalında kullanıldığı gibi elektrod kaplamalarında rutil yerine ikame madde olarak da kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına göre ülke bazındaki florit tüketimine ait istatistik veriler kaynaklarda yer almamıştır. Ancak yapılan araştırmalardan dünya florit tüketiminin yaklaşık % 55-60'ı demir-çelik sanayinde, % 20-25'i kimya sanayinde, % 15'i alüminyum sanayinde ve % 5'i de diğer sanayi dallarında tüketilmektedir. Birleşik Devletlerinin iki yıllık florit tüketimi kullanım alanlarına göre aşağıda verilmiştir (MTA; Florit)



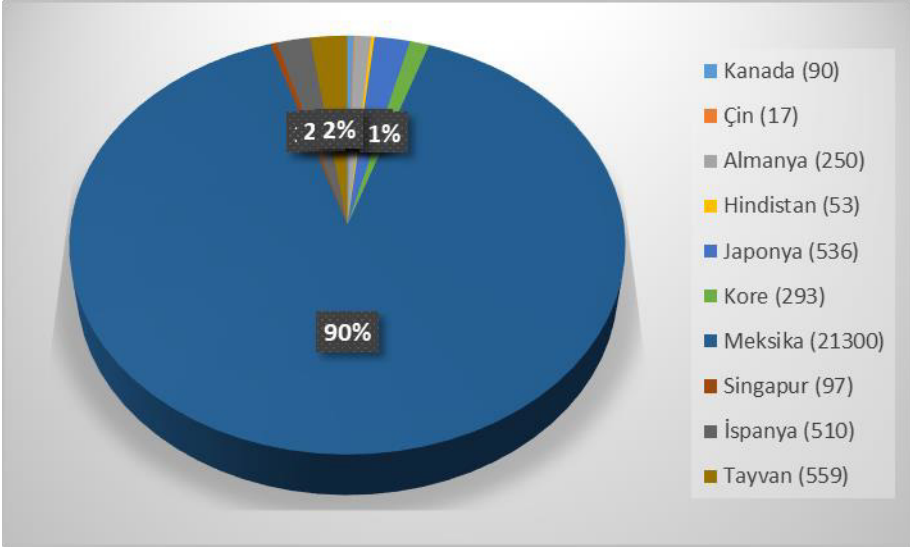
Şekil 2. Florit kullanım alanlarına göre yüzdeleri

Florit başlıca demir-çelik alüminyum, kimya sanayinde (HF asit ve türevleri yapımında) ve seramik sanayinde olmak üzere cam, mobilya ve çimento sanayi dahil 30'dan fazla sanayi dalında kullanılmaktadır. Floritin demir-çelik sanayiinde curüf yapıcı olarak olağanüstü özellikleri vardır. Curufa akışkanlık kazandırır, ısı iletimini hızlı yaptığı için enerjiden tasarruf sağlar. Safsızlıkların kolayca curufa geçişine yardım eder (MTA; Florit).

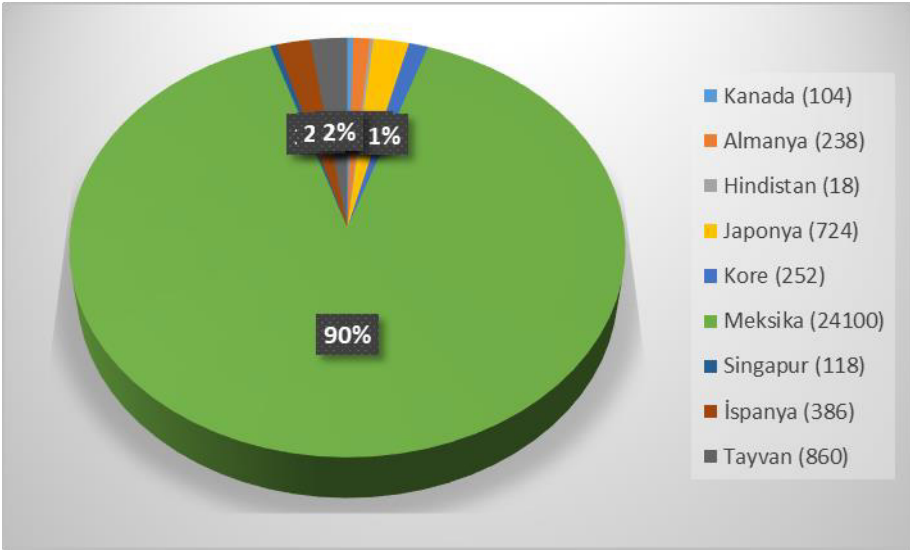
### 3. FLORİTİN EKONOMİK ÖNEMİ

Dünya florit ithalatında 2022 yılının ikinci çeyreği itibari ile ortalama 24 bin ton ile Meksika ilk sırada yer almaktadır. 2022 yılının ikinci çeyreğinde florit ithalatı 107.000 metrik ton (t) olup, bunun 73.100 tonu asit kalite ve 33.800 tonu metalürjik kalitedir. Miktar olarak asit cinsi ithalat, 2021'in ikinci çeyreğinde ithalata göre %21, bir önceki çeyreğe göre ise %30 azalmıştır. Metalürjik dereceli florit ithalatı, 2021'in ikinci çeyreğine kıyasla beş kattan fazla ve bir önceki çeyreğe kıyasla üç kattan fazla artmıştır. Asit dereceli ithalatın önde gelen kaynağı Meksika'dır (% 57). 2021'de Çin'den asit dereceli yerel ithalat bildirilmemesinin ardından, 2022'nin ikinci çeyreğinde Çin, asit dereceli ithalatın %38'ini oluşturan önemli bir ithalat kaynağı olarak yeniden ortaya çıkmıştır. Meksika, metalürjik kalitede ithalatın %95'ini oluştururken, onu Çin (%4) takip etmektedir (USGS; Florit, Şekil 3 ve 4).





Şekil 3. 2021 yılı ülkelere göre hidroflorik asit üretimi için ABD florit ithalatı (USGS; Florit)



Şekil 4. 2022 yılı ülkelere göre hidroflorik asit üretimi için ABD florit ithalatı (USGS; Florit)

#### **4. SONUÇLAR**

- Florit, yeşil, sarı, mavi, mor, beyaz, siyah gibi çeşitli renkleri ve diğer tonları ile doğadaki en renkli minerallerden biridir.
- Türkiye'deki florit yataklarının birçoğu genel olarak Neo-Tetis okyanusunun kapanmasına bağlı olarak gelişen alkali magmatizma ile ilişkilidir.
- Florit, karbonatitlerle ilişkili florit yatakları, alkale intrüzif kayalarla ilişkili florit yatakları, sedimanter kayalarla ilişkili florit yatakları şeklinde bir dizi jeolojik ortamda oluşabilmektedir.
- Türkiye'de Nadir Toprak Elementi içeren florit yatakları üç gruba ayrılmıştır. Bunlar; (I) karbonatitlerle ilişkili florit yatakları, (II) alkali magmatik kayalarla ilişkili florit yatakları, (III) sedimanter kayalarla ilişkili florit yataklarıdır
- Florit, metalurjide çok sayıda kullanım, seramik ve kimya endüstrileri, flor kaynağı olarak, yüksek netlikte parçalar mikroskoplar, teleskoplar ve kameralar için lensler yapmak için kullanılır.

## REFERANSLAR

- Simmons, P. (2020). New Mexico Fluorite: *A Statewide Survey, Rocks & Minerals*, 95:5, 400-431.
- Muntyan, B. L. (2017) Fluorite in Arizona, *Rocks & Minerals*, 92(3), 270-283.
- Mao, M., Simandl, G. J., Spence, J., Neetz, M., & Marshall, D. (2016). Trace element composition of fluorite and its potential use as an indicator in mineral exploration. *Geological Fieldwork, British Columbia Geol. Surv. Pap.*, (2016-1), 181-206.
- Kaydu Akbudak, İ., Ketenci, D.E., ve Gürbüz, M. (2022). Kaman (Kırşehir-Türkiye) floritlerinin mineralojik ve gemolojik özellikleri. *GUFBD / GUJS* (2022) 12(4), 1012-1023.
- Mauthner, M. (2020). Faceted Fluorite. *Rocks & Minerals*, 95(4), 357-361.
- Aydın, S., Zühre, N., Bektur, F., ve Çelebioğlu, N. (1998). MTA tabiat tarihi müzesinde sergilenen mineraller. *Yayınlarından/Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, Ankara.
- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W., ve Nichols, M. C. (1997). *Handbook of mineralogy. Vol. 3: Halides, hydroxides, oxides.* Tucson, AZ: Mineral Data Publishing.
- Gao, Z., Wang, C., Sun, W., Gao, Y., ve Kowalczyk, P.B. (2021). Froth flotation of fluorite: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 290, 102382.
- Öztürk, H., Altuncu, S., Hanalçı, N., Kasapçı, C., ve Goodenough, K.M. (2021). Rare earth element-bearing fluorite deposits of Turkey: An overview. *Ore Geology Reviews*, 105, 423-444.
- Kadioğlu, Y.K., Dilek, Y., ve Foland, K.A. (2006). Slab Break-off and Syncollisional Origin of the Late Cretaceous Magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex. *Geological Society of America, Special Paper*, 409, 381-415.
- Uras, Y., Yalçın, C., İlbeyli, N. ve Tapınc, B.G. (2020). Hayriye (Felahiye-Kayseri) Floritlerinin Nadir Toprak Element (Nte) Jeokimyası. *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / NOHU J. Eng. Sci.*, 9(1), 461 – 471.
- Özgenç, İ. ve Kibici, Y., (1994). The geology and chemical-mineralogical properties of Britholite veins of Başören village (Kuluncak-Malatya). *Turkey. Geol. Bull. Turkey*, 37, 77–85.
- Koç, Ş., Reçher, A. (2001). Rare earth element geochemistry and fluid inclusion study of Akçakent fluorite veins in central Anatolian massif of Turkey. *Arab. J. Sci. Eng.* 26, 97–107.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Arehart, G.B., Satır, M. ve Avcı, N. (2007). K–Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the

- Divriği–Sivas region, eastern-central Anatolia, Turkey. *Lithos*, 97(1-2), 193-218.
- Akgül, B. (2015). Geochemical associations between fluorite mineralization and A-type shoshonitic magmatism in the Keban–Elazığ area, East Anatolia, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 111, 222-230.
- Kalender, L. (2011). Oxygen, carbon and sulphur isotope studies in the Keban Pb–Zn deposits, eastern Turkey: An approach on the origin of hydrothermal fluids. *Journal of African Earth Sciences* 59 (4–5), 341-348.
- Yiğit, O. (2009). Mineral Deposits of Turkey in Relation to Tethyan Metallogeny: Implications for Future Mineral Exploration. *Economic Geology*, 104(1), 19.
- Genç, Y. (2006). Genesis of the Neogene interstratal karst-type Pöhrenk fluorite–barite ( $\pm$  lead) deposit (Kırşehir, Central Anatolia, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 29(2), 105-117.
- MTA; Florit <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/fluorit>.
- USGS Florit, <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/mis-2022q2-fluor.pdf>



## 2. Bölüm

# CTO ve FTO Yarıiletken İnce Filmlerinin Üretimi ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

**Onur ÖZDEMİR<sup>1</sup>**

**Sinan TEMEL<sup>2</sup>**

**Fatma Özge GÖKMEN<sup>3</sup>**

---

<sup>1</sup> YL Öğrencisi.; Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Fizik ABD.  
onurozdmr11@gmail.com ORCID No: 0000-0003-4842-5166

<sup>2</sup> Doç. Dr.; Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü.  
sinan.temel@bilecik.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0889-9490

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi; Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Üretimde Kalite Kontrol Bölümü.  
fatmaozge.gokmen@bilecik.edu.tr ORCID No: 0000-0002-5548-8790



**ÖZ**



## **GİRİŞ**

19. yüzyılın ortalarında yarıiletkenlerin özelliklerinin keşfedilmesi gümümüz teknolojisinin hızla ilerlemesini sağlayan en önemli etkenlerinden birisidir. Yarıiletkenleri önemli ve kullanışlı kılan en karakteristik özelliği değerlik elektronlarının ısı, ışık, ses elektrik veya manyetik etki gibi dış müdahaleler ile iletkenlik kazanmalarındır (Kızıлтаş, 2020). Yarıiletken çeşitliliğinin artmasını sağlayan gelişmelerin başında ise ince film üretme yöntemlerinde yaşanan farklılaşmadır. İnce filmlerin üretim tekniklerindeki çeşitlilik; elektrik, manyetik ve optik özellikleri farklı olan yeni malzemelerin üretilmesini sağlamıştır. Son dönemde fotovoltaiik hücrelerin çeşitlendirilmesi ve verimliliğinin artırılması farklı optoelektronik özelliklere sahip ince film üretimi üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır (Bilankohi, 2016).

İnce film; kalınlığı 10 nm ile 1 µm arasında değişen bir altlık (substrate) ve altlık üzerine kaplama yapılarak oluşturulan yüzeylerdir. İnce filmler ekonomik değeri yüksek birçok teknolojik ürünün üretilmesinde kullanılmaktadır. Yarı iletken teknolojisi ise günümüzde ince filmlerin en geniş uygulama alanı içerisinde yer almaktadır. Diyot, transistör gibi mikroelektronik cihazlar, sensörler ve fotovoltaiik sistemlerde nanometre seviyesinde ince filmler kullanılır. Mikrometre seviyesinde üretilen ince filmler ise malzemenin mekanik özelliklerini ve yüzey kalitesini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Coşkun, 2020).

IV. grup elementlerinden olan Germanyum (Ge) ve Silisyum (Si) günümüzde en iyi bilinen ve elektronik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan yarıiletkenlerdir. Ge ve Si elementel yapıdaki yarıiletkenlerdir (Gözükızıl,2020). Yarıiletkenler bileşik halinde de bulunabilir. III – V. Grup elementlerinin oluşturduğu GaAs, InSb, InAs bağ yapısı kovalent olan kübik yapıdaki bileşikler bileşik yapıdaki yarıiletkenlerdendir (Dugan, 2019). Bağ yapısı iyonik ya da kovalent olan II – VI grubu bileşiklerden olan CdS ZnO, CdSe vb. bileşikler ise kübik ya da hegzagonal yapı oluşturan kristallerdir (Kara, 2020).

Metal oksit ince filmlerin yarı iletken teknolojisindeki kullanımı önemli bir yere sahiptir (Çavuşoğlu, 2019). Bakırın yaygın olarak kullanılan iki oksidi bulunmaktadır. Bunlardan bakır (I) oksit ( $Cu_2O$ ) kırmızı renkte, molekül ağırlığı 143.09, yoğunluğu  $5.75 \text{ g.cm}^{-3}$  ve bant aralığı 2 eV olan kübik yapılu p tipi bir yarı iletkenidir. Bakır (II) oksit CuO ise siyaha yakın koyulukta parlak bir katıdır. CuO nun molekül ağırlığı 79.45, yoğunluğu  $6.3 \text{ g.cm}^{-3}$  ve bant aralığı 1.3 ile 1.8 eV arasında olan monoklinik kristal yapıya sahip p – tipi yarı iletkenidir (Hasançebi, 2006). CuO dar bant aralığına sahip olması görünür bölge spektrumunda yüksek soğurum özelliği göstermesine neden olmaktadır.

CuO'nun yüksek soğurum özelliği güneş pillerinde, elektronikte ve sensör uygulamalarında kullanımını arttırmaktadır (Karabat, 2015). CuO ince filmler optoelektronik, manyetik, yarıiletken ve optik özellikleri bakımından oldukça işe yarar kombinasyonlar oluşturmaktadır. Bu nedenle CuO ince filmler gaz sensörleri, katalizörler ve lityum pilleri gibi elektronik cihaz alanında birçok uygulamaya sahiptir. CuO ince filmlerinin; üretim maliyetinin düşük olması, iyi bir reaktif olması ve çevreye zarar verecek yapıda olmaması tercih edilme sebeplerinden bazılarıdır.

Geçirgen ve iletken oksit filmlerden olan titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) fotovoltaik güneş pilleri, gaz sensörleri, geçirgen elektrotlar ve birçok optoelektronik cihaz uygulamasında kullanılmaktadır (Ersundu, 2017).  $TiO_2$  geniş ve indirek yasak bant aralığına sahip olan n – tipi bir yarı iletkendir (Bezir, 2014). Spektrumun çok geniş aralığında yüksek dalga boyu geçirgenliğine sahiptir (Yıldırım, 2009).  $TiO_2$ 'nin mor ötesi ışık altındaki soğurma verimliliği yüksektir.  $TiO_2$  geçiş metalleri ya da soy metallere ile katkılandırılarak fotoaktivitesi artırılabilir. Bu özelliği  $TiO_2$ 'nin elektronik devrelerde termokromik devre elemanı olarak kullanılmasını, güneş pillerinde yansıma önleyici kaplamalar, gaz sensörlerinde optiksel olarak farklı özelliklere sahip malzemeler üretilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Çalığülü ve ark., 2021; Ceylan, 2021; Türkten, 2020; Akman, 2020).

Yarıiletken ince filmler katı, sıvı ve gaz fazında farklı tekniklerle üretilebilirler (Gözükızıllı,2020). Bu çalışmada Bakır (Cu) katkılı  $TiO_2$  (CTO) ve Demir (Fe) katkılı  $TiO_2$  (FTO) ince filmleri üretmek için sıvı fazda üretim tekniklerinden olan sol-gel tekniği kullanılmıştır.

## **DENEYSEL YÖNTEM**

Bu çalışmada literatüre kazandırdığımız sol-gel manyetik döndürerek kaplama yöntemi kullanılmıştır. Manyetik döndürme ile kaplama yöntemi, ince film üretiminde kullanılacak olan çözeltinin istenilen altlık üzerine damlatılmasından sonra bu altlığı farklı hız büyüklüklerinde ve sürelerde manyetik olarak döndürülmesi işlemidir. Bu işlem esnasında damlatılan çözelti altlık üzerinde yayılır ve ince filmler elde edilir. Manyetik döndürme işlemi uygulanırken ilk olarak ince film elde edilmesi için hazırlanan çözeltiler seçilen alttaşlara damlatılır. Damlatma işlemi hareketsiz olan veya yavaşça dönen alttaş üzerine mikropipet ile yeteri kadar damlatılır. Damlatılma işleminden sonra manyetik döndürücü ile alttaşlar çeşitli hız ve sürelerde döndürülür. Döndürme işlemi 0-3000 rpm dönme hızı aralığında istenilen değere kadar yavaş yavaş artırılarak yapılır. Manyetik döndürme işlemi sonunda elde edilen ince filmler belirli süre boyunca kurutularak kaplama işlemi sona ermiş olur. Bu işlemler

istenilen katman sayısı kadar tekrar edilir ve üretilen çok katlı ince filmlerin kristalize edilmesi için farklı sıcaklıklarda tavlama işlemi yapılır. Farklı çeşitlerde üretilmek istenen ince filmler için döndürerek kaplama işlemi esnasında; film kalınlığı, döndürme hızı, döndürme süresi, kaplama yapılan katman sayısı, kullanılan çözelti hacmi ve tercih edilen tavlama sıcaklığı parametreleri değiştirilerek kullanılır.

Bu çalışmaya konu olan ince filmlerin üretiminde alttaş olarak ISOLAB marka mikroskop lamı kullanılmıştır. Kullanılan cam alttaşları temizleme ve durulama işlemleri için ultrasonik banyo cihazı kullanılmıştır. Ultrasonik banyo işleminde ilk olarak her bir cam alttaşlar 5 dakika boyunca aseton ile karıştırılmasının ardından tekrar 5 dk süre ile her bir cam alttaş metanol ile karıştırılarak saf su ile durulanmış ve kurutma işlemi uygulanmıştır.

Katkılı ve katkısız ince filmleri üretebilmek için öncelikle 3 farklı çözelti aynı hacimde (100 ml) hazırlanmıştır.

- $TiO_2$  yapısını oluşturmak için; 4,8 ml Titanium (IV) isopropoxide ( $C_{12}H_{28}O_4Ti$ ) ve 100 ml etil alkol ( $C_2H_5OH$ ) başlangıç malzemesi olarak kullanılmıştır. Stabilizör olarak 5 ml asetik asit eklenmiştir. Çözelti 2 saat karıştırılarak 24 saat dinlendirilmiştir.
- Bakır (Cu) katkılması için; 100 ml etil alkol içerisinde 2.5 gr bakır (II) asetat monohidrat ( $Cu(CH_3COO)_2.H_2O$ ) eklenmiş ısıtılarak çözünmesi sağlandıktan sonra 5 ml asetik asit eklenip 2 saat karıştırılmış ve 24 saat dinlendirilmiştir.
- Demir (Fe) katkılması için; 100 ml etil alkol içerisinde 3,2 gr demir (III) klorür ( $FeCl_3$ ) çözündürülmüş, 5 ml asetik asit eklenip 2 saat karıştırılmış ve 24 saat dinlendirilmiştir.

Bu 3 farklı çözelti ayrı ayrı elde edildikten sonra katkılama için hazırlanan çözeltiler  $TiO_2$  çözeltisi içerisinde hacimce %1, %3 ve %5 olmak üzere eklenerek toplamda 7 farklı çözelti elde edilmiştir. Tablo 1'de çözelti seri isimleri verilmiştir.

**Tablo 1:** Çözelti serileri

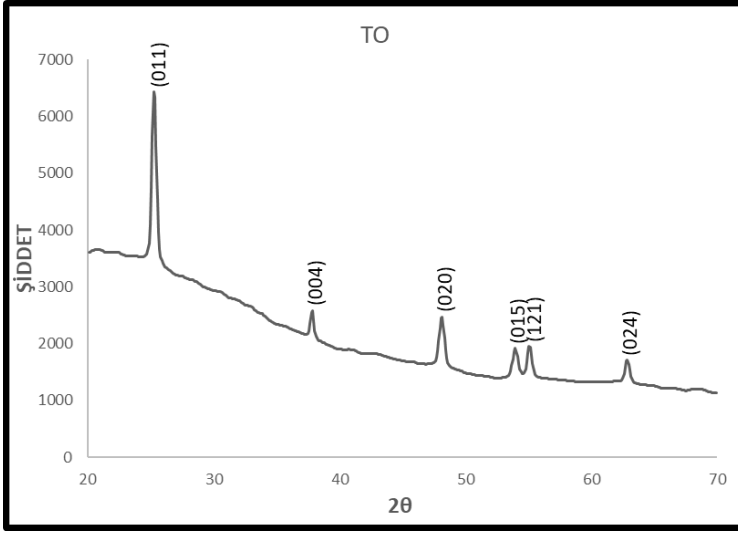
Seri adı	Katkılam a
TO	-
CTO1	%1 Cu
CTO3	%3 Cu
CTO5	%5 Cu
FTO1	%1 Fe
FTO3	%3 Fe
FTO5	%5 Fe

Manyetik döndürücüde filmler kaplama esnasında 30 saniye süre ile döndürülmüştür. TiO<sub>2</sub> ince filmleri hava ortamında 6 katman olacak şekilde kaplama çalışması yapılmıştır. Manyetik döndürme hızı 1000 rpm olarak belirlenmiştir. Üretilen ince filmler 400°C de tavlansmıştır. Elde edilen tüm filmlerin yapısal, yüzeySEL ve optik karakterizasyonları sırasıyla X-Işını Kırınım (XRD) metodu, Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) ve UV-Vis Spektroskopisi ile gerçekleştirilmiştir.

