

ACADEMIC STUDIES IN MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES -2019/2

# ACADEMIC STUDIES

IN MATHEMATICS AND  
NATURAL SCIENCES

-2019/2

EDITOR

*Prof. Dr. Ridvan KARAPINAR*



**ACADEMIC STUDIES**  
**IN MATHEMATICS AND**  
**NATURAL SCIENCES-2019/2**

**Editor**

Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR

Cetinje 2019



## **Editor**

Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR

**First Edition** • © September 2019 /Cetinje-Montenegro

**ISBN** • 978-9940-540-98-2

© **copyright**

**All Rights Reserved**

**Ivpe**

**web:** [www.ivpe.me](http://www.ivpe.me)

**Tel.** +382 41 234 709

**e-mail:** [office@ivpe.me](mailto:office@ivpe.me)



**Print**

Ivpe

Cetinje, Montenegro

# CONTENTS

PREFACE .....	III
REFEREE BOARD .....	IV
BIOLOGY .....	0
BAKIR VE BAKIR - KALSİYUM KARIŞIMLARININ <i>Oreochromis niloticus</i> DOKULARINDA ASETİLKOLİNESTERAZ AKTİVİTESİNE ETKİLERİ.....	1
<i>BRUCELLA</i> ENFEKSİYONLARINDA BAZI VİRÜLANS FAKTÖRLERİNİN ROLÜ .....	17
ARPADA ERKEN FİDE GELİŞİMİ DÖNEMİNDE TUZLULUK VE SU BİRİKİMİNİN BÜYÜME VE GELİŞME ÜZERİNE ETKİLERİ .....	28
ALPİN BİTKİLERDE DORMANSİ ve ÇİMLENME .....	44
STATISTICS .....	65
ÇOK GRUPLU SINIFLANDIRMA PROBLEMLERİ İÇİN MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMLARI .....	66
CHEMISTRY .....	81
ESER ELEMENTLER, AĞIR METALLER VE ANALİZ YÖNTEMLERİ .....	83
MATHEMATICS .....	103
GRUPLAR ÜZERİNDE KUADRATİK MODÜLLER.....	105
UNBOUNDED $p\tau$ -CONVERGENCE IN VECTOR LATTICES NORMED BY LOCALLY SOLİD LATTICES.....	117
CEBİRLER ÜZERİNDE KUADRATİK MODÜLLER .....	135
MOLECULAR BIOLOGY.....	146
ACCUMULATION POTENTIAL FOR Cd, Ni, Zn and Pb OF INDIGENOUS PLANTS GROWING IN ERCİYES MOUNTAIN AND ENVIRONMENT.....	147
MİKROSATELLİT MARKIRLAR ve ADLİ BİLİMLER .....	161
COMPUTER PROGRAMMING .....	176
YAŞLI BİREYLERİN BİLGİ TEKNOLOJİLERİ İLE SATRANÇ SPORU YAPABİLMELERİNİN SAĞLANMASI; EĞİTİM MODELİ .....	177



## **PREFACE**

'Academic Studies in Mathematic and Natural Sciences is serving an academic forum for both academics and researchers working in such fields. mathmematic and natural sciences research is an interdisciplinary by nature. So it covers several fields Besides, have been used as a research method for the contemporary issues relevant to mathmematic and natural sciences. In this book, the academics working in different fields share their results with the scientific community. Thus more researchers will be aware of these studies and have some new ideas for their future studies. The selected articles have been reviewed and approved for publication by referees. It is hoped that the book will be of interest and of value to academics and researchers.

Prof. Dr. Rıdvan Karapınar

Editor

## **REFEREE BOARD**

Prof. Dr. Rıdvan Karapınar, Burdur Mehmet Akif Ersoy University,  
Turkey

Prof. Dr. Serdar Salman, National Defence University Turkey

Prof. Dr. Sıddık Keskin, Van Yüzüncü Yıl University, Turkey

Prof. Dr. Tanja Soldatovic, Novi Pazar State University, Serbia

Asst. Prof. Dr. Mehmet Ali Kandemir, Balıkesir University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Elif Irmak Yılmaz, Ordu University, Turkey

# **BIOLOGY**



**BAKIR VE BAKIR - KALSİYUM KARIŞIMLARININ  
*Oreochromis niloticus* DOKULARINDA  
ASETİLKOLİNESTERAZ AKTİVİTESİNE ETKİLERİ\***

*COPPER AND COPPER CALCIUM MIXTURES EFFECTS ON  
ASETİLKOLİNESTERAZ ACTIVITY ON TISSUES OF *Oreochromis  
niloticus**

**Gülbin FİRİDİN\*\* & Ferit KARGIN\*\*\***

## **GİRİŞ**

Evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan akarsu, gölet, baraj, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara deşarjı; madencilik faaliyetleri, asit yağmurları, erozyonla taşınan kaya parçaları, volkanik aktiviteler ve ağır metaller akuatik ekosistemlerin kirlenmesine sebep olmakta ve dolayısıyla sucul organizmaların sağlığını tehdit etmektedir. Cu, Zn, Fe, Mn, Se gibi ağır metaller organizmaların normal gelişimleri ve biyolojik aktivitelerini sürdürebilmeleri için eser miktarda gerekmektedir. Bu metallere biri veya daha fazlası vücut hücrelerinde yüksek derişimlere ulaştığında hem balıklar hem de memelilerde fizyolojik işlevlerde değişiklikler oluşturmaktadır. Metallerin akuatik organizmalar ve özellikle balık türleri için toksik olduğu çeşitli çalışmalarla saptanmıştır (Betoulle ve ark., 2002; Mohamed ve Gad, 2008; El-Serafy ve ark., 2013).

Cu, tüm organizmalar için eser miktarda gerekli bir metal olup hücre metabolizmasında önemli bir rol oynamaktadır. Büyüme, gelişme ve onarım gibi biyolojik prosesleri içeren çeşitli enzimlerin yapısında kofaktör olarak bulunmaktadır (Turnlund, 1999). Ancak Cu yüksek derişimlerde toksik özellik gösteren metallerin başında gelmektedir (Dueck ve ark., 1987).

Akuatik organizmalarda Ca yapısal, elektiriksel, ekstraselüler protein ve enzimlerde kofaktör olarak ve intraselüler regülasyonda önemli biyolojik işlevleri olan bir iyondur (Hunn, 1985). Balıklar Ca'yı solungaç ve bağırsaklardan almaktadırlar. Solungaçlar, bol miktarda iyon taşıyıcı hücreleri veya klorid hücrelerini içermektedir (Flik ve Verboost, 1993).

---

\* Bu çalışma doktora tezinden üretilmiştir.

\*\* (Öğr. Gör. Dr.); Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye. E-mail: [gulbinfiridin@gazi.edu.tr](mailto:gulbinfiridin@gazi.edu.tr)

\*\*\* (Prof. Dr.); Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye. E-mail: [fkargin@cu.edu.tr](mailto:fkargin@cu.edu.tr)

Solungaçların klorid hücreleri, Ca alınımında temel bölgelerdir (Payan ve ark., 1981).

Balıklar tarafından ağır metallerin ortamdaki alınımı su, besin, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolu ile olmaktadır (Hardersen ve Wratten, 1998). Karaciğer, zararlı organik bileşiklerin biyotransformasyonları ve ağır metallerin alıkonması için birincil hedef organdır. Böbrekler, vücuttan toksik maddelerin çıkarılmasını sağlayan kompleks filtreler olarak kabul edilebilmektedir. Beyin tüm omurgalılarda sinir sisteminin merkezidir. Solungaçlar, doğrudan doğruya ortam ile etkileşim halinde olmaları nedeniyle toksik kimyasallar için hedef dokulardır ve kirleticilerin birikiminde, biyotransformasyonunda ve atılımında rol almaktadır.

Metaller akuatik ortamlardaki organizmaların enzimlerine ve fonksiyonel proteinler ile nükleik asitler gibi hücre makromoleküllerine bağlanarak hücrelerin fonksiyonlarını etkilemektedir (Sen ve Semiz, 2007).

(AChE) (EC 3.1.1.7) omurgalılar ve omurgasızların sinapslarında bulunan nörotransmitter olan asetilkolinin asetat ve koline hidrolizini katalizleyerek nörotransmisyonu sonlandırmaktadır. AChE aktivitesinin ölçülmesi bazı ekotoksikolojik çalışmalarda kullanılmaktadır (Bradbury ve ark., 2008). AChE enziminin inhibisyonu, sinir sonlarında asetilkolin birikimi ve elektriksel aktivitenin uzamasıyla sonuçlanmakta ve gastrointestinal sistem ve solunum bozukluklarının meydana gelmesine neden olmaktadır (Chuiko, 2000). AChE inhibisyonu sinir sistemi fonksiyonunu bozmakta ve solunum, beslenme ve davranış gibi çeşitli fonksiyonlarda olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. AChE aktivitesi akuatik sistemlerin çevresel kirlilik izleme programlarında ve ekotoksikolojik risk değerlendirme çalışmaları için teşhis anahtarı olarak kullanılmaktadır (De La Torre ve ark., 2002).

Kimyasal kirleticilerin çeşitliliği ve değişkenliğinden dolayı organizmaların mekanizmaları da önemli değişkenlik ve adaptasyon göstermektedir. Organizmalar metalik ya da organik bileşiklerin toksik etkilerinden kendilerini korumak için hücresel düzeyde stratejiler geliştirmişlerdir. Bunlardan antioksidan savunma sistemi, spesifik proteinlere bağlanarak ayrılma ve kirliliğe dirençli proteinler tarafından atılmayı içeren detoksifikasyon prosesleri en önemlileridir (Manduzio ve ark., 2004).

Balık sulardan metallerin büyük bir kısmını alabildikleri için akuatik ekosistemlerde metal kirliliğinin izlenmesinde yaygın bir şekilde

kullanılmaktadır (Al-Sayegh Petkovsek ve ark., 2012). Oksidatif toksisite mekanizmalarında ve oksidatif strese karşı tepkilerde balıklar memelilerle benzer özellik gösterdikleri için oksidatif stres çalışmalarında model organizmalar olarak kullanılmaktadır (Almeida ve ark., 2002).

## 2. MATERYAL VE METOD

Araştırma materyali olarak kullanılan tatlı su balığı *Oreochromis niloticus* örnekleri Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından alınarak 40x120x40 cm boyutlarındaki akvaryumlarda  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de günde 8 saat aydınlanma periyodu uygulanarak iki ay süre ile laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Balıklar laboratuvar koşullarına adaptasyonları ve deney süresince, günde 2 defa vücut ağırlıklarının %2'si kadar hazır balık yemi ile beslenmişlerdir ve denemeden 2 gün önce beslenmeleri kesilmiştir. Bu süre içerisinde balıklar  $12.10 \pm 0.24$  cm boy ve  $28.85 \pm 0.68$  g ağırlığa ulaşmışlardır.

Deney ortam suyunun kimyasal özellikleri; toplam sertlik:  $352.63 \pm 5.14$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ ; pH:  $8.19 \pm 0.009$ ; çözülmüş oksijen:  $7.35 \pm 0.11$  mg/L; akvaryum ısı:  $21.14 \pm 0.18$  °C olarak ölçülmüştür.

Deneyler Cu ve Cu + Ca karışımlarının dokulardaki AChE aktivitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla iki seri olarak yürütülmüştür.

Balıklar birinci seride Cu'nun 0.1, 0.5, 1.0 mg/L Cu, ikinci seride Cu + Ca'nın 0.1 mg/L Cu + 1.0 mg/L Ca, 0.5 mg/L Cu + 5.0 mg/L Ca, 1.0 mg/L Cu + 10 mg/L Ca derişimlerinin etkisine 7, 14 ve 28 gün sürelerle bırakılmıştır.

Birinci serideki akvaryumlara Cu çözeltileri ikinci serideki akvaryumlara Cu + Ca çözeltilerinden 120'şer litre ve her serideki son akvaryuma ise 120 litre dinlendirilmiş çeşme suyu konularak kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Deney süresince metabolik atıklar, buharlaşma ve çökme gibi nedenlerle deney akvaryumlarında kullanılan Cu ve Ca çözeltilerinin derişimlerinde zaman içerisinde bir değişim olabileceği dikkate alınarak çözeltiler 2 günde bir yeniden hazırlanan taze stok çözeltilerden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiştir. Deneyde kullanılan metallerin akvaryumlarda cama yapışmasını ve tabana çökmesini önlemek ve homojen dağılmasını sağlamak için trisodyumsitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) çözeltisi kullanılmıştır.

Belirlenen süreler sonunda her derişimden iki balık alınmış çeşme suyu ile yıkanıp boy ve ağırlıkları tespit edilmiştir. Karaciğer, böbrek, beyin ve solungaç dokuları disekte edilerek soğuk % 0.59 NaCl ile yıkanıp kurutma kağıdı ile kurutulmuşlardır.

AChE, aktivitesinin belirlenmesi için dokular 1/10 ağırlık/hacim (w/v) oranında 0.25 M sükröz içeren 0.05 M Na-P tamponu ile (pH 7,4) ultraturax homojenizatörde 10000 rpm’de 3 dakika buz içinde homojenize edildikten sonra +4°C’de 9500 devirde 30 dakika santrifüjlenmiştir.

Asetilkolinesteraz, asetiltiyokolinin tiyokolin ile asetata parçalanması reaksiyonunu katalizleyen bir enzimdir. AChE aktivitesi, ürün olarak açığa çıkan tiyokolin ile DTNB arasındaki reaksiyonun sonucunda oluşan 5-tiyo-2-nitrobenzoik asidin verdiği sarı rengin yoğunluğunun, pH 8’de spektrofotometrede 412 nm’de ölçülmesi ile belirlenmektedir (Ellman ve ark., 1961). Protein miktarı da spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Lowry ve ark., 1951).

Deneylerde elde edilen verilerin istatistik analizleri ‘Student-Newman Keul’s Test (SNK) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar  $P<0.05$  düzeyinde önemli kabul edilmiştir.

### 3. BULGULAR

Bakır ve bakır – kalsiyum karışımlarının 7, 14 ve 28 gün etki sürelerinde *O. niloticus* dokularının AChE aktivitesi düzeyleri Tablo 1 – 4’te verilmiştir.

Denenen tüm Cu ve Cu + Ca derişimlerinde karaciğer AChE aktivitesi kontrole göre azalma göstermiştir. Ortamda bulunan Cu ve Cu karışımlarının ortam derişimleri arttıkça AChE aktivitesinin de azaldığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). 7 günlük süre sonunda AChE aktivitesi 0.5 mg/L Cu ve 0.5 mg/L Cu + 5.0 mg/L Ca derişimleri kontrol grubuyla karşılaştırıldığında sırasıyla %39 ve %14 oranlarında azalmıştır ( $P<0.05$ ). 0.1 mg/L Cu ortam derişiminde denenen tüm sürelerde AChE aktivitesi kontrole göre önemli düzeyde azalırken 0.1 mg/L Cu ve 0.1 mg/L Cu + 1.0 mg/L Ca karışımlarında her üç sürede de kontrole göre önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). 28 günlük süre sonunda Cu ve Cu + Ca karışımlarının yüksek ortam derişimleri, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında AChE aktivitesini sırasıyla %39 ve %22 oranında azalttığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Cu derişimlerinin doğrudan etkisinde kalan balıkların karaciğerindeki azalmanın Cu karışımlarının etkisinde kalanlara oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Bakır ve bakır – kalsiyum karışımlarının etkisine 7, 14 ve 28 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*'un karaciğer dokusunda AChE aktivitesi (U/mg protein).

Metal konsantrasyonları (mg/L)	Süre (Gün)		
	7	14	28
0.0	0.083±0.005 ax	0.084±0.004 ax	0.087±0.005 ax
0.1 Cu	0.062±0.002 bx	0.054±0.003 bx	0.052±0.002 bx
0.1 Cu+1.0 Ca	0.079±0.003 ax	0.078±0.004 ax	0.078±0.004 ax
0.0	0.083±0.005 ax	0.084±0.004 ax	0.087±0.005 ax
0.5 Cu	0.051±0.001 bx	0.060±0.002 by	0.048±0.001 bx
0.5 Cu+5.0 Ca	0.071±0.004 cx	0.074±0.006 abx	0.077±0.002 acx
0.0	0.083±0.005 ax	0.084±0.004 ax	0.087±0.005 ax
1.0 Cu	0.053±0.002 bx	0.053±0.0004 bx	0.053±0.002 bx
1.0 Cu+10.0 Ca	0.065±0.002 cx	0.069±0.008 abx	0.068±0.004 acx

a, b, c harfleri konsantrasyonlar arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır (SNK;  $\bar{X}+sx$ ).

Böbrek AChE aktivitesi 7, 14 ve 28. günlerde 1.0 mg/L Cu ve 1.0 mg/L Cu + 10.0 mg/L Ca karışımlarında kontrole göre sırasıyla %74 ve %84; %74 ve %79; %72 ve %94 oranlarında azalmıştır ( $P<0.05$ ). 7. günde 0.5 mg/L Cu ve 0.5 mg/L Cu + 5.0 mg/L Ca ortam derişimlerinin etkisinde kontrol grubuna göre sırasıyla %32 ve %26 oranında azalma saptanmıştır ( $P<0.05$ ). 28. günde 0.5 mg/L Cu, 0.5 mg/L Cu + 5.0 mg/L Ca ortam derişimlerinin etkisinde AChE aktivitesi kontrole karşılaştırıldığında sırasıyla %28 ve %17 oranında azalmıştır ( $P<0.05$ ). Böbrek AChE aktivitesi metal ve metal karışımlarının etkisinde süreler arasında önemli farklılık göstermemiştir ( $P>0.05$ ) (Tablo 2).

**Tablo 2.** Bakır ve bakır – kalsiyum karışımlarının etkisine 7, 14 ve 28 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*'un böbrek dokusunda AChE aktivitesi (U/mg protein).

Metal konsantrasyonları (mg/L)	Süre (Gün)		
	7	14	28
0.0	0.019±0.0003 ax	0.019±0.0003 ax	0.018±0.0002 ax
0.1 Cu	0.013±0.0002 bx	0.013±0.001 bx	0.012±0.001 bx
0.1 Cu+1.0 Ca	0.016±0.001 cx	0.016±0.0003 cx	0.016±0.001 cx
0.0	0.019±0.0003 ax	0.019±0.0003 ax	0.018±0.0002 ax
0.5 Cu	0.013±0.0002 bx	0.014±0.001 bx	0.013±0.0002 bx
0.5 Cu+5.0 Ca	0.015±0.001 cx	0.016±0.0004 cx	0.015±0.0002 cx
0.0	0.019±0.0003 ax	0.019±0.0003 ax	0.018±0.0002 ax
1.0 Cu	0.014±0.001 bx	0.014±0.002 bx	0.013±0.0013 bx
1.0 Cu+10.0 Ca	0.016±0.0003 cx	0.015±0.0003 abx	0.017±0.0004 ax

a, b, c harfleri konsantrasyonlar arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayrım vardır (SNK;  $\bar{X} \pm s_x$ ).

Cu ve Cu + Ca karışımlarında AChE aktivitesi 7. güne göre 14 günlük süre sonunda önemli oranda artarken 28. günde önemli oranda azalmıştır ( $P<0.05$ ). 7. günde denenen ortam derişimlerinde AChE aktivitesi kontrol grubuna kıyasla önemli oranda artış göstermiştir. Ortamda bulunan Cu derişimleri arttıkça AChE aktivitesinin de arttığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Cu ve Cu + Ca karışımlarının en düşük ortam derişimlerinde AChE aktivitesinde kontrole göre sırasıyla %61 ve %45 oranlarında artış kaydedilmiştir. 14. günde 0.5 mg/L Cu ve Cu + Ca karışımlarında beyin AChE aktivitesinde kontrole göre sırasıyla %77 ve %59 oranında artış gerçekleşmiştir. 28. günde 0.1 mg/L Cu ve 0.1 mg/L Cu + 1.0 mg/L Ca ortam derişimlerinin etkisinde kontrol grubuna göre sırasıyla %20 ve %86 oranında artış olmuştur. Denen sürelerde Cu'nun doğrudan etkisindeki artışın karışımların etkisine oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

**Tablo 3.** Bakır ve bakır – kalsiyum karışımlarının etkisine 7, 14 ve 28 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*'un beyin dokusunda AChE aktivitesi (U/mg protein).

Metal konsantrasyonları (mg/L)	Süre (Gün)		
	7	14	28
0.0	0.142±0.002 ax	0.143±0.004 ax	0.147±0.002 ax
0.1 Cu	0.229±0.003 bx	0.241±0.003 by	0.181±0.008 bz
0.1 Cu+1.0 Ca	0.206±0.007 cx	0.308±0.010 cy	0.274±0.006 cz
0.0	0.142±0.002 ax	0.143±0.004 ax	0.147±0.002 ax
0.5 Cu	0.267±0.005 bx	0.253±0.002 bx	0.235±0.022 bx
0.5 Cu+5.0 Ca	0.248±0.005 cx	0.228±0.006 cy	0.208±0.008 bcz
0.0	0.142±0.002 ax	0.143±0.004 ax	0.147±0.002 ax
1.0 Cu	0.269±0.005 bx	0.262±0.003 bx	0.245±0.008 by
1.0 Cu+10.0 Ca	0.254±0.009 bx	0.324±0.006 cy	0.255±0.006 bx

a, b, c harfleri konsantrasyonlar; x, y ve z harfleri ise süreler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayrım vardır (SNK;  $\bar{X} \pm s_x$ ).

Beyin AChE aktivitesi 7 ve 28 günlük sürelerde Cu ve Cu + Ca karışımlarının etkisinde kontrol grubuna kıyasla önemli oranda artış göstermiştir ( $P<0.05$ ). Ortamda bulunan Cu derişimleri arttıkça AChE aktivitesinin de arttığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). 14. günde denenen tüm ortam derişimleri etkisinde AChE aktivitesi kontrolle karşılaştırıldığında önemli oranda artış belirlenmiştir. 0.5 mg/L Cu ve Cu + Ca karışımlarında beyin AChE aktivitesinde kontrole göre sırasıyla %77 ve %59 oranında artış gerçekleşmiştir ( $P<0.05$ ). 28. günde 0.1 mg/L Cu ve 0.1 mg/L Cu + 1.0 mg/L Ca ortam derişimlerinin etkisinde kontrol grubuna göre sırasıyla %20 ve %86 oranında artış olmuştur ( $P<0.05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 4.** Bakır ve bakır – kalsiyum karışımlarının etkisine 7, 14 ve 28 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*'un solungaç dokusunda AChE aktivitesi (U/mg protein).

Metal konsantrasyonları (mg/L)	Süre (Gün)		
	7	14	28
0.0	0.071±0.003 ax	0.072±0.004 ax	0.073±0.002 ax
0.1 Cu	0.086±0.001 bx	0.091±0.005 bcx	0.161±0.002 by
0.1 Cu+1.0 Ca	0.107±0.004 cx	0.101±0.006 cx	0.190±0.003 cy
0.0	0.071±0.003 ax	0.072±0.004 ax	0.073±0.002 ax
0.5 Cu	0.094±0.006 bx	0.084±0.001 bx	0.154±0.003 by
0.5 Cu+5.0 Ca	0.071±0.004 ax	0.075±0.0002 abx	0.089±0.004 cy
0.0	0.071±0.003 ax	0.072±0.004 ax	0.073±0.002 ax
1.0 Cu	0.093±0.002 bx	0.092±0.001 bx	0.138±0.008 by
1.0 Cu+10.0 Ca	0.072±0.004 ax	0.067±0.002 ax	0.147±0.008 bcy

a, b, c harfleri konsantrasyonlar; x ve y harfleri ise süreler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır (SNK; X+sx).

Solungaç AChE aktivitesi denenen tüm Cu derişimleri etkisinde kontrole göre önemli oranda artış göstermiştir ( $P<0.05$ ). 28. günde 0.1 mg/L Cu ve 0.1 mg/L Cu + 1.0 mg/L Ca; 0.5 mg/L Cu ve 0.5 mg/L Cu + 5.0 mg/L Ca; 1.0 mg/L Cu ve 1.0 mg/L Cu + 10.0 Ca mg/L konsantrasyonlarının etkisinde kontrole kıyasla sırasıyla %38 ve %45; %110 ve %22; %53 ve %201 oranlarında artış belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). AChE aktivitesi 28. Günde 7 ve 14. güne göre önemli artış göstermiştir ( $P<0.05$ ) (Tablo 4).

#### 4. TARTIŞMA

Balıklardaki biyokimyasal ve fizyolojik değışiklikler, çevre kirliliğinin biyomarkırı olarak değerdendirilmektedir (Beliaeff ve Burgeot, 2002; Dautremepuits ve ark., 2004; Lavado ve ark., 2006).

Akuatik canlılarda bakır – kalsiyum etkileşimi üzerine birçok çalışma Ca'nın Cu birikmine ve toksisitesine karşı koruyucu etkisine yoğunlaşmıştır (Playle ve ark., 1993; Matsuo ve ark., (2004). Su sertliğinin temel bileşenini oluşturan yüksek Ca derişimleri solungaçlarda Ca kanallarında Cu ile rekabeti sonucu Cu alınımını azaltmakta ve toksisiteyi



düşürmektedir (Pagenkopf, 1983). Cd, Zn, Pb, Cu ve Mn gibi bir çok metalin balıklarda Ca kanallarıyla taşındığı belirtilmiştir (Baldisserotto ve ark., 2004).

Farklı elementler arasındaki ilişkiler ağır metallerin birikimi ve toksisitesini etkilemektedir (Sorensen, 1991). Çeşitli çalışmalarda sulardaki Ca sertliğinin (Sawyer ve ark., 1989) ya da alkalinite (Reardon ve Harrell, 1990) düzeylerinin Cu toksisitesini azaltmada önemli etki yaptıkları gösterilmiştir. Wurts ve Perschbacher (1994), *Ictalurus punctatus* ile yaptıkları bir çalışmada düşük alkaliniteli ortamda, Ca sertliğinin Cu toksisitesini engellediğini bildirmişlerdir. Straus ve Tucker (1993), su sertliğinin *Ictalurus punctatus*'ta akut Cu toksisitesini azaltmada önemli etkisinin olduğunu göstermişlerdir.