## DENEYSSEL SONUÇLAR

### *Yapısal Karakterizasyon*

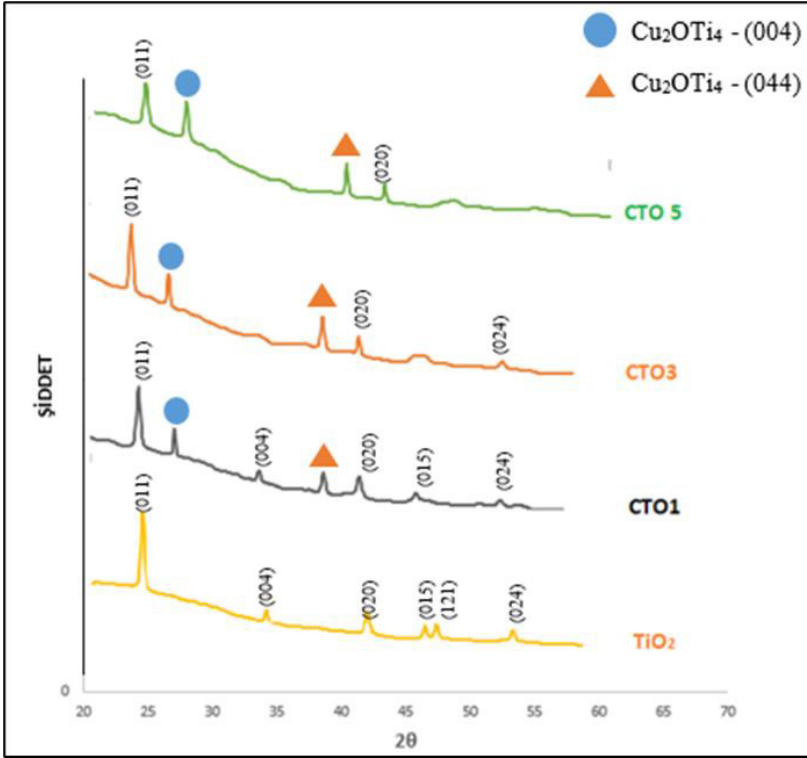
Üretilen ince filmlerin yapısal özelliklerinin incelenmesi amacıyla Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan PANALYTICAL Emreyan X-Işını Kırınımı (XRD) cihazı kullanılmıştır. XRD cihazı 45 kV voltaj ve 40mA akım uygulanarak çalıştırılmıştır. Tarama hızı 2 derece/dakika olarak seçilmiştir. Dalga boyu 1,5406 Å CuKα ışını kullanılmıştır. İnce film numuneleri 20° < 2θ < 70° sınır değerleri aralığında incelenmiştir. XRD cihazı ile incelenen numunelerde tetragonal yapıda anataz TiO<sub>2</sub> için ICCD (International Centre for Diffraction Data): 98-015-6838 ile karşılaştırılmıştır. TiO<sub>2</sub> ince filmlerine ait XRD analiz spektrumları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: TiO<sub>2</sub> ince filmin XRD spektrumu

Katkısız TiO<sub>2</sub> ince film numunesinin XRD analiz spektrumunda görüldüğü gibi üretilen ince film polikristal yapıdadır. Spektrumda diğer piklerden en şiddetli pik hegzagonal TiO<sub>2</sub> yapısına ait (011) pikidir. Üretilen ince filmde sırasıyla (011), (004), (020), (015), (121) ve (024) şeklinde 6 adet pik gözlenmektedir.

Farklı oranlarda Cu katkılanan TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin yapısal karakterizasyonunda katkısız TiO<sub>2</sub> için uygulanan XRD cihazı parametreleri değiştirilmeden kullanılmıştır. XRD analizi sonuçlarına göre bulunan yapılar tetragonal yapıda anataz TiO<sub>2</sub> için ICCD (International Centre for Diffraction Data): 98 – 015 - 6838 ve kübik yapıda Cu<sub>2</sub>OTi<sub>4</sub> için ICCD (International Centre for Diffraction Data) : 98 – 002 -9061 ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2’de %1, %3 ve %5 Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmleri ile katkısız TiO<sub>2</sub> ince filminin XRD analiz spektrumlarının karşılaştırılması gösterilmiştir.



**Şekil 2:** %1, %3 ve %5 Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmleri ile katkısız TiO<sub>2</sub> ince filminin XRD analiz spektrumlarının karşılaştırılması

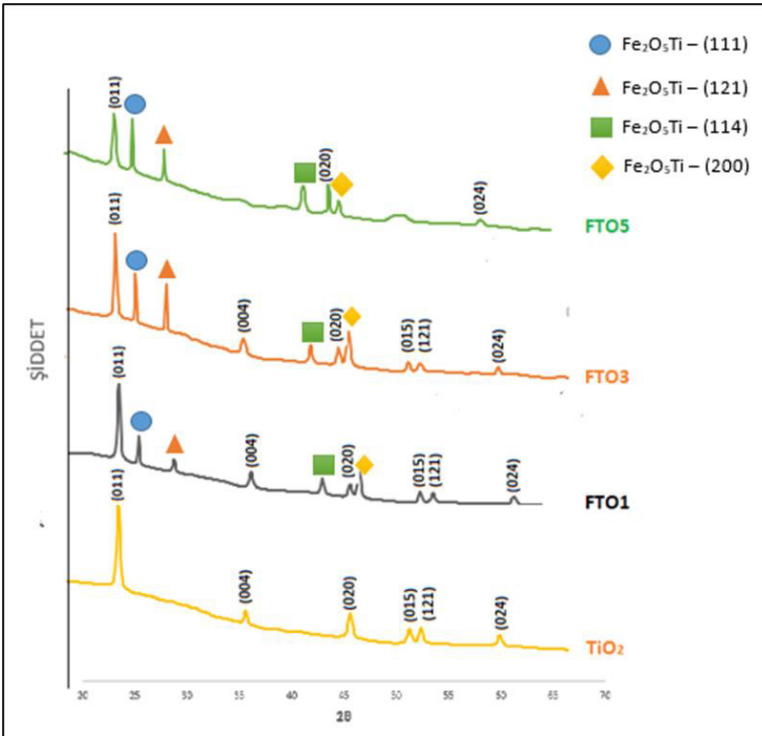
Üretilen ince film serilerinin XRD analiz spektrumları incelendiğinde tüm ince filmlerin polikristal yapıda olduğu görülmektedir. %1 Cu katkılı CTO1 ince filmde TiO<sub>2</sub> filmine ait (121) piki kaybolmuştur. Ancak TiO<sub>2</sub> ye ait geri kalan 5 pik ile birlikte Cu'nun etkisine bağlı olarak kübik Cu<sub>2</sub>OTi<sub>4</sub> yapısına ait (004) ve (044) piklerinin oluştuğu gözlenmiştir.

Katkı oranı arttırıldığında TiO<sub>2</sub> yapısına ait (004) ve (015) pikleri kaybolmuştur. Katkı oranının artmasına bağlı olarak CTO ince filmlerinin (004) ve (044) piklerinin şiddetlerinde artış meydana gelmiştir.

CTO ince filmleri TiO<sub>2</sub> yapısının (011) tercihli yönelimini değiştirmemiştir. Bu nedenle TiO<sub>2</sub> ince filmlerindeki %1, %3 ve %5 Cu katkılama oranları TiO<sub>2</sub> yapısının tercihli yönelimine etkisi bulunmamaktadır.

Katkısız TiO<sub>2</sub> ile farklı oranlarda Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin karşılaştırmalı XRD analiz spektrumunda da görüldüğü üzere TiO<sub>2</sub> yapısına ait pik şiddetlerinin azalmaktadır. Bu da katkı oranının artmasına bağlı olarak kristalleşme oranının azaldığını göstermektedir.

Farklı oranlarda Fe katkılanan  $TiO_2$  ince filmlerinin yapısal karakterizasyonunda katkısız  $TiO_2$  için uygulanan XRD cihazı parametreleri değiştirilmeden kullanılmıştır. XRD analizi sonuçlarına göre bulunan yapılar tetragonal yapıda anataz  $TiO_2$  için ICCD (International Centre for Diffraction Data): 98 – 015 - 6838 ve ortorombik kristal yapıdaki  $Fe_2O_5Ti$  için ICCD (International Centre for Diffraction Data) : 98 – 002 - 4134 ile karşılaştırılmıştır. Şekil 3’de %1, %3 ve %5 Fe katkılı  $TiO_2$  ince filmleri ile katkısız  $TiO_2$  ince filminin XRD analiz spektrumlarının karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 3: %1, %3 ve %5 Fe katkılı  $TiO_2$  ince filmleri ile katkısız  $TiO_2$  ince filminin XRD analiz spektrumlarının karşılaştırılması

%1 , %3 ve % 5 Fe katkılı  $TiO_2$  ince filmlerin XRD spektrumunda Fe katkısından dolayı ortorombik kristale sahip  $Fe_2O_5Ti$  yapısına ait (111), (121), (114), (200) piklerinin oluştuğu gözlenmektedir. Katkı oranı %5 olduğunda  $TiO_2$  yapısına ait spektrumda (004), (015) ve (121) pikleri kaybolmuştur.

$Fe_2O_5Ti$  ince filminde bağlı olarak oluşan (111), (121), (114), (200) pikleri katkı oranının artmasına bağlı pik şiddetlerinde artış gözlenmiştir. FTO

ince filmleri TiO<sub>2</sub> yapısının (011) tercihli yöneliminde değişime neden olmamıştır.

Katkılı ve katkısız TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin karşılaştırmalı XRD analiz spektrumunda da görüldüğü üzere TiO<sub>2</sub> yapısına ait pik şiddetlerinin %5 Fe katkılı ince filmde gözle görülür şekilde azalmaktadır. Bu da katkı oranının artmasına bağlı olarak kristalleşme oranını azaldığını ifade etmektedir.

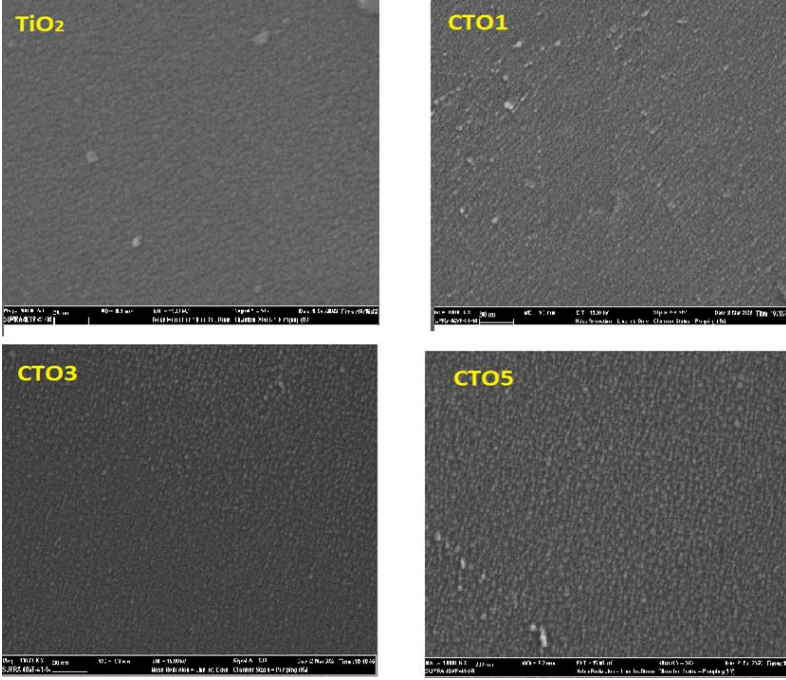
### ***Yüzeysel Karakterizasyon***

Üretilen katkılı ve katkısız TiO<sub>2</sub> ince filmlerin yüzeysel karakterizasyonu Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Yüzeysel karakterizasyonunda ZEISS Supra 40VP Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM)'den alınan görüntüler kullanılmıştır.

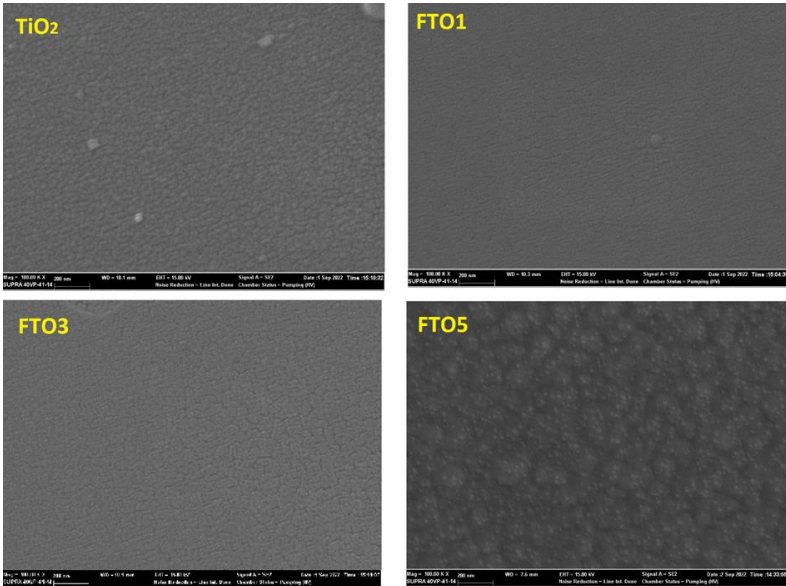
Katkısız ve Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince film serilerinin 100kx FESEM görüntüleri Şekil 4'te birlikte verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde yapının nano boyutta taneciklerden oluştuğu, tane boyutlarının yaklaşık 30 nm olduğu anlaşılmaktadır. Katkılamanın etkisiyle tane boyutu değerlerinin küçüldüğü, katkılamanın artması ile birlikte de değerlerin daha da düştüğü görülmektedir. Ayrıca katkılamanın etkisi ile yapıda safsızlıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. Katkılamanın artırılması ile nano tanecikler topaklanma eğilimine girmiştir.

Katkısız ve Fe katkılı TiO<sub>2</sub> ince film serilerinin 100kx FESEM görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde nano boyuttaki taneciklerin tane boyutu değerlerinin katkılamanın etkisi ile arttığı anlaşılmaktadır. Yüzeysel yapısı oldukça homojen olan FTO1 ve FTO3 numunelerinin aksine katkılamanın en çok olduğu (%5) FTO5 numunesinde tanelerin topaklandığı görülmektedir.





Şekil 4: Katkısız ve Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin karşılaştırmalı 100kx FESEM görüntüsü

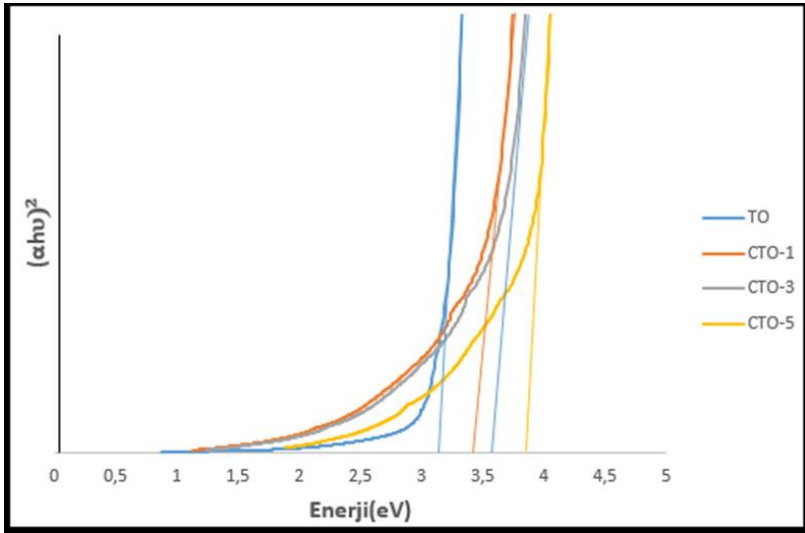


Şekil 5: Katkısız ve Fe katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin karşılaştırmalı 100kx FESEM görüntüsü

### Optik Karakterizasyon

Elde edilen katkılı ve katkısız  $TiO_2$  ince filmlerin optik karakterizasyonu Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Optik karakterizasyonda PERKIN ELMER LAMBDA 25 cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 300 nm ile 1100 nm arasında değişen dalga boylu fotonlar ile yapılmıştır.

Yasak enerji aralığı değerleri UV-VIS spektrometresi ile elde edilen soğurma spektrumlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. CTO ince film serilerinin yasak enerji aralıklarının hesaplanması için  $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$  değişim grafiklerine Tauc yöntemi uygulanmıştır (Tauc, 1974). Şekil 6'da katkısız ve Cu katkılı serilere ait  $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$  değişim grafikleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tauc yöntemine göre; grafiklerin lineer kısımlarına çizilen teğetlerin enerji ( $h\nu$ ) eksenine dokunduğu noktalar ince filmlerin yasak enerji aralığını belirtmektedir. Ayrıca CTO serilerine ait yasak enerji aralıkları Tablo 2'de gösterilmiştir.



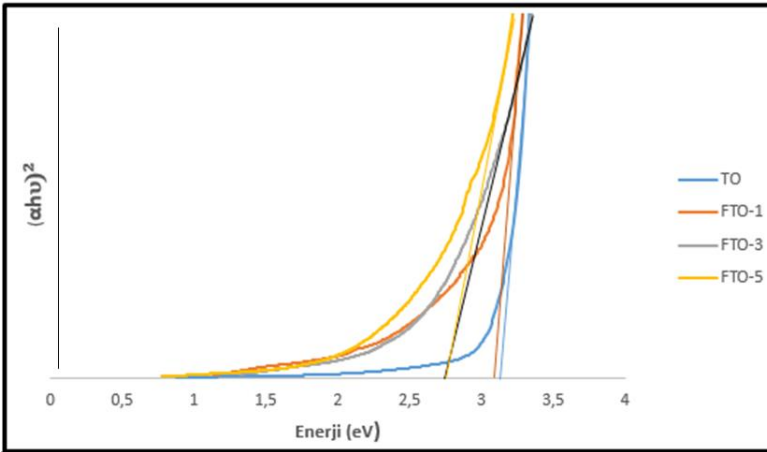
Şekil 6: Katkısız ve Cu katkılı  $TiO_2$  ince filmlerinin karşılaştırmalı yasak enerji aralığı grafiği

**Tablo 2:** Katkısız ve Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin yasak enerji aralığı değerleri

Seri adı	Yasak Enerji Aralığı (eV)
TO	3,16
CTO1	3,68
CTO3	3,69
CTO5	3,86

Katkısız TiO<sub>2</sub> ince filminin yasak enerji aralığı 3,16 eV iken %1 ,%3 ve %5 oranlarında Cu katkılama ile elde edilen CTO serilerinin yasak enerji aralığı literatürde yer alan Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerin yasak enerji aralıklarına uygun şekilde arttığı gözlenmiştir.

Şekil 7’de katkısız ve Fe katkılı serilere ait  $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$  değişim grafikleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Ayrıca FTO serilerine ait yasak enerji aralıkları Tablo 3’te verilmiştir.



**Şekil 7:** Katkısız ve Fe katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin karşılaştırmalı yasak enerji aralığı grafiği

**Tablo 3:** Katkısız ve Fe katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin yasak enerji aralığı değerleri

Seri adı	Yasak Enerji Aralığı (eV)
TO	3,16
FTO1	3,10
FTO3	2,77
FTO5	2,76

Katkısız TiO<sub>2</sub> ince filminin yasak enerji aralığı 3,16 eV iken %1, %3 ve %5 oranlarında Fe katkılama ile elde edilen FTO serilerinin yasak enerji aralığı literatürde yer alan Fe katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerin yasak enerji aralıklarına uygun şekilde azaldığı gözlenmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışmada; katkılı ve katkısız TiO<sub>2</sub> ince filmlerin üretiminde, literatüre yeni kazandırdığımız sol-gel manyetik döndürerek kaplama yöntemi kullanılmıştır. Katkılamanın etkisinin araştırılması için TiO<sub>2</sub> ince filmlere farklı oranlarda Bakır (Cu) ve Demir (Fe) katkılanarak katkılı ince filmler üretilmiştir. Katkılamanın yapısal, yüzeysel ve optik özellikler üzerine etkileri sırasıyla X-ışını kırınımı (XRD) yöntemi, alan emisyonlu taramalı elektron mikroskopisi (FESEM) ve UV-Vis. Spektroskopisi ile incelenmiştir.

Üretilen ince film serilerinin XRD analiz spektrumları incelendiğinde tüm ince filmlerin polikristal yapıda olduğu görülmektedir. Katkısız TiO<sub>2</sub> ile farklı oranlarda Cu katkılı TiO<sub>2</sub> ince filmlerinin XRD analiz spektrumları incelendiğinde, TiO<sub>2</sub> yapısına ait pik şiddetlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu da Cu katkı oranının artmasına bağlı olarak CTO serisinde kristalleşme oranının azaldığını göstermektedir. Fe katkılı ince filmlerde de TiO<sub>2</sub> yapısına ait pik şiddetlerinin özellikle %5 Fe katkılı ince filmde gözle görülür şekilde azaldığı gözlenmiştir. Bu da Fe katkı oranının artmasına bağlı olarak FTO serisinde de kristalleşme oranının azaldığını ifade etmektedir.

FESEM görüntüleri incelendiğinde yapının nano boyutta taneciklerden oluştuğu, tane boyutlarının yaklaşık 30 nm civarında olduğu anlaşılmaktadır. Cu katkılamanın etkisiyle tane boyutu değerlerinin küçüldüğü, katkılamanın artması ile birlikte de değerlerin daha da düştüğü görülmektedir. Ayrıca katkılamanın etkisi ile CTO yapısında safsızlıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. Katkılamanın artırılması ile nano tanecikler topaklanma eğilimine girmiştir. Fe katkılı görüntüler incelendiğinde nano boyuttaki taneciklerin tane boyutu değerlerinin katkılamanın etkisi ile arttığı anlaşılmaktadır. Yüzey yapısı oldukça

homojen olan FTO1 ve FTO3 numunelerinin aksine katkılamının en çok olduğu (%5) FTO5 numunesinde tanelerin topaklandığı görülmektedir.

Katkısız  $TiO_2$  ince filminin yasak enerji aralığı 3,16 eV iken Cu katkılama ile elde edilen CTO serilerinin yasak enerji aralığı değerlerinin arttığı buna karşılık Fe katkılama ile elde edilen FTO serilerinin yasak enerji aralığı değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuç ile üretilmek istenen malzemenin yasak enerji aralığı değerinin katkılamalar ile istendiği şekilde ayarlanabileceği görülmektedir.

İncelemeler sonucunda; literatüre yeni kazandırdığımız ince film üretim yöntemi ile yapılan katkılamalar sonucunda  $TiO_2$  ince filmlerin özelliklerinin kontrollü bir şekilde kolayca değiştirilebileceği görülmüştür.

## REFERANSLAR

- Akman, E. (2020). Bakır katkılı TiO<sub>2</sub> fotoanotların boya duyarlı güneş pilleri performansı üzerindeki etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 129-135.
- Bezir, N. Ç., Evcin, A., & Oktay, A. (2014). Bor Katkılı TiO<sub>2</sub> Nanofiberlerin Üretim ve Karakterizasyonu. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(3), 307-310.
- Bilankohi, S. M., Ebrahimzadeh, M. (2016), Titanyum Dioksit Nano Ölçek İnce Filmlerin Üretimi ve Yapısal Özellikleri. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 44(3), 349-354.
- Ceylan, O., Kaşıkçı Özen, M., Bezir, N. Ç., Evcin, A. (2021). Comparison of Surface Properties of B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Doped TiO<sub>2</sub> and Non-Doped Thin Films with Sol-Gel Method. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 226-229.
- Coşkun, B. (2020). İki Bileşenli Metal Oksit Yarı iletkenlerin Üretilmesi ve Optik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(1), 295-301.
- Çaligülü, U., Orhan, A., Barlas, Z., Darcan, N. (2021). Döndürerek Kaplama Yöntemi ile Hazırlanan Ca katkılı TiO<sub>2</sub> İnce Filmlerin Optik ve Morfolojik Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(1), 315-327.
- Çavuşoğlu, H. (2019). Gümüş Katkılı Bakır(II) Oksit İnce Filmlerin Yüzey Aktif Madde Yardımıyla SILAR Metoduyla Büyütülmesi . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , (15) , 412-419.
- Dugan, S. (2019). CdO/p-Si Heteroeklem Fotodedektörlerin Üretilmesi ve Elektriksel Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersundu, A. E. (2017). Sol-jel Yöntemi ile Sentezlenen Bor ve/veya Azot Katkılı TiO<sub>2</sub> Toz ve İnce Filmlerin Görünür ve Mor Ötesi Işık Altında Fotokatalitik Aktivitelerinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 227-238.
- Gözükızıl, F.(2020). Katkılı metal oksit ince filmlerin üretimi ve bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hasançebi, Ö. (2006). Sol-gel yöntemiyle hazırlanan bakır oksit ince filmlerin elektriksel, yapısal ve optiksel özelliklerinin incelenmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.
- Kara, F. (2020). Fe Katkılı TiO<sub>2</sub> İnce Filmlerin Üretimi ve Optik Özellikleri, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karabat, M. F., Arsel, İ. (2015). Al/CuO/p-Si/Al Diyot Yapısının Elektriksel Özellikleri . *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* , 5 (1) , 40-53.
- Kızıldaş, H. (2020). Bor Katkılı TiO<sub>2</sub> Nanotüp Fotokatalizörlerinin Üretimi ve Karakterizasyonu. *Erzincan University Journal of Science and Technology* , 13 (3) , 962-971.
- Tauc J., (1974). *Amorphous and liquid semiconductors*, Plenum.

- Türkten, N., Uyguner Demirel, C. S. (2020). Photocatalytic Activity Of In-Situ Fe-Doped Tio<sub>2</sub> For Natural Organic Matter Removal. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi , 8 (3) , 664-670
- Yıldırım, N. (2009). Bakır oksit/titanyum dioksit heteroeklem yapıların elektriksel ve optiksel özelliklerinin incelenmesi, Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi.

### **3. Bölüm**

## **Gıda endüstrisinde Non-Crustacean Arthropoda**

**Zeynep AYDOğAN<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Narman Meslek Yüksek Okulu, Narman, Erzurum, Türkiye  
<https://orcid.org/0000-0002-5465-1605>  
Sorumlu Yazar: zeynep.aydogan@atauni.edu.tr





## **Özet**

Doğal kaynaklar, yaşam ve insan varlığının devamı için önemlidir. Günümüzde küresel bir sorun olarak dünya nüfusunun artan gıda talebini karşılama konusuna çözüm bulabilmek için gerek araştırmacılar gerekse küresel gıda üretim sistemleri şimdiye kadar kullanılmayan yeni besleyici gıda kaynakları üzerinde değerlendirilmeler yapmaktadır. Bu kaynaklar arasında eklembacaklılar da bulunmaktadır. Protein, vitamin, yağ asidi ve mineraller bakımından zengin olmaları nedeniyle genellikle sağlıklı gıda gereksinimlerini karşırlarlar. Besin değerlerine ilişkin yayınlanmış bilimsel veriler son on yılda artış göstermiştir. Etnozoolojik kayıtlara göre eklembacaklılar çok eski zamanlardan beri özellikle tropik ülkelerde yaygın olmak üzere pek çok ülkede insanların beslenmesinde önemli bir yere sahiptir ve bu nedenle günümüzde de geleceğin besin kaynağı olabileceği konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada non-crustacean arthropoda olarak literatürde bilinen eklembacaklıların besin olarak kullanımı konusu tartışılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Entomofaji, Etno-entomoloji, Gıda, Gıda Güvenliği, Yenilebilir Eklembacaklılar, Sürdürülebilir.

## 1. GİRİŞ

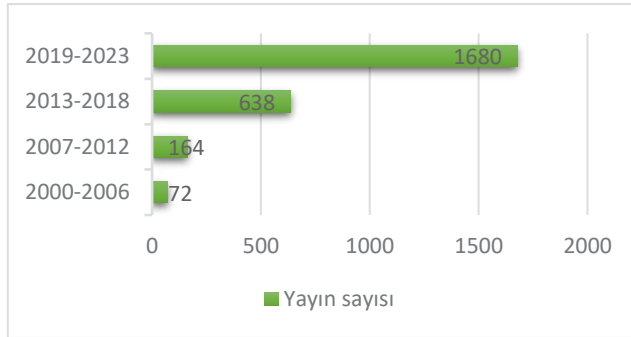
Refah seviyesi ve dünya nüfusundaki artışla birlikte artan gıda talebini karşılama konusunda, bazı ülkelerin de kültürel olarak tükettiği böcekler ve diğer kabuklu olmayan eklembacaklılar, yüksek besin içerikleri nedeniyle günümüzde alternatif gıda kaynağı olarak önerilmektedir (FAO 2012; Van Huis 2020). Akrep, örümcek, çıyan, kırkayak, böcek, termit gibi kabuklu olmayan bazı eklembacaklıların (non-crustacean arthropods) besin olarak tüketimi insanlığın başlangıcından günümüze farklı ülkelerde gıda ve gıda katkı maddesi olarak kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir (Hope 1842; Holt 1885; Xiaoming et al. 2010). İnsan koprolitlerinden elde edilen arkeolojik veriler, insanların eklembacaklıları besin olarak kullanım alışkanlıklarının çok eski dönemlere dayandığını kanıtlar niteliktedir (Sutton 1995; Sponheimer et al. 2005).

Holt (1885) “neden böcek yemiyoruz” sorusunu sorarak böcek yemenin önemine dikkat çekmiş, FAO (2012) ise yayımladığı raporda 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyar olabileceğini öngörerek gıda yetersizliği nedeniyle yetersiz beslenme ve kıtlıkların sıradan hale gelebileceğini dünya gündemine getirerek böcek yemeyi teşvik etmiştir. Eklembacaklıların geleceğin protein kaynağı olarak aday gösterilmesinde düşük sera gazı/amonyak emisyonu, düşük arazi ve su kullanımı, yüksek besin içeriği, ekonomik katkısı gibi sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleyici özellikleri de etkili olduğu söylenebilir. Bu durum böcek girişimcileri (entopreneurs) ya da böcek işletmecileri (ento-business) adında ekonomide yeni bir niş pazarı oluşmasına da katkı sağlamıştır. Meticulous Market Research (Global Market Insights 2022) yayımladığı rapora göre yenilebilir böcek pazarının 2030 yılına kadar 9,6 milyar dolara ulaşması bekleniyor. Bu sektörde özellikle böcek ürünleri baskın olmak üzere diğer eklembacaklılara ait ürünlerin (bütün böcekler, böcek tozu, böcek unu ve böcek yağı) duyu analizleri de yapılarak besin katkı maddesi olarak pazarlaması yapılmaktadır. Bu pazarın bu denli büyümesinin nedenleri arasında hayvancılık ve kümes hayvanları endüstrilerinin neden olduğu sera gazı emisyonlarının artması, böceklerin yüksek besin değeri, çevresel faydaları, hayvan yemi endüstrisinde böcek proteinine artan talep ve insana düşük zoonotik hastalık bulaşma riskinin bulunması gösterilmektedir. Bu sektörün gelişmesini sınırlayan etmenler ise yasal çerçevenin olmaması, insanların böcek tüketme fikrine dair psikolojik ya da geleneksel tutumları, alerjenite ve böcek yetiştirmede böcek çeşitliliğinin sınırlı olması gösterilmektedir (FAO 2010; 2012; Aydoğan 2021a).

Son zamanlarda FAO, antropoentomofajiyi dünya çapındaki protein arzını iyileştirmek için bir olasılık olarak kabul ederek, ticari böcek üretimini bu arzı sağlamak için sürdürülebilir bir yöntem olarak değerlendirdi. Bu alanda

akademik çalışmalar, kongreler, kitle iletişim araçları, seyahat, belgeseller, yemek kitapları, popüler dergiler ve girişimcilerin de katkısıyla eklembacaklılarla beslenmenin ve bunları toplamanın ikellikle bağdaştırılmaması, itibarlı mutfaklarda kullanılarak, yemeğin itibarının değiştirme çabaları ile besleyici ve çevre dostu olan bu yeni gıda sektörünün avantajını artırarak büyüyen bir trend haline gelmesine katkı sağlanmıştır. İnsanlara böcekleri tatma deneyimi sağlamak; tadanlara sofistike gurme pozisyonu vermek; faydaları hakkında bilgi vermek; etno-entomolojik çalışmalar yapmak; çevresel sağlığa olan katkısı hakkında bilgi vermek; kraker, sosis, köfte, makarna gibi bilindik ürünlerin içeriğine eklemek; rol modeller kullanmak; krustaceanlarla akraba olduklarını vurgulamak; gıda güvenliği hakkında bilgi vermek; lezzetli gıda algısı yaratmak; ucuz besin olduğunu vurgulamak gibi algılarla böcek tüketimini çekici ve lezzetli göstererek yaygınlaştırmak ve “yeni normal” oluşturmak için geliştirilen stratejilerdir.

Bu bağlamda eklembacaklıların ve özellikle böceklerin besin değerlerine, endüstriyel kullanımına ve gıda güvenirliliklerine ilişkin Web Of Science (WOS)'da yayınlanmış bilimsel veriler son yirmi yılda artış göstermiştir (Şekil 1). Bu çalışmalar eklembacaklıların, özellikle böceklerin protein, karbonhidrat, yağ, esansiyel yağ asidi, esansiyel amino asit, vitamin ve mineral bakımından oldukça zengin olduğunu, bu nedenle alternatif besin kaynağı olabileceğini gösteren çalışmalardır (Van Huis 2020; Aydoğan 2021b).



**Şekil 1.** WOS veri tabanında sadece “edible insect” terimini içeren yayın sayıları.

### **1.1. Arthropoda**

Yaşayan tüm hayvan türlerinin çoğunluğu omurgasızdır ve bunların büyük bir kısmını eklembacaklılar diğer bir ifadeyle Arthropoda oluşturur. Arthropoda yani eklembacaklılar, böcek, örümcek, akar, kene ve akrepler dâhil olmak üzere hayvanlar âleminin %90'ından fazlasını oluşturan, fosil ve yaşayan omurgasız

hayvanların en çeşitli grubudur. Arthropoda, 1848'de Alman fizyolog ve zoolog Karl Theodor Ernst von Siebold tarafından ilk kez kullanılmış bir kelime olup, Yunanca “arthro-: eklem” ve “-podos (pous): ayak” kelimelerinden oluşmaktadır ve bu iki kelime birlikte “eklembacaklı” anlamına gelmektedir (Hegna et al. 2013). Eklembacaklıların tür ve takson bakımından en kalabalık sınıfını ise böcekler oluşturur. Böceklerin muazzam ekolojik faydalarının yanı sıra endüstride, adli bilimlerde, sağlıkta ve günümüzde gıda endüstrisinde kullanım alanları mevcuttur.

“Entomofaji”, “antropoentomofaji” karasal ve suda yaşayan böceklerin insanlar tarafından besin olarak tüketilmesini ifade eden etnoentomoloji'nin günümüzdeki popüler terimleridir. Literatürde “non-crustacean arthropods” olarak bilinen diğer eklembacaklıların tüketimi genel anlamda “arthropoentomofaji”, takım bazında ise “arachnofaji”, “scorpionofaji”, ya da “chilopodofaji” olarak ifade edilir. "Antropoentomofaji", "insektivory/böcekçil" ya da bilinen adıyla entomofaji insanların karasal ve sucül böcekleri gıda olarak tüketmesini ifade eder. Aslında entomofaji insan beslenmesinde yeni bir olgu değildir. Arkeolojik kazılardan elde edilen insan koprolit kanıtları böceklerin besin olarak tüketiminin antik çağlara kadar uzandığını göstermektedir (Sutton, 1995). Özellikle orta ve güney Afrika, Avustralya, Latin Amerika ve Asya'da insanlar tarafından besin olarak tüketilmektedir. Bu bölgelerde eklembacaklılar kıtlık ya da açlık zamanlarında başvurulmuş besin kaynağı olarak görülmemekte aksine hoşça giden, tercih edilen, lezzetli besinler arasında gösterilmektedir (Meyer-Rochow 2005).

## **1.2. Dünya genelinde tercih edilen yenebilir eklembacaklılar**

Non-crustacean arthropod olarak bilinen böcekler gibi örümcekler akrepler, akarlar, keneler ve çok ayaklılar (çıyan ve kırkayak) da gıda maddesi veya ilaç olarak insanlık tarihinde geleneksel tüketim geçmişine sahiptir. Literatürde alanda uzman olmayan araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda örümcek, akrep, akar, kene ve çok ayaklıların böcek sınıfında değerlendirildiği ancak bunların böcek olmayıp Arthropoda şubesinde içerisinde yer aldığı unutulmamalıdır.

### **• Böcek (Hexapoda: Insecta)**

Böcekler de diğer eklembacaklılar gibi birçok ülke ve etnik grup için diyetlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Belçika, İsviçre ve Hollanda gibi bazı Avrupa ülkelerinde ise belirli böceklerin üretilmesine ve tüketilmesine izin verildiği beyan edilmiştir (Van Huis 2016). Gezegendeki en büyük eklembacaklı grubu olan böcekler Afrika, Asya ve Latin Amerika'da insan beslenme tarihinde

önemli bir rol oynamıştır. Her böcek türü yenilebilir değildir, günümüzde tropikal bölgelerde ağırlıklı olmak üzere 113 ülkede, 2000'nin üzerinde böcek türü literatürde yenilebilir olarak tanımlanmıştır (Jongema 2017; Van Huis 2020). Böceklerin genel olarak %82'si larval safhada tüketimi tercih edilir ve larvaların kızartma, haşlama ya da arı larvalarında olduğu gibi çığ olarak tüketimi yaygındır (Daniel Victoria-Morales et al. 2022). Jongema (2017) yayımladığı listeye göre genel olarak en yaygın tüketilen karasal ve sucul böcekler; Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera, Isoptera ve Odonata takımlarına aittir. Ancak bununla birlikte bu listede Diptera, Homoptera, Ephemeroptera, Blattodea, Tricoptera ve Megaloptera tüketilen diğer takımlardır.

Birçok entomofag ülkede böcekler yakalandıktan hemen sonra canlı olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte, 1-3 gün aç bıraktıktan sonra sıcak suyla haşlayarak kullanıldıkları gibi pişirme, fırınlama, kızartma, soteleme, kurutarak veya katkı maddesi gibi mutfak teknikleri kullanılarak servis edilirler (Borkovcová et al. 2009). Mezcal gibi alkollü içecekleri aromalandırmak için de kullanılırlar (Daniel Victoria-Morales et al. 2022). Lezzeti esas olarak böceğin sahip olduğu feromonlar nedeniyle türüne göre değişkenlik gösterse de genel olarak fıstık, ceviz, çığ badem, patlamış mısır, limon kabuğu, tavuk, karides, ıstakoz benzeri olduğu belirtilmektedir (FAO 2010; 2012). Örneğin formik asit üreten karıncaların (Hymenoptera: Formicidae) tadı limona benzemektedir ve yemeklere limon tadını vermek için kullanılır ancak bu familyaya ait tüm türler lezzetli değildir (Aydoğan 2021a).

Böceğin türü, yaşam evresi, cinsiyeti, vücut büyüklüğü, beslenme alışkanlığı, böceğin yaşadığı ve beslendiği habitatı, yaşadığı yerin coğrafi konumu, iklim ve mevsimle birlikte böceğin işlenmesi, pişirme yöntemi böceğin besin içeriğini etkileyen unsurlardır (FAO 2010). Nispeten az miktarda karbonhidrat ve lif içerirler, ancak proteinler, yağlar ve mineraller açısından zenginlerdir (Şekil 2). Böcekler kolayca sindirilebilir kaliteli protein (metiyonin ve triptofan hariç) içeriklerinin yanı sıra birçok türde (yaklaşık %60 oranında) protein ve tüm temel aminoasitleri bulundurmaktadır (Xiaoming et al. 2010). Proteinin sindirilebilirliği, proteinin kitine bağlı olmasına, polisakkarit ve dış iskeletteki içeriklerine göre değişkenlik gösterir.

Amino Asit/Protein	Yağ Asidi /Lipid	Vitamin	Element	Biyoaktif İçerikler
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Metiyonin</li> <li>•Triptofan</li> <li>•Sitein</li> <li>•Fenilalanin</li> <li>•Tirozin</li> <li>•Treonin</li> <li>•Taurine</li> <li>•Izolösin</li> <li>•Lösin</li> <li>•Lizin</li> <li>•Valin</li> <li>•Arginin</li> <li>•Alamine</li> <li>•Glycine</li> <li>•Histidin</li> <li>•Proline</li> <li>•Serine</li> <li>•Aspartik asit</li> <li>•Glutamik asit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Saturated, Monosaturated ve Polysaturated olmak üzere;</li> <li>•Miristik asit</li> <li>•Palmütik Asit</li> <li>•Stearik Asit</li> <li>•Palmitleik Asit</li> <li>•Trigliserit</li> <li>•Fosfolipit</li> <li>•Oleik</li> <li>•Linoleik Asit</li> <li>•<math>\alpha</math>- Linolenik Asit</li> <li>•Araşidonik Asit</li> <li>•Eikosapentaenolik asit (EPA)</li> <li>•Dokosaheksaenolik asit (DHA)</li> <li>•Kolesterol</li> <li>•Kampesterol</li> <li>•Stigmasterol</li> <li>•<math>\beta</math>-sitosterol</li> <li>•Kaprütik asit</li> <li>•Laurik asit</li> <li>•Heptadecanoic acid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Thiamine (B<sub>1</sub>)</li> <li>•Riboflavin (B<sub>2</sub>)</li> <li>•Nikotinik Asit (B<sub>3</sub>)</li> <li>•Pantotenik Asit (B<sub>5</sub>)</li> <li>•Piridoksin (B<sub>6</sub>)</li> <li>•Biotin (B<sub>7</sub>)</li> <li>•Myo-inositol (B<sub>8</sub>)</li> <li>•Folik Asit (B<sub>9</sub>)</li> <li>•Kobalamin (B<sub>12</sub>)</li> <li>•Kolin</li> <li>•Retinol (Vitamin A)</li> <li>•Vitamin K</li> <li>•Vitamin C</li> <li>•Kolekalsiferol(Vitamin D<sub>3</sub>)</li> <li>•Ergokalsiferol (Vitamin D<sub>2</sub>)</li> <li>•<math>\alpha</math>-Tocopherol (Vitamin E)</li> <li>• <math>\beta</math> + <math>\gamma</math> Tocopherols</li> <li>•Carotenoids (astaxanthin, zeaxanthin, teaxanthin, lutein, <math>\beta</math>-carotene, <math>\alpha</math>-carotene, lycopene)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Demir (Fe)</li> <li>•Çinko (Zn)</li> <li>•Potasyum (K)</li> <li>•Sodyum (Na)</li> <li>•Kalsiyum (Ca)</li> <li>•Fosfor (P)</li> <li>•Magnezyum (Mg)</li> <li>•Manganez (Mn)</li> <li>•Bakır (Cu)</li> <li>•Iyot (I)</li> <li>•Selenyum (Se)</li> <li>•Kobalt (Co)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Oksalat</li> <li>•Tripsin İnhibitörü</li> <li>•Alkoloidler</li> <li>•Siyanid</li> <li>•Saponin</li> <li>•Tannik Asit (Tannen)</li> <li>•Fitik Asit</li> <li>•Lektin</li> <li>•Hidrosiyanür</li> <li>•Kitin</li> <li>•Kitosan</li> <li>•Flavonoid</li> <li>•Kantaridin</li> <li>•Antrakinin</li> <li>•Steroid</li> <li>•Triterpenoid</li> <li>•Siyanojenik glikozit</li> <li>•Kekropin</li> <li>•Apijenin</li> <li>•Toksik elementler</li> </ul>

### Böceklerin Besinsel Değerleri

Şekil 2. Genel olarak böceklerin besinsel içerikleri (Xiaoming et al. 2010; Finke 2015; Van Huis 2016; 2020; Aydoğan 2021a; Weru et al. 2021).

Bazı böceklerin protein içeriği de tavuk yumurtası, et ve kümes hayvanlarından daha yüksektir. Protein içeriği bakımından en zengin türler Orthoptera takımlarına ait olduğu belirtilmektedir (Van Huis 2016). Yenilebilir böcekler diğer hayvansal yağların aksine, yağ asitleri bakımından da oldukça zengindir ve insan beslenmesi için gerekli olan daha yüksek esansiyel yağ asidi içeriğine sahiptir (Chen et al., 2009). Böceklerin yağ içeriği tür, üreme evreleri, mevsim, yaş (yaşam evresi), cinsiyet, habitat ve beslenme gibi birçok faktöre bağlıdır (Raksakantong et al. 2010). Yağ içeriği larva ve pupa evrelerinde daha yüksektir, yetişkin aşamasında yağ içeriği nispeten düşüktür. Yüksek yağ indüklenmiş obez fareler *Allomyrina dichotoma* (Coleoptera: Scarabaeidae) türü larvaları ile beslendiğinde damarsal yağlanmayı azalttığı, bu nedenle obeziteye karşı kullanılabileceği belirtilmiştir (Yoon et al. 2015). Yine *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera) ile hazırlanan homojenat, farelerde methylphenyl tetrahydropyridine etkisini belirgin bir şekilde nötralize ettiği belirtilmiştir (Ushakova et al. 2015).

#### • Akrep (Arachnida: Scorpionida)

Akrep zehri antikanser, antikoagülasyon ve antiepileptik özellikleri nedeniyle farmakolojik, biyokimyasal ve immünolojik araştırmalarda ve geleneksel Çin tıbbında kullanılır. Besin olarak akrepler Çin (Shandong), Kore, Japonya, Moğolistan, Batı Afrika, Myanmar, Tayland, Papua Yeni Gine (chuave bölgesinde, wiwi (ekera) yöresel ismiyle) ve Vietnam'da, böcekler kadar yaygın olmasa da, insanlar tarafından tüketilir (Meyer-Rochow 2005; Aydoğan 2021a).

Vietnam'da akrep şarabı yapmak için kullanılırlar (Albers 2017). Kurutularak, pişirme, haşlama, közleme, kızartma, ızgara, çiğ veya canlı olarak soslara ya da salataya katılmak suretiyle tüketilmektedir. Karides ve ıstakoz benzeri bir tadı olduğu belirtilmektedir (Aydoğan 2021a). Yağda kızartıldığında tadı patates kızartması gibidir. Çubuklara takılarak servis edilen bu kızartmaların oldukça lezzetli ve proteince zengin olduğu belirtilir. Isı iğnelerindeki zehri ortadan kaldırdığı için genellikle iğneleri tüketilirken çıkarılmaz (Albers 2017).