Solungaç yüzeylerine bağlanan Cu, solungaçlarda bağlanma bölgeleri için Ca ile rekabete girmektedir (Pagenkopf, 1983; Hunn, 1985; Playle ve ark., 1993; Matsuo ve ark., 2004). Sularda sertlik oluşturan yüksek Ca konsantrasyonunun, solungaçlarda iyon regülasyon mekanizmasını Cu'nun yıkıcı etkisinden koruyarak, Cu toksisitesini sınırlandırdığı düşünülmektedir (Pagenkopf, 1983). Spry ve Wiener'in (1991) yaptıkları bir çalışmada sulardaki Cu toksisitesi ile Ca konsantrasyonu arasında negatif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Yumuşak ve az iyonlu sularda düşük Ca düzeyi, Cu alınımının artışına neden olarak solungaç membran yüzeyine Cu'nun bağlanmasını desteklemektedir (Carvalho ve Fernandes, 2006).

Metaller enzimlerin fonksiyonel gruplarına bağlanarak (sülfidril, karboksil, imidazol vb.), enzimle metal birlikteliğinin yerini değiştirerek veya reaktif oksijen türlerini üreterek enzimlerin aktivitesini değiştirebilmektedir (Voet ve Voet, 1995; Oliveira ve ark., 2004). Moleküler seviyede metallerin bir kısmı denaturasyona, çökelmeye, allosterik etkilere veya enzim inhibisyonuna neden olarak proteinlerle etkileşime girmekte, bir kısmı geri dönüşümsüz değişikliklere neden olarak nükleik asitlere bağlanmaktadır.

AChE, asetilkolinin iletiminde bütünleyici bir rol oynamakta ve kirleticilerin etkisine hedef olan enzimlerin başında yer almaktadır. AChE sinir ve sinir - kas bağlantılarında önemli işlevi bulunan bir enzimdir. AChE'in inhibisyonu balıklar için çok tehlikelidir, çünkü kolinerjik sistem balık kalbinin işlevinde anahtar rol oynamaktadır (Pennec ve Le Bras, 1984). AChE'in inhibisyonu potansiyel vagus sinirlerini etkileyerek dolaşım ile ilgili metabolik proseslerde bazı olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu durumda kalp fonksiyonunun engellemesiyle

solungaçlarda O<sub>2</sub> alınımı ve CO<sub>2</sub>'in bırakılmasında bozukluklar oluşmakta, bu da dokularda hipoksiyaya neden olmaktadır (Nemcsok ve Hughes, 1988).

Ağır metaller AChE aktivitesini inhibe etmektedir (Lionetto ve ark., 2003). Metallerin neden olduğu AChE aktivitesindeki azalmanın; metalin enzimdeki konformasyonel değişiklikler ve metalin AChE'nin aktif bölgesine bağlanmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (De La Torre ve ark., 2002). *O. niloticus* ile yapılan bu çalışmada karaciğer, böbrek, beyin ve solungaç dokularında AChE aktivitesi Cu ve Cu - Ca karışımlarının etkisinde kontrole göre değişiklikler göstermiştir. AChE aktivitesi denenen tüm Cu ortam derişimlerinde kontrole göre karaciğer ve böbrekte önemli oranda azalmış; beyin ve solungaçta ise önemli oranda artış göstermiştir. Cu'nun doğrudan etkisinde AChE aktivitesi Cu karışımlarına oranla daha fazla azalma göstermiştir. Ca'nın, Cu'nun AChE enzim aktivitesini azaltması üzerine negatif etki gösterdiği belirlenmiştir. Karaciğer ve böbrekte AChE aktivitesindeki azalmanın oksidatif stresin neden olduğu serbest radikallerin enzim aktivitesiyle ilgili bir amino asidin oksidasyonuna neden olabileceği, bunun da enzimde aktivasyon kaybına yol açabileceği düşünülmektedir.

Balıklarda solungaçların sudan Cu alınımında hedef doku olduğu belirtilmiştir (Campbell ve ark., 1999). Suyun büyük bir bölümü solungaçlar tarafından filtre edilmekte ve ortamdaki herhangi bir kirliliği hemen yansıtabilmektedir (Basha ve Rani, 2003). Solungaç AChE aktivitesi 28. günde 1.0 mg/L Cu ve Cu karışımlarında kontrole göre yaklaşık 2 katlık bir artış göstermiştir. 28. günde AChE aktivitesi 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/L Cu ortam derişimlerinde kontrole göre sırasıyla %120, %110 ve %89 oranlarında artış göstermiştir. Enzim artışları, doku hasarını korumak için adaptasyon sürecinin başlamasından kaynaklanabilmektedir (Calabrese, 2005).

Beyin, stresi tetikleyen dejenaratif koşullara karşı yüksek hassasiyetinden dolayı, farklı stres etkenleri için hedef bir dokudur (Li ve ark., 2009). Beyin AChE aktivitesi denenen tüm ortam derişimlerinin etkisinde tüm sürelerde kontrol değerlerine oranla yüksek çıkmıştır. Cu ortam derişiminin artmasıyla beyinde AChE aktivitesinde bir artış gözlenmiştir. 21 gün süreyle Cu ve Zn'nin subletal etkisine bırakılan *O. mykiss*'de beyin AChE aktivitesinin arttığı belirtilmiştir (Dethloff ve ark., 1999). De La Torre ve ark. (2002), kanalizasyon sularının deşarj edildiği nehirde alınan *Cyprinus carpio* ve *Cnesterodon decemmaculatus* balıklarının beyin dokularında AChE aktivitesini incelemişlerdir. AChE

aktivitesindeki değişiklikler her iki türde de farklı çıkmıştır. *Cyprinus carpio*'nun beyin dokusundaki AChE inhibisyonu *C. decemmaculatus*'un beyin dokusuna göre daha fazla gerçekleşmiştir. Bu *C. carpio*'nun kirliliğe *C. decemmaculatus*'tan daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nehirde yapılan çalışmada, beyin AChE aktivitesinin bir biyomarkır olarak değerlendirilebileceği gösterilmiştir.

Lionetto ve ark. (2003), kimyasal kirleticilerin biyolojik etkilerini belirlemek için; İtalya sahil şeridi boyuca endüstri ve liman bölgelerinden toplanan *Mullus barbatus* ve *Mytilus galloprovincialis* türlerinin çeşitli dokularında AChE, aktivitesini incelemiştirler. Ortamda bulunan ağır metaller ve pestisitlerin dokulardaki AChE aktivitesini inhibe ettiği saptanmıştır. Romani ve ark. (2003), *Sparus auratus* ile yaptıkları bir çalışmada beyin ve kas dokularında Cu'nun AChE aktivitesi üzerine etkisini incelemiştirler. Beyin dokusu AChE aktivitesi 0.1 ppm Cu etkisinde kontrole göre bir değişiklik göstermezken 0.5 ppm Cu etkisinde bir artış göstermiştir. Kas dokusunda AChE aktivitesi 0.1 ppm Cu ve 0.5 ppm Cu konsantrasyonlarında bir artış göstermiştir.

Balıklarla laboratuarda yapılan akuatik biyodeneyle, kimyasalların tek ve karışım halindeki etkileriyle ilgili bilgileri sağlamaktadır. Cu kirliliği bulunan sucul ortamlarda, kirliliğin ortamdaki kaldırılması için Ca gibi şelatlaştırıcı ajanların kullanılması sucul organizmaların sağlığı açısından önemlidir. Sonuç olarak bu çalışmada AChE Cu etkisinde değişen önemli bir biyomarkır olmuştur ayrıca Ca'nın Cu toksisitesini azaltmada önemli rollerinin olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKÇA

ALMEIDA, J.A., DINIZ, Y.S., MARQUES, S.F.G., FAINE, L. A., RIBAS, B.O., BURNEIKO, R.C. and NOVELLI, L.B., (2002). The Use of Oxidative Stres Responses as Biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to in vivo Cadmium Contamination. Environment International 27: 673-679.

BALDISSEROTTO, B., KAMUNDE, C., MATSUO, A. and WOOD, C. M., (2004). Acute Waterborne Cadmium Uptake in Rainbow Trout is Reduced by Dietary Calcium Carbonate. Comparative Biochemistry and Physiology Part C 137: 363-372.

BASHA, P.S. and RANI, A.U., (2003). Cadmium-Induced Antioxidant Defence Mechanism in Freshwater Teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia). Ecotoxicology and Environmental Safety 56: 218-221.

BELIAEFF, B. and BURGEOT, T., (2002). Integrated Biomarker Response: a Useful Tool for Ecological Risk Assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 1316–1322.

BETOULLE, S., ETIENNE, J.C. and VERNET, G., (2002). Acute Immunotoxicity of Gallium to Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 68: 817-823.

Bradbury, S.P., Richard W.C, Tala R.H.S, H. Padilla and John D. C. (2008). Toxic Responses of the Fish Nervous System, In: Di Giulio, R.T., Hinton, D.E. (Eds.), *The Toxicology of Fishes*. CRC Press – Taylor&Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 417-455.

Calabrese EJ (2005). Paradigm lost, paradigm found: the re-emergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. *Environmental Pollution* 138(3): 379-411.

CAMPBELL, H.A., HANDY, R.D. and NIMMO, M., (1999). Copper Uptake Kinetics Across the Gills of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Measured Using an Improved Isolated Perfused Head Technique. *Aquatic Toxicology* 46: 177– 190.

CARVALHO, C.S. and FERNANDES, M.N., (2006). Effect of Temperature on Copper Toxicity and Hematological Responses in the Neotropical Fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. *Aquaculture* 251: 109– 117.

CHUIKO, G.M., (2000). Comparative Study of Acetylcholinesterase and Butyrylcholinesterase in Brain and Serum of Several Freshwater Fish: Specific Activities and in vitro Inhibition by DDVP, an Organophosphorus Pesticide. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 127: 233-242.

DAUTREMEPUITS, C., PARIS-PALACIOS, S., BETOULLE, S. and VERNET, G., (2004). Modulation in Hepatic and Head Kidney Parameters of Carp (*Cyprinus carpio* L.) Induced by Copper and Chitosan. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 137: 325-333.

DETHLOFF, G.M., SCHLENK, D., HAMM, J.T. and BAILEY, H.C., (1999). Alterations in Physiological Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) with Exposure to Copper and Copper/Zinc Mixtures. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 42: 253-264.

DE LA TORRE, F.R., FERRARI, L. and SALIBIAN, A., (2002). Freshwater Pollution Biomarker: Response of Brain Acetylcholinesterase Activity in Two Fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 131: 271-280.

DUECK, A.T.H., TENSEN, D., DUIJH, B.J. and PLASMAN, F.J.M., (1987). Nutrient Fertilization, Copper Toxicity and Growth, in Three Grassland Species in the Netherlands. *Journal of Applied Ecology* 24: 1001-1010.

ELLMAN, G.L., COURTNEY, K.D., ANDRES, V. and FEATHERSTONE, R.M., (1961). A New and Rapid Colorimetric

Determination of Acetylcholinesterase Activity. *Biochemical Pharmacology* 7: 88-95.

EL-SERAFY, S.S., ZOWAIL M.E, ABDEL-HAMEID, N.H., AWWAD, M.H. and OMAR, E.H., (2013). Effect of Dietborne Cu and Cd on Body Indices of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Emphasis on Protein Pattern. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 593-602.

FLIK, G. and VERBOST, P.M., (1993). Calcium Transport in Fish Gills and Intestine. *Journal of Experimental Biology* 184: 17-29.

HARDERSEN, S. and WRATTEN, S.D., (1998). The Effects of Carbaryl Exposure of the Penultimate Larval Instars of Larval *Xathocnemis zealandica* on Emergence and Fluctuating Asymmetry. *Ecotoxicology* 7: 297-304.

HUNN, J.B., (1985). Role of Calcium in Gill Function in Freshwater Fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology* 82A: 543-547.

LAVADO, R., URENA, R., MARTIN-SKILTON, R., TORREBLANCA, A., DEL RAMO, J., RALDUA, D. and PORTE, C., (2006). The Combined Use of Chemical and Biochemical Markers to Assess Water Quality Along the Ebro River. *Environmental Pollution* 139: 330-339.

LI, Z.H., ZLABEK, V., VELISEK, J., GRABIC, R., MACHOVA, J. and RANDAK, T., (2009). Modulation of Antioxidant Defence System in Brain of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) After Chronic Carbamazepine Treatment. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 151: 137-141.

LIONETTO, M. G., CARICATO, R., GIORDANO, M. E., PASCARIELLO, M. F., MARINOSCI, L. and SCHETTINO, T., (2003). Integrated Use of Biomarkers (Acetylcholinesterase and Antioxidant Enzymes Activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian Coastal Marine Area. *Marine Pollution Bulletin* 46: 324-330.

LOWRY, O.H., ROSENBROUGH, N.J., FARR, A.L. and RANDALL, R.J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193, 266-275.

MANDUZIO, H., MONSINJON, T., GALAP, LEBOULENGER, F. and ROCHER, B., (2004). Seasonal Variations in Antioxidant Defences in Blue Mussels *Mytilus edulis* Collected From a Polluted Area: Major Contributions in Gills of an Inducible Isoform of Cu/Zn-Superoxide Dismutase and of Glutathione S-Transferase. *Aquatic Toxicology* 70: 83-93.

MATSUO, A.Y.O., PLAYLEC, R.C., VALA, A.L. and WOOD, C.M., (2004). Physiological Action of Dissolved Organic Matter in Rainbow Trout in the Presence and Absence of Copper: Sodium Uptake Kinetics and Unidirectional Flux Rates in Hard and Softwater. *Aquatic Toxicology* 70: 63-81.

MOHAMED, F.A. and GAD, N.S., (2008). Environmental Pollution Induced Biochemical Changes in Tissues of *Tilapia zillii*, *Solea vulgaris* and *Mugil capito* from Lake Qarun. Egypt Global Veterinaria 2(6), 327-336.

NEMCSOK, J.G. and HUGHES, G.M., (1988). The Effect of Copper Sulphate on Some Biochemical Parameters of Rainbow trout. Environmental Pollution, 49: 77-85.

OLIVEIRA M., SANTOS M.A. and PACHECO M., (2004) Glutathione Protects Heavy Metal-Induced Inhibition of Hepatic Microsomal Ethoxyresorufin Odeethylase Activity in *Dicentrarchus labrax* L. Ecotoxicology and Environmental Safety 58: 379–85.

PAGENKOPF, G.K., (1983). Gill Surface Interaction Model for Trace - Metal Toxicity to Fishes: Role of Complexation, pH, and Water Hardness. Ecotoxicology and Environmental Safety 17: 342-347.

PAYAN, P., MAYER-GOSTAN, N. and PANG, P.K.T., (1981). Site of Calcium Uptake in the Freshwater Trout Gill. Journal of Experimental Zoology 216: 345-347.

PENNEC, J.P. and LE BRAS, Y.M., (1984). Storage and Release of Catecholamines by Nervous Ending in the Isolated Heart of the Eel (*Anguilla anguilla* L.). Comparative Biochemistry and Physiology 1: 167-171.

PETKOVSEK, S.A.S., GRUDNIK, Z.M. and POKORNY, B. (2012). Heavy metals and arsenic concentrations in ten fish species from the Salek lakes (Slovenia): assessment of potential human health risk due to fish consumption. Environmental Monitoring and Assessment 184: 2647–2662.

PLAYLE, R.C., DIXON, D.G. and BURNISON, K., (1993). Copper and Cadmium Binding to Fish Gills: Modification by Dissolved Organic Carbon and Synthetic Ligands. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 1-11.

REARDON, I.S. and HARREL, R.M., (1990). Acute Toxicity of Formalin and Copper Sulfate Striped Bass Fingerlings Held in Varying Salinities. Aquaculture 87: 255-270.

ROMANI, R., ANTOGNELLI, C., BALDRACCHINI, F., DE SANTIS, A., ISANI, G., GIOVANNINI, E. and ROSI, G., (2003). Increased Acetylcholinesterase Activities in Specimens of *Sparus auratus* Exposed to Sublethal Copper Concentrations. Chemico-Biological Interactions 145: 321-329.

SAWYER, M.D.J., READER, J.P. and MORRIS, R., (1989). The Effects of Calcium Concentration on the Toxicity of Copper, Lead and Zinc to Yolk-Sac Fry of Brown Trout, *Salmo trutta* L. in Soft Acid Water. Journal of Fish Biology 35: 323-332.

SEN, A. and SEMIZ A., (2007). Effects of Metals and Detergents on Biotransformation and Detoxification Enzymes of Leaping Mullet (*Liza*

*saliens*). Ecotoxicology and Environmental Safety 68: 405-411.

SORENSEN, E.M., (1991). Metal Poisoning in Fish. CRC Press: Boca Raton, pp. 175-234.

SPRY, D.J. and WIENER, J.G., (1991). Metal Bioavailability and Toxicity to Fish in Low-Alkalinity Lakes: a Critical Review. Environmental Pollution 71: 243-304.

STRAUS, D. L. and TUCKER, C. S., (1993). Acute Toxicity of Copper Sulfate and Chelated Copper to Channel Catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society 24: 390-395.

TURNLUND, J.R., (1999). Copper. In: SHILS, M.E., OLSON J.A., SHIKE, M. And ROSS, A.C. (Eds). Modern Nutrition in Health and Disease. Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore, MD.

VOET, D. and VOET, J.G., (1995). Biochemistry, Second ed. New York, Wiley.

WURTS, W. A. and PERSCHBACHER, P. W., (1994). Effects of Bicarbonate Alkalinity and Calcium on the Acute Toxicity of Copper to Juvenile Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 125: 73-79.





# **BRUCELLA ENFEKSİYONLARINDA BAZI VİRÜLANS FAKTÖRLERİNİN ROLÜ**

## **THE ROLE OF SOME VIRULENCE FACTORS IN BRUCELLA INFECTIONS**

**Berrin ÇELİK\* & Kübra AK\*\***

### **GİRİŞ**

*Brucella* bakterileri, aerob, sporsuz, gram negatif küçük kokobasillerdir. Bu türler, insan ve hayvanlarda mortalite ve morbidite etkeni olan, dünyanın birçok ülkesinde yaygın görülen Bruselloz olarak adlandırılan hastalık oluşturmaktadırlar. Bruselloz, akut ya da kronik özellik gösterebilen, hafif ve ağır seyredabilen, çoğu hastalığı taklit etme yeteneğine sahip, multisistemik zoonotik hastalıktır. İnsanlara, genellikle et, süt ve süt ürünleri ile enfekte hayvanlarla temas sonucunda bulaşabilir (Yüce ve Alp-Çavuş, 2006).

*Brucella* türleri, Proteobacteriaceae bakterileri içerisinde, Alphaproteobacteria sınıfında, Rhizobiales takımında ve Brucellaceae ailesi içinde sınıflandırılırlar. *Brucella* türlerinin sınıflandırılmalarında, lipopolisakkarit antijenlerinin fenotipik karakterizasyonu, boyanma özellikleri, CO<sub>2</sub> ihtiyaçları, H<sub>2</sub>S oluşturmaları ve metabolik özellikleri, türler arasında farklılıkları meydana getirmektedirler. Ayrıca *Brucella* türleri, zoonotik bakteri ve konak ilişkisi içinde doğal bulaştırma özelliklerine de göre tanımlanabilmektedir. Klasik olarak belirlenen bakteri türlerine ek olarak yeni keşfedilen türlere göre sınıflandırmada farklılık görülmektedir. Günümüze kadar, insanlar için önemli hayvanlardan, farklı *Brucella* türleri izole edilerek tanımlamaları yapılmıştır. Bunlar, *B.melitensis* (koyun, keçi), *B.abortus* (sığır, manda), *B.suis* (domuz, kurt), *B.ovis* (koyun, koç), *B.canis* (köpek) en önemli türleridir (Galinska ve Zagorski, 2011; Litwin et al, 2016; Sayı, 2013).

---

\*(Dr. Öğr.Üyesi) Berrin ÇELİK; Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye. E-mail: [berrin.celik@bilecik.edu.tr](mailto:berrin.celik@bilecik.edu.tr)

\*\*Kübra AK; Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye. E-mail: [kbrak96@hotmail.com](mailto:kbrak96@hotmail.com)

Bu çalışma Dr. Öğr.Üyesi Berrin ÇELİK danışmanlığında, Kübra AK tarafından hazırlanan "Brucella: Yaşamı Tehdit Eden Önemli Bir Zoonoz" adlı lisans bitirme tezinden özetlenmiştir.

*Brucella* türlerinin etkeni olduğu hastalık, ilk defa Hippocrates tarafından adlandırılmış ve Epidemics adlı eserinde anlatmıştır. Hippocrates, o tarihlerde, bu hastalığa “humma” adını vermiştir. O tarihten itibaren, Ondülan ateşi, Malta humması, Akdeniz ateşi ve Bang hastalığı gibi farklı isimler almışlardır (Aras, 2009).

Hekim J.A. Marston, Malta adasındaki İngiliz askerlerinde görülen hastalık belirtilerinin, diğerlerinden farklı olduğunu belirleyerek, 1861 yılında ilk defa *Brucella* hastalığının klinik özelliklerini tanımlamıştır (Aslan, 2010). Sir David Bruce, 1887 yılında ‘Malta ateşi’ hastalığından ölen askerlerin dalağından hastalık etmenini izole etmeyi başarmıştır. Daha sonra D. Bruce tarafından yapılan otopsi raporunda, mikroskopta hareketli küçük koklar gördüğünü bulmuştur (Öncel, 2016). Bu mikroorganizmaları, *Micrococcus* olarak adlandırmış ve sonra bakterinin adı Malta adasının bal adası anlamına gelen Melita sözcüğünü de ekleyerek *Micrococcus melitensis* olarak belirlenmiştir (Keskin ve Toroğlu, 2007). *Brucella melitensis* ismi ise daha sonra yapılan araştırmalar sonunda literatüre geçmiştir (Önay, 2009). Bakteriolog F. Bang, 1895’de düşük yapan bir ineğin fetal membranı ile uterus sıvılarından izole ettiği bu mikroorganizmaya *Bacterium abortus* adını vermiştir. Daha sonra, izole edilen bu bakteriler yeniden isimlendirilmiş ve *Brucella abortus* adı verilmiştir (Aras, 2009; Keskin ve Toroğlu, 2007). Mayer ve Schaw, 1920 yılında, hastalığın tanımını yapan David Bruce ile ilişkilendirmişler ve melitensis, abortus ve suis türlerini *Brucella* cinsi altında toplamışlardır. Aynı zamanda, mikroorganizmanın yaptığı hastalığı da ‘Bruselloz’ olarak tanımlamışlardır (Taşkın, 2007).

*Brucella* cinsine ait bakteriler, çoğunlukla aerop, gram negatif, kokobasillerdir. Bu bakteriler kültür ortamında, hem çiftler halinde hem de tek tek görülmektedirler (Taşkın, 2007). Ayrıca kirpiksiz, sporsuz ve hareketsiz olmasının yanı sıra bazen moleküler hareketleri nedeni ile yerlerinde titreşirler ve buna braunien hareketi denilmektedir (Yüce ve Alp-Çavuş, 2006). *Brucella* cinsi bakteriler aerop ve mikroaerofil solunum özelliğine sahip olmalarına rağmen bazı türlerinde, üremelerini ve hayat döngülerini devam ettirebilmeleri için %5-10 CO<sub>2</sub>’ye gereksinim duyabilirler (Öncel, 2016). *Brucella* türlerinin optimum üreme sıcaklıkları 37°C ve optimum pH değerleri de 6,6-7,4 arasındadır (Kandemir, 2015).

### ***Brucella* Bakterilerinde Bazı Virülans Faktörleri ve Roller**

*Brucella* türleri tarafından oluşturulan Bruselloz, dünya çapında yaygın zoonotik bir hastalıktır. Fakültatif patojenler olarak bilinen *Brucella* bakterileri güçlü virülans faktörleri nedeniyle kronik enfeksiyonlara sebep olabilirler. *Brucella* bakterileri, konakçıların yetersiz bağışıklığı nedeniyle bağışıklıktan kaçabilmekte ve konakçı hücrelerde uzun süreli hastalıklar

oluşturabilmektedir. Bu enfeksiyonlar, *Brucella* türlerinin virülans faktörlerinin önemini daha da arttırmakta olduğu görölmektedir (Quan ve Yang, 2016).

*Brucella* bakterileri, konak savunmasının bozulduğu ve immün yanıtın yetersiz kaldığı durumlarda ve bakterilerin sahip olduğu virulans faktörlerinin de yardımıyla farklı şiddette enfeksiyonlar meydana getirebilmektedir (Glowacka vd., 2018).

## 1.Lipopolisakkarit

*Brucella* bakterilerine ait önemli virülans faktörlerinden biri de lipopolisakkarittir. Gram negatif bakterilerde lipopolisakkarit, hem O-antijenden hem lipit A'dan hem de oligosakkarit çekirdeğinden meydana gelmektedir (Cardoso vd., 2006).

*E. coli*'den izole edilen lipopolisakkaritler daha çok toksik ve aktif olmasına rağmen *Brucella* suçlarından oluşunlar, daha az toksik özellik göstermektedirler. Aynı zamanda LPS, tümör nekroz faktörünün zayıf bir indükleyicisi olarak belirtilmektedir (Christopher, Umopathy ve Ravikumar, 2010).

*Brucella abortus*'a ait lipit A'yı da karakterize eden ve *Brucella*'yı diğer gram negatif bakterilerden ayıran üç önemli özellik vardır. Bunlar: Temel bileşen olarak glukozamin yerine diaminoglukoz'un bulunması, uzun zincirli açıl gruplarının olması ve son olarak da lipit A'nın çekirdeğe amid bağlarının yanında ester bağları ile de bağlanmasıdır (Lapaque vd., 2005).

*Brucella* suçların da düzgün koloniler, düzgün lipopolisakkarit (S-LPS) içerirler. Düzgün olmayan kolonilerin lipopolisakkariti (R-LPS) ise suçların yapısında O-zincirleri indirgenmiş halde veya hiç bulunmamaktadır (Glowacka vd., 2018).