- **Örümcek (*Arachnida: Araneae*)**

Özellikle *Nephila* türleri Madagaskar, Avustralya, Gambia, Manipur, Tayland, Yeni Kaledonya, Yeni Zelanda, Papua Yeni Gine (Kiriwina bölgesinde, kapari yöresel ismiyle), Venezuela, Paraguay, Vietnam, Endonezya, Hindistan, Kamboçya, Laos, Vanuatu gibi ülkelerde tüketilmektedir (Meyer-Rochow 2005; Randrianandrasana and Berenbaum 2015; Jongema 2017). *Nephila inaurata* Madagaskar'da sadece Anjâ bölgesinde tüketilirken (Randrianandrasana and Berenbaum 2015), Yeni Kaledonya yerlileri ise *Nephila edulis* türünü tercih etmekteledir (Low 2016). Çiğ olarak, pişirilerek, ateşte hafif kızartılarak veya tütülenerek servis edilir. Kamboçya'da yerel ve online marketlerde satılan tarantula türleri (*Araneae: Theraphosidae*) lezzetinin yanında özellikle yüksek çinko içeriği ((16 mg çinko/100 gr çiğ ağırlık) nedeniyle tercih edilmektedir (Van Huis 2016).

- **Akarlar, Keneler (*Arachnida*)**

Örümcekler Araknida'nın büyük bir kısmını oluşturur geriye kalan kısmı ise akarlar ve kenelerdir. Akarlar, Fransa ve Almanya'da çok eski ve yaygın bir gelenek olarak peyniri olgunlaştırmada kullanılmaktadır. Almanya'da Würchwitzer Milbenkäse ya da yerel adıyla Spinnenkäse 'örümcek peyniri' ve Altenburger Ziegenkäse peynirleri, Fransa'da Mimolette ve Artisou peynir çeşitleri *Tyrolichus casei* ve *Acarus siro* isimli peynir akarı eklenerek yapılmaktadır. Milbenkäse peynirini olgunlaştırmada *Tyrolichus casei*, Mimolette, Cantal vieux ve Artisou peynirlerini olgunlaştırmada un akarı olarak bilinen *Acarus siro* türü akarlar kullanılmaktadır (Shimano *et al.* 2022; Shimizu *et al.* 2022). Akarlarla olgunlaşan peynirlerin tadı cevizli, meyvemsi bir tat ve aroma kazandığı belirtilmektedir. Yerel halkın Kongona ya da kongon'omby olarak ifade ettiği keneler (*Ixodida, Arachnida*) Madakaskarın Mahabo bölgesinde tüketilmektedir (Randrianandrasana and Berenbaum 2015).



- **Çıyan (*Myriapoda: Chilopoda*)**

Çıyanlar ile ilgili bilimsel çalışmalar sınırlı olmakla birlikte besin olarak kullanımın yanı sıra önemli tıbbi malzeme olarak kullanılan farmakolojik olarak aktif bileşikler içerir (Kim et al. 2017).

- **Kırkayaklar (*Myriapoda: Diplopoda*)**

Özellikle Burkina Faso'da Bobo kabilesi tarafından günlük diyetlerinin bir parçası olarak Gomphodesmidae (Polydesmida) ve Spirostreptidae (Spirostreptida) ait türler, Papua Yeni Gine'de onobanugan (onopamukan) yöresel ismiyle chuave bölgesinde tüketilmektedir (Meyer-Rochow 2005; Enghoff et al. 2014). Besinsel açıdan yapılan çalışmalara bakıldığında özellikle fitat, fitat fosforu, protein ve karbonhidrat, mineral bakımından ise Ca, K, Mg, Na ve Cl yönünden zengin olduğu belirtilmiştir (Abulude and Folorunso 2003).

### **1.3. Yenebilir eklembacaklıların besin değerleri ve riskleri**

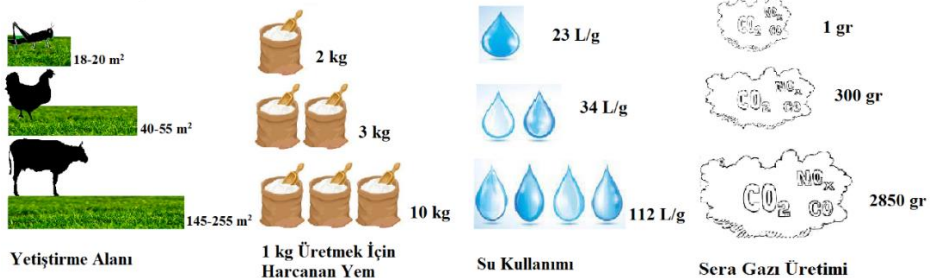
Besinsel açıdan bakıldığında birçok yenilebilir eklembacaklı insan diyetine yeterli ve dengeli besinler sağlar. Aynı cinse ait türlerde bile besin değerleri büyük farklılıklar göstermekle birlikte protein, karbonhidrat, yağ (çoklu doymamış yağ asidi ve tekli doymamış yağ asitleri), amino asit (izolösin, lösin, lizin, metionin, sistein, fenilalanin, tirozin, treonin, triptofan, valin, arginin, histidin, serin, prolin, alanin, glisin, ve glutamik asit), vitamin (tiamin/B1, riboflavin/B2, piridoksin/B6, pantotenik asit, biotin, ve niasin) ve mineral (K, Ca, Mg, Zn, P, Fe, Cu, ve Se) açısından zengin olduğu bilinmektedir (FAO 2010; 2012; Aydoğan 2021a). Aynı şekilde besin değeri tüketilmeden önce hazırlanma ve işlenme (kurutma, pişirme, kızartma vb.) proseslerine göre değiştiği belirtilmektedir (Van Huis et al., 2013).

Çevresel şartlar ve beslenme, eklembacaklıların element ve biyoaktif içeriklerin oluşmasında önemli rolü vardır. Vücutta sentezlenmeyen mineral içerikleri eklembacaklının bulunduğu coğrafik ve ekolojik faktörlere ve canlının beslenmesine göre farklılık gösterecektir. Özellikle Afrika'da vücuttaki mikro-ve makroelement eksikliklerine karşı önerildiği gibi toksik elementleri de biriktirebilme özelliklerinden dolayı fazla tüketilmeleri sağlık sorunlarına neden olabilir. Besleyici olmalarının yanı sıra bulunduğu ortamdan da kaynaklanabilen alerjen, mikrobiyal patojenite, toksik element/dioksin/poliklorlu bifenil/pestisit/fungisit/antibiyotik kontaminasyonu, mikroplastik riskler ve çevreleriyle ilgili tehlikeler yönünden tüketilirken dikkat edilmesi gereken unsurlardır. Ayrıca, böcek toplandıktan sonra bozulabilir, böceğin kendisi zehirli olabilir. Bu nedenle fiziksel, kimyasal ve biyolojik kontaminasyonu önlemek için böcek içerikli üretimlerde risk analizleri yapılmalıdır. Bununla birlikte

pestisitlerin lipofilik özellikleri eklembacaklıların vücudunda akümülyasyona ve neticede besin zincirinde biyomagnifikasyona neden olarak tüketicilerin sağlığını olumsuz olarak etkileyecektir.

#### 1.4. Yenilebilir eklembacaklılar ve sürdürülebilirlik

Geleneksel olarak entomofag olan ülkelerin pek çok yerinde, yenilebilir eklembacaklılara olan talep bir zorunluluktan çok "tercih edilen yiyecek" olarak değerlendirildiğinden, bunlar bir "açlık" ya da "kıtlık yiyeceği" olarak düşünülmemelidir. Bu insanlar günlük beslenmelerinin bir parçası olarak kullandıkları eklembacaklıları; gelenekleri ve kimliklerinin bir parçası olması, lezzetli olması, besleyici olması, bol miktarda bulunması, kolay ulaşılması, uygun fiyatlı olması, hazırlamasının kolay olması, vejetaryen beslenenlere alternatif besin olması, yeşil gıda olması ve çevreye zarar vermemesi veya sadece merak edildiği için tercih etmektedir (Meyer-Rochow 2005; Van Huis et al., 2013; Enghoff et al. 2014). Geleneksel gıda hayvanlarında 1 kg kırmızı et üretmek için gerekli olan alan, eklembacaklı üretiminde az olması, daha az yem ve su tüketmeleri, daha az sera gazı oluşturmaları yönüyle sadece zengin besin içerikleri yönüyle değil ekolojik açıdan da sürdürülebilir oldukları belirtilir (Şekil 3) (Van Huis et al. 2013).



Şekil 3. Böcek yetiştiriciliğinin çevresel faydalarının geleneksel et üretimi ile karşılaştırılması (FAO 2010, 2012).

#### SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Böcek çiftliklerinin kurulduğu, böcekli gıdaları ticarileştirmeye başladığı, online böcek satışlarının olduğu ve evlere sipariş verildiği günümüz dünyasında eklembacaklı tüketmek artık kırsal yaşamla ilişkilendirilmiyor. Günümüzde non-crustacean eklembacaklıların artan tüketimi neticesinde yeni ve hızla büyüyen bir sektör ortaya çıkmıştır. Entopreneurs ya da ento-business diğer bir ifadeyle böcek girişimcileri ya da böcek işletmecileri olarak tabir edilen bu yeni endüstri; üretim, pazarlama, ticaret ve yemek pişirme üzerine çalışmalar yaparak, en büyük ve en

çeşitli organizma gruplarından biri olan eklembacaklılardan yeni ürünler geliştirmeyi geleceğin süper besini olarak insanların menüsüne yerleştirmeyi amaçlamaktadır.

Geleneksel olarak arthropofag olan birçok ülkede yenilebilir eklembacaklılar açlık ya da kıtlık dönemlerinin bir yiyeceği olmamakla birlikte her geçen gün artan taleple bir zorunluluktan çok, tercih edilen yiyecekler arasındadır. Günümüzde kültürü yapılmaktadır ancak yerel halk tarafından kontrolsüzce doğadan toplanması da yaygındır. Bu durumda eklembacaklıların doğal ortamlarından aşırı toplanması popülasyonlarına zarar verebilir. Ayrıca doğal ortamdan toplanarak tüketilen eklembacaklıların tarımsal ilaçların kullanıldığı alanlardan toplanması ve besin olarak tüketilmesi durumunda ise gıda güvenliği açısından sakıncalı olabileceği unutulmamalıdır.

## KAYNAKÇA

- Abulude, F. O., Folorunso, R. O. (2003). Preliminary studies on millipede: Proximate composition, nutritionally valuable minerals and phytate contents. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 68-71. Doi: 10.4314/gjass.v2i2.2207
- Albers, S. (2017). How to Mindfully Eat a Scorpion. HuffPost. Archived from the original on 13 August 2020. Retrieved 23 July 2023, from: [https://www.huffpost.com/entry/how-mindfully-eat-a-scorp\\_b\\_5321948](https://www.huffpost.com/entry/how-mindfully-eat-a-scorp_b_5321948)
- Aydoğan, Z. (2021a). Anthro-entomophagy: quantitatively chemical assessment of some edible arthropods, bought from an e-shop. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 15462-15470.
- Aydoğan, Z., İncekara, Ü. & Gürol, A. (2021b). Two new edible insect species from Ghana and their chemical content evaluation. *Int J Trop Insect Sci* 41, 3049–3054. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00497-5>
- Borkovcová, M., Bednářová, M., Fišer, V., & Ocknecht, P. (2009). Kitchen variegated by insects 1. *Lynx*, Brno.
- Chen, X., Feng, Y., & Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological research*, 39(5), 299-303.
- Daniel Victoria-Morales, J., White-Olascoaga, L., Chávez-Mejía, C., Moctezuma-Pérez, S. (2022). Anthro-Entomophagy In The Otomí Community Of San Pedro Arriba, Temoaya, Estado De México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 19(4), 436-447. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1411>
- Enghoff, H., Manno, N., Tchibozo, S., List, M., Schwarzinger, B., Schoefberger, W., Schwarzinger C., Paoletti, M. G. (2014). Millipedes as food for humans: their nutritional and possible antimalarial value—a first report. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2014/651768>
- FAO, (2010). Forest insects as food: humans bite back (Eds: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono K.). Bangkok, Thailand <http://www.doc-developpement-durable.org/file/Elevages/Insectes/edible%20forest%20insects.pdf#page=94>
- FAO, (2012). Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. Presented at Technical consultation meeting, 23–25 January, Rome, Italy.
- Finke MD. 2015. Complete Nutrient Content of Four Species of Commercially Available Feeder Insects Fed Enhanced Diets During Growth. *Zoo Biology* 34: 554–564.

- Global Market Insights, (2022). Edible Insects Market by Product (Whole Insect, Insect Powder, Insect Meal, Insect Oil), Insect Type (Crickets, Black Soldier Fly, Mealworms), Application (Animal Feed, Protein Bar & Shakes, Bakery, Confectionery, Beverages), and Geography - Forecast to 2030. Erişim tarihi: 10.01.2023, Retrieved from: <https://www.meticulousresearch.com/product/edible-insects-market-5156#description>
- Hegna, T., Legg, D., Møller, O., Roy, P., & Lerosey-Aubril, R. (2013). The correct authorship of the taxon name "Arthropoda". *Arthropod systematics & phylogeny*, 71, 71-74.
- Holt, A.V. (1885). Why Not Eat Insects? E.W.Classey Ltd, Faringdon
- Hope, F.W. (1842). XIX. Observations respecting various Insects which at different times have afforded Food to Man. *Transact R Entomol Soc London* 3(2):129–150.
- Jongema, Y. (2017). Worldwide list of recorded edible insects. (Erişim tarihi 27.10.2022) Erişim Linki: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- Kim, S.Y., Lee K.Y., Kim H.G., Hwang J., Yoon H.J. (2017). A Nutritional Analysis of Chinese Red-headed Centipedes (*Scolopendra subspinipes mutilans*) from Different Regions of Korea. *Journal of Life Science*, 27(11), 1308-1314. DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2017.27.11.1308>
- Low T. (2016). "The tasty spider". Australian Geographic. Archived from the original on 26 October 2020. Retrieved 19 March 2021, from: <https://www.australiangeographic.com.au/topics/wildlife/2016/08/the-tasty-spider/>
- Meyer-Rochow, V. B. (2005). Traditional food insects and spiders in several ethnic groups of Northeast India, Papua New Guinea, Australia, and New Zealand. Ecological implications of mini livestock-potential of insects, rodents, frog and snail. USA, Science Publishers Enfiel, 389-414.
- Randrianandrasana, M., & Berenbaum, M. R. (2015). Edible non-crustacean arthropods in rural communities of Madagascar. *Journal of Ethnobiology*, 35(2), 354-383.
- Raksakantong P., Meeso N., Kubola J., Siriamornpun S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects. *Food Res. Int.* 43, 350–355.
- Shimizu, N., OConnor, B.M., *et al.* (2022). Mite secretions from three traditional mite-ripened cheese types: Are ripened French cheeses flavored by the

- mites (Acari: Astigmata)?. *Exp Appl Acarol* 87, 309-323. <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00734-7>
- Shimano, S., Hiruta, S.F., Shimizu, N. *et al.* (2022). Do ‘cheese factory-specific’ mites (Acari: Astigmata) exist in the cheese-ripening cabinet?. *Exp Appl Acarol* 87, 49–65. <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00725-8>
- Sponheimer M., de Ruiter, D., Lee-Thorp J., Späth A. (2005). Sr/Ca and early hominin diets revisited: new data from modern and fossil tooth enamel. *J. Hum. Evol.*, 48 147–156.
- Sutton, M.Q. (1995). Archaeological aspects of insect use. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2(3), 253–298, <https://doi.org/10.1007/BF02229009>
- Ushakova, N. A., Kovalzon, V. M., Bastrakov, A. I., Kozlova, A. A., Revishchin, A. V., Pavlova, G. V., Pavlov, D. S. (2015). The ability of *Alphitobius diaperinus* homogenates immobilized on plant sorbent to block the development of mouse parkinsonism. *Biochemistry, Biophysics and Molecular Biology*, 461(1), 94-97. DOI: 10.1134/S1607672915020088
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.
- Van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 294-305. doi:10.1017/S0029665116000069
- Van Huis, A. (2020). Nutrition and health of edible insects. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 23(3), 228-231. <https://doi.org/10.1097/MCO>.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., and Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. *Forest insects as food: humans bite back*, 85-92.
- Weru, J., Chege, P., & Kinyuru, J. (2021). Nutritional potential of edible insects: a systematic review of published data. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 2015-2037.
- Yoon, Y. I., Chung, M. Y., Hwang, J. S., Han, M. S., Goo, T. W., Yun, E. Y. (2015). *Allomyrina dichotoma* (Arthropoda: Insecta) larvae confer resistance to obesity in mice fed a high-fat diet. *Nutrients*, 7(3), 1978-1991. <https://doi.org/10.3390/nu7031978>



## 4. Bölüm

# Bazı Mikro Morfolojik Karakterlerde Sayısal Analizlerin Karşılaştırılması

Ali ÖZDEMİR <sup>1</sup>

Canan ÖZDEMİR <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Doç. Dr.; Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü.  
acaozdemir@gmail.com ORCID No: 0000-0001-9330-7084

<sup>2</sup> Prof. Dr.; Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü. c  
ozdemir13@gmail.com ORCID No: 0000-0003-1316-4146





**ÖZ**

## GİRİŞ

Araştırmada *Ophrys minutula* Gölz Et H. R. Reinhard, *Ophrys lutea* Cav. subsp. *minor* (Guss.) O. Et E. Danesch ve endemik olan *Ophrys holoserica* (Burm. Fil.) Greuter subsp. *heterochila* Renz Et Taub. taksonlarının yapraklarına ait özelliklerinin sayısal değerleri karşılaştırılarak istatistiksel analizleri yapılmıştır. İncelenen taksonlara ait Orchidaceae familyası üyeleri, dünyadaki en nadide ve büyüleyici bitkiler arasında yer alır ve botanikçilerin büyük bir ilgisini çeker (Kreutz,2009:848). Araştırdığımız taksonların cinsi *Ophrys*, canlı renkleri, şekilleri ve ilginç tozlaşma sistemleri nedeniyle orkideler arasında en çekici gruplardan biridir. Çoğunlukla küçük çok yıllık bitkiler olup, bölünmemiş yuvarlak iki yumruya sahiptirler. Yapraklar genellikle tabandadır. Çiçekler gösterişlidir, çanak yapraklar çıplak, yeşil ya da beyazımsı renktedir. Cinsin adı birkaç türünün çiçeklerinin tüylü kenarlarına atıfta bulunan Yunanca “kaş” anlamındadır (Pridgeon, 1992). Adı ilk olarak Yaşlı Pliny'nin “Doğal Tarih” kitabında (Pliny,1956:393), daha sonra 1753'te Linneus tarafından özel bir grup olarak sınıflandırıldı (Linnaeus,1753). *Ophrys* türleri genellikle kuzeyde İskandinavya'dan güneyde Kuzey Afrika'ya, güneyde İrlanda, Portekiz ve İrlanda'dan yayılış gösteren karasal orkidelerdir. Cins, sonbaharda oluşan bir yaprak rozeti ve ardından Mart/Nisan aylarında çiçek açan kış yeşili türlerini içerir. Taksonların yapraklarından alınan örneklerden el kesitleri alınıp bu kesitler iyi gözlenebilmeleri için renklendirilmiştir. Taksonlara ait kesitler incelenerek mikro morfolojik karakterlerinden mikroskop ölçümleri elde edilmiştir. Bu sayısal değerler  $P<0.01P$  ve  $P<0.05P$  önemlilik seviyelerinde istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar tablolar ile gösterilmiştir. Sayısal olarak değerlendirilen ve istatistiksel analizleri yapılan karakterlerden bazılarının istatistik olarak anlamlı değerlere sahip olup, taksonları ayırt edebilen kullanışlı karakter oldukları gözlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Labaratuvar Çalışmaları

Doğal yayılış alanlarından toplanan bitki örnekleri mikroskopik gözlemler için 70 % lik alkolde muhafaza edildi. Bu örneklerden el kesitleri alındı. Kesitler safranin ve fast-green boyaları kullanılarak renklendirildi. Kesitlerden hazırlanan preparatlar, Leica DM3000 motorize mikroskop objektifleri kullanılarak incelendi. Sayısal analizler için mikro morfolojik yapılarının boyutları mikrometrik oküler yardımı ile ölçülerek ortalama ve standart hata değerleri tespit edildi ve bu değerler tablolar haline getirildi (Tablo 1).

### ***Sayısal Analizler***

Mikro morfolojik ölçümlerinden elde edilen sayısal veriler çalışmanın istatistiksel değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Örneklerin mikro morfolojik özelliklerine ait sayısal değerleri birbirleri ile pearson korelasyon testi ve varyans analiz (Pearson correlation, Analysis of Variance) testleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablolar ile gösterilerek, istatistik sonuçları  $P < 0.05$  ve  $P < 0.01$  anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir (Tablo 1-13). İstatistiksel değerlendirmeler de taksonlar A-C harfleri ile mikro morfolojik karakterler ise 1-10 rakamları ile kodlandırılmıştır.

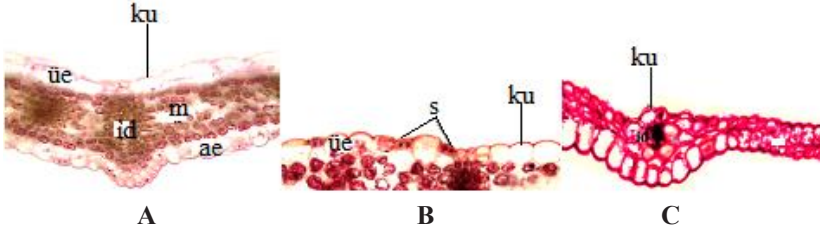
## **ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA**

### ***Bulgular***

***O. minutula***: Taksonun yaprak enine kesitinde alt ve üst epidermis hücreleri üzerinde ince bir kutikula tabakası bulunmaktadır. Üst epidermis hücreleri alt epidermis hücrelerine göre daha büyük ölçülerdedir. Mezofil tabakası tek tip hücrelerden meydana gelmektedir. Mezofil dokusu kesitte dar bir alanı kaplamaktadır. Stomalar epidermis hücre hizasının kısmen üstündedir. İletim demetleri yaprak eksenini boyunca belli aralıklar ile sıralanmaktadır (Şekil 1, A).

***O. holoserica subsp. heterochila***: Alınan enine yaprak kesitinde birbirine yakın kalınlıkta epidermisi örten kalın bir kutikula yer almaktadır. Epidermis hücreleri farklı büyüklük ve şekillerde koruyucu dokuyu oluştururlar. Mezofil tabakası oldukça dar olup 2-4 sıralı tek tip hücrelerden meydana gelmektedir. Alt ve üst epidermiste bu hücrelerden kısmen alt seviyede gözlenen stomaların sık aralıklar ile dizilmiş olması dikkat çekicidir (Şekil 1, B).

***O. lutea subsp. minor***: Yapraktan alınan kesitte alt ve üst epidermisi örten kutikula bulunmaktadır. Epidermis hücreleri yaprağın üst kısmında daha büyük hücrelerden meydana gelmektedir. Mezofil tek tip yuvarlağa yakın şekilli hücrelerden meydana gelmektedir. Bu tabaka ana iletim demetlerinin olduğu kısmın dışında oldukça dardır. Yaprak eksenini boyunca iletim demetleri belli aralıklar ile sıralanmaktadır (Şekil 1, C).