*Brucella suis*'in O-zinciri makrafoj yüzeyindeki lipit yığınlarına bağlanırken *Brucella ovis* ve *Brucella canis* düzgün olmayan lipopolisakkaritinden dolayı lipit yığınlarına bağlanamazlar (Corbel, 1997). O-zincirinin TNF- $\alpha$  (tümör nekroz faktörü) ile etkileşimi sonucunda konakçı hücre apoptozisi, düzgün lipopolisakkaritli suçlarda kısıtlamak mümkündür. Ölü hücreler bu şekilde spesifik faktörler salmazlar. Dolayısıyla bağışıklık sistemini aktive etmezler ve *Brucella* bakterileri bu durumda konak bağışıklık gözetimini engelleyebilirler (Fernandez-Prada vd., 2003).

## 2. Tip IV salgı sistemi (T4SS)

Tip IV salgı sistemi, bakterilerde makro moleküllerin oluşmasına katkıda bulunan, çok proteinli bir yapıdır. Bu salgı sistemi virB olarak bilinen 12 proteini kodlayan operondur. Örneğin fitopatojenik *Agrobacterium tumefaciens* içerisinde bulunan T4SS'leri *Brucella* türlerinde yüksek derecede benzerlik sergilemektedir (Cascales ve Christie, 2003).

Çekirdek düzenleyicisi tarafından virB operon düzenlenmekte ve yabani *Brucella* suşları yalnız endoplazmik retikulumda (ER) üreyebilmekte ve endoplazmik retikulum içerisinde *Brucella* türlerinin virB mutantları üreyememektedir. Bunun nedeni ise ya endoplazmik retikuluma ulaşamaması ya da ER içerisinde çoğalamamasından kaynaklanabilir (Celli vd., 2003; Seleem, Boyle ve Sriranganathan, 2008).

## 3. Süperoksit Dismutaz ve Katalaz

*Brucella* türleri ile makrofajlar reaktif oksijen ara ürünlerini (ROI'ler) üretirler. Bu durumda hücre içi replikasyonu engellemekle ve sindirilen bu bakterilerin birincil yıkım mekanizması olarak iş görebilirler (Seleem vd., 2008).

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hidrojen peroksit), OH (hidroksil radikali) ve O<sub>2</sub><sup>-</sup> (süperoksit) hücre yapısı için oldukça zararlıdır. Reaktif oksijen ara ürünlerine karşı koyan ana savunma enzimlerin üretimi sayesinde sağlanmaktadır (Gee vd., 2005). Süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz bu enzimler arasındadır. Sod sekansı tarafından süperoksit dismutaz (SOD) kodlanır (Gopal ve Elumalal, 2017).

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hidrojen peroksit) ile O<sub>2</sub><sup>-</sup> (süperoksit) ve O<sub>2</sub> (Oksijen) molekülleri süperoksit dismutaz (SOD) için bir molekülden diğerine transfer değişmesinden sorumludur. Birincisi aerobik metabolizmanın ürünü süperoksiti nötralize eden sitoplazmik manganez kofaktörü olan SodA'dır. İkincisi makrofajlar içindeki solunumdan sorumlu bir enzim olan ve süperoksiti nötralize eden periplazmikte bakır ve çinko süperoksit dismutazı olan SodC'dir (Glowacka vd., 2018).

Hidrojen peroksidi oksijen ve suya katalaz ayrıştırır. Bakır-Çinko SOD ile dış reaktif oksijen ara ürün kaynaklarını değişmeden bıraktığı zaman katalaz aktivitesi periplazmik boşlukla kısıtlı kalabilir (Martin vd., 2012).

Katalaz bir virülans faktörü olarak görülmemektedir. Örneğin DNA tamir mekanizmalarına dahil olan enzimler veya alkil hidroperoksit redüktaz gibi enzimler katalaz mutantlarındaki eksikliği dengelemektedir. Dış H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hidrojen peroksit) seviyelerinin artmasıyla *Brucella melitensis*,

*Brucella suis* ve *Brucella abortus*'un katalaz üretimi düzenlenmektedir (Gee vd., 2005).

#### 4. Döngüsel $\beta$ -1-2-glukanlar (C $\beta$ G)

Makrofaj yüzeyindeki lipit yığınlarına hareket eden hücre içi trafiği etkileyen *Brucella abortus*'un döngüsel  $\beta$ -1-2-glukanlarıdır. Lizozom ve fagozom füzyonunun kontrolüne buradaki glukanlar katılmaktadır. Fagolizozomda mutantlar tahrip edilmekle birlikte çoğalmaları da engellenmektedir. Ayrıca endoplazmik retikuluma ulaşmaları ve orada çoğalmalarını sağlayabilmek için oluşan mutantlar döngüsel  $\beta$ -1-2-glukanlar ile tedavi edilerek vakuol olgunlaşmasını ve lizozom füzyonunu kontrol etmektedir (Bohin, 2000; Glowacka vd., 2018).

#### 5. Üreaz

*Brucella* bakterilerinin iki farklı genomunda aynı olmayan üreaz operonları bulunmuştur. Üre, pH değerinin artışına neden olan metaloenzimlerden biridir ve bu durum hayatta kalmasını sağlayan bir özelliktir. 1. kromozom iki üre operonuna sahiptir. 1mb DNA ile ayrılan ure-1 ve ure-2'dir. Yapısal genler olan ureA, ureB, ureC'yi ve aksesuar genleri olan ureD, ureE, ureF, ureG'yi ure-1 ve ure-2 kodlar. Bakteriler ağız yoluyla konakçılara ulaştığında üreaz sindirim sistemi boyunca *Brucella*'yı koruyabilmektedir. *Brucella ovis*'den başka tüm *Brucella* türlerinde üreaz üretilebilir (Bandara vd., 2005; Sangari vd., 2007).

#### 6. Sitokrom oksidaz

*Brucella* türleri'nin oksijen sınırlı olduğu durumlarda hayatta kalmasını sağlayan sitokrom oksidaz enzimidir. sitokrom cbb3 ve sitokrom bd oksidazlar adlı iki operon genomda yüksek oksijen afiniteli oksidazları kodlarlar. Anoksik dokuların kolonizasyonunda rol alan sitokrom cbb3 oksidaz invitro olarak eksprese edilir. Oksidatif radikallerin oluşumunu sitokrom bd oksidaz sınırlandırır ve hücre içi çoğalmada ekspre edilir (Endley, McMurray ve Ficht, 2001; Loisel-Meyer vd., 2005).

#### 7. Alkil hidroperoksit redüktaz (AhpC, AhpD)

Alkil hidrojen peroksit redüktaz hem oksijen radikallerine karşı hem de reaktif azotlara karşı korumaya yardımcı olur. Bu redüktazlar iki tiptir: AhpC ve AhpD'dir. Bunlar operonda bir promatör kontrolü altında düzenlenmektedir. Spontan mutajenlere karşı savunmasız olan ve peroksiti ortadan kaldırmaya karşı daha hassas olan mutantlar AhpC'leri kapsamaktadır (Seleem vd., 2008).

## 8. Nitrik oksit redüktaz (NorD)

Hücre içinde oksijen eksikliğinde, nitratın dinitrojen gazına indirgenebilir. *Brucella* bakterileri, enfeksiyona uğramış makrofajların ürettiği nitrik oksiti kendi amaçları doğrultusunda kullanmaktadır (Salcedo vd., 2013).

Nitrik oksit redüktaz, *Brucella* türleri için dört tip redüktazdan oluşmaktadır. Bunlar: nitrifikasyon adacığı da denilen azot oksit redüktaz (Nos), nitrik oksit redüktaz (Nor), nitrat redüktaz (Nar) ve nitrit redüktaz (Nit) olarak bilinir. *Brucella*'nın düşük oksijen koşullarına karşı korunmasını, bu enzimler sayesinde yapabilmektedir (Glowacka vd., 2018).

## 9. *Brucella* virülans faktörü A (BvfA)

*Brucella* türlerinde görülen periplazmik bir proteindir. GenBank'ta homolog sekansı yoktur. Makrofajlarda indüklenen *Brucella* virülans faktör A ekspresyonu, fagozom asit reaksiyonlarla oluşur. Bu protein hücre içinde replikasyonu oluşturmada görev almakla birlikte *Brucella* virülans faktör A'nın açık olarak işlevi tanımlanamamıştır (Lavigne vd., 2005).

## 10. Temel eksizyon onarımı (BER)

DNA'nın baz eksizyon tamirinde görev alan ekzonükleaz III'ü XthA geni kodlar. XthA-1 ve XthA-2 olarak *Brucella* genomunda iki tip XthA geni bulunmaktadır. Reaktif oksijen türevlerine karşı XthA-1 mutanlığı oldukça hassastır. Bu yüzden bu enzim oksidatif hasara karşı önemli rol oynamaktadır (Glowacka vd., 2018).

## 11. Virülans faktörlerinin üreme hastalıklarında rolü

*Brucella abortus* ile erken enfeksiyonda proinflatuar sitokinlerin baskılanması, sığır plasenta eksplantları üzerinde yapılan araştırmalar ile açıklanmıştır. Buradaki baskılanma T4SS ve BtpB proteinlerine bağlı olduğu gösterilmiştir. *Brucella abortus* enfeksiyonundan 12 saat sonra hem CXC kemotin üretiminin yani CXCL6 ve CXCL8'in hem de proinflatuar sitokinlerin uyarılması meydana gelmiştir. CXCL6 ve CXCL8, gebe bir ineğin enfeksiyonunda nekroz oluşturmuştur (Carvalho Neta vd., 2008).

## 12. BvrR/BvrS Sistemi

BvrR ve BvrS, *Brucella* genomik yapısının analizi için görünür bir bölümdür. Ribozom bağlanma sekansı ve iki potansiyel promotör içermektedirler. Hücre zarında bulunan açık okunan BvrS'dir. *Brucella*'nın virülans faktörlerinden BvrR ve BvrS sistemi, çoklu genlerin ekspresyonunu düzenleyen bir regülatör olarak görev yapmaktadır. Ayrıca

hücre içi lizozom füzyonundan sorumlu olarak BvrR ve BvrS sistemi olarak gösterilmiştir. BvrR, proteinin aktivasyonuna, BvrS ise fosforilasyona neden olmaktadır (Glowacka vd., 2018).

### 13. Kronik kararlılıkta virülans faktörlerinin rolü

Bakterilerin TLR4 ile bağlantısını önleyen çekirdek oligosakkarit glikosilasyon modeli ise *Brucella* türlerinin lipopolisakkaritinun başka bir özelliğidir. Doğal immün yanıtı başlatan transmembran proteinleri ve toll benzeri reseptörler PRR'ler olarak işlev görmektedir (Arellano-Reynoso vd., 2005).

TLR'lerin sorumlu olduğu kısım ise mikroorganizma bileşenlerinin tanınmasıdır. TLR proteini, lösin tekrarları bakımından zengin bölgeler içerirken aynı zamanda, hem sinyal iletimi, ara proteinlerin aktivasyonu, NF- $\kappa$ B ve en son olarak da mikrobiyal bileşenlerin tanınmasında hem de sitoplazmik alanların tanınmasında rol alan sitokinlerin aktivasyonundan sorumlu olduğu belirtilmektedir (Byndloss ve Tsolis, 2016; Radhakrishnan vd., 2009).

### SONUÇ VE ÖNERİ

*Brucellosis*, *Brucella* türleri tarafından oluşturulan, tüm dünyada, şiddetli enfeksiyonlara neden olan ve hala yaşamı tehdit edebilen endemik bir zoonozdur. Ayrıca, enfeksiyon mekanizmalarının karmaşık olması, enfeksiyon esnasında belirli semptomlar göstermemesi ve hastalık oluşturmadaki rolleri hakkında, daha ayrıntılı ve gelişmiş çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ülkemizde bu hastalığın önlenmesi için; nedenleri, bulaş yolları, belirtileri ve yok edilmesi konusunda, halkın açıklayıcı eğitim faaliyetleri ile bilinçlendirilmesi oldukça önemlidir.

### KAYNAKÇA

Aras, Z. (2009). *Koyun Atıklarından İzole Edilen Brucella Melitensis Suşlarının Random Amplifiye Polimorfik DNA-PCR (RAPD) Yöntemi İle Genetik Analizi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi.

Arellano-Reynoso, B., Lapaque, N., Salcedo, S., Briones, G., Ciocchini, A. E., Ugalde, R., Moreno, E., Moriyon, I., Gorvel, J. P. (2005). *Cyclic b-1,2-glucan is a brucella virulence factor required for intracellular survival*. Nature Immunology, 6(6), 618–625.

Aslan, S. (2010). *Klinik Örneklerden İzole Edilen Brucella İzolatlarının Epidemiyolojik Özelliklerinin Multi-Locus Variable Number Tandem*

*Repeat Analysis ve Pulsed Field Gel Electrophoresis Yöntemleri İle Tespiti.* Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

- Bandara, A. B., Sriranganathan, N., Schurig, G. G., & Boyle, S. M. (2005). *Carboxyl-Terminal Protease Regulates Brucella suis Morphology in Culture and Persistence in Macrophages and Mice.* Microbiology, 187(16), 5767–5775.
- Bohin, J. P. (2000). *Osmoregulated periplasmic glucans in Proteobacteria.* FEMS Microbiology Letters, 186(1), 11–19.
- Byndloss, M. X., & Tsois, R. M. (2016). *Brucella Spp. Virulence Factors and Immunity.* Annual Review of Animal Biosciences, 4(1), 111–127.
- Cardoso, P. G., Macedo, G. C., Azevedo, V., & Oliveira, S. C. (2006). *Brucella spp noncanonical LPS: structure, biosynthesis, and interaction with host immune system,* Microb Cell Fact, 11, 1–11.
- Carvalho Neta, A. V., Stynen, A. P. R., Paixão, T. A., Miranda, K. L., Silva, F. L., Roux, C. M., et al. (2008). *Modulation of the Bovine Trophoblastic Innate Immune Response by Brucella abortus.* Infection and Immunity, 76(5), 1897–1907.
- Cascales, E., & Christie, P. J. (2003). *The Versatile Vacterial Type IV Secretion Systems.* Nature Reviews Microbiology, 1(2), 137–149.
- Celli, J., de Chanstellier, C., Farnchini, D.-M., Pizarro-Cerda, J., Moreno, E., & Gorvel, J.-P. (2003). *Brucella Evades Macrophage Killing via VirB-dependent Sustained Interactions with the Endoplasmic Reticulum.* The Journal of Experimental Medicine, 198(4), 545–556.
- Christopher, S., Umapathy, B., & Ravikumar, K. (2010). *Brucellosis: Review on the Recent Trends in Pathogenicity and Laboratory Diagnosis.* Journal of Laboratory Physicians, 2(2), 55.
- Corbel, M. (1997). *Brucellosis: an Overview.* Emerging infectious diseases, 3(2), 213–221.
- Endley, S., McMurray, D., & Ficht, T. A. (2001). *Interruption of the cydB Locus in Brucella abortus Attenuates Intracellular Survival and Virulence in the Mouse Model of Infection.* Journal of Bacteriology, 183(8), 2454–2462.



- Fernandez-Prada, C. M., Zelazowska, E. B., Nikolich, M., Hadfield, T. L., Roop, R. M., Robertson, G. L., & Hoover, D. L. (2003). *Interactions between Brucella melitensis and Human Phagocytes: Bacterial Surface O-Polysaccharide Inhibits Phagocytosis, Bacterial Killing, and Subsequent Host Cell Apoptosis*. *Infection and Immunity*, 71(4), 2110–2119.
- Galinska, E. M., & Zagorski, J. (2011). *Brucellosis in humans - etiology, diagnostics, clinical forms*. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 20(2), 233–238.
- Gee, J. M., Valderas, M. W., Kovach, M. E., Grippe, V. K., Robertson, G. T., Ng, W. L., ... Roop, R. M. (2005). *The Brucella abortus Cu,Zn Superoxide Dismutase Is Required for Optimal Resistance to Oxidative Killing by Murine Macrophages and Wild-Type Virulence in Experimentally Infected Mice*. *Infection and Immunity*, 73(5), 2873–2880.
- Glowacka, P., Zakowska, D., Naylor, K., Niemcewicz, M., & Bielawska-Drozd, A. (2018). *Brucella – Virulence Factors, Pathogenesis and Treatment*. *Polish Journal of Microbiology*, 67(2), 151–161.
- Gopal, R. K., & Elumalal, S. (2017). *Industrial Production of Superoxide Dismutase (SOD): A Mini Review*. *Journal of Probiotics & Health*, 05(03).
- Kandemir, Ö. (2015). *Bruselloz*. *Türkiye Klinikleri J Inf Dis-Special Topics*, 8(2), 1–9.
- Keskin, D., Toroğlu, S. (2007). *Süt ve Ürünlerinde Brucellosis ve Önemi*. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 16(1), 58–69.
- Lapaque, N., Mariyon, I., Morena, E., & Gorvel, J. P. (2005). *Brucella lipopolysaccharide acts as a virulence factor*. *Current Opinion in Microbiology*, 8(1), 60–66.
- Lavigne, J., Patey, G., Sangari, F. J., Bourg, G., Ramuz, M., O’Callaghan, D., & Michaux-Charachon, S. (2005). *Identification of a New Virulence Factor, BvfA, in Brucella suis*. *Microbiology*, 73(9), 5524–5529.
- Litwin, C.M., Anderson, B., Tsolis, R., Rasley, A. (2016). *The Bartonellaceae, Brucellaceae, and Francisellaceae*. *In* Detrick B, Schmitz JL, Hamilton RG. (ed), *Manual of molecular*

and clinical laboratory immunology, 8th ed. ASM Press, Washington, DC. p 473–481.

- Loisel-Meyer, S., Jiménez De Bagüés, M. P., Köhler, S., Liautard, J. P., & Jubier-Maurin, V. (2005). *Differential Use of the Two High Oxygen-Affinity Terminal Oxidases of Brucella suis for In Vitro and Intramacrophagic Multiplication*. Infection and Immunity, 73(11), 7768–7771.
- Martin, D. W., Baumgartner, J. E., Gee, J. M., Anderson, E. S., & Martin Roop, I. (2012). *SodA is a major metabolic antioxidant in Brucella abortus 2308 that plays a significant, but limited, role in the virulence of this strain in the mouse model*. Microbiology (United Kingdom), 158(7), 1767–1774.
- Önay, H. (2009). *Sığır ve Koyun Serumlarının Brucellosis Yönünden Tüp Aglutinasyon Testi ve Ehisa İle İncelenmesi*. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Öncel, S. (2016). *Brusella Enfeksiyonları: Değerlendirme ve Yönetim*. Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(3), 25–30.
- Quan, W., & Yang, Y. (2016). *Evasion of anti-infectious immunity by Brucella- A review*. Acta Microbiologica Sinica, 56(5):747-52.
- Radhakrishnan, G. K., Yu, Q., Harms, J. S., & Splitter, G. A. (2009). *Brucella TIR Domain-containing Protein Mimics Properties of the Toll-like Receptor Adaptor Protein TIRAP*. Journal of Biological Chemistry, 284(15), 9892–9898.
- Salcedo, S. P., Marchesini, M. I., Degos, C., Terwagne, M., Von Bargen, K., Lepidi, H., et al. (2013). *BtpB, a novel BrucellaTIR containing effect or protein with immunomodulatory functions*. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 3:28, 1–13.
- Sangari, F. J., Seoane, A., Rodríguez, M. C., Agüero, J., & Lobo, J. M. G. (2007). *Characterization of the Urease Operon of Brucella abortus and Assessment of Its Role in Virulence of the Bacterium*. Infection and Immunity, 75(2), 774–780.
- Sayı, O. (2013). *Sığır ve Koyun Abortlarından Brucella Spp. İzolasyonunda Farklı Selektif Besiyerlerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

- Seleem, M. N., Boyle, S. M., & Sriranganathan, N. (2008). *Brucella: A pathogen without classic virulence genes*. Veterinary Microbiology, 129(1–2), 1–14.
- Taşkın, N. (2007). *Ankara İlinde Tüketime Sunulan Sokak Sütlerinde ve Beyaz Peynirlerde Brucella Varlığının Elisa Yöntemiyle Araştırılması Ve Brucella Bakterisinin Kefirde Yaşam Süresinin Tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüce, A., & Alp-Çavuş, S. (2006). *Türkiye’ de Bruselloz: Genel Bakış*. Klimik Dergisi, 19(16), 87–97.

# ARPA DA ERKEN FİDE GELİŞİMİ DÖNEMİNDE TUZLULUK VE SU BİRİKİMİNİN BÜYÜME VE GELİŞME ÜZERİNE ETKİLERİ

Serap KIRMIZI\*

## 1. GİRİŞ

Toprakta su birikimi ve tuzluluk sulamalı tarımın küresel sorunlarından biridir. Dünyada, sulanan toprakların üçte biri tuzluluktan etkilenmiştir (Epstein ve ark., 1980). Ayrıca, sulamasız tarımda da toprakların sonradan tuzlulaşması ise artmış taban suyu seviyeleri ile bağlantılıdır. Toprakların tuzlulaşması tüm dünyayı ilgilendiren ve çöleşmeye neden olan bir sorundur. Dünyadaki tuzlu toprağa sahip arazilerin çoğu aynı zamanda artmış taban suyu seviyeleri ve yüzeydeki suyun drenajının (infiltrasyon) zayıf olması nedeniyle su birikmesine de maruz kalmaktadır. Toprakta su birikmesinin aynı zamanda toprağın tuzluluğunu da arttırdığı bilinen bir gerçektir. Tuzluluk, ve aynı zamanda sodisite, infiltrasyonun zayıf olduğu topraklarda su birikiminin etkileri daha da kötüleşmektedir (Barret-Lennard ve ark., 1999; Qadir ve ark.,2006).

Tuzlu topraklarda eş zamanlı oksijen eksikliğinin verdiği zararların ortadan kaldırılması, verimin artması için kritik bir önemdedir. Su birikmesi, göllenme nedeniyle toprakta oksijensiz yani anoksik, veya düşük oksijenli yani hipoksik koşullar yaratır. Bunun nedenleri;

-Oksijenin suda çözünürlüğünün düşük olması,

-Oksijenin su ile dolmuş toprak boşluklarına difüzyonunun düşük olması,

-Çözünmüş oksijenin toprakta bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından hızla kullanılması olabilir.

Bilindiği gibi, kökler ATP ihtiyacını karşılamak için oksijene ihtiyaç duymaktadır. Toprakta su birikmesi bu nedenle ATP üretimini % 95 oranında azaltmaktadır. Ayrıca toprakta su birikmesinin bitkiye zararları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

-Kök gelişimi uç kısımlardan başlayarak hızla azalır,

-Membranlardan erimiş minerallerin alımı ve geçişi etkilenir,

---

\* Bursa Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Programı, Gemlik, Bursa, Türkiye. E-mail: [skirmizi@uludag.edu.tr](mailto:skirmizi@uludag.edu.tr)

-Hücre içeriğindeki  $K^+$ ,  $Cl^-$ , organik ve amino asitler, temel bazik ve asidik metabolitler dışarı çıkar,

-Yaprığın su potansiyeli ve stoma iletkenliği etkilenir,

-Kök yüzeyinde  $K^+/Na^+$  ayrımı bozulur ve bu da tuz alınımının artmasına, mineral besinlerin alınımının yavaşlamasına sebep olur,

-Osmotik etki yani hücrelerden su kaybı ve plazmoliz sonucu bitkide turgor kaybı ortaya çıkar,

-Spesifik tuz etkisine maruz kalınır, yani tuzun bitki bünyesinde artması sonucu bitki metabolik süreçlerinin etkilenir ve enzim aktiviteleri azalır.

Bunun yanında bitkiler de tuzlu koşullara bir dereceye kadar tolerans gösterebilirler. *Hordeum* türleri farklı derecelerde olmakla beraber tuzluluğa maruz kalınca  $K^+$  seviyelerini buğdaya göre daha yüksek seviyelerde tutabilmişlerdir (Malik ve ark., 2009). Halofit bitkilerin tuza karşı toleransları yüksektir. Buldukları ortamda tuz konsantrasyonu 200 mM  $NaCl$ 'e eşdeğer miktarda tuz bulunduğunda bile tam hayat döngüsünü tamamlayabilen bitkilere halofitler denir.

Bitkilerin tuzdan korunma mekanizmaları ise şöyle sıralanabilir;

-Kök yüzeyinden tuzu uzak tutmak. Bitkiler bunu kök hücrelerinde membran geçirgenliğini azaltarak veya tuzu kökten dışarı pompalayarak yaparlar,

-Tuzu hücrenin vakuolüne taşımak. Tuz böylece sitoplazmadan uzaklaştırılmış ve hücresel yapılara verilecek zararı önlenmiş olur.

-Tuzu yapraktan dışarı vermek. Bazı bitkiler özelleşmiş tuz salgı bezlerine sahiptir.

Toprakta fazla yağış, ya da drenaj problemlerinden kaynaklanan su birikimi, bütün dünyada buğday üretiminde problem oluşturur (Setterve Waters, 2003) ve zirai arazilerin büyük bir bölümü aynı zamanda da tuzluluğa da maruz kalmaktadır (Barret-Lennard, 2003). Toprakta oksijenin azaldığı durumlarda kök bölgesinde de oksijen miktarını düşürür ve anaerobik metabolizma ve mikroorganizmalar vasıtasıyla toksik bileşiklerin miktarı artar (Armstrong, 1979). Bu bileşikler arasında, asetaldehit, etanol, etilen sayılabilir (Drew ve Lynch, 1980; Sairam ve ark., 2009;). Tuzluluk ise, osmotik stres ve iyon toksisitesini artırarak bitki büyümesini azaltır (Greenway ve Munns, 1980). Tuz stresi  $K^+$  alınımını ve taşınımını engeller (Lynch ve Lauchli, 1984) ve potasyumun hücre dışına çıkarılarak yerine  $Na^+$  ve  $Cl^-$  'un toksik birikimine sebep olmaktadır. (Saqib ve ark., 1999, 2000) ve bu da hücre membranlarına hasar vererek başka önemli çözülmüş bileşiklerin kaybı ile sonuçlanır (Munns, 2002).