Şekil 1. A: *O. minutula* B: *O. holoserica* subsp. *heterochila* C: *O. lutea* subsp. *minor* yaprak mikromorfolojik yapıları

ku: kutikula; üe: üst epidermis; ae: alt epidermis m: mezofil; id: iletim demeti; s:stoma

Tablo 1. *O. minutula*'nın mikro morfolojik karakterlerinin sayısal değerleri

<i>O. minutula</i>			
(A)			
Kod	Mikromorfolojik karakterler	Min-Mak.	Ort.±SS
1	Üst kutikula en (µm)	02.80-07.10	04.21±0.68
2	Alt kutikula en (µm)	01.13-06.70	03.79±0.15
3	Yaprak üst epidermis hücre en (µm)	10.30-15.20	13.10±1.58
4	Yaprak üst epidermis hücre boy (µm)	08.15-10.14	06.14±1.31
5	Yaprak alt epidermis hücre en (µm)	08.14-10.00	09.20±4.70
6	Yaprak alt epidermis hücre boy (µm)	09.12-12.72	11.57±2.36
7	Mezofil parankiması hücre çap (µm)	22.74-44.14	34.20±5.70
8	Yaprak trake çap (µm)	10.52-27.32	39.98±5.36
9	Yaprak trakeid çap (µm)	08.16-18.08	18.75±5.80
10	Stoma alanı	41.18-50.70	48.19±1.25

**Tablo 2.** *O. holoserica* subsp. *heterochila*'nın mikro morfolojik karakterlerinin sayısal değerleri

<i>O. holoserica</i> subsp. <i>heterochila</i>			
(B)			
Kod	Mikro morfolojik karakterler	Min-Mak.	Ort.±SS
1	Üst kutikula en (µm)	03.70-09.10	06.01±0.68
2	Alt kutikula en (µm)	02.70-07.40	04.71±0.54
3	Yaprak üst epidermis hücre en (µm)	12.98-22.16	16.12±1.25
4	Yaprak üst epidermis hücre boy (µm)	11.90-17.20	18.14±3.56
5	Yaprak alt epidermis hücre en (µm)	09.09-18.00	14.79±6.17
6	Yaprak alt epidermis hücre boy (µm)	10.89-19.98	15.95±3.44
7	Mezofil parankiması hücre çap (µm)	29.04-60.00	45.87±5.17
8	Yaprak trake çap (µm)	12.88-32.72	22.98±5.44
9	Yaprak trakeid çap (µm)	10.61-22.13	17.14±2.15
10	Stoma alanı	47.98-69.12	58.95±1.41

**Tablo 3.** *O. lutea* subsp. *minör*'ün mikro morfolojik karakterlerinin sayısal değerleri

<i>O. lutea</i> subsp. <i>minör</i>			
(C)			
Kod	Mikromorfolojik karakterler	Min.Mak.	Ort.±SS
1	Üst kutikula en (µm)	4.8-06.45	05.81±0.48
2	Alt kutikula en (µm)	03.60-06.40	03.71±0.47
3	Yaprak üst epidermis hücre en (µm)	25.98-70.1	46.17±2.25
4	Yaprak üst epidermis hücre boy (µm)	18.90-27.2	21.14±2.56
5	Yaprak alt epidermis hücre en (µm)	12.09-17.0	14.19±6.17
6	Yaprak alt epidermis hücre boy (µm)	10.79-22.9	16.95±3.44
7	Mezofil parankiması hücre çap (µm)	12.94-42.0	27.87±3.17
8	Yaprak trake çap (µm)	14.80-29.7	22.90±2.44
9	Yaprak trakeid çap (µm)	10.21-20.1	15.14±1.15
10	Stoma alanı	52.18-75.1	68.95±1.61

**Tablo 4.** Mikro morfolojik karakterlerin taksonlara dayalı Pearson correlation testi ile karşılaştırılması

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,866 0,333								
3	0,049* 0,948	0,427 0,719							
4	0,756 0,022*	0,327 0,010**	0,715 0,493						
5	0,866 0,333	0,500 0,667	0,569 0,614	0,982 0,121					
6	0,051* 0,454	0,012* 0,788	0,715 0,493	0,700 0,430	0,982 0,121				
7	0,606 0,585	0,923 0,252	0,743 0,467	0,042* 0,960	0,127 0,919	0,756 0,960			
8	0,866 0,333	0,500 0,667	0,569 0,614	0,982 0,121	0,200 0,670	0,982 0,121	0,127 0,919		
9	0,327 0,788	0,189 0,879	0,969 0,160	0,866 0,333	0,756 0,454	0,866 0,333	0,553 0,627	0,756 0,454	
10	0,500 0,667	0,150 0,788	0,904 0,281	0,945 0,327	0,866 0,333	0,945 0,212	0,386 0,748	0,866 0,333	0,982 0,454

\* 0.05 düzeyinde önemlilik değeri; \* \*0.01 düzeyinde önemlilik değeri  
1-10: mikro morfolojik özellikleri

**Tablo 5.** 1 ve 3 kodlu karakterlerin taksonlara dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1,5000	1,5000	3,00	0,033*
Residual Error	1	0,5000	0,5000		
Total	2	2,0000			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik  
\* P< 0.05; **1- 3:** mikromorfolojik karakter kodu

**Tablo 6.** 1 ve 4 kodlu karakterlerin taksonlara dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1,1429	1,1429	1,33	<b>0,044*</b>
Residual Error	1	0,8571	0,8571		
Total	2	2,0000			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\* **P**< 0.05; **1-4:** mikromorfolojik karakter kodu

**Tablo 7.** 1 ve 6 kodlu karakterlerin taksonlara dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1,1824	1,1824	1,23	<b>0,050*</b>
Residual Error	1	0,8971	0,7571		
Total	2	2,7320			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\* **P**< 0.05; **1-6:** mikromorfolojik karakter kodu

**Tablo 8.** 7 ve 4 kodlu karakterlerin taksonlara dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,6	0,6	0,00	<b>0,040*</b>
Residual Error	1	164,0	164,0		
Total	2	164,7			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\* **P**< 0.05; **7-4:** mikromorfolojik karakter kodu



**Tablo 9.** 9 ve 10 kodlu karakterlerin taksonlara dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4,5000	4,5000	27,00	<b>0,121 NS</b>
Residual Error	1	0,1667	0,1667		
Total	2	4,6667			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\*  $P < 0.05$ ; **9- 10:** mikromorfolojik karakter kodu

**Tablo 10.** Taksonların mikro morfolojik karakterlerine dayalı Pearson correlation testi ile karşılaştırılması

	A	B
<b>B</b>	0,875	
	0,055	
<b>C</b>	0,697	0,796
	0,001**	0,064

\* 0.05 ve \* 0.01 düzeyinde önemlilik değer A-C: Takson kodları

**Tablo 11.** A ve B Taksonlarının mikro morfolojik karakterlerine dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance (A-B)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1772,3	1772,3	26,15	0,051*
Residual Error	8	542,2	67,8		
Total	9	2314,5			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\*  $P < 0.05$ ; **A- B:** Takson kodu

**Tablo 12.** A ve C Taksonlarının mikro morfolojik karakterlerine dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance (A-C)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1124,5	1124,5	7,56	<b>0,010**</b>
Residual Error	8	1190,0	148,7		
Total	9	2314,5			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik

\*\*  $P < 0.01$ ; **A- C:** Takson kodu

**Tablo 13.** B ve C Taksonlarının mikro morfolojik karakterlerine dayalı Analysis of Variance testi ile karşılaştırılması

Analysis of Variance (B-C)

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1643,8	1643,8	13,86	<b>0,076 NS</b>
Residual Error	8	948,7	118,6		
Total	9	2592,5			

**MS:** Kareler ortalaması; **SS:** Kareler toplamı; **DF:** Serbestlik derecesi; **P:** Önemlilik  
**NS:** Önemli değil; **B- C:** Takson kodu

### Sonuç ve Tartışma

Çalışma materyali olan taksonların yapraklarından alınan kesitler genel yapıları ile benzerlik göstermektedir (Arditti, 1992:704; Altundağ vd., 2012:325). Taksonların ait oldukları familyanın mikro morfolojik özelliklerini yansıtmaları yanında birbirine benzer ve farklı mikro morfolojik karakterlere sahip oldukları da gözlenmiştir.

Taksonlardan endemik olan *O. holoserica* subsp. *heterochila* incelenen diğer taksonlardan bazı farklı mikro morfolojik özellikler gösterdiği gözlenmiştir. Bu farklılıklar yapılan sayısal analizlerde istatistik tablolara yansıdığı görülmüştür. Endemik olmayan diğer iki takson arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar 0,01 seviyesinde yüksek çıktığı görülmüştür. Endemik olan taksonun diğer taksonlar ile benzerliği ise önemli olmayan (NS) yada 0.05 seviyesinde istatistik açıdan daha az anlamlı çıkmıştır. Endemik olan bu taksonun diğerlerinden ayrılması beklenen sonuçtur. Benzer sonuçlar literatürde yapılan bazı çalışmalar da gözlenmiştir (Özdemir ve Özdemir, 2022:135; Özdemir ve Akyol, 2004:237; Rudal ve Mathew,1990:535).

Çalışmada Mikro morfolojik özellikleri sayısal olarak incelen üç taksonun bu özelliklerinin benzerlik ve farklılıkları yapılan iki farklı istatistik metotla değerlendirilmeye çalışılmıştır. Yapılan her iki istatistik test sonuçlarına bakıldığında endemik olan taksonun diğer taksonlar arasında istatistiki olarak anlamlı sonuçların az olduğu ve endemik olan bu taksonun diğerleri ile arasında benzerliklerin sınırlı olduğu gözlenmiştir.

Taksonlara ait mikro morfolojik özelliklerinin sayısal analizleri sonucunda özellikle üst kutikula ve üst epidermis mikro morfolojik karakterlerine ait verilerde istatistik olarak  $P < 0.05$  ve  $P < 0,05$  düzeyinde anlamlı sonuçlar çıkmıştır. Her iki farklı metot uygulanarak yapılan istatistik test sonuçlarına bakıldığında 1-2,4,6 ile kodlanan bu mikro morfolojik karakterleri arasında anlamlı sonuçlar görülmektedir (Tablo 6-12). Bu sonuçlar her iki yöntemde de taksonlar arasındaki aynı mikro morfolojik karakterler arasında istatistiki olarak

anlamalı değerlerin elde edilmesi bu sayısal mikro morfolojik özellikleri açısından taksonların benzerlik ve farklılığının seviyesini doğrulamaktadır. Böylece söz konusu mikro morfolojik karakterlerin taksonların karşılaştırılmasında kullanılabilir karakterler olabileceği söylenebilir.

Çalışma sonucunda mikro morfolojik karakterlerin sayısal olarak değerlendirilerek elde edilen sonuçlar ile taksonların karşılaştırılmasının yapılabileceği görülmüştür. Bu şekilde mikro morfolojik karakterlerin sayısal analizinden elde edilen sonuçlar kullanılarak taksonların tanınması için alternatif veriler sağlayabileceği görülmüştür.

## REFERANSLAR

- Altundag E; Sevgi E; Kara O; Sevgi H.B. (2012). Tecimen and I. Bolat: Studies on the Chorology; Ecology, Morphology and Conservation strategies of *Orchis anatolica* Boiss (Orchidaceae). *J. Environ., Biol.*, 33, 325-333.
- Arditti J. (1992). *Fundamentals of Orchid Biology*, Wiley Books, p. 704, England.
- Kreutz C. (2009). *Orchids of Turkey-Botany, Ecology, Natural Areas of Distribution, Survival Threats and Conservation Strategies*. Edited by Alper Hüseyin Rota Publishers, First edition, 848 pp.
- Linnaeus E. (1973). *Species Plantarum*, Laurentii Salvii Publishing, Sweden.
- Pliny J; Andrews W.H.S; Pliny A.C. (1956). *Natural History*, Loeb Classical Library No: 393, Harward University Press, USA.
- Pridgeon A. (1992). *The Illustrated Encyclopedia of Orchids*, Timber Press, USA.
- Rudall, P. And Mathew, B. Leaf anatomy in *Crocus* (Iridaceae). *Kew Bull* (45): 535- 544.1990.
- Özdemir A. and Özdemir A. Statistical Study on Some Micromorphological Characters. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 34: 135-141. 2022.
- Özdemir C. and Y. Akyol. "The morphological and anatomical studies on *Crocus pulchellus* Herbert (Iridaceae) in Turkey". *J. Econ. Taxon. Bot.* 28(2): 237-245. 2004.



## 5. Bölüm

### Bazı Salęı Tüylerinin Geometrik Modellemeleri

Ali ÖZDEMİR <sup>1</sup>

Canan ÖZDEMİR <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Doç. Dr.; Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü.  
acaozdemir@gmail.com ORCID No: 0000-0001-9330-7084

<sup>2</sup> Prof. Dr.; Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü. c  
ozdemir13@gmail.com ORCID No: 0000-0003-1316-4146



**ÖZ**



## **GİRİŞ**

Bazı bitkilerde kendine özgü kokusunu sağlayan ve onlara aromatik bitki özelliği veren yapılar vejetatif ve generatif organlarında bulunan salgı tüylerindeki uçucu yağlardır. Ticari değeri olan, uçucu yağları üreten salgı tüyleri bitkilerde çok geniş bir yayılıma sahiptir. Aromatik bitkilerde, bitkinin salgı tüyleri bu bitkilerin salgı organlarıdır ve yapıları türler arasında büyük çeşitlilik gösterebilir aynı zamanda da organların tayin işleminde önemle kullanılan özelliklerdir (Fahn,1979). Bitkilerde görülen salgı tüylerinin baş hücre şekilleri çoğunlukla salgının çeşidine ve yoğunluğuna göre değişiklik gösterir (Werker,1985:31). Sistematikte kullanılan belli morfolojik karakterler bazı bitkilerin ayırımında yetersiz kalmaktadır. Bu karakterlerin dışında kullanılacak tüylerin morfolojik, anatomik yapısı ve salgı içerikleri gibi alternatif karakterlerin problemi çözmeye yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda tüy çeşitlerinin ve yoğunluklarının bitki türlerine ve organlarına göre farklılık gösterdikleri saptanmıştır. Araştırmacılar tüylerin bitki taksonlarını birbirinden ayırabilecek karakteristik bir özellik olduğu noktasında birleşmişlerdir (Corsi ve Bottega,1999:657; Kolalite,1998:589; Özdemir ve Şenel, 2001:297). Canlı cansız materyallerin tümünün çıplak gözle görebildiğimiz makro yapıların yanında onları oluşturan ancak mikroskopla görebileceğimiz mikro yapıları bulunmaktadır. Bu materyallerin genel yapıları ve işlevleri büyük ölçüde onların mikro morfolojilerine ait geometrik yapıları tarafından kontrol edilir (Aguilera; 2005:3). Bitkilerde bulunan ve bu araştırmanın konusunu oluşturan salgı tüyleri de mikro yapıları oluşturmaktadır.

Araştırmada bazı bitki örneklerinde görülen salgı tüylerinin mikro yapıları incelenip bu yapıların geometrik modelleri ve bu modellere ait formülleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bitkilere hoş kokularını veren, baharat ve ilaç ham maddesi olarak kullanımlarını sağlayan salgı tüyleri salgılarını taşıyan baş hücrelerinin farklı şekillerine göre gruplandırılırlar. Çalışmada, *Salvia* (adaçayı) cinsine ait bazı üyelerin salgı tüylerinin salgı taşıyan baş hücrelerinin geometrik modelleri literatür ışığında belirlenip formüller ile ifade edilebilen tanımları verilmiştir. Ancak mikroskopla gözleyebileceğimiz bu yapıların mikro yapılarını elde etmek için bitki numunelerinin farklı kısımlarından enine kesitler alındı. Kesitlerden hazırlanan preparatlar mikroskop objektifleri kullanılarak incelendi ve farklı büyütmelemlerde fotoğrafları çekildi. Çalışma sonunda mikro yapılarını incelediğimiz salgıyı taşıyan salgı tüylerinin bir kısmının baş hücreleri geometrik bir kavram olan “sferoid (spheroid)” yani küresimsi özelliği gösterdiği görüldü. Bu salgı tüylerinin bir kısmının baş hücreleri sferoid gruplarından oblate sferoid (kutuplardan basık) özelliği gösterirken bir kısmı ise

prolate sferoid (ekvatordan basık) geometrik modeline sahip olduğu gözlemlendi. Bunun yanı sıra incelenen bitki örneklerindeki bazı salgı tüylerinin baş hücrelerinin yine bir geometrik kavram olan “kesik konik (conical frustum)” geometrik modeline sahip olduğu gözlemlendi. Bu çalışma ile ancak mikroskopla gözleyebileceğimiz bazı bitki yapılarındaki matematik kurallara dayalı geometrik yapılardan örnekler verilmeye çalışılmıştır.

Literatürde bitkilerin görünür dış yapıları hakkında bazı matematiksel çalışmalar bulunmaktadır (Ghyka,1977; Williams,1979). Ancak çalışmamızı konusunu oluşturan bitkilerin mikro morfolojik yapılarına ilişkin matematiksel çalışmalar oldukça sınırlıdır (Kaitaniemia ve Hananb, 2000:195; Özdemir, 2021:27). Bu çalışma ile bazı bitki kısımlarının mikro morfolojik yapılarının geometrik özelliklere sahip olduğu ve matematiksel olarak tanımlanabileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

### ***Labaratuvar Çalışmaları***

Doğal ortamlarından toplanmış olan çalışma materyalini oluşturan bitki örnekleri adaçayına (*Salvia*) ait taksonlardan seçilerek kullanıldı. Bu örneklerin geometrik modellerinin tanımlanmasın da kullanılacak mikro yapıları elde etmek için bitki numunelerinin farklı kısımlarından el kesitleri alındı. Kesitlerden hazırlanan preparatlar mikroskop objektifleri kullanılarak incelendi ve farklı büyütmelelerde fotoğrafları çekildi. Bitki örneklerine ait salgı tüylerinin mikro yapılarına ilişkin özellikleri mikroskopta çekilen fotoğraflarında gözlemlendi.

### ***Geometri Çalışmaları***

Matematiksel değerlendirmelerde, mikro yapıların geometrik modellerini tanımlamak için, literatür ışığında belirlenen matematiksel kavramlar kullanıldı. Çalışmada geometrik yapılar ve bunların matematiksel formülleri ile ilgili literatür bilgileri değerlendirildi (Beyer, 1987; Hilbert ve Cohn Vossen,1999:10; Tietze, 1965:27; Wrinc, 1932; Anton; 1999; Apostal 1969; Gray, 1997:457).

## **ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA**

### ***Bulgular***

Çalışmamızda incelediğimiz bitki örneklerinin bazı kısımlarına ait mikro yapılarında gözlenen salgı tüylerinin literatürde matematiksel tanımları bulunan farklı geometrik yapılara sahip olduğunu tespit ettik (Kaplan; 1992; Kreyszig,1991:131). İncelediğimiz salgı tüylerinin baş hücrelerinin bir kısmının yerküre yüzeyinin de matematiksel modeli olan sferoid (Küresimsi) geometrik

şekle sahip oldukları gözlenmiştir. Bunun yanı sıra incelenen bitki örneklerindeki bazı salgı tüylerinin baş hücrelerinin yine bir geometrik kavram olan “kesik konik (conical frustum)” geometrik modeline sahip olduğu gözlemlendi. Çalışmamızdaki sferoid geometrik şekile sahip olan salgı tüylerinin bir kısmının baş hücreleri sferoid gruplarından oblate sferoid özelliği gösterirken bir kısmı ise prolate sferoid geometrik modeline sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 1-4). Sferoid küremsi tam küre olmayan demektir, her iki ekseni de eşit olan elipsoid yüzeydir. Geometrik bir kavram olan sferoid farklı özelliklerine göre gruplandırılır ve formüller ile gösterilebilen farklı tipleri vardır (Weisstein, 2018; Wolfgang, 2001).

Çalıştığımız örneklerimizde gördüğümüz salgı tüylerinin baş hücrelerine ait sferoid geometrik modellerin çeşitleri yine bir geometrik kavram olan “kesik konik (conical frustum)” geometrik modeli ve genel formülleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5,6).

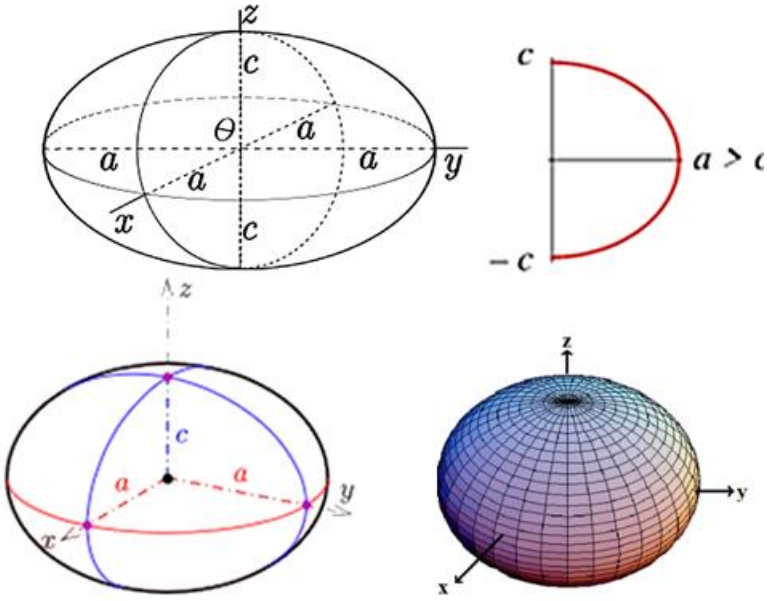
### **1. Oblate sferoid**

Bir oblate sferoid üç boyutlu bir katıdır ve en kolay şekilde yukarıdan aşağıya doğru sıkıştırılmış ve ekvatorun çıkmasına neden olan bir küre olarak tanımlanmaktadır. Dünya ve uzayda dönen çoğu cisim bu şekildedir. Küçük ekseni etrafında döndürülmüş bir elips, üç boyutlu oblate sferoidi verir. Elips, bir düzlemin koni ile kesişmesinden oluşan şekil olarak geometri içinde tanımlanan oval şekilli iki boyutlu bir yapıdır. Büyük ve küçük olmak üzere iki eksene sahiptir. Elipsin ortasından geçen ve uç noktalarının aralarında maksimum mesafe olacak şekilde konumlandırılan bir çizgi elipsin ana eksenidir ve mümkün olan maksimum çapıdır. Küçük eksen, elipsin merkezinden geçer, minimum mesafeye yerleştirilmiş uç noktalara sahiptir ve elipsin mümkün olan minimum çapıdır. Oblate ellipsoid kutuplardan basık elipsoid olup, kutup bölgesinde düzleşme olan elipsoid yüzeydir. Düzleşme düzeyine göre elipsoidin şekli değişir (Weisstein, 2018; Wolfgang, 2001).

Oblate ellipsoid ilk defa Tietze tarafından 1965’de ekvator yarıçapı  $a$ ’nın kutup yarıçapı  $c$ ’den daha büyük olduğu yani  $a > c$  olan bir "yassılaştırılmış" küre olarak tanımlanmıştır (Hilbert ve Cohn-Vossen, 1999) Yassı bir sferoid, bir elipsin küçük ekseni etrafında döndürülmesiyle elde edilen bir dönüş yüzeyidir (Tietze, 1965:27).



Şekil 1. Örneklere ait mikroyapılarda salgı tüylerinin mikroskopik görüntüleri.(Oblate sferoid modeli) Ölçek:20mµ.



Şekil 2. Oblate sferoid in genel görünümü ve geometrik gösterimi (Weisstein, 2018).

Simetri eksenini z eksenini olan bir sferoid'in kartezyen denklemi şu şekildedir:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

(Weisstein, 2018).

Oblate ellipsoid'in eliptikliği şu şekilde tanımlanır:

$$e \equiv \sqrt{1 - \frac{c^2}{a^2}}$$

(Weisstein, 2018).

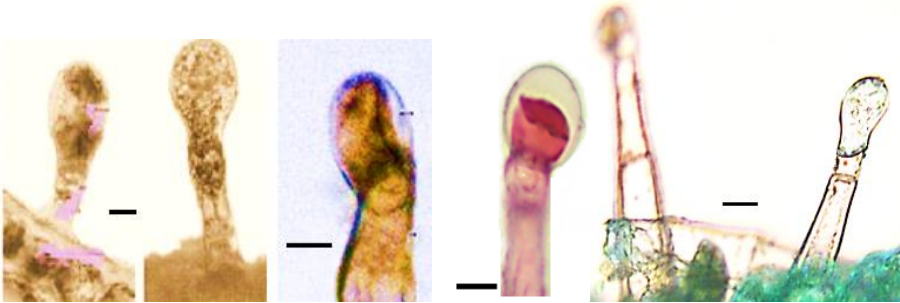
Bir Oblate ellipsoid'in yüzey alanı aşağıdaki denklemle ifade edilir. Denklemde,  $a$  ekvatorial,  $c$  polar yarıçapı,  $e$  elipsi ifade etmektedir.

$$2 \pi a^2 + \frac{\pi c^2}{e} \ln \left( \frac{1+e}{1-e} \right)$$

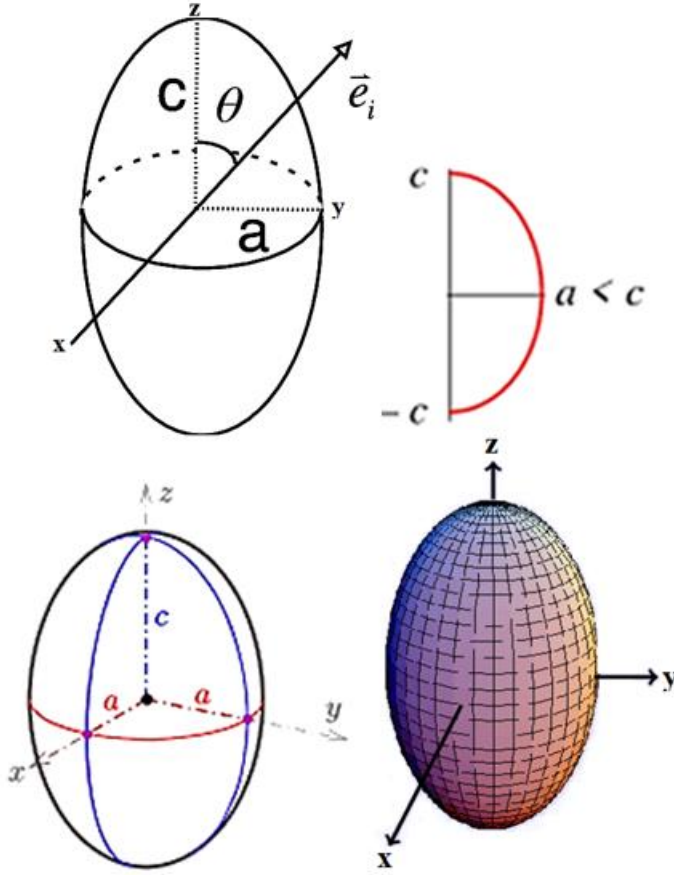
(Wolfgang, 2001).

## 2.Prolate sferoid

Bir prolate sferoid, "yassılaşıma yerine" yerine "sivrileşmiş" olan, yani kutup yarıçapının ekvator yarıçapından daha büyük olduğu bir sferoiddir. Tietze tarafından 1965' de "iğ şeklindeki elipsoid" olarak adlandırılmıştır. Burada da  $c > a$  dır (Hilbert, and Cohn-Vossen,1999:10). Simetrik bir yumurta, yani her iki ucunda aynı şekle sahip, bir sferoiddir. Bir prolate sferoid, bir elipsin ana eksenini etrafında döndürülmesiyle elde edilen bir dönüş yüzeyidir (Tietze,1965:7).



Şekil 3. Örneklere ait mikroyapılarda salgı tüylerinin mikroskopik görüntüleri.(Prolate sferoid modeli). Ölçek:20µm



Şekil 4. Prolate sferoid'in genel görünümü ve geometrik gösterimi (Weisstein, 2018).

Prolate sferoidin kartezyen denklemi oblate sferoid de olduğu gibi simetri eksenine z eksenine olan bir sferoid denklemi şeklindedir;

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

(Brial ve Shaalan, 2009:8).

Prolate ellipsoidin eliptikliği aşağıdaki formül ile tanımlanır:

$$e \equiv \sqrt{\frac{c^2 - a^2}{c^2}} = \frac{\sqrt{c^2 - a^2}}{c} = \sqrt{1 - \frac{a^2}{c^2}}$$

(Weisstein, 2018).

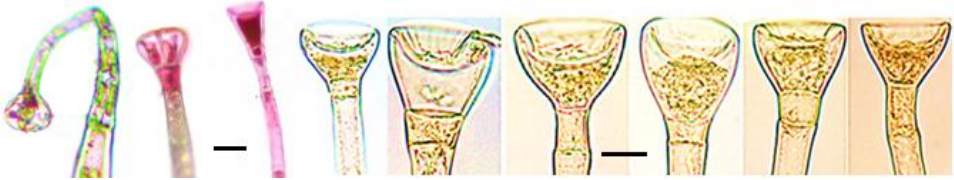
Bir prolate ellipsoid'in yüzey alanı aşağıdaki denklemle ifade edilir. Denklemden  $a$  ekvatorial,  $c$  polar yarıçapı,  $e$  elipsi ifade etmektedir.

$$2 \pi a^2 + \frac{2 \pi a c}{e} \sin^{-1} e$$

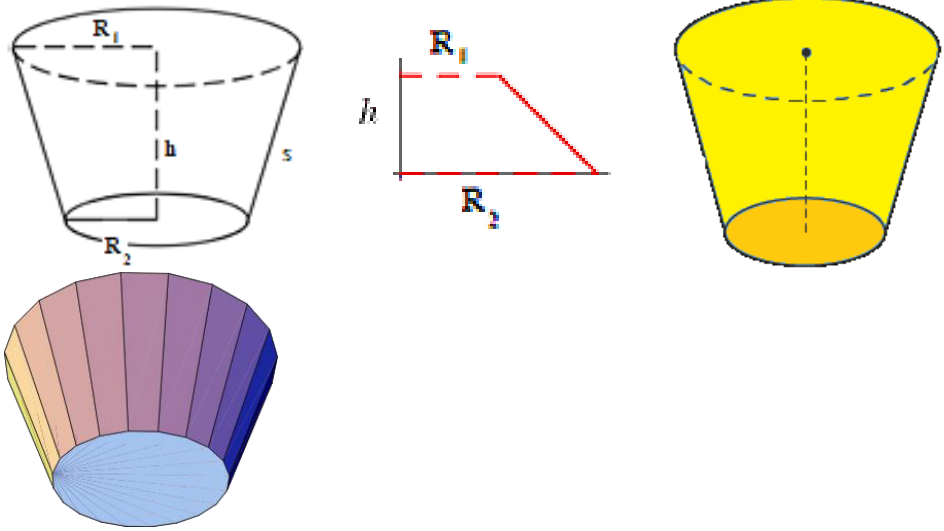
(Weisstein, 2018).

### 3. Kesik konik (Conical Frustum):

Kesik konik, bir koninin tepesinin (tabana paralel kesim ile) dilimlenmesiyle oluşturulan koninin kalan kısmıdır (Şekil 5,6) (Harris ve Stocker, 1998:105).



Şekil 5. Örneklere ait mikroyapılarda salgı tüylerinin mikroskopik görüntüleri. Kesik konik (Conical Frustum modeli). Ölçek:20µm



Şekil 6. Kesik konik (Conical Frustum) Mikro yapının geometrik modeli (Harris ve Stocker, 1998:105).  $h$ : yükseklik  $R_1$ : taban yarıçapı  $R_2$ : üst yarıçapı  $s$ : eğim yüksekliği

Bir dik dairesel koni için eğim yüksekliği  $s$ , taban ve üst yarıçaplar  $R_1$  ve  $R_2$  olsun. Buna göre eğim yüksekliği formülü aşağıdaki gibidir.

$$s = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + h^2} . \quad (1)$$

Üst ve alt daireler hariç yüzey alanı,

$$A = \pi(R_1 - R_2)s \quad (2)$$

$$= \pi(R_1 + R_2)\sqrt{(R_1 - R_2)^2 + h^2} \quad (3)$$

Kesik koni hacmi ise şu şekilde verilir.

$$V = \pi \int_0^h [r(z)]^2 dz . \quad (4).$$



### **Tartışma**

Bu çalışma sonucunda, çıplak gözle göremediğimiz bazı mikro morfolojik yapılarının, geometride tanımlanabilen modeller olup, parametrik formüller ile ifade edilebilen özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Literatürde geometrik modellere ilişkin çalışmalar çoğunlukla çıplak gözle görülebilen makro yapılara aittir (Aguilera,2005:3; Ghyka, 1977). Bizim konumuzu oluşturan mikroyapılar üzerine geometri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlı olsa da mikro yapılar ile ilgili diğer bazı sayısal çalışmalar da bulunmaktadır (Kaitaniemia ve Hananb 2000:195; Özdemir,2021:62; Hilbert, and Cohn-Vossen, 1999:10).

Çalışmamızda mikro yapılarını incelediğimiz salgıyı taşıyan salgı tüylerinin bir kısmının baş hücreleri geometrik bir kavram olan “sferoid” özelliği göstermektedir. İncelenen bu sferoid salgı tüylerinin bir kısmı baş hücreleri sferoid gruplarından oblate sferoid özelliği gösterirken bir kısmı ise prolate sferoid geometrik modeline sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde incelediğimiz salgı tüylerinin bazılarının baş hücrelerinin ise kesik konik (Conical Frustum) geometrik modeline sahip olduğu gözlenmiştir.

### **SONUÇ**

Bir nesnenin mikro geometrik yapısının bilinmesi o nesnenin işleyişi ile ilgili ipuçları verir. Bunun yanı sıra tespit edilen mikro yapıya ait bu modeller ışığında yeni modellerini geliştirmemize de yardımcı olabilir. Bu çalışmada, incelenen bazı mikro yapılarda önemli bir fonksiyona sahip olan salgı tüylerinin geometride tanımları bulunan geometrik modellere sahip olduğu görülmüştür.

## REFERANSLAR

- Fahn, A. (1979). *Secretary Tissues in Plants*. Academic Press: New York.
- Werker, E.U; Ravid., Putievsky, E. (1985). Structure of Glandular Hairs and Identification of the Main Components of their Secreted Material in Some Species of the Labiatae. *Israel Journal of Botany*, Vol. 34, pp. 31-45.
- Corsi, G; Bottega, S. (1999). Glandular hairs of *Salvia officinalis*: New Data on Morphology Localization and Histochemistry in Relation to Function. *Annals of Botany* 84: 657-664.
- Kolalite, M. R. (1998). Comparative Analysis of ultrastructure of glandular trichomes in two *Nepeta cataria* chemotypes (N. *Cataria* and N. *Cataria* var. *citriodora*). *Nord. J. Bot.* 18: 589-598.
- Özdemir, C; Şenel, G. (2001). The Morphological, Anatomical and Karyological Properties of *Salvia forskahlei* L. (Lamiaceae) in Turkey. *Journal of Economic and Taxonomic Botany* No:19. 297-313 India.
- Aguilera, J. M (2005). Why food microstructure? *J. Food Eng.* 67, 3-11.
- Ghyka, M. C. (1979). *The Geometry of Art and Life*, 2nd ed. New York: Dover.
- Williams, R. (2001). *The Geometrical Foundation of Natural Structure: A Source Book of Design*. New York: Dover.
- Kaitaniemia, J; Hananb S. (2000). Room. Virtual Sorghum: Visualisation of Partitioing and Morphogenesis. *Computers and Electronics in Agriculture.* 28, 195—205.
- Ozdemir, A. (2021). Geometric Model of Microscopic Raphide Crystals In *Plant. Botanica.* 27, (1): 62-68.
- Beyer, W. H. (1987). *CRC Standard Mathematical Tables*, 28th ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hilbert, D. and Cohn-Vossen, S. (1999). *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea, p. 10.
- Tietze, H. (1965). *Famous Problems of Mathematics: Solved and Unsolved Mathematics Problems from Antiquity to Modern Times*. New York: Graylock Press, p. 27.
- Wrinch D. M. (1932). "Inverted Prolate Spheroids." *Philos. Mag.* 280, 1061-1070.
- Anton, H. (1999). *Calculus: A New Horizon*, 6th ed. New York: Wiley.
- Apostol, T. M. (1969). *Calculus*, 2nd ed., Vol. 2: Multi-Variable Calculus and Linear Algebra, with Applications to Differential Equations and Probability. Waltham, MA: Blaisdell.
- Gray, A. (1997). "Surfaces of Revolution." Ch. 20 in *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 457-480.

- Kaplan, W. (1991). *Advanced Calculus*, 3rd ed. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Kreyszig, E. (2018). *Differential Geometry*. New York: Dover, p. 131.
- Weisstein, W. (2019) "Sferoid". *MathWorld--A Wolfram Web Resource*. Retrieved 16 May.
- Wolfgang T. (2001). *Geodesy* (3rd ed.). Walter de Gruyter. p. 104. ISBN 9783110170726.
- Brial, P; Shaalan C. (2009). *Introduction à la Géodésie et au geo positionnement par satellites*, p.8.
- Harris, J. W. and Stocker, H. (1998). "Frustum of a Right Circular Cone." New York: Springer-Verlag, p. 105.

## **6. Bölüm**

### ***Centaurea L.* Türlerinde Antikanser Aktivite**

**Mehmet SARIMAHMUT <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Araş. Gör. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü  
ORCID: 0000-0003-2647-5875



## Özet

*Centaurea* cinsi, Asteraceae familyasına ait yaklaşık 800 türü bulunan, otsu ve devedikeni benzeri çiçekli bitkileri içermektedir. Türkiye, *Centaurea* türleri açısından zengin bir çeşitlilik merkezi olup, endemizm oranı oldukça yüksektir. Geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan bu türlerin çeşitli biyolojik aktiviteleri bulunmaktadır.

Son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar, *Centaurea* türlerinin antikanser etkinliğinin önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Mevcut literatür, farklı solventler ile hazırlanan *Centaurea* türü ekstraktlarının ve izole edilmiş saf bileşiklerin antikanser aktivitelerini değerlendiren çalışmaları içermektedir. Bu çalışmalarda, fitokimyasal analizler ve/veya antikanser etkinin moleküler mekanizmalarının aydınlatılmasına yönelik testler bulunmaktadır.

Elde edilen IC<sub>50</sub> değerleri, *Centaurea* türlerinin antikanser etkinliğinin geniş bir spektrumda yer aldığını göstermektedir. Özellikle seskiterpen laktonlar grubundaki bilinen ve yeni keşfedilen moleküllerin düşük IC<sub>50</sub> değerleri ile güçlü antikanser potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Moleküler etki mekanizmalarının açıklanmasında, birçok çalışma hücre döngüsü ve apoptotik mekanizmalar üzerine yoğunlaşmaktadır.

Yeni bileşiklerin çok sayıda olması ve moleküler etki mekanizmalarının henüz yeterince aydınlatılmamış olması, bu alandaki yeni çalışmaların gerekliliğini vurgulamaktadır. Gelecekteki araştırmalar, *Centaurea* türlerinde yeni ve güçlü antikanser etkinliğe sahip tür veya bileşiklerin tanımlanmasına yönelebilir veya mevcut potansiyel sahibi moleküllerin etkinliğini yeni kanser tedavi modaliteleriyle birleştirerek artırmayı amaçlayabilir. Bu bağlamda, *Centaurea* türlerinin antikanser aktivitesine ilişkin çalışmaların daha kapsamlı ve detaylı bir şekilde devam ettirilmesi önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Centaurea*, antikanser, sitotoksosite, seskiterpen lakton.

## 1. Giriş

*Centaurea* L., Asteraceae familyasına bağlı 800 civarında türü bulunan, otsu ve devedikeni benzeri çiçekli bitkilerin bir cinsidir (Celik ve ark., 2008). Bu cinsin üyeleri, yalnızca Kuzey Yarım Kürede; Akdeniz havzası, Orta Avrupa ve Batı Asya bölgelerinde bulunmaktadır (Khammar ve Djeddi, 2012). Türkiye, *Centaurea* türleri açısından önemli bir çeşitlilik merkezidir ve yeni tanımlanan türlerle birlikte Türkiye'deki tür sayısı 172'ye, endemizm oranı ise %64'e ulaşmıştır (Duman ve ark., 2021).

Bu cinsin yaygın isimleri arasında "centaury", "starthistle", "knapweed" ve bazı türler için "cornflower" gibi adlar bulunmaktadır. Türkçede genel olarak peygamber çiçeği adı verilirken, bazı türler farklı isimlerle anılır; örneğin *Centaurea solstitialis*, zerdali dikenli ve *Centaurea cyanus*, mavi kantaron olarak bilinmektedir. Yunan mitolojisindeki yarı at yarı insan olan kentaur karakteri Chiron, bu bitkinin tıbbi kullanımlarını keşfederek ismini (centaury) vermiştir (Khammar ve Djeddi, 2012).

*Centaurea* türleri, sağlam ve yabani otlara benzeyen yapıdadır. Bazı türlerde dikenli olan yaprakları, genellikle bitkinin alt kısmında en azından uzunlamasına loblarla derinlemesine bölünmüş olup, üst kısma doğru tüm yapraklara geçiş yapar. Gerçekte kısır olan ışın çiçekleri renk açısından çeşitli olup, yoğun mavi, kırmızı ve sarıdan beyaza kadar açık tonların herhangi bir karışımını gösterebilir. Disk çiçekleri ise, morfoloji açısından farklılık gösterir ve genellikle ışın çiçeklerinden daha koyu veya açık renkte olabilir. Işın çiçekler, pullu braktların oluşturduğu kupa veya sepet şeklindeki bir küme üzerinde yer alır. Özellikle daha kurak bölgelerde yaşayan birçok türün, uzun ve güçlü bir kazık kökü bulunmaktadır (Armitage, 2001).

Amerika Birleşik Devletleri'nin batı bölgelerinde, *C. solstitialis*, *Centaurea diffusa*, *Centaurea maculosa* ve diğer çeşitli *Centaurea* türleri istilacı olarak kabul edilmektedir. 1850 yılı civarında Kaliforniya eyaletine ulaşan bu bitki tohumlarının Güney Amerika'dan geldiği düşünülmektedir (Jogesh ve ark., 2008). Bu türler, hayvan otlatma alanlarını bozarak, hayvanları zehirleyerek, hayvanların verimliliğini ve yem kalitesini azaltarak ve arazinin değerini düşürerek hayvancılık endüstrisine zarar verirken; aynı zamanda toprak ve su kaynaklarını tüketerek bitki ve hayvan çeşitliliğini azaltmaktadırlar (DiTomaso, 2000). İstilacı türlerin yeni coğrafyalara yayılma nedenlerinden biri, *Centaurea* türleri için geçerli olan ve bu tür bitkilerin fitokimyasal mekanizmalarla bağlantılı olarak, yeni ortamlarında çevre bitkilere karşı fitotoksik etki yaratabilmeleridir. Örneğin, hem *C. diffusa* hem de *C. maculosa* kökleri, çevre bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkileyebilen 8-hidroksikinolin ve ( $\pm$ )-kateşin salgılamaktadır;

ancak doğal habitatı olan Avrasya dışındaki topraklarda bu salgının miktarı iki kata kadar artabilmektedir (Callaway ve Vivanco, 2006).

## 2. Taksonomi ve Geleneksel Tıbbi Kullanımı

Poliploidi, önemli bir evrimsel olay kabul edilir ve angiosperm çeşitliliğinin önemli bir kaynağıdır (Soltis ve ark., 2004). Farklı karyotiplerin tek bir tür içinde (infraspesifik taksonların tanınması olmaksızın) bir arada bulunması yaygındır. Karyotipler arasındaki üreme engelleri değişken güçte olabilir ve bu türler önemli bir evrimsel potansiyele sahip olabilir. Bununla birlikte, karyotipler farklı biyolojik varlıkları temsil etse de, mevcut taksonomik yaklaşımlar büyük ölçüde morfoloji temelli kavramlara dayandığından, morfolojik farklılaşmaların değerlendirilmesi hala son derece önemlidir (Rowley, 2007). *Centaurea*, poliploidinin önemli bir evrimsel rol oynadığı ve birçok tür veya tür gruplarında taksonomik zorluklara yol açtığı bitki cinslerinden biridir (Şpaniel ve ark., 2008). Taksonomik sorunların çözümünde atılan adımlardan biri *Centaurea* cinsinin 2000’li yılların başında Wagenitz ve Hellwig (2000) ve Greuter ve ark. (2005) tarafından bazı türlerin *Psephellus* Cass. ve *Rhaponticoides* Vaill. cinsine dâhil edilmesiyle üç cinse bölünmesidir.

*Centaurea* türlerinin geleneksel tıbbi kullanımı yaygındır. Türk halk tıbbında çeşitli *Centaurea* türlerinin ishal, hemoroit ve soğuk algınlığına karşı kullanıldığı ve emanagog ve iştah açıcı amaçlarla yararlanıldığı belirtilmiştir (Baytop, 1999). Bunun yanında, İç Anadolu’da boğadikenini olarak anılan *Centaurea pulchella*, apselerin tedavisinde kullanılmaktadır (Sezik ve ark., 2001). *Centaurea drabifolia* subsp. *floccosa*, *Centaurea iberica*, *Centaurea jacea*, *C. solstitialis* bitkilerinden hazırlanan infüzyonlar ise geleneksel Türk tıbbında gribal hastalıklara karşı kullanılmaktadır (Sargin, 2021). Çin’de ateş ve zehirlenmelere karşı *Centaurea uniflora*, Macaristan’da besi hayvanlarında yara tedavisinde *Centaurea sadleriana*, İspanya’da gastrik ülser, böcek ısırılmaları, inflamasyon, osteoartrit ve genel ağrı şikayetlerine karşı *Centaurea ornata* türlerinin kullanımı bildirilmiştir (Wei ve ark., 1997; Vallejo ve ark., 2009; Csupor ve ark., 2010; Khammar ve Djeddi, 2012).

*Centaurea* türlerinin çok çeşitli biyolojik aktiviteleri, geniş bir zaman aralığında ve coğrafyada gerçekleştirilen çalışmaların sonuçlarında görülmüştür. *C. iberica* ve *Centaurea africana* türlerinin anti-inflamatuar ve yara iyileştirici etkileri olduğu belirlenmiştir (Koca ve ark., 2009; Zaouani ve ark., 2017). Dünyanın çeşitli yerlerinde yetişen *Centaurea* türleri ile ilgili yapılan bilimsel araştırmalarda antibakteriyel, antiviral, antifungal, antioksidan, antiülserojenik, hepatoprotektif, antiplazmoidal, antidiyabetik, antidiyaretik, antipiretik, analjezik, antispazmolitik ve diüretik etkiler tespit edilmiştir (Kaij-A-Kamb ve

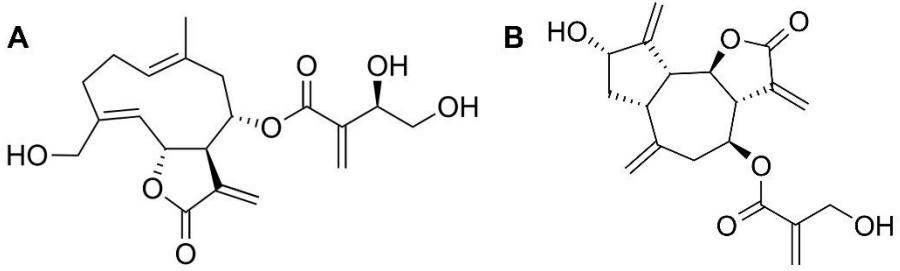


ark., 1992; Farrag ve ark., 1993; Orallo ve ark., 1998; Akkol ve ark., 2009; Tekeli ve ark., 2011).