Topraktaki tuzluluk ve su birikmesine karşı bitkilerde gelişebilecek adaptasyonlar şöyle sıralanabilir;

-Aerankima dokusu. Birçok bitki adventif kök dokusunda aerankimaya sahiptir. Hatta adventif kökler tüm kök bioması içinde önemli bir kısmını kaplar.

-Endodermis. Bu doku iyon alımı ve taşınımını düzenleyerek ideal koşulların sürdürülmesine yardımcı olur.

-Birçok bitki su birikmesine karşı stoma iletkenliğini düşürür.

-Tuzun uzaklaştırılmasına yönelik stratejiler.

Dünya’da arazilerdeki tuzluluğa yatkınlık ya da tuzluluk problemi yüksek düzeydedir. Doğal ve sonradan ortaya çıkan tuzluluk sorunları dünyada önemli derecede yer tutmaktadır. Verimli tarım arazilerinin azalmaya başladığından dolayı bu tarımsal problemin önemi daha da ön plana çıkmaktadır. Tuzluluk problemi;

-Çöllerde,

-Sıcak ve kurak bölgelerde,

-Deniz kıyılarında yer alan arazilerde,

-Tuzlu ve sodalı özellikteki göllerin kıyı kesimlerine yakın bölgelerde daha sık görülmektedir.

Bitkilerde çimlenme üzerine tuzluluğun etkisi yoğun bir şekilde çalışılmış ve dökümente edilmiştir (Mayer ve Poljakof-Mayber, 1989; Nichols ve ark., 2009). Tohum çimlenmesi tuzluluktan etkilenir ve embriyo da toksik iyon etkilerine maruz kalır (Hayward ve Wadleigh, 1949). Su basmış topraklarda birçok bitkinin tohumları çimlenemez ve hızla canlılık kaybına uğrar (Crawford, 2003). Bazen sert tohum kabuğu tuzluluğun etkilerinden korunmaya yardımcı olabilir (Nicholas ve ark., 2009). Özellikle çoğu zaman su altında olan habitatlarda topraktaki oksijen miktarı tohum dormansisini etkileyebilir. Topraktaki gaz haldeki bileşikler içinde oksijen dormansiyi etkileyen önemli bir etkidir (Baskin ve ark., 2000). Bu bilgilerin ışığında, bu iki stresin birlikte bulduklarında çimlenme ve fide gelişimine etkileri konusunda çok fazla çalışma yoktur, ancak her iki stresin etkileri ayrı ayrı çalışılmıştır.

## **2.MATERYAL ve METOD**

Materyalimiz Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Stirling) bitkisidir. Bu çalışmadaki deneysel aşamanın birinci bölümünde oksijenli ve hipoksik koşullarda arpa tohumlarının çimlenmesini etkileyen tuz konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu amaçla 6 günlük kontrollü koşullarda 25 °C’de fotoperiyot (12 saat) ortamında tohumlar çimlenme testlerine tabi tutulmuşlardır. Çalışmada çimlenme deneylerinde ve serada yürütülen

deneylerde büyüme ortamı olarak sıvı besin ortamı kullanılmıştır (Kırmızı ve Bell, 2012). Kontrol solüsyonu (çimlenme deneylerinde sıvı besin ortamı 10 kat seyreltilmiştir) 0.2 mM NaCl içeriyordu, havalandırılmış ve hipoksik koşullarda tuz konsantrasyonları farklılık gösteriyordu. Her petri kabına 50 adet arpa tohumu Whatmann no 1 filtre kağıdı üzerine ekilmiştir. Petri kaplarındaki tohumların üzerine, .havalı koşullar için 10 ml, hipoksik koşullar için 60 ml test sıvısı ilave edilmiştir

Deneysel aşamanın ikinci bölümünde ısıtılmıyş sera koşullarında tuzluluk ve su birikiminin etkileri, çimlenmeden sonraki 15 günlük büyüme periyodunda araştırılmıştır. Tohumlar önce 6 gün normal koşullarda çimlendirilmiş, daha sonra 7 gün boyunca dörtte bir oranında seyreltilmiş besin ortamına alınmışlar ve daha sonra 12 litrelik kovalara transfer edilmişlerdir. Sıvı besin ortamında hipoksik koşulları oluşturmak amacıyla yüksek saflıkta azot gazı 30 dakika süreyle pompalanmıştır (Wiengweera ve ark., 1997). Tüm denemeler 4 tekrarlı olarak yapılmıştır.

### **3.SONUÇ ve TARTIŞMA**

Topraktaki hipoksik koşullar bitkilerin durgun su kültüründe yetiştirilmesi ile oluşturulabilir. Bu yöntem, sıvı besin kültürünün azot gazı pompoalanarak hipoksik koşulların oluşturulması esasına dayanır. Ayrıca, bu yöntemde durgun su koşullarını oluşturmak için sıvı besin ortamına % 0.1 oranında agar ilave edilmektedir ki, bu da konveksiyonu önler ve hipoksik koşulların sürmesine yardımcı olur. Çalışmamızda bu yöntemi geliştiren (Wiengweera ve ark. (1997)' nın yöntemi kullanılmıştır.

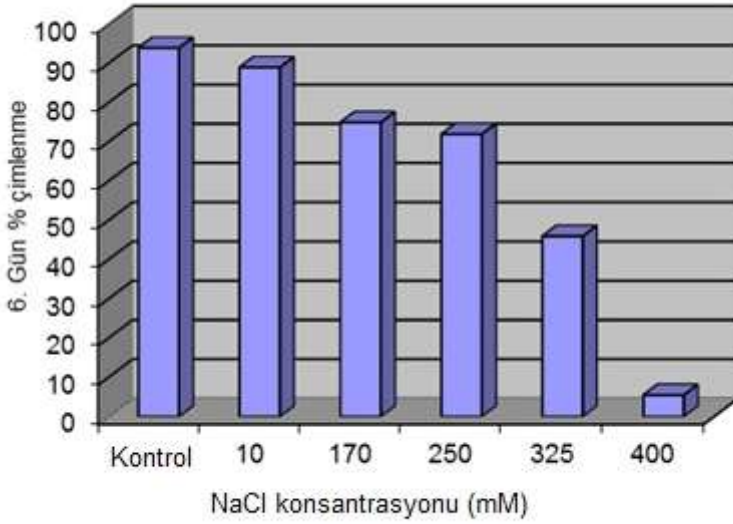
Bitkiler birçok stres koşullarında olduğu gibi, çimlenme evresinde tuza karşı daha hassastırlar. Çalışmamızda arpa bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi aşamalarında etkilendiği tuz konsantrasyonları önce tespit edilmiş, daha sonra tuzluluk koşulları ile hipoksik koşullar kombine edilmiştir (Tablo1-2; Şekil 1-2).

Bazı bitkiler oksijen yokluğunda çimlenebilirler. Bu durumda anaerobik solunum yolu kullanılmakta ve koleoptil yeterince büyüdüktan sonra su yüzeyini aşarak dokulara oksijeni iletir ve oksijenli solunuma geçerler, bu durum şnorkel etkisi olarak bilinmektedir.

Denememin ikinci bölümünde çimlenmiş olan arpa tohumları 6. günden itibaren 12 litrelik kovalarda sıvı besin kültürüne alınmışlardır. Denemenin birinci aşamasında tespit edilmiş olan tuz konsantrasyonları kademeli olarak arttırılarak hipoksik ve oksijenli koşullarda iki hafta boyunca kültüre devam edilmiştir. Daha sonra arpa fideleri hasat edilmiş, kuru ağırlık, kök ve gövde uzunluğu, kurumuş ve yaşlanmış yaprak sayısı, gibi büyüme ve gelişme ile ilgili bazı parametreler değerlendirilmiştir.

NaCl konsantrasyonu (mM)	6. günde nihai çimlenme yüzdesi
Kontrol	94±1.4
10 mM	89±2.6
170 mM	75±0.5
250 mM	72±4.5
325 mM	46±4.1
400 mM	5.5±0.5

**Tablo 1.** *Hordeum vulgare* cv. Stirling bitkisinde havalandırılmış koşullarda tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi (±; standart hata).

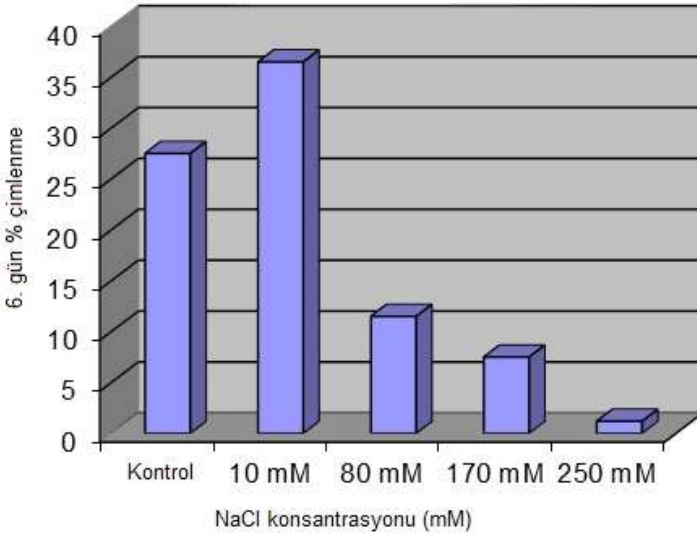


**Şekil.1.** *Hordeum vulgare* cv. Stirling bitkisinde havalandırılmış koşullarda tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi



NaCl konsantrasyonu (mM)	6. günde nihai çimlenme yüzdesi
Kontrol	27.5±1.0
10 mM	36.5±1.7
80 mM	11.5±2.7
170 mM	7.5±1.2
250 mM	1.2±0.7

**Tablo 2.** *Hordeum vulgare* cv. Stirling bitkisinde hipoksik koşullarda tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi (±; standart hata).



**Şekil.2.** *Hordeum vulgare* cv. Stirling bitkisinde hipoksik koşullarda tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi



Hipoksik koşullar

Oksijenli koşullar

şekil.3. 15 günlük kontrol fideleri



Hipoksik koşullar

Oksijenli koşullar

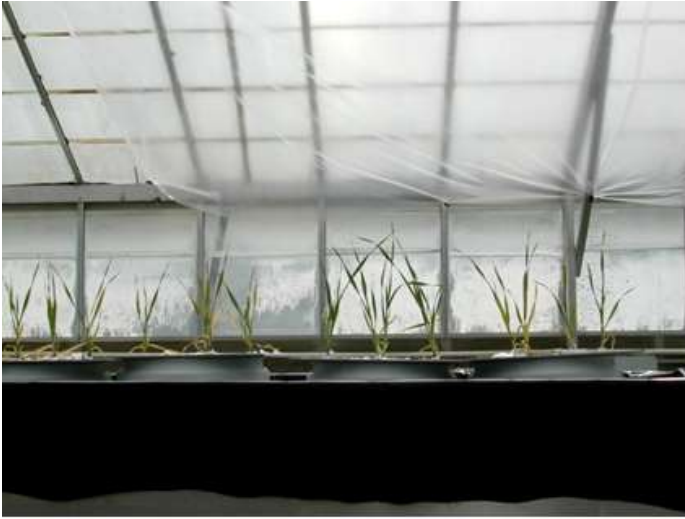
şekil.4. 15 günlük 10 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fideler



Hipoksik koşullar

Oksijenli koşullar

Şekil.5. 15 günlük 80 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fideler



Hipoksik koşullar

Oksijenli koşullar

Şekil.6. 15 günlük 120 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fideler



Oksijenli koşullar Hipoksik koşullar

**Şekil.7.** 15 günlük sıvı kültür sonrasında kontrol fidelerinin kök ve gövde görünümleri



Oksijenli koşullar      Hipoksik koşullar

**şekil.8.** 15 günlük sıvı kültür sonrasında 10 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fidelerin kök ve gövde görünümleri



Oksijenli koşullar Hipoksik koşullar

**Şekil.9.** 15 günlük sıvı kültür sonrasında 80 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fidelerin kök ve gövde görünümleri



Oksijenli koşullar Hipoksik koşullar

**Şekil.10.** 15 günlük sıvı kültür sonrasında 120 mM NaCl ortamında yetiştirilmiş fidelerin kök ve gövde görünümleri

**Tablo 3.** İki hafta hipoksik ve oksijenli koşullarda yetiştirilmiş olan arpa fidelerinde ölçülen bazı büyüme ve gelişme parametrelerinin ortalama değerleri ( $\pm$ ; standart hata)

Büyüme ve gelişme parametreleri	Kontrol oksijenli	Kontrol hipoksik	10 mM oksijenli	10 mM hipoksik	80 mM oksijenli	80 mM hipoksik	120 mM oksijenli	120 mM hipoksik
Kloroz	-	-	-	-	+	+	+	+
Senesens gösteren yaprak sayısı	1.00 $\pm$ 0.00	0.75 $\pm$ 0.35	1.63 $\pm$ 0.25	0.94 $\pm$ 0.42	2.31 $\pm$ 0.31	3.19 $\pm$ 0.70	2.88 $\pm$ 0.50	2.81 $\pm$ 0.50
Bitki başına yaprak sayısı	12.5 $\pm$ 1.06	11.7 $\pm$ 0.20	18.6 $\pm$ 1.85	11.9 $\pm$ 1.10	10.6 $\pm$ 0.83	10.1 $\pm$ 0.70	6.19 $\pm$ 1.30	6.38 $\pm$ 2.60
Gövde uzunluğu (cm)	11.8 $\pm$ 0.65	11.3 $\pm$ 0.20	16.4 $\pm$ 1.38	15.3 $\pm$ 1.60	11.9 $\pm$ 0.31	9.32 $\pm$ 0.90	7.88 $\pm$ 1.80	05.8 $\pm$ 2.00
Yan kök sayısı	3.63 $\pm$ 0.18	3.28 $\pm$ 0.10	3.75 $\pm$ 0.61	3.12 $\pm$ 0.25	2.82 $\pm$ 0.24	2.69 $\pm$ 0.50	01.0 $\pm$ 0.00	1.40 $\pm$ 0.80
Yan kök uzunluğu (cm)	33.4 $\pm$ 0.40	22.9 $\pm$ 2.20	50.87 $\pm$ 9.18	24.4 $\pm$ 1.64	54.8 $\pm$ 3.20	27.1 $\pm$ 3.50	41.9 $\pm$ 6.20	23.4 $\pm$ 7.40
Ana kök uzunluğu (cm)	24.9 $\pm$ 1.80	16.8 $\pm$ 1.60	28.7 $\pm$ 3.99	14.7 $\pm$ 0.36	22.8 $\pm$ 3.86	11.1 $\pm$ 1.50	5.66 $\pm$ 1.30	4.47 $\pm$ 4.10



Türlerin birçoğunda hipoksik koşulların hem çimlenme, hem de büyümeyi düşürdüğü ile ilgili kanıtlar mevcuttur (Barret\_Lennard, 2003). Çalışmamızda da arpa bitkisinde kök gelişiminin hipoksik koşullarda daha fazla baskılandığı gözlenmiştir (Şekil 7-10). Ayrıca 2 haftalık durgun su kültüründe tuzluluk ile birlikte hipoksik koşulların tuza tolerans gösterilebilen eşik değerleri de düşürdüğü belirlenmiştir. En düşük tuz konsantrasyonu olan 10 mM, kontrole benzer sonuçlar ortaya çıkartmıştır (Şekil, 3-4). Diğer büyüme parametrelerinin de bu durumdan etkilendiği örneğin 80 mM tuz konsantrasyonundan itibaren yapraklarda kloroz görülmeye başlamış ve fidelerdeki yaprak sayısı ve gövde uzunluğu da düşüş göstermiştir (Tablo 3; Şekil 5 ve 6). Hipoksik koşullarda arpanın Stirling çeşidinde gövdede besleyici minerallerden N, P, K, S, Mg, Mn, Zn ve Fe miktarlarının da tek başına tuzlu koşullara göre daha fazla azaldığı da tespit edilmiştir (Kırmızı ve Bell, 2012).

Su birikimi ve hipoksik koşullar dünya topraklarının % 10'unu olumsuz etkileyen (FAO,2002) ve tuzluluğun da dünya topraklarının üçte birini etkileyen sorunlar olarak göz önüne alındığında, toleranslı tür ve çeşitlerin seçilmesi gerektiği açıktır. Bu çalışma ile tuzluluğa orta derecede toleranslı olarak kabul edilen arpanın Stirling çeşidinde hipoksik koşulların tuzluluğa tolerans değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

#### 4.KAYNAKLAR

Armstrong, W. (1979). Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research*, 7, 225-332.

Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A. & Wrona, A. F. (1980). Saline culture of crops: A genetic approach. *Science*, 210, 399-404.

Barrett-Lennard, E. G., von Ratingen, P. & Mathie, M. H. (1999). The developing pattern of damage in wheat (*Triticum aestivum* L.) due to the combined stresses of salinity and hypoxia: experiments under controlled conditions suggest a methodology for plant selection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 129-136.

Barrett-Lennard, E. G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: Causes, consequences and implications. *Plant and Soil*, 253, 35-54.

Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Chester, E. W. (2000). Effect of flooding on the annual dormancy cycle and on germination of seeds of the summer annual *Schoenoplectus purrhianus* (Cyperaceae). *Aquatic Botany*, 67, 109-116.

Crawford, R. M. M. (2003). Seasonal differences in plant responses to flooding and anoxia. *Canadian Journal of Botany*, 81, 1224-1246.

Drew, M. C. & Lynch, J. M. (1980): Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. *Annual Review of Phytopatology*, 18, 37–66.

FAO. (2002). Agriculture. Available online at: <http://www.fao.org/waicent/FAOINFO/AGRICULT/ag1/ag11/gaez/nav.html> (Accessed March 18, 2009)

Greenway, H. & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 149–190.

Hayward, E. E. & Wadleigh, C. H. (1949). Plant growth on saline and alkali soils. *Advances in Agronomy*, 1, 1–38.

Kırmızı, S., & Bell, R. W. (2012). Responses of barley to hypoxia and salinity during seed germination, nutrient uptake, and early plant growth in solution culture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(4), 630–640.

Lynch, J. & Läuchli, A. (1984). Potassium transport in salt stressed barley roots. *Planta* 161, 295–301.

Qadir, M., Noble, A. D., Schubert, S., Thomas, R. J. & Arslan, A. (2006). Sodicity-induced land degradation and its sustainable management: Problems and prospects. *Land Degradation and Development*, 17, 661–676.

Malik, A. I., English, J. P. & Colmer, T. D. (2009). Tolerance of *Hordeum marinum* accessions to O<sub>2</sub> deficiency, salinity and these stresses combined. *Annual Botany*, 103, 237–248.

Mayer, A. M. & Poljakoff-Mayber, A. (1989). The germination of seeds. 4 th edn., Pergamon Press, Oxford.

Munns, R. (2002): Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*. 25, 239–250.

Nichols, P. G. H., Malik, A. I., Stockdale, M. & Colmer, T. D. (2009). Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 315, 241–255.

Setter, T. L., & Waters, I. (2003). Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant and Soil*, 253(1), 1–34.

Saqib, M., Qureshi, R. H., Akhtar, J., Nawaz, S. & Aslam, M. (1999). Effect of salinity and hypoxia on growth and ionic composition of different genotypes of wheat. *Pakistan Journal of Soil Science*, 17, 1–8.

Saqib, M., Akhtar, J., Qureshi, R. H., Aslam, M. & Nawaz, S. (2000). Effect of salinity and sodicity on growth and ionic relations of different wheat genotypes. *Pakistan Journal of Soil Science*, 18, 99–104.

Wiengweera, A., Greenway, H. & Thomson, C. J. (1997). The use of agar nutrient solution to simulate lack of convection in waterlogged soils. *Annals of Botany*, 80, 115–123.

# ALPIN BİTKİLERDE DORMANSİ ve ÇİMLENME

Serap KIRMIZI\*

## 1.GİRİŞ

Bitkilerin hayat döngülerinin ve ihtiyaçlarının ortaya konması gerek bitki biyolojik çeşitliliğinin korunması gerekse onlardan maksimum kapasitede yararlanılması için elzemdir. Öte yandan bir bitkinin yaşamında bitkinin bireysel varlığının ve neslinin devamlılığını belirleyen en önemli safha çimlenme safhası ve bunu takiben fidelerin hayatta kalma başarısıdır (Bu ve ark., 2008).

Dağlar, ilklime, su döngüsüne, ekonomiye katkılarının yanı sıra birçok nadir ve endemik bitkinin sığındıkları son korunaklı alanlardır. Dağlara verilen önem, 11 Aralık gününün dünya dağlar günü olarak ilan edilmesinden beri artmaya başlamıştır. Ayrıca bir çok doğayı koruma örgütü, IUCN (dünya doğayı koruma birliği), sivil toplum kuruluşları tarafından da dağların önemi konusuna dikkat çekmekte ve buraların doğal kaynaklar olarak sürdürülebilirliğine işaret etmeye başlamışlardır (Atay ve ark., 2009). Alpin kuşak, dağların ağaç yetişemeyen en yüksek bölgeleridir (Şekil 1 -2). Alpin kuşaklarda, yüksekliğin artmasıyla sıcaklık, bağıl nem yani havadaki su buharı oranı düşerken genel olarak, yağış, buharlaşma ve güneşten gelen radyasyon şiddeti artar. Ayrıca rüzgâr şiddetli eser ve günlük sıcaklık farkı artar. İklimsel koşullarda meydana gelen bu değişimlere paralel olarak vejetasyonun gelişim periyodu ile toprak oluşum süresi de kısalmıştır (Atalay, 1994). Ayrıca devamlı nemli ve soğuk koşullar toprak humusunun parçalanmasını ve azotun mineralleşmesini de sınırlar (Ellenberg, 1988).

Dünyadaki bitki çeşitliliğinin yaklaşık % 4'ü alpin kuşaklarda bulunduğu bildirilmektedir (Körner, 2003). Yine, alpin bölgelerdeki zor çevresel koşullarının da etkisiyle bu oranın yükseldiği düşünülebilir. Alpin kuşakta yaşayan bitkiler, narin iri ve gösterişli çiçekleri olan küçük bitkilerdir. Bu narin görünümlerine rağmen, orofitler, yüksek şiddette ışık, soğuk, kar, don, rüzgar gibi koşullarda yaşamaya adapte olmuşlardır. Bilindiği gibi, tür çeşitliliği dünyada ve ülkemizde gün geçtikçe azalmakta ve yok olan türlerin sayısı artmaktadır.

Büyüme ve gelişme mevsiminin çok kısa olduğu alpin habitatlarda çimlenme zamanı kritik bir önem taşır. Alpin bitki tohumları hemen çimlenirlerse, oluşan fideler tohum çimlenmesini takip eden soğuk ve donma gibi tehlikelere maruz kalabilecekleri için genellikle dormansi mekanizmasına sahiptirler (Kaye, 1997). Genel bitki karakteristiklerine

---

\* Bursa Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Programı, Gemlik, Bursa, Türkiye. E-mail: [skirmizi@uludag.edu.tr](mailto:skirmizi@uludag.edu.tr)

bakılacak olursa, bitkilerin kısa çimlenme periyoduna uyum sağlamış bodur çalılar, yastık formundaki bitkiler ve otsular olduğu görülür. Nitekim çeşitli çalışmalarda, bazı türlerin nispeten sert iklimsel periyotlarda, hızlı çimlenme yoluyla varlıklarını sürdürebildiklerini ileri sürülmüştür (Archibold, 1989). Alpin bitkilerin çimlenme ekolojileri ile ilgili çok fazla çalışılmamıştır ve alpin habitatlarda çimlenmeyi düzenleyen faktör ve mekanizmalarla ilgili de az bilgi mevcuttur (Baskin ve Baskin, 1988). Dağların alpin kuşaklarında yaşayan ve nesli tehlike altında olan bazı nadir ve/veya endemik bitkiler *ex situ* koruma teknikleri ile yaşatılmaya çalışılmaktadır. Ancak, *ex situ* koruma çalışmaları için öncelikle bu türlerin dormansi ve çimlenme davranışlarının öğrenilmesi gereklidir.



Şekil 1. Uludağ alpin bölgeden bir görünüm



**Şekil 2.** Uludağ alpin bölgeden bir görünüm

## **2.DORMANSİ VE ÇİMLENME**

Dormant olmayan bir tohum sahip olduğu genotipik özellikler kapsamında ve maruz kaldığı çevre faktörleri çerçevesinde çimlenme kapasitesine sahiptir. Çimlenme, şişmeyi takip eden embriyo genişlemesi ile başlar. Su alımı ve şişme üç fazlı olarak gerçekleşir. Bu fazlar; hızlı bir su alımı (faz 1), plato fazı (faz 2) ve tekrar hızlı bir su alımı (faz 3) ve embriyo uzaması ve çevresini saran tabakaların parçalanmasıdır. Angiosperm tohumlarının çoğunda embriyo iki tabaka tarafından çevrelenmiştir; endosperm ve testa. Radikulanın uzamasının tamamlanabilmesi için hücre uzamasının gerekli ve yeterli olduğu kabul edilmektedir. Baskin ve Baskin' in (2004), yaptıkları tanımlamaya göre; belirli bir zaman periyodunda ve normalde çimlenme için uygun olan normal çevre faktörlerinin herhangi bir kombinasyonunda çimlenemeyen tohuma dormant denir.

Dormansi davranışı, genellikle yakın ilişkili taksonlar arasında benzerlik gösterir (Karlsson ve Milberg, 2007), fakat bazen de aynı familyada bulunan ve hatta beraber aynı habitatta yaşayan türler için bile farklı olabilir (Karlsson ve ark., 2008; Kırmızı, 2017). Sıcaklık ve ışık çimlenmeyi etkileyen faktörlerdir (Baskin ve Baskin, 1998) ve ışığın

Asteraceae familyasından bazı türlerde çimlenmeyi uyarmak için gerekli olduğu bilinmektedir (Karlsson ve ark.,2008).Işık ile ilgili genel kabul gören bir kanı, genellikle küçük tohumların çimlenebilmek için ışığa ihtiyaç duydukları ve büyük tohumların ışığa ihtiyaç duymadıkları şeklindedir. Çimlenmenin engellenmesi yani dormansinin, türlerin hakim çevre şartlarına adapte olarak, yeni kuşak için ortam uygun hale gelince çimlenecekleri şekilde evrimleşmiş bir davranış olduğu belirtilmiştir (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Sonuç olarak dormansinin, evrimsel olarak korunduğu ve türe özgü gerçekleştiği kabul edilmektedir. Böylece dormansi kayb olduğunda çimlenmeye izin veren pencereler sonuna kadar açılmakta ve dormansi uyarıldığında da kapanmaktadır. Bu akıcı bir süreçtir dormansinin kaybolmasının herhangi bir noktasında daha derin bir dormansinin uyarılması çevre şartlarında bir değişikliğe bağlı olarak gerçekleşebilir. Özet olarak tohum dormansisi tohumun çimlenmesi için gerekli çevresel koşullarla örtüşmesi gereken bir özelliğidir. Şekil 3.'te tohumlar dağıldıktan sonra toprakta geçirdikleri evreler gösterilmektedir.

## **2.1. Dormansinin Sınıflandırılması**

Nikolaeva (1967) dormansinin hem morfolojik hemde fizyolojik özellikler tarafından belirlendiği gerçeğini yansıtan bir dormansi sınıflama sistemi geliştirmiştir. Bu şemayı temel alarak Baskin ve Baskin (1998, 2004) 5 tohum dormansi sınıfını içeren ayrıntılı bir sınıflama önermişlerdir. Aşağıda özetlenen bu sınıflama sistemi hâlihazırdaki tohum biyolojisi konulu araştırmalarda kabul edilen ve kullanılan bir sistemdir.

### **2.1.1.Fizyolojik Dormansi (FD)**

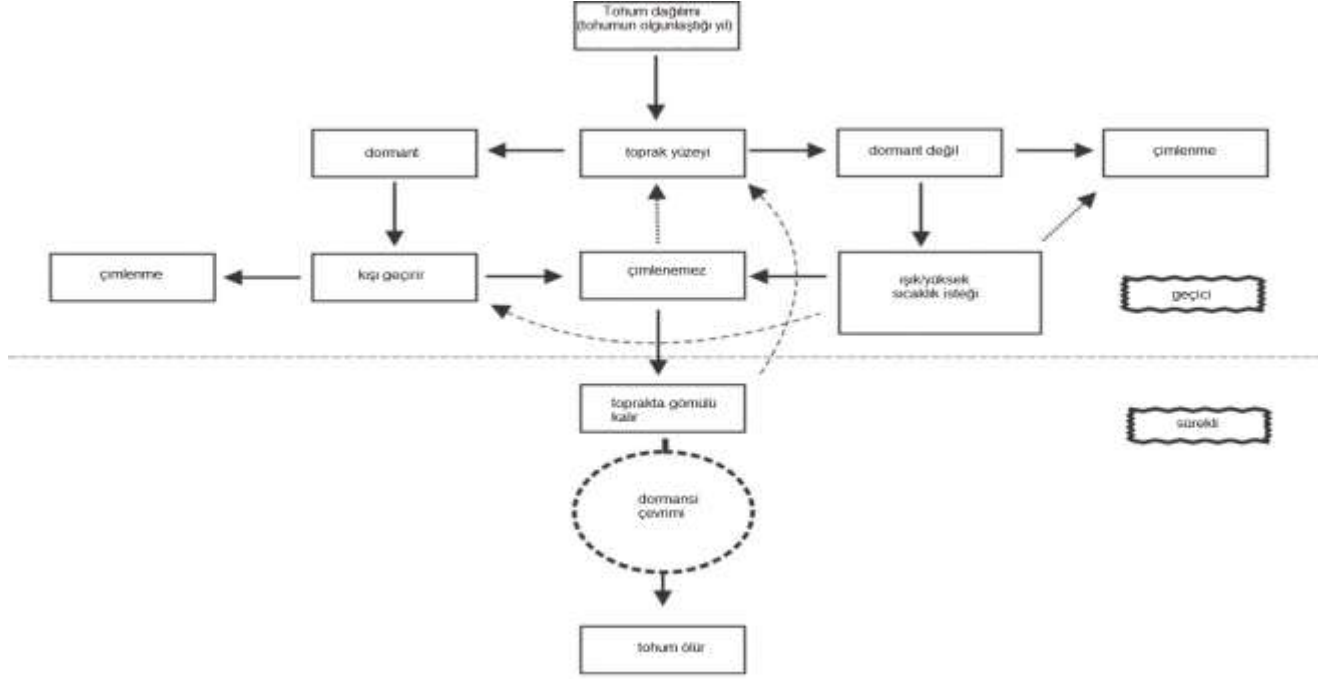
Gymnosperm ve Angiosperm türlerinin birçoğunda görülen en sık dormansi formudur. FD, ılıman bölge toprak tohum bankalarında ve tarlada en sık rastlanan dormansi tipidir. FD 3 seviyeye ayrılabilir; derin, ara ve derin olmayan yani yüzeysel fizyolojik dormansi (Baskin ve Baskin, 2004).

#### **2.1.1.1.Derin Fizyolojik dormansi**

Derin fizyolojik dormansinin karakteristik özellikleri Baskin ve Baskin (1998)'e göre aşağıda verilmiştir;

- Tohumlardan çıkarılmış olan embriyolar anormal fideler oluştururlar,
- Gibberellik asit çimlenmeyi uyarmaz, dormansiyi kıramaz,

-Tohumlar çimlenebilmek için en az 3-4 ay soğuk stratifikasyona ihtiyaç duyarlar.



**Şekil.3.** Tohumlar olgunlaşıp dağıldıktan sonraki olaylar. Kesikli çizgi geçici ve kalıcı tohum bankasını ayırtmaktadır. Eğer tohum toprakta gömülü kalırsa ya çimlenir, ya da 5 yıl içinde ölür. Toprakta gömülü kalan tohumlar dormansi çevriminin farklı evrelerinde bulunurlar (Jaganathan et al. (2015)'ten değiştirilerek)



### **2.1.1.2. Fizyolojik Dormansinin Ara Formu**

Ara formdaki fizyolojik dormansinin karakteristik özellikleri Baskin ve Baskin (1998)'e göre aşağıda verilmiştir;

- Tohumlardan çıkarılmış olan embriyolar normal fideler oluştururlar,
- Gibberellik asit bazı türlerde çimlenmeyi uyarabilir (bütün türlerde uyarmaz),
- Tohumlar çimlenebilmek için en az 2-3 ay soğuk stratifikasyona ihtiyaç duyarlar.
- Kuru depolama soğuk stratifikasyonun süresini kısaltabilir.

### **2.1.1.3. Derin Olmayan Fizyolojik Dormansi**

Tohumların büyük çoğunluğu bu tip dormansi göstermektedir. Derin olmayan fizyolojik dormansinin de beş alt tipi olduğu bilinmektedir. Birçok tohumda tip 1 ve 2 görülür. Çimlenmenin gerçekleşebileceği sıcaklık aralığı derin olmayan dormansi sürecinin ilerlemesi sırasında düşükten yükseğe doğru yavaşça artar veya yüksekte düşüğe doğru değiştiği (tip 2) yani, kısacası çimlenmenin gerçekleşebileceği sıcaklık aralığının genişlediği görülür. Ayrıca derin olmayan Fizyolojik dormansi biterken tohumların Gibberellik asit ve ışığa duyarlılıkları artar.

Derin olmayan fizyolojik dormansinin karakteristik özellikleri Baskin ve Baskin (1998)'e göre aşağıda verilmiştir;

- Tohumlardan çıkarılmış olan embriyolar normal fideler oluştururlar,
- Gibberellik asit çimlenmeyi uyarır,
- Türe bağlı olarak soğuk stratifikasyon (0-10°C) veya ılık stratifikasyon (15 ≥°C) dormansiyi kırabilir,
- Kuru depolama tohumların olgunlaşmasını sağlayabilir,
- Skarifikasyon çimlenmeyi uyarabilir.

Skarifikasyonun çimlenmeyi uyarıcı etkisi *Allium* türleri ile yapılan bir çalışmada gösterilmiştir (Kırmızı ve ark., 2017). *Allium* tohumlarında asit ile yapılan aşındırma işlemi sonucunda % 26-27 oranında çimlenme gerçekleşmiştir (Tablo1). Skarifikasyon işlemi mekanik olarak yani zımpara ya da bistüri yardımıyla veya kimyasal yöntem ile yani asit ile aşındırarak yapılabilir. Fakat doğada ise skarifikasyon, düşük ve yüksek sıcaklıkların birbirini takip etmesi, donma, erime gibi olaylar sonunda kabuğun gevşemesi veya hayvanlar tarafından tohumlar yutulup onların sindirim sistemindeki enzimlere maruz kalarak tohum kabuğunun gevşemesi şeklinde olmaktadır.

### 2.1.2. Morfolojik Dormansi (MD)

Bu tip dormansi embriyosu gelişmemiş (boyut bakımından) fakat farklılaşmış (örn, kotiledonlar, hipokotil, radikula) tohumlarda görülmektedir. Bu embriyolar dormant (fizyolojik olarak) değildir fakat sadece gelişme ve çimlenme için zamana ihtiyaç duyarlar. Kereviz tohumları *Apium graveolens* (Apiaceae) morfolojik dormansi gösterirler. Bu dormansi tipinde embriyonun belirli bir süre sonunda uzadığı görülür.

### 2.1.3. Morfofizyolojik Dormansi (MFD)

Bu dormansi de gelişmemiş embriyolu tohumlarda görülür fakat ayrıca fizyolojik bir bileşen de dormanside etkilidir. Yani bu tip tohumlar ılık/soğuk stratifikasyon veya onun yerine bazen Gibberellik asit uygulaması gibi bir dormansi kırıcı bir muameleye ihtiyaç duyarlar. Örneğin, *Trollius* (Ranunculaceae), *Fraxinus excelsior* (Oleraceae) türleri morfofizyolojik dormansi gösterirler.

**Tablo 1 .** Üç *Allium* türünde skarifikasyon işleminden sonra 15/10 °C’de elde edilen çimlenme yüzdeleri. K. Karanlık, F: Fotoperiyot (Kırmızı ve ark. (2017)’den değiştirilerek)

Deneme	A. <i>flavum</i>		A. <i>guttatum</i>		A. <i>olympicum</i>	
	K	F	K	F	K	F
Kontrol	11.00 ±00.00	00.00 ±00.00	11.25±01.0 3	08.50 ±01.05	02.00 ±01.16	02.25 ±01.03
Skarifikasyon	24.00±01.23	08. 50±04.35	27.00±00.41	26.00±02.8 6	00.00±00.0 0	00.00±00.0 0

### 2.1.4. Fiziksel Dormansi (FY)

Bu tip dormansi tohumda veya meyva kabuğunda su geçirmeyen palizat hücrelerinden dolayı gerçekleşmektedir. Mekanik ve kimyasal skarifikasyon fiziksel dormansiyi kırabilir. Örneğin, *Mellilotus* ve *Trigonella* türleri.

### 2.1.5. Kombinasyonel Dormansi (FY+FD)

Su geçirmeyen kabuğa sahip ve fizyolojik embriyo dormansisinin bir kombinasyonudur. *Geranium* ve *Trifolium* türleri kombinasyonel dormansi gösterirler.

## 3. Dormansinin Kırılmasına Etki Eden Faktörler

Stratifikasyon, doğal ortamlarda kışın geçirilmesine benzer bir etki gösterir (ve birçok tek yıllık ve ılıman bölge çok yıllık bitkilerinde dormansiyi kırmak için en etkili yoldur (Baskin ve Baskin, 1998). Yüksek rakımlardan toplanan tohumlar stratifikasyona daha hızlı cevap verebilmektedirler. İtalyan Alp dağlarında koruma altında olan *Phyloplexis comosa* ve *Primula glaucescens* için çimlenme özellikleri belirlenmiş ve

stratifikasyon ve gibberellik asit uygulamalarıyla çimlenme oranının artırılabilirliği gösterilmiştir (Cerabolini ve ark., 2004).

Genellikle kullanılan yaygın bir metod ise birkaç ay gibi bir süre boyunca olgun tohumları oda sıcaklığında veya toprakta depolama ile dormansinin kırılmasıdır. Tohum depolamanın dormansi üzerine etkileri *Allium* türlerinde çalışılmış ve oda sıcaklığında depolamaya göre toprakta depolamanın dormansinin kırılması üzerinde daha etkili olduğu gösterilmiştir (Kırmızı ve ark., 2017 ;Tablo 2).Bu da bize doğal ortamdaki tohum bankasında tohumlar beklerken bazı içsel değişiklikler veya olgunlaşmalar geçirerek dormansilerinin zayıfladığını göstermektedir.

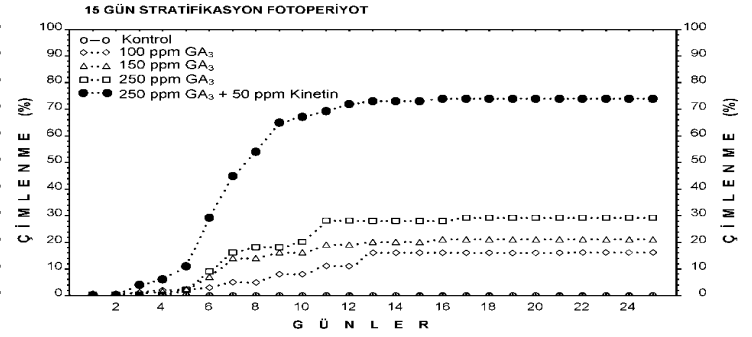
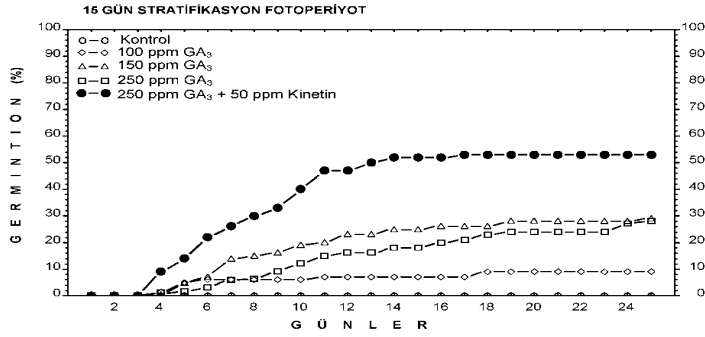
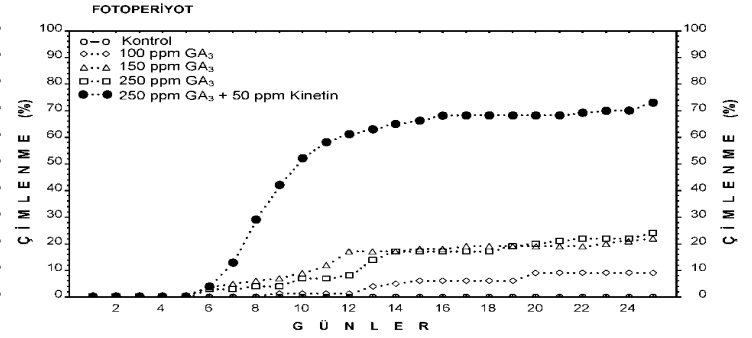
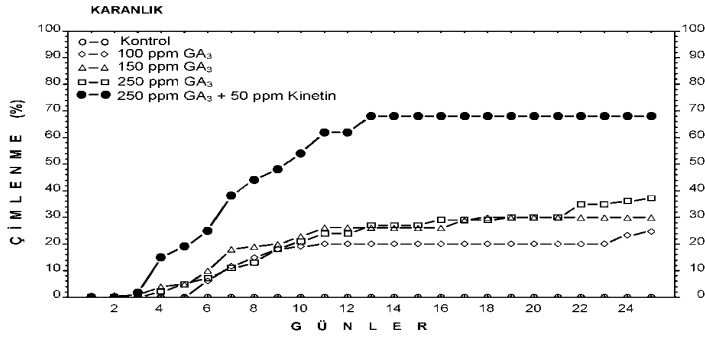
**Tablo 2.** *Allium guttatum* türünde oda sıcaklığında ve toprakta depolamanın dormansinin kırılması üzerine etkisi (Ortalama  $\pm$  standart hata) a. Ay (Kırmızı ve ark. (2017)'den değiştirilerek)

Oda sıcaklığında depolama	Süre	karanlık	Fotoperiyot
<b>Çimlenme sıcaklığı</b>			
20/10 °C	0 a	05.50 $\pm$ 02.02	07.75 $\pm$ 04.27
	3 a	05.00 $\pm$ 01.78	00.00 $\pm$ 00.00
	6 a	00.50 $\pm$ 00.05	05.50 $\pm$ 00.58
	9 a	22.25 $\pm$ 04.25	20.00 $\pm$ 02.12
15/10 °C	0 a	11.25 $\pm$ 01.03	08.50 $\pm$ 01.50
	3 a	11.25 $\pm$ 01.03	08.50 $\pm$ 01.50
	6a	00.50 $\pm$ 00.05	05.00 $\pm$ 00.05
	9 a	06.00 $\pm$ 00.58	10.75 $\pm$ 02.36
25/15 °C	0 a	02.75 $\pm$ 01.50	15.50 $\pm$ 02.60
	3 a	05.00 $\pm$ 00.05	13.50 $\pm$ 01.44
	6 a	01.75 $\pm$ 01.18	00.50 $\pm$ 00.05
	9 a	01.93 $\pm$ 00.88	03.50 $\pm$ 00.80
<b>Toprakta depolama</b>			
20/10 °C	0 a	05.50 $\pm$ 02.02	07.75 $\pm$ 02.14
	3 a	21.75 $\pm$ 04.89	22.75 $\pm$ 01.18
	6 a	17.75 $\pm$ 01.18	33.50 $\pm$ 02.40
	9 a	00.00 $\pm$ 00.00	04.00 $\pm$ 04.69
15/10 °C	0 a	11.25 $\pm$ 01.03	08.50 $\pm$ 01.50
	3 a	20.25 $\pm$ 02.52	21.00 $\pm$ 02.20
	6 a	22.00 $\pm$ 02.72	54.75 $\pm$ 01.74
	9 a	10.25 $\pm$ 03.12	04.00 $\pm$ 01.44
25/15 °C	0 a	02.75 $\pm$ 00.58	15.50 $\pm$ 02.59
	3 a	20.66 $\pm$ 03.25	10.75 $\pm$ 00.72
	6 a	20.16 $\pm$ 02.05	20.75 $\pm$ 04.15
	9 a	04.33 $\pm$ 02.81	01.50 $\pm$ 00.05

Bitki hormonları dormansi ve çimlenme süreçlerinde de önemli rol oynamaktadırlar. Karssen ve Lacka (1986) tarafından önerilen tohum dormansisi için hormon-denge hipotezine göre tohum hayatı boyunca ABA (Absisik asit) ve GA (Gibberellik asit) farklı zaman ve yerlerde etkili olurlar. ABA olgunlaşma sırasında dormansiyi uyarır ve GA dormansinin salınımı ve çimlenmenin uyarılmasında anahtar role sahiptir. ABA: GA oranı çimlenmeyi kontrol ettiği bilinmektedir.

Fizyolojik dormansiye sahip olan tohumlarda embriyoyu çevreleyen dokular mekanik sınırlama oluştururlar ve embriyonun büyüme potansiyeli bu engeli yenebilecek potansiyele sahipse tohum çimlenir (Bewley, 1997; Koorneef ve ark., 2002; Leubner- Metzger, 2003; Kucera ve ark., 2005). Birçok Angiosperm taksonunda endosperm çimlenme için mekanik bir bariyer oluşturur. Tohumdaki mikropil bölgesini çevreleyen mikropilar endospermde radikula çıkışına engel olan mekanik direncin kaybı tohum çimlenmesi sırasında gereklidir. İşte bu noktada radikula etrafını çevreleyen endosperm dokusunu zayıflatan enzimlerin hormonlar tarafından teşvik edilmesi devreye girer. Gibberellik asidin endosperm dokusunu zayıflatıcı enzimlerin salgılanmasını teşvik ettiği bilinmektedir. Sonuç olarak bitki hormonları dormansinin sürdürülmesi ve kırılması süreçlerinde de aktif roller üstlenmektedirler (Tablo 3, Şekil 4-5).

Schütz ve Rave (1999), Avrupa'da 120 tür ile temsil edilen *Carex* genusundan farklı habitatlarda yetişen 32 türün çimlenme davranışlarını incelemişler ve genus üyeleri arasında çimlenme açısından önemli bir varyasyon bulunduğuna işaret etmişlerdir. 9 *Rumex* türünde yapılan bir çalışma ile ortam sıcaklığının ve depolamanın etkisini belirlemek yoluyla çimlenme karakteristikleri belirlenmiş ve türlerin çimlenme zamanı ve tercih ettikleri habitat gibi özellikler açısından karşılaştırması yapılmıştır (Van Assche ve ark., 2002). Çelikler ve ark. (2006), Uludağ'da yetişen, endemik ve nadir 3 *Festuca* türünde çimlenme davranışlarını izlemişler ve *Festuca cyllenica* tohumlarının dormansi göstermediklerini, bununla beraber *Festuca punctoria* ve *Festuca paphlagonica* tohumlarının dormansi gösterdiklerini ve dormansinin nemli stratifikasyon ve Gibberellik asit uygulamalarıyla kırılabilceğini göstermişlerdir.



**Şekil.4.** *Androsacea villosa* türünde 15 gün stratifikasyon ve iki farklı hormon (Gibberellik asit ve Kinetin) ve kombinasyonlarının (Gibberellik asit + Kinetin) dormansinin kırılmasına etkisi (Arslan ve ark., 2011'den değiştirilerek)

**Tablo 3.** *Linum olympicum* tohumlarında stratifikasyon ve farklı konsantrasyonlarda gibberellik asit ve stratifikasyon uygulamalarının çimlenme üzerine etkisi. OÇS, ortalama çimlenme süresi; na, hesaplanamadı. (Kırmızı ve ark., 2018’ den değiştirilerek).

Çimlenme ortamı	stratifikasyon süresi	GA <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Çimlenme (%)	OÇS (gün)
Karanlık (20°C)	yok	0	0.0±0.0	na
		250	46.0±3.9	8.6±0.7
		500	45.0±1.9	8.7±0.9
		1000	73.0±4.6	4.6±3.8
	1 ay	0	0.0±0.0	na
		250	60.0±0.0	1.3±0.1
		500	64.0±0.0	1.1±0.4
		1000	83.0±1.6	1.2±0.4
	4 ay	Saf su	53.3±1.9	2.5±0.1

Schweinbacher ve ark., (2011), Avrupa Alplerinden çimlenme özelliklerini araştırdıkları 28 türden 26’sının dormant olduğunu tespit etmişlerdir. Türlerin 20 tanesinde fizyolojik dormansi olduğu tespit edilmiştir. Cavieres (1999) ve Cavieres ve Arroyo (2001) ‘ya göre dormant tohumlar tohum bankasında kalıcı olarak avantajlı duruma geçerler. Fizyolojik dormansiye sahip olan tohumlar, soğuk stratifikasyona ihtiyaç duydukları için çimlenemeyip tohum bankasına dahil olurlar. Genellikle kabul edilen durum, sonbaharda dağılan tohumların bahara kadar tohum bankasında kaldığıdır. Bu tohumlar, kışı toprakta kar örtüsünün altında geçirirken soğuk stratifikasyon ihtiyacı karşılanır ve baharda karın erimesini takiben hemen çimlenebilirler (Baskin ve Baskin, 1998). Son yıllarda alpin türler ile yapılan bazı çalışmalar düşük rakımlardan toplananlarda şartlı dormansi, orta yüksekliklerden toplananlarda dormansi gösterip soğuk stratifikasyona ihtiyaç duyduklarını, yüksek rakımlardan toplananların ise dormant ve uzun süre soğuk ve nemli stratifikasyona ihtiyaç duyduklarını bildirmektedir. İspanya’dan bazı türlerle yapılmış çalışmalarda Sierra Nevada dağından 37 endemikten bir çoğunun dormant olmayıp kolayca çimlendiği tespit edilmiştir (Lorite ve ark., 2007). Yine İspanya ‘dan Gimenez Benavidez ve ark. (2005) 20 tür ile benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Endemik ve nadir türlerin korunmasının bir yolu da onlara ait tohumların çimlenme karakteristiklerinin belirlenmesidir. Çimlenme, nadir veya tehdit altındaki türlerin korunması için ilk adımdır (Cerabolini ve ark, 2003). Çimlenme aşaması başarıldıktan sonra gerekirse meristem kültürü yapılabilir (Wochok, 1981). Yine İtalya'nın İberia yarımadasındaki iki endemik türün korunabilmesi için populasyonları henüz yok olmadan önce var olan populasyonları koruyarak en iyi bir şekilde başarılabilirliğini ve bunu yapmanın ilk adımının da bu iki türe ait çimlenme karakteristikleri ve fide çıkış başarısının belirlenmesinin olacağı bildirilmiştir (Navarro ve Guitian, 2003).

Kırmızı ve ark.(2017, 2018) ve Arslan ve ark. (2011), Güteryüz ve ark., (2011) Uludağ alpin bölgesinden çoğu endemik, bazıları nadir türler ile çalışmışlar ve bir çok türde fizyolojik dormansiyi tespit etmişlerdir. Türlerin bir çoğunda fizyolojik dormansi en az bir ay soğuk ve nemli ortamda stratifikasyon ile kırılmıştır. Bazı durumlarda ise aynı ortamda yaşayan aynı cinsten bitki türleri arasında dormansi davranışı farklı olabilir. Bu duruma örnek olarak Brassicaceae familyasından iki *Thlaspi* türü verilebilir (Kırmızı, 2017). Aynı çimlendirme şartlarına maruz bırakıldıkları halde, *T. lilacinum* tohumları dormant iken, *T.papillosum* tohumları dormant değildir (Tablo 4).

#### **4.Tohum olgunlaşması sonrası: Dormansinin kırılması ve çimlenmenin uyarılması**

Genellikle kullanılan yaygın bir metod birkaç ay gibi bir periyot boyunca olgun tohumları oda sıcaklığında depolama ile dormansinin kırılmasıdır. (Bewley 1997, Probert, 2000; Leubner-Metzger, 2003; Kucera et al, 2005; Bair et al., 2006; Kırmızı ve ark., 2017).