### **3. Fitokimyasal Özellikleri ve Antikanser Potansiyeli**

*Centaurea* türlerinin zengin biyolojik çeşitliliği ve yüksek tür sayısı, bu bitkilerin sekonder metabolitlerinin de çeşitlilik bakımında oldukça zengin olmasına imkân tanımaktadır. Yakın zamanda, Mısır'da yayılış gösteren sekiz *Centaurea* türü üzerinde gerçekleştirilen geniş kapsamlı bir çalışmada, bu türlerin metabolomik profilinin belirlendiği ve temelde sinnamik asit, seskiterpen lakton, flavonoid ve lignan molekül gruplarının tanımlandığı görülmüştür (Reda ve ark., 2023). *Centaurea* türlerinin tıbbi özelliklerine katkıda bulunan moleküller seskiterpen laktonlardır. Lakton içeren seskiterpenler olarak bilinen seskiterpen laktonlar, üç izopren (2-metil-1,3-bütadien) ünitesi içeren terpenlerin bir alt grubunu oluşturur. Sıtma ilacı artemisinin en bilinen seskiterpen lakton üyesi moleküllerdendir.

Seskiterpen laktonlar, moleküler iskelet yapılarına göre germacranolides, heliangolides, guaianolides, pseudoguaianolides, hypocretenolides ve eudesmanolides gruplarına ayrılır. *Centaurea* cinsi türlerinin çoğunluğunu oluşturan ve benzer cinsleri içeren Centaureinae alt oymağında listelenen 287 seskiterpen laktonun tamamının germacranes, elemanes, eudesmanes ve guaianes molekül iskeletine sahip olduğu; eudesmanes ve guaianes iskelet yapısında ise sadece birkaç molekül bulunduğu bildirilmiştir (Bruno ve ark., 2013). En sık rastlanan seskiterpen laktonlar arasında cnicin, cynaropicrin, janerin ve chlorohyssopifolin A bulunmaktadır (Şekil 1)(Bruno ve ark., 2013). Benzer şekilde, Centaureinae alt oymağında tespit edilen flavonoidler listesi incelendiğinde, en yaygın olarak karşılaşılanlar apigenin, hispidulin, luteolin ve jaceosidin'dir (Formisano ve ark., 2012). Bununla birlikte, her türün fenolik profilinin farklı olması doğaldır. Örneğin, Türkiye endemiği olan *Centaurea sivasica*'nın metanol ekstresinden elde edilen majör fenolik bileşenler, scutellarin, quercimeritrin, klorojenik asit ve baicalin olarak tanımlanmıştır (Yırtıcı ve ark., 2022).



**Şekil 1.** *Centaurea* türlerinde en sık karşılaşılan seskiterpen laktonlardan cnicin (A) ve cynaropicrin (B).

Bu çalışmada incelenecek örneklerde, hem antikanser etkilere ilişkin veriler sunulacak hem de mevcut olduğu durumda, bitkinin fitokimyasal analizlerinden elde edilen veriler de ele alınacaktır. Bu kapsamda, temelde öncelikle ham ekstrelerin ve ardından ekstrelerden izole edilen bileşiklerin kullanıldığı çalışmalar üzerinde durulacaktır.

*Centaurea* türlerinden elde edilen ekstrelerin antikanser etkilerini inceleyen çalışmaların ortak bir yönü, genellikle tek bir türe odaklanmamalarıdır. Bazı çalışmalar sadece bir türe yönelikken, diğerlerinde *Centaurea* türleri bir tarama programının bir bölümü olarak ele alınmıştır. Ekstrelerin gösterdiği sitotoksik aktivitede kesin sınırlar olmamasına rağmen,  $IC_{50} < 30 \mu\text{g/ml}$  değeri yüksek etkinlik,  $30 \mu\text{g/ml} < IC_{50} < 100 \mu\text{g/ml}$  değeri orta etkinlik ve  $IC_{50} > 100 \mu\text{g/ml}$  değeri düşük etkinlik olarak kabul edilmektedir (Suffness, 1990). Buna göre, Anadolu'da endemik olarak bulunan bazı türlerin antikanser etkilerinin incelendiği bir çalışmada, *Centaurea nerimaniae* ve *Centaurea antiochia* bitkilerinden %95 metanol ile perkolasyon yöntemiyle elde edilen ekstreler kullanılmış ve insan servikal kanser hücre soyu HeLa üzerinde sırasıyla  $253 \pm 0,764$  ve  $427 \pm 3,06 \mu\text{g/ml}$   $IC_{50}$  değerleri ile düşük sitotoksik aktivite göstermiştir (Artun ve ark., 2016). Başka bir tarama çalışmasında, *Centaurea patula*, *C. pulchella* ve *Centaurea tchihatcheffii* metanol ekstrelerinin sitotoksik potansiyeli, insan melanom hücre soyu A375 üzerinde MTT (3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-difeniltetrazolium bromür) ve laktat dehidrogenaz (LDH) ölçümleri kullanılarak, sırasıyla hücre canlılığı ve hücre ölümü analiz edilmiştir. Ancak, sadece en yüksek doz olan  $800 \mu\text{g/ml}$ 'de anlamlı hücre ölümü gözlenmiştir (Russo ve ark., 2016).

Zayıf antikanser etki gözlemlenen bazı çalışmalarda, fitokimyasal içerik analizleri yapılarak esansiyel yağ ve fenolik bileşikler belirlenmiştir. *Centaurea hajastana* etanol ekstresinin insan hepatoselüler karsinom hücre soyu HepG2 hücrelerine karşı  $IC_{50}$  değeri  $164,44 \pm 2,15 \mu\text{g/ml}$  olarak hesaplanmış olup,

klorojenik asit majör fenolik madde,  $\beta$ -karyofilen, d-germakren ve  $\beta$ -eudesmol en yüksek oranda bulunan üç esansiyel yağ olarak tespit edilmiştir (Manukyan ve ark., 2019). Hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen *Centaurea irritans* ekstresinin, MCF-7 (insan duktal karsinom) hücrelerine karşı IC<sub>50</sub> değeri 10,3 mg/ml olarak belirlenmiştir. Bitkinin kök ve toprak üstü kısımlarında esas olarak monoterpen hidrokarbonlar mevcuttur; neral ve geranial gibi majör bileşenlerin yanı sıra, sadece kök kısmında bulunan 8-hidroksi izobornil izobütirat da tespit edilmiştir (Ayromlou ve ark., 2020). *Centaurea castriferrei* toprak üstü kısımlarından hazırlanan su ve metanol/su (7:3 v/v) ekstreslerinin antikanser potansiyeli, çeşitli kanser tiplerinden 14 farklı hücre soyu üzerinde 125  $\mu$ g/ml konsantrasyonda tek doz olarak test edilmiştir. Her iki ekstrede benzer ve düşük sitotoksik aktivite gözlenmiştir. Bununla beraber, metanol içeren ekstrelerin fenolik bileşikler açısından daha zengin olduğu ve klorojenik asit, centaurein, apigenin ve türevlerini barındırdığı bildirilmiştir (Kubik ve ark., 2022).

*Centaurea* türlerinde daha güçlü antikanser aktiviteler de gözlemlenmektedir. *C. solstitialis* etanol ekstresinin MCF-7, PC-3 (insan prostat kanseri) ve HEK293 (insan böbrek embriyo) hücrelerine karşı IC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 58,53, 91,47, 224,5  $\mu$ g/ml olarak hesaplanmış ve kafeik asidin majör bileşen olduğu saptanmıştır (Alper ve ark., 2021). Aynı tür ile yapılan başka bir çalışmada, *C. solstitialis* bitkisinin çiçekli kısımlarından hazırlanan etanol ekstresinin Daudi (Burkitt lenfoma), A549 (küçük hücre dışı akciğer kanseri), HeLa ve Beas-2B (insan sağlıklı akciğer) hücrelerine karşı antikanser aktivitesi incelenmiş, en duyarlı hücreler 63,18  $\mu$ g/ml ve 69,27  $\mu$ g/ml IC<sub>50</sub> değerleri ile HeLa ve Daudi hücre soyları olmuştur (Alper ve Güneş, 2019). Ekstrelerin hücre döngüsünü S ve G2 fazlarında durdurduğu ve A549 hücrelerinde IL-6 ve VEGF sekresyonunu anlamlı ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir (Alper ve Güneş, 2019).

*Centaurea sphaerocephala*'nın *n*-bütanol ekstresi XCELLigence gerçek zamanlı hücre analiz sistemi kullanılarak HeLa hücre proliferasyonunu 50 ve 100  $\mu$ g/ml dozlarda kısmen ve 250  $\mu$ g/ml dozda ise tamamen baskıladığı tespit edilmiştir (Lahneche ve ark., 2019). *C. cyanus*'un %70 hidroetanolik ekstresi, B16F10 metastatik mürin melanom hücrelerine karşı 24 saatlik IC<sub>50</sub> değerini 79,85  $\pm$  0,77  $\mu$ g/ml olarak göstermiştir (Marian ve ark., 2017). *Centaurea saligna*'nın kloroform ekstresi, 50  $\mu$ g/ml konsantrasyonda HeLa, HT-29 (insan kolon kanseri) ve MCF-7 hücre soylarına karşı yaklaşık %50 büyüme inhibisyonu sağlamıştır (Yıldırım ve ark., 2022).

*Centaurea calcitrapa*'nın (Şekil 2) çeşitli ekstreslerinde yapılan fenolik içerik analizinde centaureidin, jaceidin, kaempferide, nepetin, flavonoid glikozitler, fenolik asitler ve esterler tanımlanmıştır. Non-malign insan fötal akciğer fibroblast hücre soyu MRC-5 hücrelerine karşı en güçlü sitotoksik aktivite, etil

asetat ve aseton ekstralarında sırasıyla 88 ve 102  $\mu\text{g/ml}$   $\text{IC}_{50}$  değerleri ile kaydedilmiştir. Etanol ekstresinin ise bu sağlıklı hücre soyunda göreceli olarak düşük sitotoksik etkisi, 1578  $\mu\text{g/ml}$   $\text{IC}_{50}$  değeri ile hesaplanmıştır (Dimkić ve ark., 2020). Aynı türün etanol ekstresi kullanılarak yapılan farklı bir çalışmada, sağlıklı hücre soyuna karşı benzer düşük sitotoksik aktivite gözlenmiştir. *C. calcitrapa*'nın toprak üstü kısımlarından elde edilen etanol ekstresi, MCF-7 ve MDA-MB-231 (insan metastatik meme karsinom) hücrelerinde sırasıyla 130 ve 87  $\mu\text{g/ml}$   $\text{IC}_{50}$  değerlerine sahiptir. Bununla birlikte, sağlıklı insan meme hücre soyu MCF-12'de hücre canlılığı yaklaşık %10 oranında azalmıştır. Ekstre, hem ROS üretimini artırarak nekrotik hücre ölümünü, hem de kaspaz-3 kırılmasına neden olarak apoptotik hücre ölümünü indüklemektedir (Aboul-Soud ve ark., 2022). Seçici toksisiteye farklı *Centaurea* türlerinde de rastlanmıştır. *Centaurea hermannii*'nin %95 metanol ekstresi, seçici toksisite göstererek HeLa hücrelerinde 15,74  $\mu\text{g/ml}$  ve Vero (Afrika yeşil maymun böbrek fibroblast) hücrelerinde 599  $\mu\text{g/ml}$   $\text{IC}_{50}$  değerlerine sahip olduğu ve HeLa hücrelerinde 100  $\mu\text{g/ml}$  konsantrasyonda hem apoptotik hem de RIPK aktivasyonu aracılığıyla nekrotik ölümü tetiklediği ortaya konmuştur (Artun ve Karagöz, 2021). *Centaurea fenzlii*'nin yaprak ve kapitulum ekstraları, metanol ile ultrasonikasyon yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Bu ekstraların sitotoksik aktiviteleri ARH77 (multipl miyelom) ve DLD1 (insan kolorektal kanser) hücreleri ve sağlıklı insan endotel hücresi HUVEC üzerinde incelenmiştir. Özellikle yaprak ekstresi, 53,6  $\mu\text{g/ml}$   $\text{IC}_{50}$  değeri ile DLD1 hücrelerine karşı yaklaşık 10 kat seçicilik göstermiştir. Yaprak ekstresinde kateşin, metolcarb ve amitriptilin; kapitulum ekstresinde ise rutin, 3,4,5-trimetoksibenzoik asit ve katekol tespit edilmiştir (Şimşek Sezer, 2022).



By Philmarin - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15520108>

Şekil 2. *Centaurea* cinsine ait örnek türlerden *C. calcitrapa*.

*Centaurea* ekstrelerinin nanopartiküller ile konjugasyonları da değerlendirilmiştir. *Centaurea virgata* ekstresi ve izole edilen flavonoid eupatorin içeren gümüş nanopartiküller hazırlanmış ve bu bileşimin özellikleri karakterize edilmiştir (Tüzün ve ark., 2018). Daha ileri bir çalışmada, nanopartiküllerin antikanser etkinliği güçlendirme potansiyeli sorgulanmıştır. *Centaurea behen*'in sulu yaprak ekstresi ile birlikte üretilen altın nanopartiküller, ekstrenin tek başına insan lösemi hücresi THP-1'e karşı gösterdiği antikanser aktivitenin üzerine çıkararak IC<sub>50</sub> değerini >80 µg/ml'den yaklaşık 25 µg/ml düşürebilmiştir (Abdoli ve ark., 2021).

Bazı *Centaurea* türlerine ait ekstreler ise kemoterapiye dirençli hücre soylarına üzerinde incelenmiştir. *Centaurea pallescens* ve *Centaurea eryngioides*'in sulu ekstreleri, kemoterapiye duyarlı (GA) ve dirençli (BG) melanom hücre soylarında %70,6 ila 97,9 oranında sitotoksik aktivite göstermiş ve her iki ekstre de dirençli hücre soylarına karşı bu aktiviteyi korumuştur (Sathiyamoorthy ve ark., 1999). Ayrıca, *Centaurea* ekstrelerinin kemoterapi ajanları ile kombinasyonlarının antikanser etkisi de ilgi çekici bir konu olmuştur.

*Centaurea albonitens*'in metanol ekstresi akut lenfoid lösemi, akut premyelositik lösemi, multiple myelom hücre soylarına karşı antikanser etkisi taranmış ve 40-80 µg/ml doz aralığında G0/G1 fazında hücre döngüsünü durdurarak apoptozise neden olduğu gösterilmiştir. Ardından, kemoterapötik ajan vincristine ile kombinasyonu sonucu sinerjistik etkileşimler elde edilmiştir (Bahmani ve ark., 2018). Bir başka örnek, farklı bir ekstrenin kombinasyon halinde kemoterapinin yarattığı yan etkileri sönmülediği durumdur. *Centaurea maroccana*'nın n-bütanol ekstresi, kemoterapi ajanı sisplatin tarafından indüklenen nöronal hasara karşı fare beyinde hem histomorfolojik açıdan daha iyi bir tablo ortaya çıkarmış hem de antioksidan enzim kapasitesini artırarak ve lipid peroksidasyon seviyelerini düşürerek sisplatinin yarattığı oksidatif stresi azaltmıştır (Aissous ve ark., 2022).

En güçlü antikanser etkiler Suudi Arabistan ve Mısır'da yayılış gösteren *Centaurea* türlerinde kaydedilmiştir. Suudi Arabistan'da yetişen *Centaurea bruguierana* bitkisinin metanol ekstresinin etil asetat fraksiyonu, diğer fraksiyonlara kıyasla MCF-7 hücrelerine karşı en yüksek etkiyi göstermiştir ( $IC_{50} = 10 \mu\text{g/ml}$ ). Bu fraksiyon, hücre döngüsünü G1 fazında durdurarak nükleer fragmentasyon, fosfadilin serin molekülünün hücre membranı dış yüzeye translokasyonu, artan kaspaz ekspresyonu ve Bax/Bcl-2 oranı ile karakterize klasik bir apoptotik hücre ölümünü indüklemiştir (Nasr ve ark., 2020). Mısır'da gerçekleştirilen kapsamlı bir sitotoksisite tarama çalışmasında, *Centaurea alexandrina*, *Centaurea scoparia*, *Centaurea eryngioides*, *Centaurea glomerata*, *Centaurea lipii*, *C. calcitrapa*, *Centaurea pumilio* ve *C. pallescens* türlerini içeren 40 bitkinin 76 ekstresinin aktivitesi, CCRF-CEM insan lösemi hücrelerinde test edilmiştir. *Centaurea* türleri arasında *C. lipii*, en etkili ekstre olarak belirlenmiş olup, farklı hücre soylarında çalışılmış ve ilaç dirençli lösemi hücrelerinde  $IC_{50}$  değeri  $<10 \mu\text{g/ml}$  olarak tespit edilmiştir (Hegazy ve ark., 2019).

Bazı *Centaurea* antikanser aktivite çalışmalarında, hazırlanan ekstrelerden izole edilen saf bileşiklerin etkinliği araştırılmıştır. İzole edilen bazı bileşiklerin toksik olmayan veya düşük antikanser aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. *Centaurea cineraria* türünden izole edilen tetrasiklik seskiterpen olan cyclosativene molekülü, 10-400 µg/ml dozlarında sağlıklı nöron ve N2a nöroblastom hücrelerine uygulanarak sitotoksik ve genotoksik etkiler değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, 24 saatlik muamele sonucunda  $IC_{50}$  değerinin  $> 400 \mu\text{g/ml}$  olduğu ve her iki hücre soyunda genotoksik etki gözlenmediği belirtilmiştir (Toğar ve ark., 2014). *Centaurea kilaea*'nın kloroform ekstresinden izole edilen ve tanımlanan taraxasterol, salvigenin, 3'-O-methyleupatorin, oleanolic acid, jaceosidin ve pectolinarigenin molekülleri, hepatoselüler karsinom hücreleri HepG2 ve Hep3B üzerinde test edilmiştir. En düşük  $IC_{50}$



değeri, HepG2 hücrelerine karşı 137,66 µg/ml ve Hep3B hücrelerine karşı 147,66 µg/ml ile jaceosidin için tespit edilmiştir (Şekerler ve ark., 2020).

Seskiterpen molekülleri dışında, daha makul etkilere sahip fenolik bileşikler de izole edilmiştir. *Centaurea gigantea* bitkisinden klorojenik asit ve flavonoidler, 2''-(4''-hydroxybenzoyl)-isoorientin, orientin, izoorientin, izokuersetin ve cirsiliol izole edilmiştir. Metanol ekstresinin kolon kanser hücre soyu CaCo-2'ye karşı IC<sub>50</sub> değeri 43,2 µg/ml iken, izole edilen saf bileşikler arasında en yüksek aktiviteyi 79,0 µg/ml IC<sub>50</sub> değeri ile klorojenik asit göstermiştir (Shoeb ve ark., 2007).

Seskiterpenlerden salograviolide A, birkaç farklı çalışmaya konu olmuş ve antikanser etkinin moleküler mekanizmaları açıklanmıştır. Salla ve ark. (2013) çalışmasında, salograviolide A ve farklı bir bitkiden elde edilen seskiterpen lakton (iso-seco-tanapartholide), insan kolon kanseri hücre soylarına karşı kombine uygulanmış ve tek başına hücre canlılığını %25 azaltabilen bu ajanlar kombine edildiğinde %80 oranında etki göstermiştir. Kombinasyon etkisinin, MAP kinaz ailesine bağlı ERK, JNK ve p38 yolaklarıyla ilişkili olduğu ve kaspaz bağımsız bir mekanizma ile apoptotik hücre ölümüne yol açtığı gösterilmiştir (Salla ve ark., 2013). Salograviolide A, farklı bir çalışmada *Centaurea ainetensis* türünden elde edilmiş, papilloma ve skuamoz hücre karsinom hücre soylarına karşı kullanılmış ve sağlıklı hücrelere toksik etki yaratmadan, NF-κB yolağının aktivasyonu ve reaktif oksijen türlerinin birikimi aracılığıyla antikanser etki göstermiştir (Ghantous ve ark., 2008).

*Centaurea* türlerinden izole edilen diğer seskiterpenlerin apoptotik yolakların aktivasyonu ve metastatik yolakların baskılanması aracılığıyla antikanser etki sergiledikleri ortaya konmuştur. *Centaurea* türlerinden izole edilmiş Guaiane-tip 8 seskiterpen molekülün tamamı insan lösemi ve melanom hücre soylarında <10 µM IC<sub>50</sub> değeri ile kaspaz bağımlı ve sitokrom c salınımının söz konusu olduğu apoptotik aktivite göstermişlerdir (Estévez-Sarmiento ve ark., 2020). *Centaurea* türlerinde bulunan seskiterpen lakton janerin, THP-1 hücrelerinde CDK1/Siklin-B kompleksini azaltarak hücre döngüsünü G2/M fazında durdurmakta; ayrıca hücre ölümü ile ilişkili moleküler belirteçlerden kaspaz-3 ve PARP-1 kırılıma, Bax/Bcl-2 oranının yükselmesine ve P38-MAPK ve ERK1/2 fosforilasyonuna yol açmaktadır (Ahmed ve ark., 2021) *C. behen* türünden izole edilen seskiterpen lakton aguerin B, metastatik meme kanser hücresi MDA-MB-231'de 2 µg/ml IC<sub>50</sub> değeri ile metastaz ilişkili genler; Rac-1, Pak-1, Hif-1α ve Zeb-1 seviyelerini transkripsiyonel düzeyde aşağı yönlü regüle etmiştir (Amini ve ark., 2020). Potansiyel olarak güçlü antikanser etkilere sahip seskiterpenlerin izolasyonu önem arz etmektedir. Bu kapsamda, *C. lipii* türünden biyoaktiviteye yönlendirmeli izolasyon yapılarak cynaropicrin, en etkin bileşen olarak (CCRF-

CEM lösemi hücrelerine karşı 1,817  $\mu\text{M}$   $\text{IC}_{50}$  değeri) belirlenmiştir (Reda ve ark., 2023). Ayrıca, *Centaurea ragusina*'nın etanol ekstresinden elde edilen saf flavonoid ve seskiterpen laktonlar, chrysin, oroxylin A, hispidulin, deacylcynaropicrin, ragusin ve hemistepsin olarak tanımlanmıştır (Grienke ve ark., 2018). Çeşitli kanser hücre soylarına karşı en yüksek büyüme baskılayıcı etkiyi gösteren ve ilk kez tanımlanan ragusin (IC<sub>50</sub> 1,8-2,3  $\mu\text{M}$ ) üzerinde daha ileri analizler yapılmış ve kaspaz bağımsız hücre ölümünü tetikleyerek G2 fazında hücre döngüsünü durdurduğu tespit edilmiştir (Grienke ve ark., 2018).

*Centaurea* türlerinde toprak üstü kısımların dışında tohumlardan izole edilip antikanser etkileri araştırılan saf maddeler bulunmaktadır. Ters faz HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografi) metodu ile *Centaurea schischkini* tohumlarından ilk kez tanımlanan schischkiniin molekülü ile birlikte, dört lignan (arctiin, matairesinoside, matairesinol ve arctigenin) ve üç flavonoid (astragalın, afzelin ve apigenin) izole edilmiştir. Kolon kanser hücre soyu CaCo-2'ye karşı, hücre büyümesini baskılayıcı açıdan en güçlü molekülün 7  $\mu\text{M}$   $\text{IC}_{50}$  değeri ile arctigenin olduğu saptanmıştır (Shoeb ve ark., 2005). Benzer şekilde, ters faz HPLC yöntemi ile *Centaurea montana* tohumlarından montanoside ve montamine isimli bileşikler ilk tanımlanmış olup, dimerik indol alkaloidi olan montamine'in CaCo-2 hücre soyuna karşı  $\text{IC}_{50}$  değerinin 43,9  $\mu\text{M}$  olduğu belirlenmiştir (Shoeb ve ark., 2006). *Centaurea* tohumlarından izole edilen serotonin türeviden olan N-(*p*-coumaroyl) serotonin, ilaç dirençli MCF-7 ve H1299 (insan akciğer kanseri) hücrelerinde sırasıyla 349 ve 346  $\mu\text{M}$   $\text{IC}_{50}$  değeri ile S fazında hücre döngüsünü tutuklayarak hücre ölümünü indüklemiş ve hücre yüzey proteinlerinden CD24, CD44, CD58 ve CD71 ekspresyonlarını düşürmüştür (Mitsis ve ark., 2018a; Mitsis ve ark., 2018b).

*Centaurea* türlerinde izole edilen saf bileşiklerin, antibakteriyel etki taramaları yapılan çalışmalarda sağlıklı hücrelere karşı potansiyel sitotoksiteleri incelenmiştir. *C. behen* türünün esansiyel yağlarının hidrodistilasyon yöntemi ile elde edildiği ve sağlıklı insan lenfositlerinde sitotoksite değerlendirilmesinin MTT ve LDH testleri kullanılarak yapıldığı çalışmada, muamele edilen bütün dozlarda (10–400  $\mu\text{g/ml}$ ) anlamlı bir değişim gözlenmiştir (Çelikezen ve ark., 2019). *Centaurea tweediei*'nin kloroform ekstresinden izole edilen onopordopicrin ve cnicin, 250  $\mu\text{g/ml}$  dozda yüksek antibakteriyel etki gösterirken, sağlıklı insan lenfositlerine karşı yaklaşık %70 oranında sitotoksik etki sergilemişlerdir (Bach ve ark., 2011). Bu sonuçlar, incelenen maddelerin antibakteriyel ajan olarak potansiyelini sitotoksik etkiler nedeniyle düşük olduğunu gösterirken, topikal dermatolojik uygulamaların mümkün olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.



#### **4. Sonuç**

Sonuç olarak, gerek ekstreler gerekse ekstrelerin izolasyonunu ele alan çalışmalarda,  $IC_{50}$  değerleri temel alınarak antikanser etkinliği özetlendiğinde, *Centaurea* türlerinin antikanser etkinliğinin geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir. Özellikle, seskiterpen laktonlar grubunda, hem bilinen hem de yeni keşfedilen antikanser özelliklerinin aydınlatılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyan ve yüksek antikanser potansiyel sahibi moleküller bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda, özellikle hücre döngüsü ve apoptotik mekanizmalara odaklanarak izole edilen saf bileşiklerin moleküler etki mekanizmaları incelenmiştir; buna rağmen, yeni bileşiklerin sayısının fazlalığı, bu alanda yapılacak yeni çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, gelecekte, bugüne kadar elde edilen bilgi birikimine katkı sağlayan *in vitro* temelli aktivite çalışmalarının yanı sıra, *in vivo* aktivite çalışmaları ve hedefe yönelik antikanser ajanlar gibi yeni kanser tedavi yöntemlerini içeren yaklaşımlarla denenecek kombinasyonlar, güçlü bir potansiyel sunmaktadır. Bu nedenle, bu tür çalışmalardan elde edilecek sonuçların önemine dikkat çekmek gerekmektedir.

## Kaynakça

- Abdoli, M., Arkan, E., Shekarbeygi, Z., & Khaledian, S. (2021). Green synthesis of gold nanoparticles using *Centaurea behen* leaf aqueous extract and investigating their antioxidant and cytotoxic effects on acute leukemia cancer cell line (THP-1). *Inorganic Chemistry Communications*, 129(May), 108649. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108649>
- Aboul-Soud, M. A. M., Ennaji, H., Kumar, A., Alfhili, M. A., Bari, A., Ahamed, M., ... Giesy, J. P. (2022). Antioxidant, Anti-Proliferative Activity and Chemical Fingerprinting of *Centaurea calcitrapa* against Breast Cancer Cells and Molecular Docking of Caspase-3. *Antioxidants*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/antiox11081514>
- Ahmed, M. Z., Nasr, F. A., Qamar, W., Noman, O. M., Khan, J. M., Al-Mishari, A. A., & Alqahtani, A. S. (2021). Janerin Induces Cell Cycle Arrest at the G2/M Phase and Promotes Apoptosis Involving the MAPK Pathway in THP-1, Leukemic Cell Line. *Molecules*, 26, 7555.
- Aissous, I., Benrebai, M., Ameddah, S., Menad, A., Erenler, R., Benayache, S., & Benayache, F. (2022). The preventive effects of *Centaurea maroccana* Ball. extract against oxidative stress induced by cisplatin in mice brains: in vitro and in vivo studies. *Drug and Chemical Toxicology*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/01480545.2022.2139841>
- Akkol, E. K., Arif, R., Ergun, F., & Yesilada, E. (2009). Sesquiterpene lactones with antinociceptive and antipyretic activity from two *Centaurea* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 122(2), 210–215. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.01.019>
- Alper, M., & Güneş, H. (2019). The anticancer and anti-inflammatory effects of *Centaurea solstitialis* extract on human cancer cell lines. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16(3), 273–281. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2018.27146>
- Alper, M., Özay, C., Güneş, H., & Mammadov, R. (2021). Assessment of Antioxidant and Cytotoxic Activities and Identification of Phenolic Compounds of *Centaurea solstitialis* and *Urospermum picroides* from Turkey. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, 1–12. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021190530>
- Amini, E., Nabiuni, M., Behzad, S. B., Seyfi, D., Eisvand, F., Sahebkar, A., & Shakeri, A. (2020). Anticancer Potential of Aguerin B, a Sesquiterpene Lactone Isolated from *Centaurea behen* in Metastatic Breast Cancer Cells. *Recent Patents on Anti-Cancer Drug Discovery*, 15(2), 165–173.
- Armitage, A. M. (2001). *Armitage's manual of annuals, biennials, and half-hardy perennials*. Portland: Timber Press.

- Artun, F. T., & Karagöz, A. (2021). Antiproliferative and apoptosis inducing effects of the methanolic extract of *Centaurea hermanningii* in human cervical cancer cell line. *Biotechnic and Histochemistry*, 96(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/10520295.2020.1751288>
- Artun, T., Karagoz, A., Ozcan, G., Melikoglu, G., Anil, S., Kultur, S., & Sutlupinar, N. (2016). In vitro anticancer and cytotoxic activities of some plant extracts on HeLa and Vero cell lines. *Journal of BU ON.: Official Journal of the Balkan Union of Oncology*, 21(3), 720–725.
- Ayromlou, A., Masoudi, S., & Mirzaie, A. (2020). Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and anticancer activities of scorzonera calyculata boiss. And centaurea irritans wagenitz. Extracts, endemic to iran. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 9(1), 118–127. [https://doi.org/10.4103/jrptps.JRPTPS\\_97\\_19](https://doi.org/10.4103/jrptps.JRPTPS_97_19)
- Bach, S. M., Fortuna, M. A., Attarian, R., de Trimarco, J. T., Catalán, C. A. N., Av-Gay, Y., & Bach, H. (2011). Antibacterial and Cytotoxic Activities of the Sesquiterpene Lactones Cnicin and Onopordopicrin. *Natural Product Communications*, 6(2), 163–166. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100600202>
- Bahmani, F., Esmaceli, S., Bashash, D., Dehghan-Nayeri, N., Mashati, P., & Gharehbaghian, A. (2018). *Centaurea albonitens* extract enhances the therapeutic effects of Vincristine in leukemic cells by inducing apoptosis. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 99(September 2017), 598–607. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.01.101>
- Baytop, T. (1999). *Therapy with medicinal plants in Turkey (past and present)*. İstanbul: Nobel Tıp Basımevi.
- Bruno, M., Bancheva, S., Rosselli, S., & Maggio, A. (2013). Sesquiterpenoids in subtribe Centaureinae (Cass.) Dumort (tribe Cardueae, Asteraceae): Distribution, 13C NMR spectral data and biological properties. *Phytochemistry*, 95, 19–93. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.07.002>
- Callaway, R. M., & Vivanco, J. M. (2006). Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? *Trends in Plant Science*, 11(12), 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.10.004>
- Celik, S., Uysal, I., & Menemen, Y. (2008). Morphology, anatomy, ecology and palynology of two *Centaurea* species from Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 37(1), 67–74.
- Çelikezen, F. Ç., Hayta, Ş., Özdemir, Ö., & Türkez, H. (2019). Cytotoxic and antioxidant properties of essential oil of *Centaurea behen* L. in vitro. *Cytotechnology*, 71, 345–350. <https://doi.org/10.1007/s10616-018-0290-9>
- Csupor, D., Blazsó, G., Balogh, Á., & Hohmann, J. (2010). The traditional Hungarian

- medicinal plant *Centaurea sadleriana* Janka accelerates wound healing in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(1), 193–195. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.09.049>
- Dimkić, I., Petrović, M., Gavrilović, M., Gašić, U., Ristivojević, P., & Stanković, S. (2020). New perspectives of purple starthistle ( *Centaurea calcitrapa* ) leaf extracts: phytochemical analysis , cytotoxicity and antimicrobial activity. *AMB Express*. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01120-5>
- DiTomaso, J. M. (2000). Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science*, 48(2), 255–265.
- Duman, H., Uzunhisarcıklı, M. E., & Bahadır, Y. N. (2021). A new species of *Centaurea* (Asteraceae) from northern Turkey. *Nordic Journal of Botany*, 39(10), 1–8. <https://doi.org/10.1111/njb.03244>
- Estévez-Sarmiento, F., Saavedra, E., Ruiz-Estévez, M., León, F., Quintana, J., Brouard, I., & Estévez, F. (2020). Chlorinated Guaiane-Type Sesquiterpene Lactones as Cytotoxic Agents against Human Tumor Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 9767.
- Farrag, N., Abdel-Aziz, E., El-Domiaty, M., & El Shafea, A. (1993). Phytochemical Investigation of *Centaurea Araneosa* Growing in Egypt. *Zagazig Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 2, pp. 29–45. <https://doi.org/10.21608/zjps.1993.188986>
- Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Bancheva, S., Maggio, A., Rosselli, S., & Bruno, M. (2012). Flavonoids in Subtribe Centaureinae (Cass.) Dumort. (Tribe Cardueae, Asteraceae): Distribution and <sup>13</sup>C-NMR Spectral Data. *Chemistry & Biodiversity*, 9, 2096–2158.
- Ghantous, A., Tayyoun, A. A., Lteif, G. A., Saliba, N. A., Gali-Muhtasib, H., El-Sabban, M., & Darwiche, N. (2008). Purified Salograviolide A isolated from *Centaurea ainetensis* causes growth inhibition and apoptosis in neoplastic epidermal cells. *International Journal of Oncology*, 32(4), 841–849.
- Greuter, W., Aghababian, M., & Wagenitz, G. (2005). Vaillant on Compositae - Systematic concepts and nomenclatural impact. *Taxon*, 54(1), 149–174. <https://doi.org/10.2307/25065315>
- Grienke, U., Brkanac, S. R., Vujčić, V., Urban, E., Ivanković, S., Stojković, R., ... Stojković, M. R. (2018). Biological activity of flavonoids and rare sesquiterpene lactones isolated from *Centaurea ragusina* L. *Frontiers in Pharmacology*, 9(AUG), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00972>
- Hegazy, M.-E. F., Abdelfatah, S., Hamed, A. R., Mohamed, T. A., Elshamy, A. A., Saleh, I. A., ... Sakr, M. (2019). Cytotoxicity of 40 Egyptian plant extracts targeting mechanisms of drug-resistant cancer cells. *Phytomedicine*, 59, 152771.

- Jogesh, T., Carpenter, D., & Cappuccino, N. (2008). Herbivory on invasive exotic plants and their non-invasive relatives. *Biological Invasions*, 10(6), 797–804. <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9236-z>
- Kajj-A-Kamb, M., Amoros, M., & Girre, L. (1992). The chemistry and biological activity the the genus *Centaurea*. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 67(7), 178–188.
- Khammar, A., & Djeddi, S. (2012). Pharmacological and biological properties of some *Centaurea* species. *European Journal of Scientific Research*, 84(3), 398–416.
- Koca, U., Süntar, I. P., Keles, H., Yesilada, E., & Akkol, E. K. (2009). In vivo anti-inflammatory and wound healing activities of *Centaurea iberica* Trev. ex Spreng. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(3), 551–556. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.08.017>
- Kubik, J., Waszak, Ł., Adamczuk, G., Humeniuk, E., Iwan, M., Adamczuk, K., ... Józefczyk, A. (2022). Phytochemical Analysis and Anti-Cancer Properties of Extracts of *Centaurea castriferrei* Borbás & Waisb Genus of *Centaurea* L. *Molecules*, 27(21). <https://doi.org/10.3390/molecules27217537>
- Lahneche, A. M., Boucheham, R., Ozen, T., Altun, M., Boubekri, N., Demirtas, I., ... Zama, D. (2019). In vitro antioxidant, dna-damaged protection and antiproliferative activities of ethyl acetate and n-butanol extracts of *centaurea sphaerocephala* L. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 91(3), 1–11. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180462>
- Manukyan, A., Lumlerdkij, N., & Heinrich, M. (2019). Caucasian endemic medicinal and nutraceutical plants: in-vitro antioxidant and cytotoxic activities and bioactive compounds. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71(7), 1152–1161. <https://doi.org/10.1111/jphp.13093>
- Marian, E., Vicaş, L. G., Tunde, J., Mureşan, M., Stan, R. L., Sevastre, B., ... Hangan, A. C. (2017). A comparative study on the biologic activity of *Centaurea Cyanus* Versus *Calendula Officinalis*. *Farmacia*, 65(6), 940–946.
- Mitsis, M., Alexiou, G. A., Vartholomatos, E., Markopoulos, G., Lazari, D., Hodaj, E., ... Kyritsis, A. P. (2018a). N-(p-coumaroyl) serotonin induces cell cycle arrest and apoptosis in breast cancer cells. *Journal of B.U.ON.*, 23(1), 129–133.
- Mitsis, M., Markopoulos, G., Alexiou, G. A., Vartholomatos, E., Lazari, D., Hodaj, E., ... Kyritsis, A. P. (2018b). Antiproliferative and cytotoxic action of N-(p-coumaroyl) serotonin in lung cancer cells. *Journal of B.U.ON.*, 23(6), 1693–1698.
- Nasr, F. A., Shahat, A. A., Alqahtani, A. S., Ahmed, M. Z., Qamar, W., Al-Mishari, A. A., & Almoqbil, A. N. (2020). *Centaurea bruguierana* inhibits cell

- proliferation, causes cell cycle arrest, and induces apoptosis in human MCF-7 breast carcinoma cells. *Molecular Biology Reports*, 47(8), 6043–6051. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05679-x>
- Orallo, F., Lamela, M., Camiña, M., Uriarte, E., & Calleja, J. M. (1998). Preliminary study of the potential vasodilator effects on rat aorta of centaurein and centaureidin, two flavonoids from *Centaurea corcubionensis*. *Planta Medica*, 64(2), 116–119. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957386>
- Reda, E. H., Hegazi, N. M., Marzouk, M., Shakour, Z. T. A., El-halawany, A. M., Mohamed, T. A., ... Hegazy, M. F. (2023). *Feature-Based Molecular Networking for the Exploration of the Metabolome Diversity of Common Egyptian Centaurea Species in Relation to Their Cytotoxic Activity*.
- Rowley, G. D. (2007). Cytotypes: A case for infraspecific names. *Taxon*, 56(4), 983. <https://doi.org/10.2307/25065897>
- Russo, A., Cardile, V., Graziano, A. C. E., Rigano, D., Aktumsek, A., Zengin, G., & Senatore, F. (2016). Effect of three centaurea species collected from central Anatolia region of Turkey on human melanoma cells. *Natural Product Communications*, 11(3), 275–278. <https://doi.org/10.1177/1934578x1601100302>
- Salla, M., & Fakhoury, I. (2013). *Synergistic anticancer activities of the plant-derived sesquiterpene lactones salograviolide A and iso-seco-tanapartholide*. 468–479. <https://doi.org/10.1007/s11418-012-0703-6>
- Salla, M., Fakhoury, I., Saliba, N., Darwiche, N., & Gali-Muhtasib, H. (2013). Synergistic anticancer activities of the plant-derived sesquiterpene lactones salograviolide A and iso-seco-tanapartholide. *Journal of Natural Medicines*, 67(3), 468–479. <https://doi.org/10.1007/s11418-012-0703-6>
- Sargin, S. A. (2021). Potential anti-influenza effective plants used in Turkish folk medicine: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 265(August 2020), 113319. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113319>
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Schlesinger, P., Kedar, I., Gopas, J., Pollack, Y., & Golan-Goldhirsh, A. (1999). Screening for cytotoxic and antimalarial activities in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *Pharmaceutical Biology*, 37(3), 188–195.
- Şekerler, T., Şen, A., Bitiş, L., & Şener, A. (2020). In vitro antihepatocellular carcinoma activity of secondary metabolites of *Centaurea kilaea* boiss. *Journal of Research in Pharmacy*, 24(4), 479–486. <https://doi.org/10.35333/jrp.2020.196>
- Sezik, E., Yeşilada, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y., & Tanaka, T. (2001). Traditional medicine in Turkey X. Folk medicine in Central Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 75(2–3), 95–115. [97](https://doi.org/10.1016/S0378-</a></p></div><div data-bbox=)

8741(00)00399-8

- Shoeb, M., Celik, S., Jaspars, M., Kumarasamy, Y., MacManus, S. M., Nahar, L., ... Sarker, S. D. (2005). Isolation, structure elucidation and bioactivity of schischkiniin, a unique indole alkaloid from the seeds of *Centaurea schischkini*. *Tetrahedron*, *61*(38), 9001–9006. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2005.07.047>
- Shoeb, M., Jaspars, M., MacManus, S. M., Celik, S., Nahar, L., Kong-Thoo-Lin, P., & Sarker, S. D. (2007). Anti-colon cancer potential of phenolic compounds from the aerial parts of *Centaurea gigantea* (Asteraceae). *Journal of Natural Medicines*, *61*(2), 164–169. <https://doi.org/10.1007/s11418-006-0117-4>
- Shoeb, M., MacManus, S. M., Jaspars, M., Trevidu, J., Nahar, L., Kong-Thoo-Lin, P., & Sarker, S. D. (2006). Montamine, a unique dimeric indole alkaloid, from the seeds of *Centaurea montana* (Asteraceae), and its in vitro cytotoxic activity against the CaCo2 colon cancer cells. *Tetrahedron*, *62*, 11172–11177. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2006.09.020>
- Şimşek Sezer, E. N. (2022). In vitro investigation of cytotoxic, antioxidant, apoptosis-inducing, and wound healing properties of endemic *Centaurea fenzi* Reichardt extracts. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, *26*(5), 1462–1474. [https://doi.org/10.26355/eurrev\\_202203\\_28210](https://doi.org/10.26355/eurrev_202203_28210)
- Soltis, D. E., Soltis, P. S., Pires, J. C., Kovarik, A., Tate, J. A., & Mavrodiev, E. (2004). Recent and recurrent polyploidy in *Tragopogon* (Asteraceae): Cytogenetic, genomic and genetic comparisons. *Biological Journal of the Linnean Society*, *82*(4), 485–501. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00335.x>
- Španiel, S., Marhold, K., Hodálová, I., & Lihová, J. (2008). Diploid and tetraploid cytotypes of *Centaurea stoebe* (Asteraceae) in Central Europe: Morphological differentiation and cytotype distribution patterns. *Folia Geobotanica*, *43*(2), 131–158. <https://doi.org/10.1007/s12224-008-9008-7>
- Suffness, M. (1990). Assays related to cancer drug discovery. In K. Hostettmann (Ed.), *Methods in plant biochemistry: assays for bioactivity* (pp. 71–133). Academic Press.
- Tekeli, Y., Zengin, G., Aktumsek, A., Mehmet, S., & Torlak, E. (2011). Antibacterial activities of extracts from twelve *Centaurea* species from Turkey. *Archives of Biological Sciences*, *63*(3), 685–690. <https://doi.org/10.2298/ABS1103685T>
- Toğar, B., Türkez, H., Geyikoğlu, F., Hacimüftüoğlu, A., & Tatar, A. (2014). Antiproliferative, genotoxic and oxidant activities of cyclosativene in rat neuron and neuroblastoma cell lines. *Archives of Biological Sciences*, *66*(3), 1171–1177. <https://doi.org/10.2298/ABS1403171T>



- Tüzün, B. S., Hohmann, J., & Kivcak, B. (2018). Green bio-inspired synthesis, characterization and activity of silver nanoparticle forms of *Centaurea virgata* Lam. and the isolated flavonoid eupatorin. *Green Processing and Synthesis*, 7(4), 372–379. <https://doi.org/10.1515/gps-2017-0027>
- Vallejo, J. R., Peral, D., Gemio, P., Carrasco, M. C., Heinrich, M., & Pardo-de-Santayana, M. (2009). *Atractylis gummifera* and *Centaurea ornata* in the Province of Badajoz (Extremadura, Spain)-Ethnopharmacological importance and toxicological risk. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(2), 366–370. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.08.036>
- Wagenitz, G., & Hellwig, F. H. (2000). The genus *Psephellus* Cass. ( Compositae, Cardueae ) revisited with a broadened concept. *Willdenowia*, 30(1), 29–44. <https://doi.org/10.3372/wi.30.30102>
- Wei, H. X., Gao, W. Y., Tian, Y. J., Guan, Y. K., Huang, M. H., & Cheng, D. L. (1997). New eudesmane sesquiterpene and thiophene derivatives from the roots of *Rhaponticum uniflorum*. *Pharmazie*, 52, 245–247.
- Yıldırım, A., Şen, A., Göğür, F., Özakpınar Bingöl, Ö., & Bitiş, L. (2022). In vitro antiproliferative, antioxidant, anti-inflammatory activities and phenolic profile of *Centaurea saligna* (K.Koch) Wagenitz. *Journal of Research in Pharmacy*, 26(1), 163–173.
- Yırtıcı, Ü., Ergene, A., Atalar, M. N., & Adem, Ş. (2022). Phytochemical composition, antioxidant, enzyme inhibition, antimicrobial effects, and molecular docking studies of *Centaurea sivasica*. *South African Journal of Botany*, 144, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.043>
- Zaouani, M., Bitam, A., Baz, A., Benali, Y., & Ben-Mahdi, M. H. (2017). In vivo evaluation of wound healing and anti-inflammatory activity of methanolic extract of roots of *Centaurea africana* (L.) in topical formulation. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(1), 341–346. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i1.15436>