Olgunlaşmanın gerçekleşmesi şu olaylarla karakterize olmaktadır:

- 1) Çimlenme için sıcaklık aralığının genişlemesi,
- 2) Absisik asit konsantrasyonunda düşüş ve duyarlılığın artması, Gibberellik aside olan ihtiyacın azalması veya Gibberellik aside duyarlılığın artması,
- 3) Karanlıkta çimlenemeyenler için ışık ihtiyacının kaybolması,
- 4) Işıktaki çimlenemeyenler için ışık duyarlılığının kaybolması,
- 5) Nitrate gereksiniminin kaybı,
- 6) Çimlenme hızında artış.

Tohum olgunlaşma sonrasını belirleyen parametreler; nem ve yağ miktarı, tohumu çevreleyen yapılar ve sıcaklıktır (Manz ve ark., 2005). Çok kuru tohumlarda kuruyarak olgunlaşma engellenir, bunun olabilmesi için nemin bir eşik değeri geçmesi gerekir. Bu nem eşiği türe özgüdür ve yağlı tohumlar için nişasta içerenlere göre daha düşüktür çünkü daha az bağlı su içerirler. Olgunlaşma yüksek nemde engellenir. Olgunlaşmanın moleküler mekanizması çok iyi bilinmemektedir. Çimlenme engelleyicilerini etkisizleştiren enzimatik olmayan reaksiyonlar, reaktif oksijen türleri, antioksidanlar, membran değişimleri ve bazı özel proteinlerin parçalanması muhtemel mekanizmalardır.

### **5.Tohum kabuğu tarafından çimlenmenin kontrol edilmesi**

Fizyolojik dormansiye sahip tohumlarda embriyoyu çevreleyen dokular mekanik sınırlama oluştururlar ve bu da embriyonun büyüme potansiyeli tarafından yenilmek zorundadır.(Bewley, 1997; Koorneef et al., 2002; Leubner-Metzger, 2003; Kucera et al., 2005). Bu durumun gerçekte sert kabuğa sahip (fiziksel dormansi) olan tohumlarda farklı olduğu bilinmelidir. FY+FD tip dormansiye sahip olanlarda embriyonun büyüme potansiyeline ihtiyaç vardır.



**Tablo 4.** Brassicaceae familyasından 3 türde stratifikasyon, ve gibberellik asit uygulamalarının çimlenme üzerine etkisi. Değerler ve standart hata dört tekrarın ortalamasıdır. (n = 4).nd.belirlenmedi (Kırmızı, 2017'den değiştirilerek)

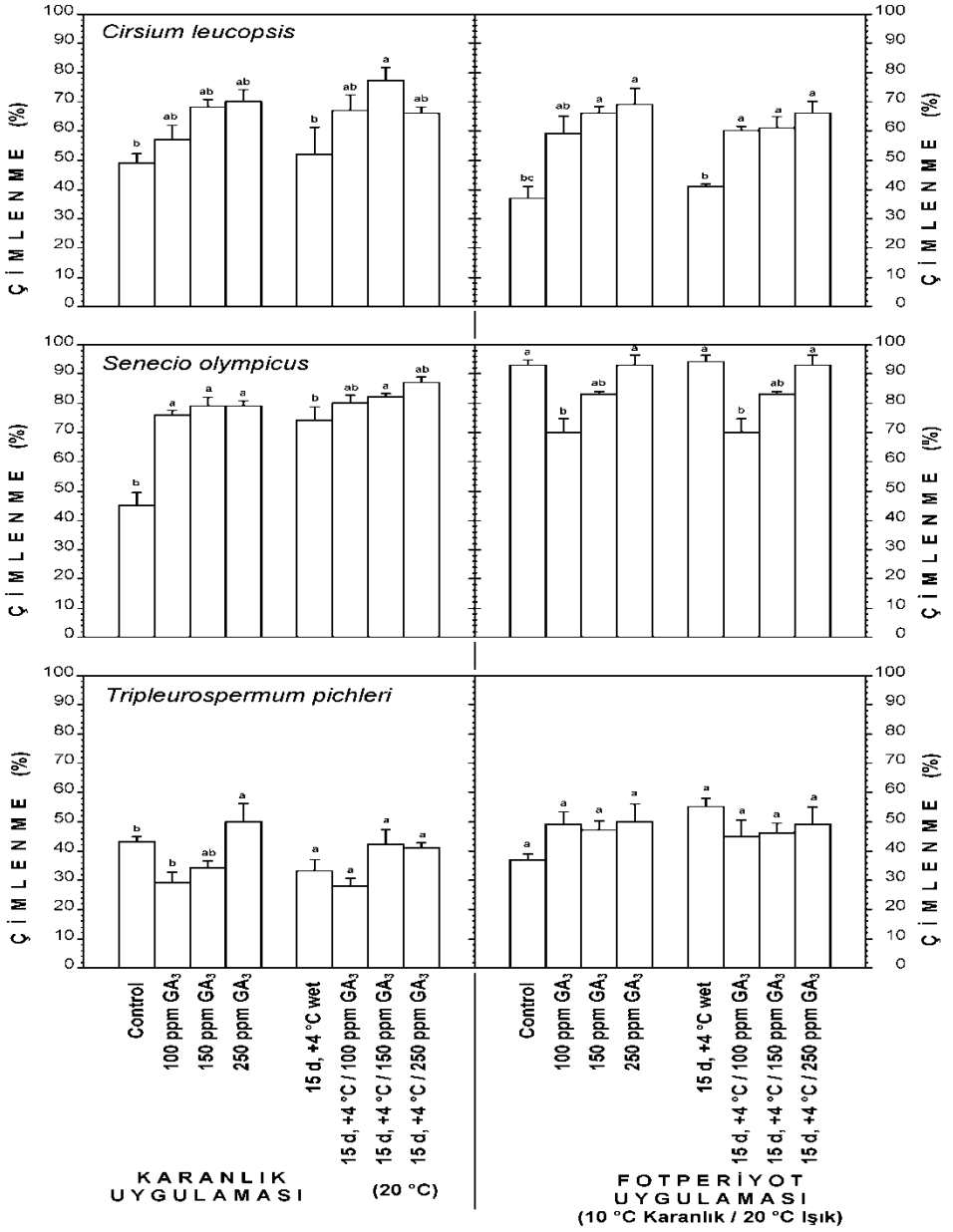
Deneme serileri		GA <sub>3</sub> (ppm)		Çimlenme (%)		OÇS (gün)	
			<i>T. lilacinum</i>	<i>D. bruniifolia</i>	<i>T. lilacinum</i>	<i>D. bruniifolia</i>	
Karanlık (20°C )	Stratifikasyonsuz	Kontrol	0.0±0.0	10.0±2.6	-	-	
		250	24.0±1.6	10.0±2.6	19.2±3.6	-	
		500	25.0±1.9	24.0±8.2	22.4±1.5	15.6±1.6	
		1000	12.0±4.3	19.0±5.5	13.8±2.5	15.2±1.3	
	1 ay stratifikasyon	Kontrol	0.0±0.0	23.0±3.4	-	16.2±2.8	
		250	46.0±7.7	37.0±9.5	13.2±1.0	7.2±0.9	
		500	48.0±4.9	58.0±2.6	13.5±1.9	9.1±0.1	
		1000	63.0±3.4	60.5±7.4	8.3±0.9	12.1±1.0	
Fotoperiyot(20/10°C;12/12h)	Stratifikasyonsuz	Kontrol	0.0±0.0	9.0±1.0	-	-	
		250	27.0±3.4	25.0±2.6	19.3±1.5	18.3±4.3	
		500	44.0±5.4	36.0±7.1	16.1±0.6	15.0±2.3	
		1000	54.0±3.8	37.0±3.4	21.1±0.8	16.0±1.3	
	1 ay stratifikasyon	Kontrol	0.0±0.0	11.0±4.1	-	5.0±0.4	
		250	34.0±7.0	37.0±3.4	14.7±2.1	6.9±2.0	
		500	38.0±3.5	36.0±9.1	8.4±0.7	7.6±1.4	
		1000	58.0±5.3	44.0±5.4	6.3±0.6	3.7±0.9	

---

*T. papillosum*

---

Karanlık	Stratifikasyonsuz	Kontrol	83.0±1.9	nd	nd	8.1±0.3
Fotoperiyot	Stratifikasyonsuz	Kontrol	83.0±2.2	nd	nd	7.0±0.3



**Şekil 5.** Asteraceae familyasından üç türde gibberellik asit ve stratifikasyon uygulamalarının çimlenme üzerine etkisi (Kırmızı ve ark., 2011'den değiştirilerek)

### 3. SONUÇ

Ülkemiz, coğrafi konumu, yeryüzü şekillerinin çeşitliliği ve iklimsel çeşitliliğinden dolayı yüksek biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Sahip olduğumuz bu genetik çeşitliliğin korunması ve gelecekte ihtiyaç duyulduğunda kullanılmak üzere saklanması önemlidir.

Bitki genetik kaynaklarının korunması *in situ* veya *ex situ* yöntemler ile yapılabilir. *In situ* koruma, biyolojik çeşitliliğin ve onun bir parçası olan gen kaynaklarının korunması için etkin bir biyolojik yöntemdir. Tabiat parkları, Doğayı Koruma Alanları, Milli Parklar, Doğa Anıt Koruma Alanları ve Özel Çevre Koruma Alanları gibi yerler *in situ* korumanın yapılabileceği yerlerdir. *Ex situ* koruma ise tehlike altında bulunan biyoçeşitlilik öğelerinin doğal yaşama ortamlarının dışında koruma altına alınmasıdır. Diğer bir deyişle, bitki veya hayvanların doğal yaşam ortamlarından alınarak botanik bahçesi veya hayvanat bahçesi gibi ortamlarda tutularak koruma altına alınmasıdır. Ancak ekosistemlerin, *ex situ* korunması mümkün değildir. Yine bu amaçla tohum gen bankaları oluşturulmuştur. Biyolojik çeşitliliğin korunması amacıyla, yabani türlerin tohum gen bankalarında depolanması önem arz etmektedir. Bu kaynakların günümüzde ve gelecekteki bitkisel araştırmaların kullanımına hazır bir şekilde kaybolmadan saklanması önemi giderek artmakta ve koruma için birçok yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. *Ex situ* koruma yöntemleri içinde en avantajlı koruma yöntemi tohum gen bankalarında tohumların depolanmasıdır ve bu kapsamda bitki genetik kaynakları ile ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından önemli çalışmalar yapılmaktadır. Tohum bankasında genetik kaynakların saklanması, depolama kolaylığı, nispeten düşük iş gücü gereksinimi ve önemli avantajlara sahiptir. Ortodoks tohumların düşük nem içeriğine kadar kurutularak, düşük sıcaklıklarda depolanması ve ideal koşullarda tohumların saklanması esasına dayanan bu yöntem ile tohum depo ömrü ve canlılık da uzun süre devam edebilir (Aykas ve ark., 2016)..

Alpin bölgelerde turizm, kayak pistleri, inşaatlar, iklim değişikliği, kirlenme ve kaynakların aşırı ve sürdürülebilir olmayan kullanımı gibi nedenlerle nadir ve/veya endemik bitkilerin yaşam alanları etkilenmekte ve hatta habitatları yok olmaktadır. Günümüzde artan bu hızlı değişim ve olumsuz etkiler dünyada endişe verici boyutlara ulaşmıştır ve bu değişimin etkilerini en aza indirmek için çözüm yolları üretilmeye çalışılmaktadır. İşte bu çözüm noktalarından biri olan tohum gen bankalarında bu türleri depolamadan önce çimlenme ve dormansi davranışlarının bilinmesi gereklidir.

#### 4.KAYNAKLAR

Archibold, O. W. (1989).Seed banks and vegetation processes in Coniferous forest. In: Leck, M. A., Parker, V. T. & Simpson, R. L. (eds), *Ecology of soil seed banks*, Academic Press, San Diego.

Arslan, H., Kırmızı, S., Güteryüz, G., & Sakar, F.S. (2011).Germination Requirements of *Androsace villosa* L Primulaceae. *Acta Biologica Cracovensia*, 53: 32-36.

Aykas, L., Taş. N., Adanacıoğlu, N., Oğur., E., & Özer U. (2016). Ulusal Tohum Gen Bankası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26: 44-50.

Atalay, İ. (1994).Türkiye Vejetasyon Coğrafyası. 1. baskı, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova, İzmir.

Atay, S., Güteryüz, G., Orhun, C., Seçmen, Ö., & Vural, C. (2009). Dağlarımızdaki zenginlik. Türkiyenin 120 alpin bitkisi. Dönence Basım ve Yayın hizmetleri, Çağaloğlu İstanbul

Bair N.B., Meyer S.E., & Allen, P.S. (2006).A hydrothermal after-ripening time model for seed dormancy loss in *Bromus tectorum* L. *Seed Science Research*, 16: 17–28.

Baskin, C.C., & Baskin, J.M. (1998).*Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, USA: Academic Press.

Baskin, J.M., & Baskin, C.C. (2004).A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14:1–16.

Bewley, J.D. (1997). Seed germination and dormancy. *Plant Cell*, 9:1055-1066.

Bu, H., Du, G., Chen, X., Xu, X., Liu, K., & Wen, S. (2008). Community wide germination strategies in alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet plateau: phylogenetic and life history correlates, *Plant Ecology*,195: 87-98.

Cavieres, L. A. & M. T. K. Arroyo.(2001). Persistent soil seed banks in *Phacelia secunda* (Hydrophyllaceae): experimental detection of variation along an altitudinal gradient in the Andes of central Chile (33 degrees S). *Journal of Ecology*, 89: 31–39.

Cavieres, L. A. (1999). Persistent seed banks: delayed seed germination models and their application to alpine environments. *Revista Chilena De Historia Natural*, 72: 457–466.

Cerabolini, B., De Andreis, R., Ceriani, R.M., Pierce, S., & Raimondi, B. (2004).Seed germination and conservation of endangered species From

the Italian Alps: *Physoplexis comosa* and *Primula glaucescens*, *Biological Conservation*, 117: 351 – 356.

Cerabolini, B., R. M. Ceriani, M. Caccianiga, R. D. Andreis & B. Raimondi. (2003). Seed size, shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts. *Seed Science Research*, 13: 75–85.

Çelikler, S., Güteryüz, G., & Bilaloğlu, R. (2006). Germination responses to GA<sub>3</sub> and stratification of threatened *Festuca* L. species from eastern Mediterranean. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 61: 372-376.

Ellenberg, H. (1988). *Vegetation Ecology of Central Europe*. Fourth edition, Cambridge University, Cambridge.

Finch-Savage, W.E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171:501–523.

Giménez-Benavides, L., A. Escudero & F. Pérez-García. (2005). Seed germination of high mountain Mediterranean species: altitudinal, interpopulation and interannual variability. *Ecological Research*, 20: 433–444.

Güteryüz, G., S. Kırmızı, H. Arslan & F. S. Sakar. (2011). Dormancy and germination in *Stachys germanica* L. subsp. bithynica (Boiss.) Bhattacharjee seeds: Effects of short-time moist chilling and plant growth regulators. *Flora*, 206: 943–948.

Jaganathan, K., Dalrymple, S. E., & Liu, B. (2015). Towards an Understanding of Factors Controlling Seed Bank Composition and Longevity in the Alpine Environment. *Botanical Review*, 81:70–103.

Karlsson, L.M., & Milberg, P. A. (2007). comparative study of germination ecology of four *Papaver* taxa, *Annals of Botany*, 99: 935-946.

Karlsson, L.M., Tamado, T., & Milberg, P. (2008). Inter-species comparison of seed dormancy and germination of six annual Asteraceae weeds in an ecological context, *Seed Science Research*, 18: 35-45.

Karssen, C.M., & Lacka, E. A. (1986). revision of the hormone balance theory of seed dormancy: studies on gibberellin and/or abscisic acid-deficient mutants of *Arabidopsis thaliana*. In: Bopp, M. (Ed.) *Plant growth substances*. Berlin: Springer Verlag, Pp 315-323.

Kaye, T.N. (1997). Seed dormancy in high elevation plants: Implications for ecology and restoration, p. 115–120. In: Kaye, T.N., Liston, A., Love, R.M., Luoma, D.L., Meinke, R.J, Wilson, M.V. (Eds.) *Conservation and management of native plants and fungi*. Native Plant Society of Oregon, Corvallis, Oregon, Kettenring, K., Galatowisch, S.M. Temperature requirements

Kırmızı, S., Güteryüz, G., & Arslan, H. (2017). Effects of environmental and storage conditions on the germination of *Allium* species. *Fresenius Environmental Bulletin*, 63:3470-3478.

Kırmızı, S., Güteryüz, G., & Arslan, H. 2018. Effects of pretreatments on seed dormancy and germination in endemic Uludağ flax (*Linum olympicum* Boiss.) (Linaceae). *Horticulture Environment and Biotechnology*, 59: 629-635.

Kırmızı, S., Güteryüz, G., & Arslan, H. (2011). Germination responses to GA<sub>3</sub> and short time chilling of three endemic species: *Tripleurospermum pichleri*, *Cirsium leucopsis* and *Senecio olympicus* (Asteraceae), *Plant Species Biology*, 26: 51-57.

Kırmızı, S., Güteryüz, G., Arslan, H., & Sakar, F.S. (2010). Effects of moist chilling, gibberellic acid and scarification on seed dormancy in the rare endemic *Pedicularis olympica* Boiss. (Scrophulariaceae). *Turkish Journal of Botany*, 34:225-232.

Koornneef, M., Bentsink, L., Hilhorst, H. (2002). Seed dormancy and germination, *Current Opinion in Plant Biology*, 5:33–36.

Körner, C. (2003). *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*; with 47 tables. Springer Science & Business Media.

Kucera, B., Cohn, M.A., Leubner-Metzger, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15:281-307.

Leubner-Metzger, G. (2003). Functions and regulation of  $\beta$ -1,3 glucanase during seed germination, dormancy release and after ripening, *Seed Science Research*, 13:17-3.

Lorite, J., A. M. Ruiz-girel & J. Castro. 2007. Patterns of seed germination in Mediterranean mountains: study on 37 endemic or rare species from Sierra Nevada, SE Spain. *Candollea* 62(1): 1–12.

Manz B, Müller K, Kucera B, Volke F, & Leubner-Metzger G. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. *Plant Physiology* 138: 1538–1551. (2005).

Navarro, L., & Guitián, J. (2003). Seed germination and seedling survival of two threatened endemic species of the northwest Iberian Peninsula. *Biological Conservation*, 109: 313–320,

Nikolaeva, M.G. (1967). *Fiziologiya glubokogo pokoya semyan (Physiology of deep dormancy in seeds)*. Leningrad. (Translated from Russian to English in 1969 by Z. Shapiro, National Science Foundation, Washington DC.

Probert, R.J. (2000). The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. In: Fenner M, ed. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, UK: CAB International, 261–292.

Schütz, W. & Rave, G. (1999). The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (*Carex*) from various habitats and implications for regenerative strategies. *Plant Ecology*, 144: 215–230.

Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J. A., Neuner, G. & Erschbamer, B. (2011). Seed dormancy in alpine species. *Flora*, 206: 845–856.

Van Assche, J. Van Nerum, D. & Darius, P. (2002). The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. *Plant Ecology*, 159:131-142.

Wochok, Z.S. (1981). The role of tissue culture in preserving threatened and endangered plant species, *Biological Conservation*, 20: 83-89.



## **STATISTICS**

# ÇOK GRUPLU SINIFLANDIRMA PROBLEMLERİ İÇİN MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMLARI

*Mathematical Programming Approaches for  
Multi-Group Classification Problems*

**Mediha ÖRKCÜ<sup>1</sup> & H. Hasan ÖRKCÜ<sup>2</sup>**

## 1. Giriş

Sınıflandırma problemi, belirli bir sınıfa (gruba) ait olduğu bilinen örneklerin (birimlerin) kullanılarak, yeni örneklerin sınıflarının belirlenmesidir (Silva, 2017). Sınıflandırma problemi, ekonomi alanından (Mahmoudi ve Duman, 2015; Yagi ve Takahashi, 2016) tıp alanına (Takıcı, 2016), mühendislik alanından (Benmalek ve diğ., 2017; Yabanova, 2018) uzaktan algılamanın kullanıldığı tarım alanına (Jing ve diğ., 2017; Wilson ve diğ., 2018; Chen ve diğ., 2017) kadar çok çeşitli alanlarda karşımıza çıkmaktadır.

Sınıflandırma problemlerinin çözümü için istatistiksel yöntemler, destek vektör makineleri, yapay sinir ağları, etkinlik analizi modelleri ve matematiksel programlama modelleri gibi birçok algoritma kullanılmaktadır. Fisher (1936)'in, geliştirdiği istatistiksel doğrusal ayırma fonksiyonu, sınıflandırma problemleri için önerilen en eski bilimsel yöntemdir. Fisher, çok değişkenli normal dağılım varsayımı altında iki ya da daha fazla gruptan gözlenmiş birimleri gruplardan birine sınıflandırmak için mevcut değişkenler üzerinden tanımlanacak doğrusal fonksiyonları önermiştir.

Sınıflandırma problemlerinin çözümü için çok sayıda matematiksel programlama tabanlı yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerin kullanımı ile ilgili normal dağılım veya benzeri bir varsayımın sağlanmasına gerek yoktur. Sınıflandırma problemi matematiksel programlama çerçevesinde 1981 yılında ilk defa Fred ve Glover (1981a, 1981b) tarafından ele alınmıştır. Fred ve Glover, gruplardan sapmaların toplamının minimum yapılarak sınıflandırmanın yapıldığı doğrusal programlama tabanlı bir model (MSD-Minimization Sum of Deviations-Sapmalar Toplamının Minimizasyonu) önermişlerdir. İki gruplu durumda,  $n$  toplam birim sayısı,

---

<sup>1</sup> Doç. Dr.: Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye. E-mail: medihaakcay@gazi.edu.tr

<sup>2</sup> Prof. Dr.: Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye. E-mail: hhorkcu@gazi.edu.tr

$k$  sınıflandırmada kullanılan değişken sayısı olmak üzere,  $X$ ;  $G_1$  ve  $G_2$  gruplarındaki birimlerin değişken değerlerinin matrisi olsun. Sınıflandırmada kullanılan değişkenlerin ağırlık katsayıları  $\alpha_1, \dots, \alpha_k$  ile,  $j$ . birime ait sınıflandırma skoru ise  $S_j = \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij}$ , ( $j = 1, \dots, n$ ) olsun.

Fred ve Glover (1981a, 1981b) tarafından önerilen doğrusal programlama tabanlı sınıflandırma modeli (1)'de verilmektedir.

$$\min \sum_{j \in G_1} S_j^+ + \sum_{j \in G_2} S_j^- \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + S_j^+ \geq c, \quad j \in G_1$$

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} - S_j^- \leq c, \quad j \in G_2$$

Bu modelde,  $X_{ij} \geq 0$ ,  $S_j^+ \geq 0$ ,  $S_j^- \geq 0$  ( $j = 1, \dots, n$ ),  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ) ve  $c$  işaretçe serbest değişkenlerdir. (1) ile verilen model çözümlü optimal  $\alpha_i$  ve  $c$  çözümleri elde edildiğinde herhangi bir birimin sınıflandırma skoru elde edilebilir. Bir birimin sınıflandırma skoru ( $S_j$ ),  $c$ 'ye eşit ya da büyük ise  $G_1$ 'e, diğer durumda  $G_2$ 'ye sınıflandırılır.  $S_j^+ \geq 0$  olması,  $G_1$  grubundaki  $j$ . birimin yanlış sınıflandırıldığını;  $S_j^- \geq 0$  olması,  $G_2$  grubundaki  $j$ . birimin yanlış sınıflandırıldığını göstermektedir.

Fred ve Glover (191a, 1981b)'in ilk önerisinden sonra çok sayıda matematiksel programlama tabanlı sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Matematiksel programlama yöntemleri ile çoğunlukla iki gruplu sınıflandırma problemleri incelenmiştir. Lam ve diğ. (1996), kümeleme analizinde olduğu gibi aynı grup içindeki birimlerin farklı gruptaki birimlere göre daha benzer olması gerektiği fikrine dayalı olarak, doğrusal programlama tabanlı bir sınıflandırma yöntemi geliştirmiştir. Sueyoshi (1999), DEA-DA adını verdikleri ilk aşamada çakışma durumunun tespit edildiği ikinci aşamada ise çakışma durumunda olan birimlerin sınıflandırıldığı iki aşamalı bir model önermiştir. Bu modelde veri zarflama analizi (VZA) modellerinden yararlanılmıştır. Sueyoshi (2004), DEA-DA sınıflandırma modelini karma-tamsayı formda ifade ederek yanlış sınıflandırılan toplam birim sayısını minimum yapmaya çalışan bir model önermiştir. Sueyoshi (2006), karma-tamsayı DEA-DA modelini orijinal DEA-DA ve diğer sınıflandırma algoritmaları ile bir simülasyon çalışması üzerinden karşılaştırmış ve veri yapısının özel bir durumu için DEA-DA modelini çok gruplu duruma genişletmiştir. Bal ve diğ. (2006),

Lam ve diğ. (1996) modelinde ortalamadan sapmalar yerine medyan (ortanca) değerinden sapmalar toplamını minimize ederek özellikle çarpık dağılımdan gelen değişkenlere sahip problemlerde kullanılacak iki aşamalı LPMED modelini önermişlerdir.

Bu çalışmada iki gruplu duruma göre nispeten daha az önerinin yapıldığı çok gruplu sınıflandırma problemlerine literatürde önerilen matematiksel programlama yaklaşımları incelenmiştir. Yöntemlerin doğru sınıflandırma performansları literatürdeki gerçek veri setleri ile karşılaştırılmıştır.

## 2 Çok Gruplu Sınıflandırma Problemlerinde Matematiksel Programlama Yaklaşımları

İki gruplu sınıflandırma problemi için önerilen çok sayıda matematiksel programlama yaklaşımı olmasına rağmen, çok az sayıda çok gruplu matematiksel programlama yaklaşımı vardır. İki gruplu durumdan çok gruplu duruma genişletmenin en kolay yolu iki gruplu bir modelden tüm iki gruplu kombinasyonları kullanmaktır (Lam ve Moy, 1996). Herhangi bir iki gruplu formülasyon bu çok gruplu ayırma yönteminde kullanılabilir. İki gruplu durum için bir karma tamsayılı sınıflandırma modeli, model (2) ile verilebilir (Pavur ve Loucopoulos, 1995).

$$\min \sum_{j=1}^n y_j \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} - M y_j \leq c - \varepsilon, \quad j \in G_1$$

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + M y_j \geq c + \varepsilon, \quad j \in G_2$$

Bu modelde,  $X_{ij}$ ,  $j$ . birimin  $i$ . değişkenine ilişkin gözlem değeri,  $\alpha_i$ ,  $i$ . değişkenin ağırlığı (katsayısı),  $y_j$ ,  $j$ . birimin yanlış sınıflandırılıp sınıflandırılmadığını gösteren iki değerli bir değişken,  $c$  ise iki grubu birbirinden ayıran ayırma eşik değeri olmak üzere serbest değerli bir değişkendir.  $\varepsilon$  ise küçük bir pozitif sayıdır ve herhangi bir birimin ayırma fonksiyonu üzerinde olmaması için modele dahil edilmektedir.  $h$  grup sayısı olmak üzere,  $G_1, \dots, G_h$  gruplarının tüm ikili çiftlerinin  $h(h-1)/2$  tane ayırma fonksiyonu kurmak için kullanılması gerekmektedir.

Gehrlein (1986) ikiden fazla grup için tasarlanmış özel bir karma tamsayılı programlama modeli önermiştir. Genel tek fonksiyonlu sınıflandırma modeli (GSFC), (3) ile verilmektedir.

$$\min \sum_{j=1}^n y_j$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} - My_j &\leq U_r, \quad j \in G_r, r = 1, \dots, h \\ \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + My_j &\geq L_r, \quad j \in G_r, r = 1, \dots, h \\ U_r - L_r &\geq e', \quad r = 1, \dots, h \\ L_r - U_t + MJ_{rt} &\geq e, \quad r = 1, \dots, h, r \neq t \\ L_t - U_r + MJ_{tr} &\geq e, \quad r = 1, \dots, h, r \neq t \\ J_{rt} + J_{tr} &= 1, \quad r = 1, \dots, h, r \neq t \end{aligned} \quad (3)$$

Bu modelde,  $h$ ; grup sayısı,  $\alpha_0$ ; bir kayma sabiti (bir eşik değeri),  $U_r$ ;  $G_r$  grubuna atanan aralığın son üst noktası ( $r = 1, \dots, h$ ),  $L_r$ ;  $G_r$  grubuna atanan aralığın son alt noktası ( $r = 1, \dots, h$ ),  $e'$ ; bir gruba atanan aralığın minimum genişliği,  $e$ ; bitişik aralıklar arasındaki aralığın (oluşacak boşluğun) minimum büyüklüğü,  $M$ ; pozitif büyük bir sabit,  $k$ ; değişken sayısı ve  $n$ ; toplam birim sayısı olarak tanımlanmaktadır.  $J_{rt}$  ( $r \neq t$ ) değişkeni  $G_r$  grubu  $G_t$  grubundan önce ise 1 değerini, değilse 0 değerini alan iki değerli bir değişkendir.  $y_j$  değişkeni,  $j$ . birimin yanlış sınıflandırılıp sınıflandırılmadığını gösteren iki değerli bir değişkendir.  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ),  $L_r$  ve  $U_r$  ( $r = 1, \dots, h$ ) değişkenleri ise serbest değerli değişkenlerdir.

Model (3) ile verilen model, her bir birim için bir doğrusal  $\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij}$  ayırma skoru tanımlamakta ve böyle bir ayırma skorunun  $[L_r, U_r]$  aralığının içine düşüp düşmediğini kontrol etmektedir. Bu işlem  $\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} - My_j \leq U_r$  ve  $\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + My_j \geq L_r$  kısıtları ile yapılmaktadır. Ayırma skor değeri gruplar arasındaki boşluğa düşen bir birim yanlış sınıflandırılmış sayılmaktadır (Gehrlein, 1986).  $U_r - L_r \geq e'$  kısıtı her bir grubun  $e'$  ya da daha fazla genişlikteki aralıklara atanmasını sağlamaktadır.  $L_r - U_t + MJ_{rt} \geq e$ ,  $L_t - U_r + MJ_{tr} \geq e$  ve  $J_{rt} + J_{tr} = 1$  kısıtları ise grup aralıkları arasında çakışma olmamasını garanti etmektedir.  $e$  değeri bitişik gruplar arasındaki minimum boşluk (aralık) olarak tanımlanmaktadır ve küçük pozitif bir sayı olduğu varsayılmaktadır. Ayırma skor değeri gruplar arasındaki boşluğa düşen bir birim yanlış sınıflandırılmış sayılmaktadır (Pavur ve Loucopoulos, 1995).

Kısıtlardaki  $M$  sayısı yanlış sınıflandırılmış bir birimin kendi grubuna ilişkin aralığın en yakın uç noktasına olan maksimum sapmayı

tanımlamaktadır.  $L_r - U_t + MJ_{rt} \geq e$  ve  $L_t - U_r + MJ_{tr} \geq e$  kısıtlarındaki  $M$  sayısı her bir gruba ilişkin aralıkların oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.  $J_{rt} + J_{tr} = 1$  kısıtından  $r \neq t$  olmak üzere herhangi iki grup için ya  $J_{rt}$  ya da  $J_{tr}$  1 olmak zorundadır, yani  $J_{rt}$  ya da  $J_{tr}$  aynı anda değere sahip olamazlar.  $J_{rt}$ 'nin 1 olduğu varsayılın. Bu durumda  $L_r - U_t + M \geq e$  yani  $M \geq U_t - L_r + e$  olacaktır. Eğer  $U_t$  aralıkların en büyük uç noktası ve  $L_r$  aralıkların en küçük uç noktası ise,  $M$  değeri başka bir yorumda da sahip olmaktadır.  $M$  en sağda olan aralığın uç noktası ile en soldaki aralığın en uç noktası arasındaki mümkün maksimum farkı tanımlamaktadır.

(3) ile verilen GSFC modeli yanlış sınıflandırılmış birimlerin sayısının minimize edildiği bir amaç fonksiyonuna sahiptir. Amaç fonksiyonu yanlış sınıflandırma sapmalar toplamının minimize edilmesi ile yer değiştirilirse, her bir  $y_j$  ikili değişkeni  $d_{ju}$  ve  $d_{jl}$  negatif olmayan sürekli değişken çifti ile yer değiştirecektir. Böylelikle modelin hesaplama karmaşıklığı ve zorluğu anlamlı bir şekilde azalacaktır. Bu model (4) ile sunulmaktadır (Pavur ve Loucopoulos, 1995).

$$\min \sum_{j=1}^n (d_{ju} + d_{jl})$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} - d_{ju} &\leq U_r, \quad \forall j \in G_r, r = 1, \dots, h \\ \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + d_{jl} &\geq L_r, \quad \forall j \in G_r, r = 1, \dots, h \\ U_r - L_r &\geq e', \quad r = 1, \dots, h \\ L_r - U_t + MJ_{rt} &\geq e, \quad \forall G_r, \forall G_t, r \neq t, r = 1, \dots, h \\ L_t - U_r + MJ_{tr} &\geq e, \quad \forall G_r, \forall G_t, r \neq t, r = 1, \dots, h \\ J_{rt} + J_{tr} &= 1, \quad r = 1, \dots, h, r \neq t \end{aligned} \quad (4)$$

Bu modelde,  $d_{ju}$ ;  $U_r$  uç noktasının sağ tarafına yanlış sınıflandırılmış bir birimin  $U_r$  uç değerinden sapması ve  $d_{jl}$ ;  $L_r$  alt noktasının sol tarafına yanlış sınıflandırılmış bir birimin  $L_r$  alt noktasından sapması olarak tanımlanmaktadır. Burada  $d_{ju}$  ve  $d_{jl}$  sapma değişkenleri negatif olmayan değişkenlerdir.  $J_{rt}$ ,  $J_{tr}$ ,  $\alpha_0$ ,  $\alpha_i$ ,  $L_r$  ve  $U_r$  değişkenleri ise (3) ile verilen GSFC modelinde tanımlandığı gibidir.

Choo ve Wedley (1985) ve aynı zamanlarda Gehrlein (1986) bir genel çok fonksiyonlu sınıflandırma modeli (GMFC) önermişlerdir ve bu model (5)'de verilmektedir.

$$\min \sum_{j=1}^n y_j$$

Kısıtlar:

$$\alpha_{r0} + \sum_{i=1}^k \alpha_{ri} X_{ij} - \alpha_{t0} - \sum_{i=1}^k \alpha_{ti} X_{ij} + M y_j \geq e, \quad (5)$$

$$j \in G_r, r = 1, \dots, h; r \neq t; j = 1, \dots, n$$

Bu modelde,  $\alpha_{ri}$ ;  $G_r$  grubundaki  $X_{ij}$  değişkeninin ağırlığı ve  $\alpha_{r0}$ :  $G_r$  grubu için kayma sabiti ( $G_r$  grubu için bir eşik değeri) olarak tanımlanmaktadır. Burada,  $\alpha_{ri}$  ağırlık değişkenleri işaretçe serbest değişkenlerdir.  $y_j$  değişkeni,  $j$ . birimin yanlış sınıflandırılıp sınıflandırılmadığını gösteren iki değerli bir değişkendir.  $\alpha_{ri}$  ( $i = 1, \dots, k$ ;  $r = 1, \dots, h$ ) ise serbest değerli değişkenlerdir. GMFC modeli bir birimi en büyük ayırma skoruna sahip grup içine sınıflandırmaktadır. Modeldeki kısıt ile her bir grup için bir bireysel ayırma fonksiyonu oluşturulmaktadır. Eğer grup sayısı ve değişken sayısı çok büyürse, GMFC modeli GSFC modelinden çok daha fazla serbest değişken ve kısıtlamaya sahip olacaktır (Loucopoulos ve Pavur, 1997).

Bal (1999), doğrusal hedef programlama ile üç gruplu sınıflandırma problemini ele almıştır. Grupları bilinen  $k$  değişkenli birim olduğu varsayılmakta ve her birimin skorlarını uygun grup aralıkları içine yerleştirecek ayırma fonksiyonunun ağırlıklarının bulunması amaçlanmaktadır. Bu düşünce daha açık olarak  $\alpha_i$ ,  $i$ . değişkenin ağırlığı,  $X_{ij}$ ,  $j$ . Birimin  $i$ . değişken değeri olmak üzere,  $X_{ij}$  değerleri ve  $G_r$  ( $r = 1, 2, 3$ ) grupları biliniyorken  $S_j = \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij}$  birim skorlarını uygun gruplara ayıracak, gruplara ait  $L_r$  ve  $U_r$  alt ve üst sınırları ile  $\alpha_i$  ayırıcı ağırlığının bulunmasına dayanmaktadır. Buna göre üç gruplu ( $h = 3$ ) matematiksel programlama modeli,  $L_r \leq \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} \leq U_r$ ,  $j \in G_r$  ( $r = 1, 2, 3$ ) ve  $L_1 \leq U_1 \leq L_2 \leq U_2 \leq L_3 \leq U_3$  kısıtlarını sağlayacak  $L_r$ ,  $U_r$  ve  $\alpha_i$  değerlerinin araştırılmasından ibaret olur.

Doğrusal hedef programlaması ile sınıflama probleminde  $S_j = \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij}$  skorlarından grupları ayırmaya yarayan  $L_r$  ve  $U_r$  grup sınırları hedef değerleri olarak alınarak bu değerlerden sapmaları minimize eden çözümler elde edilebilir. Her birim bulunduğu grup aralığı içinde aşağıda (6)'da verildiği gibi skorlanmaktadır.

$$L_1 \leq \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} \leq U_1, j \in G_1$$

$$\begin{aligned}
L_2 &\leq \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} \leq U_2, j \in G_2 \\
L_3 &\leq \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} \leq U_3, j \in G_3
\end{aligned} \tag{6}$$

Hedef değerlerine uygun sapma değişkenlerinin konulmasıyla doğrusal hedef programlamaya dayalı sınıflandırma modeli (7)'de verildiği gibi elde edilebilir.

$$\begin{aligned}
\min a &= \sum_{j=1}^n (n_j^L + p_j^U) \\
\text{Kısıtlar:} & \\
\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + n_j^L - p_j^L &= L_r, j \in G_r, r = 1,2,3 \\
\sum_{i=1}^k \alpha_i X_{ij} + n_j^U - p_j^U &= U_r, j \in G_r, r = 1,2,3
\end{aligned} \tag{7}$$

Bu modelde,  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ),  $L_r$  ve  $U_r$  ( $r = 1,2,3$ ) serbest değişkenler,  $n_j^L$ ,  $p_j^L$ ,  $n_j^U$  ve  $p_j^U$  sapmaları ise negatif olmayan değişkenlerdir. Modelde değişkenlerin ayırıcı ağırlığı ile grupların alt ve üst sınır değerleri aynı anda bulunmaktadır. Gruplara ait sınırlar  $U_r + \varepsilon \leq L_{r+1}$ ,  $r = 1,2$ ,  $\varepsilon \geq 1$  kısıtlarının kullanılmasıyla birbirinden tam olarak ayrılabilir. Bal (1999) tarafından verilen üç gruplu doğrusal hedef programlama modeli  $h$  grup sayısı ( $r = 1,2, \dots, h$ ) olmak üzere  $h > 3$  için de kolaylıkla genişletilebilir.

Lam ve Moy (1996), Lam ve diğ. (1996) tarafından geliştirilen iki gruplu sınıflandırma modelini çok gruplu duruma genişletmişlerdir. Lam ve diğ. (1996) 'nin iki gruplu sınıflandırma modelinde sınıflandırma işlemi bireysel sınıflandırma skorlarının kendi grup ortalama skorlarından sapmalarının minimize edilmesi temeline dayanmaktadır. MLM olarak isimlendirilen modelin çok gruplu duruma genişletme işlemi ise aşağıda verilmektedir.  $i$ . değişkene ilişkin ortalama  $\bar{x}_i^r = \frac{1}{n_r} \sum_{j \in G_r} X_{ij}$ , ( $r = 1, \dots, h$ ) olarak tanımlanır. Burada  $n_r$ ,  $G_r$  grubundaki birim sayısıdır.  $n$  ise  $n = n_1 + \dots + n_h$  olmak üzere toplam birim sayısını ifade etmektedir.  $u = 1, \dots, h-1$ ,  $v = u+1, \dots, h$  olmak üzere, her bir  $(u, v)$  çifti için model (8) ile verilmektedir.



$$\min \sum_{j \in G_u, j \in G_v}^n d_j$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^k \alpha_i (X_{ij} - \bar{x}_i^u) + d_j &\geq 0, \quad j \in G_u \\ \sum_{i=1}^k \alpha_i (X_{ij} - \bar{x}_i^v) - d_j &\leq 0, \quad j \in G_v \\ \sum_{i=1}^k \alpha_i (\bar{x}_i^u - \bar{x}_i^v) &\geq 1 \end{aligned} \quad (8)$$

Bu modelde,  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ) serbest değerli değişkenler ve  $j \in G_u$  ve  $j \in G_v$  için  $d_j \geq 0$  'dır.  $\sum_{i=1}^k \alpha_i (X_{ij} - \bar{x}_i^u) + d_j \geq 0$  ve  $\sum_{i=1}^k \alpha_i (X_{ij} - \bar{x}_i^v) - d_j \leq 0$  kısıtları ile  $r$ . gruptaki birimlerin sınıflandırma skorlarını  $r$ . grubun ortalama sınıflandırma skoruna mümkün olduğunca yaklaştırmaya yarar ( $r = u, v$ ).

Model (8) yardımıyla her  $(u, v)$  grup çifti için elde edilen  $\alpha_i$  yardımıyla  $G_u$  ve  $G_v$  'deki bireylerin  $S_j$  sınıflandırma skor değerleri bulunur. Ardından da  $u = 1, \dots, h-1$ ,  $v = u+1, \dots, h$  olmak üzere grupları ayırmada yararlanılacak  $c_{uv}$  değerleri (9) modelinin çözülmesi ile elde edilebilir.

$$\min \sum_{j \in G_u} \sum_{u=1}^{h-1} \sum_{v=u+1}^h d_{juv} + \sum_{j \in G_v} \sum_{u=1}^{h-1} \sum_{v=u+1}^h d_{juv}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} S_{juv} + d_{juv} &\geq c_{uv}, \quad u = 1, \dots, h-1, v = u+1, \dots, h, j \in G_u \\ S_{juv} - d_{juv} &\leq c_{uv}, \quad u = 1, \dots, h-1, v = u+1, \dots, h, j \in G_v \end{aligned} \quad (9)$$

Bu modelde, tüm  $c_{uv}$  değişkenleri serbest değerlidir ve tüm  $d_{juv}$  değerleri ise negatif olmayan değişkenler olarak tanımlanmıştır. Model (9) ile verilen modelde tüm kesme (eşik) değerleri yani  $c_{uv}$  değerleri eş zamanlı olarak elde edilmektedir.

Gochet ve diğ. (1997) çok gruplu sınıflandırma problemi için GCH adını verdikleri  $LP^q$  yaklaşımını önerdiler. Yanlış sınıflandırmanın gruba uyumsuzluk olarak tanımlandığı bu modelde toplam uyumsuzluk miktarı minimize edilmeye çalışılmaktadır.  $j$ . birimin uyumsuzluğu  $\beta_{rt}^j$ , uyumluluğu ise  $\gamma_{rt}^j$  değişkenleri ile temsil edilirse, toplam uyumsuzluğun minimize yapılmaya çalışıldığı için  $LP^q$  yaklaşımı model (10)'da verilmektedir.

$$\min \sum \sum \sum \beta_{rt}^j$$

Kısıtlar:

$$\beta_{rt}^j + (\alpha^r - \alpha^t)X_{jr} - \gamma_{rt}^j = \varepsilon \quad (10)$$

$$\sum \sum \sum (\gamma_{rt}^j - \beta_{rt}^j) = q$$

$$\gamma_{rt}^j, \beta_{rt}^j \geq 0$$

Bu modelde,  $\alpha^r$  ve  $\alpha^t$  serbest değerli değişkenlerdir. Sueyoshi (2006), iki grup için verdiği karma-tamsayılı modelin çok gruplu duruma genişlemesini vermiştir. Çok gruplu durum için ise genel bir model  $r = 1, \dots, h$  için model (11) ile verilmektedir.

$$\min \sum_{r=1}^h \sum_{j \in G_r} y_j$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^k (\lambda_i^+ - \lambda_i^-)X_{ij} - c_r + My_j \geq 0, \quad r = 1, \dots, h-1, \quad j \in G_r \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^k (\lambda_i^+ - \lambda_i^-)X_{ij} - c_r - My_j \leq -\varepsilon, \quad r = 1, \dots, h-1, \quad j \in G_{r+1}$$

$$\sum_{i=1}^k (\lambda_i^+ + \lambda_i^-) = 1$$

$$\xi_i^+ \geq \lambda_i^+ \geq \varepsilon \xi_i^+, \quad i = 1, \dots, k$$

$$\xi_i^- \geq \lambda_i^- \geq \varepsilon \xi_i^-, \quad i = 1, \dots, k$$

$$\xi_i^+ + \xi_i^- \leq 1, \quad i = 1, \dots, k$$

$$\sum_{i=1}^k (\xi_i^+ + \xi_i^-) = k$$

Bu modelde,  $\lambda_i^+$  ve  $\lambda_i^-$  ( $i = 1, \dots, k$ ) negatif olmayan değişkenler  $c_r$  ( $r = 1, \dots, h-1$ ) serbest değerli değişkenler  $y_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ),  $\xi_i^+$  ve  $\xi_i^-$  ( $i = 1, \dots, k$ ) ise 0 ve 1 değerlerini alabilen ikili değişkenlerdir.  $\lambda_i = \lambda_i^+ - \lambda_i^-$  olmak üzere, birimler (12)'de verilen kurala göre sınıflandırılmaktadır.

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i^* X_{im} \geq c_1^* \text{ ise } G_1 \text{ grubuna}$$

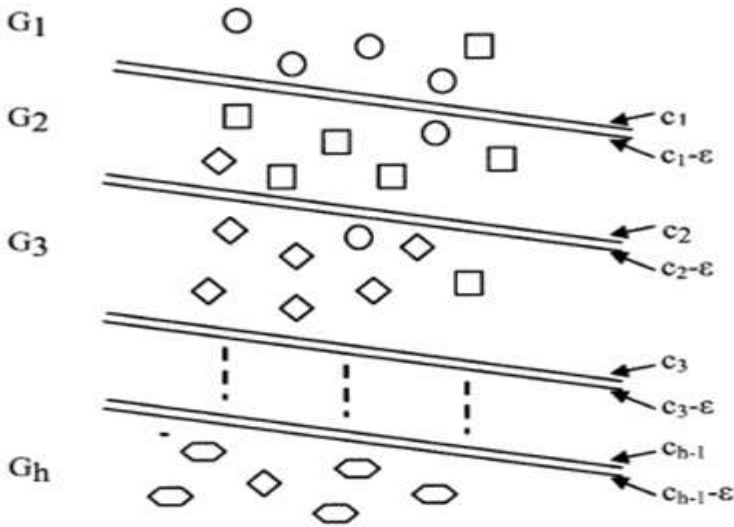
$$c_{r-1}^* - \varepsilon \geq \sum_{i=1}^k \lambda_i^* X_{im} \leq c_r^* \text{ ise } G_r \text{ (} r = 1, \dots, h-1 \text{) grubuna} \quad (12)$$

$$c_{h-1}^* - \varepsilon \geq \sum_{i=1}^k \lambda_i^* X_{im} \text{ ise } G_h \text{ grubuna}$$

Model (11) ile  $h-1$  tane farklı ( $c_1^*$ 'dan  $c_{h-1}^*$ 'a kadar) ayırma skoru

elde edilmektedir. Ayırma skorları aynı  $\lambda_i^*$  ( $i = 1, \dots, k$ ) ağırlık değerleri ile elde edilmektedir. Bu model çözüldüğünde optimal çözümün  $c_1^* > c_2^* > \dots > c_{h-1}^*$  olarak sağlanması gerekir. Çözüm bu durumu sağlamıyorsa  $c_1 > c_2 + \varepsilon$ ,  $c_2 > c_3 + \varepsilon$ ,  $\dots$ ,  $c_{h-2} > c_{h-1} + \varepsilon$  kısıtlarının bu modele eklenmesi gerekmektedir. Sueyoshi tarafından verilen karma-tamsayı yaklaşım çok gruplu sınıflandırmanın özel bir türünü çözebilir. Burada özel bir türle kastedilen veri yapısının sıralı halde olmasıdır. Eğer veri seti gruplara göre sıralı halde değilse mümkün olmayan çözümlerle veya düşük sınıflandırma oranları ile karşılaşılabilir.

Sueyoshi tarafından verilen karma-tamsayı yaklaşımı çok gruplu sınıflandırmanın özel bir türünü çözebilir. Burada özel bir türle kastedilen Şekil 1’den de görülebileceği gibi veri yapısının sıralı halde olmasıdır. Eğer veri seti gruplara göre sıralı halde değilse mümkün olmayan çözümlerle veya düşük sınıflandırma oranları ile karşılaşılabilir.



Şekil 1. Sueyoshi'nin çok gruplu sınıflandırma modelinin gösterimi

Bal ve Örcü (2011), Sueyoshi'nin DEA-DA modeli (Sueyoshi, 2006) ve Gochet ve diğ. (1997)'in çok gruplu sınıflandırma modelinin bir kombinasyonu olan, bir, çok gruplu sınıflandırma modeli önerdiler. Bu model (13) ile verilmektedir.

$$\min \sum_{r=1}^h \sum_{t \neq r}^h \sum_{j=1}^n n_{rt}^j$$

Kısıtlar:

$$\alpha_{r0} + \sum_{i=1}^k \alpha_{ri} X_{ij} - \alpha_{t0} - \sum_{i=1}^k \alpha_{ti} X_{ij} + n_{rt}^j - p_{rt}^j \geq \varepsilon, \quad (13)$$

$$j \in G_r, r = 1, \dots, h; r \neq t$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^h \sum_{i=0}^k \alpha_{ri} = 1, \quad r = 1, \dots, h; r \neq t$$

$$\alpha_{ri} \geq 0, \quad r = 1, \dots, h, \quad i = 0, \dots, k$$

Model (13) ile bir birim en büyük sınıflandırma skoruna sahip olduğu gruba atanır.  $\varepsilon$  değeri çok küçük pozitif bir sayıdır ve herhangi bir birimin ayırma skorunun ayırma düzlemi üzerinde olmasını engellemek için modele konulmuştur. Modelde  $r$ . grupta yer alan birimlerin  $r$ . grup için oluşturulan  $\alpha_{r0} + \sum_{i=1}^k \alpha_{ri} X_{ij}$  ayırma fonksiyonunun,  $t$ . grup için oluşturulan  $\alpha_{t0} + \sum_{i=1}^k \alpha_{ti} X_{ij}$  ayırma fonksiyonundan ayırımı yolu ile gruplarına atanması istendiğinden  $\alpha_{r0} + \sum_{i=1}^k \alpha_{ri} X_{ij} - \alpha_{t0} - \sum_{i=1}^k \alpha_{ti} X_{ij} \geq \varepsilon$  olması amaçlanmaktadır. Bu kısıta negatif  $n_{rt}^j$  ve pozitif  $p_{rt}^j$  sapma değişkenleri ilave edilerek ve istenmeyen  $n_{rt}^j$  sapma değişkenlerinin toplamı minimum yapılmaya çalışılarak birimlerin uygun gruplarına sınıflandırılması yapılmaktadır. İstenmeyen  $n_{rt}^j$  negatif sapma değişkenlerinin minimum yapılmasıyla  $\sum_{i=1}^k \alpha_{ri} X_{ij} - \alpha_{t0} - \sum_{i=1}^k \alpha_{ti} X_{ij} \geq \varepsilon$  olması mümkün olduğunca sağlanacak ve grupların birbirinden ayırımı yapılabilecektir.

### 3. Sınıflandırma Modellerinin Karşılaştırılması

Sınıflandırma yöntemlerinin doğru sınıflandırma performansları çapraz doğrulama (cross validation) yöntemleri ile sınanmaktadır. Test örneği çapraz doğrulama (test-holdout sample cross validation), bir birimi hariç tutma çapraz doğrulama (leave-one-out cross validation), ve  $k$  – kat çapraz doğrulama ( $k$  – fold cross validation) yaklaşımları en çok kullanılan sınıflandırma performans ölçüm kriterleridir (Zhang ve Yang, 2015; Vicente ve diğ., 2018; Kim ve Oertzen, 2018). Literatürdeki çalışmalarda  $k$  sayısı genellikle 10 alınmakta yani veri seti 10 alt kümeye ayrılmaktadır. Bu çalışmada da veri seti rasgele olarak 10 alt kümeye ayrılarak sınıflandırma yöntemlerinin 10 – kat çapraz doğrulama doğru sınıflandırma performansları incelenmiştir.

Fisher (1936)'in doğrusal ayırma fonksiyonu (FLDF), Gehrlein (1986)'in çok fonksiyonlu sınıflandırma modeli (GMFC), Lam ve Moy

(1996)'un çok gruplu sınıflandırma modeli (MLM), Sueyoshi (2006)'nin çok gruplu sınıflandırma modeli (DEA-DA), Gochet ve diğ. (1997) tarafından önerilen GCH modeli, Bal ve Örkücü (2011) tarafından önerilen hedef programlamaya dayalı sınıflandırma modeli (SGP) yaklaşımlarının performansını değerlendirmek için 5 farklı veri seti dikkate alınmıştır. 5 veri seti University of California-Irvine internet veri tabanından (UCI), alınmıştır ve *IRIS*, *üzüm tanıma*, *cam tanımlama*, *ecoli* ve *yeast protein tanımlama* gibi bazı gerçek hayat veri setlerini içermektedir.

Tablo 1: Literatür veri setleri için yöntemlerin 10-kat çapraz geçerlilik doğru sınıflandırma oranları

Yöntem	<i>IRIS</i>	<i>Üzüm</i>	<i>cam</i>	<i>ecoli</i>	<i>yeast</i>
FLDF	0.803	0.822	0.709	0.785	0.719
	(1.111)	(1.112)	(1.222)	(1.081)	(1.042)
GMFC	0.869	0.832	0.719	0.777	0.753
	(1.041)	(1.012)	(1.089)	(1.187)	(1.132)
MLM	0.888	0.885	0.735	0.799	0.783
	(1.149)	(1.009)	(1.258)	(1.092)	(1.109)
DEA-DA	0.901	0.855	0.771	0.806	0.799
	(0.999)	(0.989)	(1.032)	(1.085)	(1.068)
GCH	0.906	0.898	0.796	0.800	0.808
	(1.045)	(1.022)	(1.108)	(1.180)	(1.098)
SGP	0.988	0.899	0.832	0.827	0.875
	(1.118)	(0.995)	(1.108)	(1.092)	(1.078)

Tablo 1’de, sınıflandırma yöntemlerinin 1000 tekrarlı Monte-Carlo simülasyonundan elde edilen ortalama 10 – kat çapraz geçerlilik performansları ve ortalama doğru sınıflandırmalara ilişkin standart sapma değerleri yer almaktadır. Örneğin, Tablo 1’de, IRIS veri seti için FLDF modele ait olan 0.803 ve 1.111 değerleri, sırasıyla 1000 tekrardaki 10 – kat çapraz geçerlilik doğru sınıflandırma ortalaması ve standart sapmasıdır. 5 farklı setinden elde edilen sonuçlardan, matematiksel programlama tabanlı yöntemlerin sınıflandırma başarılarının oldukça yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

#### 4. Sonuçlar

Ayırma Analizi; tıp ve psikoloji bilim dallarında hastaların sınıflandırılması, biyoloji bilim dalında bitki türlerinin belirlenmesi, kimya bilim dalında maddelerin ayırımı ve mühendislik alanında bir sisteme gelen yabancı bir sinyalin belirlenmesi ya da uzaktan algılama ile arazi sınıflandırması gibi çok çeşitli alanlarda başarı ile kullanılan bir tekniktir. Bu çalışmada çok gruplu sınıflandırma problemlerinin çözümü için önerilen matematiksel programlamaya dayalı yöntemler tanıtılmıştır. Literatürde sıklıkla kullanılan IRIS, üzüm tanıma, cam tanımlama, ecoli ve yeast protein tanımlama veri setleri ile yöntemlerin sınıflandırma performansı incelenmiştir.

#### Kaynakça

- Bal H. (1999). “*Doğrusal Hedef Programlama ile Üç gruplu Sınıflandırma*”, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi: 12 (3), s. 633-639.
- Bal, H., Örkü, H.H. ve elebioğlu S. (2006). “*An alternative model to Fisher and linear programming approaches in two-group classification problem: minimizing deviations from the group median*”, G.U. Journal of Science, 19 (1), s. 49-55.
- Bal, H. ve Örkü, H.H. (2011). “*A new mathematical programming approach to multi-group classification problems*”, Computers and Operations Research, 38(1), s. 105-111.
- Benmalek, E., Elmhamdi, J. ve Jilbab, A. (2017). “*Multiclass classification of Parkinson’s disease using different classifiers and LLBFS feature selection algorithm*”. International Journal of Speech Technology, 20(1), s. 179–184.
- Chen, L., Wang, E.Y., Feng, J.J., Wang, X.R. ve Li, X.L. (2017). “*Hazard prediction of coal and gas outburst based on Fisher discriminant analysis*”, Geomechanics and Engineering, 13 (5), s. 861-879.
- Choo, E.U. ve Wedley, W.C. (1985). “*Optimal criterion weights in repetitive multicriteria decision making*”, Journal of Operational Research Society, 36, s. 983-992.
- Fisher, R. (1936). “*The use of multiple measurements in taxonomic problems*”, Annals of Eugenics, 7 (2), s. 179-188.
- Fred, N. ve Glover, F. (1981a). “*A Linear programming approach to the discriminant problem*”, Decision Sciences, 12, s. 68-74.

- Fred, N. ve Glover, F. (1981b), “*Simple but powerful goal programming formulations for the statistical discriminant problem*”, European Journal of Operational Research, 7, s. 44-60.
- Gehrlein, W.W. (1986). “*General mathematical programming formulations for the statistical classification problem*”, Operations Research Letters, 5, s. 299-304.
- Gochet, W., Stam, A., Srinivisan, V. ve Shaoxiang, C. (1997). “*Multigroup discriminant analysis using linear programming*”, Operations Research, 45 (2), s. 213-225.
- Jing, Z., Wang, G., Zhang, S. ve Qiu, C. (2017). “*Building Tianjin driving cycle based on linear discriminant analysis*”, Transportation Research Part D, 53, s. 78–87.
- Kim B. ve Oertzen, T.V. (2018). “*Classifiers as a model-free group comparison test*”, Behavior Research Methods, 50, s. 416–426.
- Lam, K.F., Choo, E.U. ve Moy, J.W. (1996). “*Minimizing deviations from the group mean: A new linear programming approach for the two-group classification problem*”, European Journal of Operational Research, 88, s. 358-367.
- Lam, K.F. ve Moy, J.W. (1996). “*Improved linear programming formulations for the multi-group discriminant problem*”, Journal of Operational Research Society, 47, s. 1526-1529.
- Loucopoulos, C. ve Pavur, R. (1997). “*Computational characteristics of a new mathematical programming model for the three-group discriminant problem*”, Computers and Operations Research, 2, s. 179-191.
- Mahmoudi, N. ve Duman, E. (2015). “*Detecting credit card fraud by Modified Fisher Discriminant Analysis*”, Expert Systems with Applications, 42, s. 2510–2516.
- Pavur, R. ve Loucopoulos, C. (1995). “*Examining optimal criterion weights in mixed integer programming approaches to the multi group classification problem*”, Journal of Operational Research Society, 46, s. 626-640.
- Silva, A.P.D. (2017). “*Optimization approaches to Supervised Classification*”, European Journal of Operational Research, 261, s.772–788.
- Sueyoshi, T. (1999). “*DEA-Discriminant analysis in the view of goal programming*”, European Journal of Operational Research, 115, s. 564-582.
- Sueyoshi, T. (2004). “*Mixed integer programming approach of extended*

- DEA-Discriminant analysis*”, European Journal of Operational Research, 152, s. 45-55.
- Sueyoshi, T. (2006). “*DEA-Discriminant analysis: Methodological comparison among eight discriminant analysis approaches*”, European Journal of Operational Research, 169, s. 247-272.
- Takcı, H. (2016). “*Centroid Sınıflayıcılar Yardımıyla Meme Kanseri Teşhisi*”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31(2), s. 323-330.
- University of California-Irvine,  
[www.ics.uci.edu/mlearn/MLRepository.html](http://www.ics.uci.edu/mlearn/MLRepository.html) (2018).
- Vicente, T.F.Y., Hoai, M. ve Samaras, D. (2018). “*Leave-One-Out Kernel Optimization for Shadow Detection and Removal*”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 40 (3), s. 682-695.
- Wilson, S.R., Close, M.E. ve Abraham, B. (2018). “*Applying linear discriminant analysis to predict groundwater redox conditions conducive to denitrification*”, Journal of Hydrology, 556, s. 611–624.
- Yabanova, İ. ve Yumurtacı, M. (2018). “*Destek vektör makineleri kullanarak dinamik yumurta ağırlıklarının sınıflandırılması*”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33(2), s. 393-402.
- Yagi, T. ve Takahashi, M. (2016). “*Business cycle turning points based on DEA discriminant analysis*”, Applied Economics, 48 (44), s. 4251-4256.
- Zhang, Y. ve Yang, Y. (2015). “*Cross-validation for Selecting a Model Selection Procedure*”, Journal of Econometrics, 187, s. 95–112.



## **CHEMISTRY**



# ESER ELEMENTLER, AĞIR METALLER VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Aslı Çilingir Yeltekin\*

## 1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin ilerlemesi ile su kaynakları giderek kirlenmektedir. Çevresel kirlenme sonucu meydana gelen kirlilik, her geçen gün ekosistemi ve insanları daha fazla tehdit etmektedir. Çevresel şartlar göz önüne alındığında ağır metaller en tehlikeli çevre kirleticileridir. Çünkü; fiziksel yollarla ayırsamamakta ve uzun süre varlıklarını sürdürebilmektedirler (Kassai ve ark., 2008). Ağır metaller su hayvanları için de toksik etki göstermektedir. Balıklarda biriken ağır metaller solungaç yüzeyinde çözünmeyen bileşikler oluşturur. Oluşan bu bileşikler balığın kan ve dokularına taşınmaktadır (Dural ve ark., 2007).

Ağır metaller yüksek ya da düşük konsantrasyonlarda element dengesini bozarak bazı hastalıklar için risk faktörü oluşturmaktadır (He ve ark., 2009).

Eser elementler konsantrasyonlarına bağlı olarak hayvan ve insan yaşamı üzerine faydalı ve zararlı etkilere sebep olabilirler (Föstner ve Wittman, 1983). Bu elementler, vücutta antioksidanların yapısında görev almaları, çeşitli enzimlerin kofaktörü olmaları ve asimilasyon işlemine katılmalarından dolayı önemlidirler (Ganjavi ve ark., 2010).

Dünya’da hızlı nüfus artışı, kentleşme, hızlı sanayileşme, altyapıların yetersizliği ve yeterli sayıda atık arıtım tesislerinin bulunmaması çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Su kirliliği ise bu kirliliğin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Su kirliliği, su kaynaklarının içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik bir maddenin bulunması olarak tanımlanmaktadır. Doğal dengeyi bozan bu kirletici unsurlar, organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak gruplandırılmaktadır. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır. Göl, deniz ve akarsular da yaşayan canlılar bu kaynaklardan gelen maddelerden etkilenerek element düzeylerini değiştirmektedir (Kaya ve ark., 1998; Yarsan ve Bilgili, 2000). Yapılan çalışmalarda da balıkların toksik metallere maruz kaldığı ortaya konulmuştur (Yeltekin ve Oğuz, 2017; Oğuz ve Yeltekin, 2014). Besin

---

\*Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, 65080 Van, Türkiye  
Sorumlu yazar: [aslicyeltelin@gmail.com](mailto:aslicyeltelin@gmail.com), [aslicilingir@yyu.edu.tr](mailto:aslicilingir@yyu.edu.tr)

değeri bakımından, karasal kaynaklı gıdaların yanı sıra su ürünleri de önemli yere sahiptir. Besin bileşenlerinin incelenmesi ve bunların sağlığımız üzerindeki etkisinin bilinmesi ile günümüzde balık, önemli bir protein kaynağıdır ve (Emre ve Kürüm, 1998).

## 2. ESER ELEMENTLER VE AĞIR METALLER

Eser elementler, organizmada pek çok önemli olayda katalitik, enzimatik ve yapısal faaliyetlere katılan, besin ve su ile dışarıdan alınması gereken inorganik maddelerdir. Vücutta konsantrasyonları az olmasına rağmen canlılar için son derece önemli işlevleri olan elementlerdir. Eser elementlerin yetersizliğinde, hücresel işleyiş ve fizyolojik fonksiyonlar bozularak hastalıklar oluşabilir.

Eser elementlerden herhangi birinin metabolizmada tamamen yok olması ölüme dahi sebep olabilir (Kanışkan ve ark., 1996). İnsanlar için gerekli olan eser element miktarı 50 µg/gün–18 mg/gün arasında değişmektedir (Mertz, 1981). Eser elementler vücut için gerekli olan miktarlardan fazla alınır ise hem farmakolojik olarak etkileyebilirler hemde şayet çok miktarda alınmaya devam edilirse etkileri toksik hale gelebilir (Cavallo ve ark., 1991).

Ağır metallerin toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, vücutta birikme eğilimi de söz konusu olabilir (Köse, 2007). Turkish Food Codex (TFC, 2011) ve European Communities Commission Regulation (EC, 2006) balık dokusunda olabilecek maksimum Pb ve Cd düzeyi 0.3-0,05 (mg/kg wet weight) olarak belirlenmiştir.

### 2.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada başlıca sülfür tuzu halinde bulunur. Sulara genellikle endüstri atıklarından karışır. Ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu baca gazları ve katı partiküller içinde çevreye önemli ölçüde kadmiyum yayılır. Sigara dumanı da yüksek düzeyde kadmiyum içerir. Oluşan tütün dumanı ile kadmiyum akciğerlere taşınır ve böylece kana karışarak da vücudun tamamına ulaşır. Vücutta ulaştığı yerlerde konsantrasyonuna bağlı olarak toksik etkilere sebep olabilir (Anonim, 2009). Vücutta değişik yollarla giren kadmiyum hemen hemen tüm dokularda birikir. En çok biriktiği organlar karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve testislerdir. Kadmiyumun birçok organda tümör oluşturduğu deneysel olarak kaydedilmiştir (Waalkes ve ark., 1999).

Kadmiyum ile çinko, demir ve bakır arasında bir antagonizim vardır. Deney hayvanlarına kadmiyum verilmesi glomerül hasarı, hiper tansiyon ve ölüme yol açar. Bu nedenle gelişmiş sanayi ülkelerinde hiper tansiyon insidansının yüksek olmasının kadmiyum ile ilişkili olduğu düşünülür. Ayrıca, koroner arterlerde oluşan ateroskleroz plaklarında kadmiyum bulunması

nedeni ile son yıllarda ateroskleroz sıklığı ile kadmiyum arasındaki ilişki üzerinde durulmaktadır (Waalkes ve ark., 1999).

## **2.2. Kurşun (Pb)**

Kurşun elementi, yeryüzünde kükürt ile bileşik yapmış özellikle de PbS şekliyle bulunur. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat vanadat bileşikleri şeklinde sedimanter kayalarda ve toprakta bulunur (Goldscmidt, 1958). Yer yüzünde kurşun barındıran sular kayalardan, topraktan ve özelliklede insan aktivitelerinden kaynaklanır (Mc Neely ve ark., 1979). Kaynak sularında bulunan kurşun elementi miktarı genellikle tehlikeli boyutlara ulaşmaz. Akarsu ve göllerde kurşun konsantrasyonu ortalama olarak 0,001-0.010 mg/L aralığında değişir. Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerler de görülebilir. Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama % 10'u absorblanır. Vücuda alınan kurşun dokularda ve kemikte depolanmaktadır. Özelliklede alınan kurşun elementinin % 90'ı kemiklerde birikir (WHO, 1984). Tatlı sulardaki sucül hayatın korunması için kurşunun sınır miktarı 0,03 mg/L olarak kabul edilmiştir (Mc Neely ve ark., 1979).

## **2.3. Krom (Cr)**

Krom, yer kabuğunda ve denizde var olan en yaygın elementlerden birisidir. Krom eser elementi, vücuttaki şeker seviyesinin normal değerde kalmasını sağlamaktadır. Krom eser elementinin eksiklik durumunda şeker hastalığına benzer belirtilerin ortaya çıkmasının asıl nedeni de budur. Bira mayası, tahıllar ve karaciğer zengin krom kaynaklarıdır (Kanışkan ve ark., 1996). Fazla miktarda kroma maruz kalınmasının sağlık açısından sakıncaları bulunmaktadır. Bunların başında alerjik dermatitis ve kanser gelmektedir (Anonim, 2009; Davidson ve ark., 2004; Smith ve Steinmaus, 2009). Balık kas dokusunda bulunması gereken maksimum krom miktarı 8 mg/kg'dır (Tüzen, 2009). Ysart ve arkadaşlarına (2000) göre yetişkin insanlar için tolere edilebilen günlük krom alım miktarı 60000 µg/gündür.

Kromun özellikle +6 değerlikli formu toksiktir. Akut olarak yüksek doz krom alınması alerjik reaksiyonlara neden olur kronik krom toksikasyonu sıklıkla çelik, deri, boya, fotoğraf ve kimyasal madde sanayiinde çalışanlarda görülür. Bu kişilerde gastro intestinal sistem şikayetleri, hepatit ve akciğer kanseri gelişebilir. Krom toksisitesinin tedavisinde BAL (British Anti Lewisite, Dimerkaprol) kullanılır (Gürdöl Ademoğlu, 2010).

## **2.4. Demir (Fe)**

Eser elementlerin en önemlisi olan ve eritrositler ile diğer hücrelerde bol miktarda bulunan Fe, plazmada ve hücre dışı sıvılarında çok düşük düzeyde bulunmaktadır. Vücutta demir iyi korunduğu için günlük kayıp, vücut demir içeriğinin binde birinden daha azdır (Aksoy, 2011).

Birçok organizma için esansiyel olan demir, hücrel oksidatif mekanizmalar ve dokulara oksijen taşınması gibi yaşamsal önemi olan birçok olayda yer almaktadır. Miyogloblin ve hemogloblin gibi oksijen taşıyan kromo proteinlerin, strom oksidaz, ksantin oksidaz, peroksidaz ve katalaz gibi çeşitli enzimlerin yapısında demir bulunmaktadır. NADH dehidrogenaz ve süksinat dehidrogenaz gibi flavo proteinlerde bulunan demir, Fe-S proteinleri ferritin ve transferrin yapısının önemli bileşenidir. İnsanda demir eksikliği veya metabolizmasındaki bozukluklarla ilişkili olan birçok hastalık bilinmektedir. Demir eksikliği veya aşırı birikimi, demir metabolizmasının başlıca bozukluklarıdır. Bununla beraber anemi, kardiyovasküler hastalıklar, kronik hepatit, böbrek hastalığının son evresi, HIV ve diğer enfeksiyonlarda demir metabolizması değişmektedir (Onat ve ark., 2006)

### **2.5. Mangana (Mn)**

Mangan vücutta birçok metallo enzimin yapısında +2 veya +3 değerlikte bulunan bir biyo elementtir. Mangan için önerilen güvenli ve yeterli alım miktarı 2.5-5 mg/gündür (Patterson ve ark., 1984). Besinlerle alınan manganın ince bağırsaklardan henüz tam olarak açıklanamayan bir mekanizma ile emildiği, kalsiyu, fosfor, ferrik sitrat ve soya proteinin emilimini azalttığı gösterilmiştir. Mangan metabolizması emilimden ziyade atılımına göre düzenlenmekte, fazlası safra ile atılmaktadır. Erişkin bir kişinin vücudunda başta karaciğer ve retina olmak üzere tüm dokulara dağılmış halde toplam 10-20 mg mangan bulunur. Mangan özellikle hücrenin mitokondri fraksiyonunda bol bulunur. Göz yaşının mangan konsantrasyonunun serumun 50 katı kadar olduğu gösterilmiştir (Kanişkan ve ark., 1996).

Enzim aktivatörü olarak mangan ile yarışan bakır, demir ve magnezyum iyonları manganın fonksiyonlarını gerçekleştirebildiğinden çoğu kez mangan eksikliğinin klinik ve biyokimyasal bulguları maskelenir bu nedenle mangan eksikliğinin saptanması zordur (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

### **2.6. Kobalt (Co)**

Kobalt, insanlar için esansiyel olan B12 vitaminin (kobalamin) yapısal bir bileşenidir. İnsan vücudunda büyük kısmı kobalaminin bol bulunduğu kemikler, karaciğer, böbrek ve kan hücrelerinde olmak üzere toplam 1mg kadar kobalt bulunmaktadır. İnsan organizması besinlerle alınan kobaltı kullanarak B12 vitaminini sentezleyemez, besinlerle çoğu kez yeterli miktarda kobalamin alındığından doğrudan kobalt alınması da gerekli değildir. Kobalt için önerilen günlük alım miktarı düzenlenmemiştir; ancak B12 vitamini için yetişkinlerde önerilen günlük alım miktarı 1.5 µg/gün olup bu değer 0.006 µg kobalta eşdeğerdir (COMA, 1991).

Bu hayvanlardan kaynaklanan besinlerin tüketilmesi ile kobalt doğrudan kobalamin formunda alınır. Vücutta anorganik kobaltın B12 vitamininin bir bileşeni olmak dışında başka bir fonksiyonu belirlenememiştir (Aksoy, 2011).

Kronik böbrek yetmezliğinde eritropoezi uyarmak için uygulanan kobalt tedavisi ve bira içicilerinde bira köpüğünü satbilize etmek amacıyla eklenen kobalttan kaynaklanan kardiyomyopati, koma ve ölüme yol açan kobalt toksisitesi tanımlanmıştır (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

### **2.7. Nikel (Ni)**

Nikel, yer kabuğunda doğal olarak bulunan metalik bir elementtir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı modern endüstride geniş ölçüde kullanılır. İnsanların nikel maruz kalması solunum ve sindirim yoluyla olmaktadır. Kronik olarak nikel maruz kalınması akciğer, kalp-damar, böbrek rahatsızlıklarına ve kansere neden olur (Denkhaus ve Salnikow, 2002). Nikel, demirin vücut tarafından emiliminde çok önemli bir rol üstlenmektedir. Böylece aneminin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Nikel nükleik asitlerin yapısında da bulunur ve glikozun yıkımına yardım eder. Dünya Sağlık Örgütü (1982a), tolere edilebilen günlük nikel alım miktarını 5 µg/kg vücut ağırlığı (60 kg ağırlığındaki bir insan için 0.3 mg/gün'e eşdeğer) olarak açıklamıştır.

### **2.8. Bakır (Cu)**

Bazı metalo enzimlerin ve proteinlerin bileşeni olan bakır bir eser elementtir. Biyolojik sistemlerde +1 ve +2 değerlikli olabilen bakır metalo proteinlerin yapısında yer alarak redoks tepkimelerine katılmakta ve doğrudan moleküler oksijene bağlanarak tepkimeye girmektedir (Onat ve ark., 2006).

Bakır içeren enzim aktivitelerinin kaybı ile ilişkili bir çok patolojik durum bulunmaktadır. Pigmentasyon kaybı melanin biyosentezinin ilk basamağında gerekli olan trozinaz aktivitesinin baskılanması ile ilişkilidir. Kardiyak, vasküler ve iskelet bağ dokularının çapraz bağlanma bozukluklarının çoğunda mono amin oksidaz ve özellikle lizil oksidaz aktivitelerinin eksikliği görülmektedir. Motor nöronlarda stokrom-c oksidaz aktivitesinin baskılanması ataksiye yol açmaktadır (Onat ve ark. 2006).

Bakırın insanın tolerans limitlerinden fazla alınması durumunda hemoliz, sarılık ve hatta ölüm gibi etkiler görülebilir (Chen ve ark., 2006). Bakır için önerilen maksimum tolere edilebilen günlük alım miktarı 0.5 mg/kg vücut ağırlığıdır; yani 60 kg ağırlığındaki bir yetişkin için 30 mg/gündür (Dünya Sağlık Örgütü, 1982a). FAO (1983) tarafından balıklarda önerilen limit bakırdeğeri 10 mg Cu/kg'dır.

## 2.9. Çinko (Zn)

Periyodik tabloya bakıldığında çinko, iki toksik metal olan kadmiyum ve civa ile birlikte IIB grubunda bulunmaktadır. Ancak çinko insan için nispeten non-toksik olarak düşünülmektedir (Fosmire, 1990). Bununla birlikte, çok yüksek miktarlarda maruz kalınırsa toksik etkilere neden olabilmektedir (Plum ve ark., 2010). Canlılarda büyüme ve gelişim için oldukça önemli bir eser element olan Zn, özellikle cenin aşamasından itibaren çocukların sağlıklı gelişmesinde oldukça önemli rol alır. Çünkü çinko eser elementi hücrelerdeki DNA'nın oluşumu için zaruridir. Bu sebeple ceninde olabilecek bir çinko elementi eksikliği büyümenin yavaşlamasına, yapısal bozukluklara ve kromozomlarda anormalliklere sebep olur. Yeni doğanlardaki çinko elementi eksikliği ise cüceliğe, cinsel gelişmede gecikmeye, saç dökülmesine ve deri problemlerine neden olur. Anne sütü, kandan neredeyse on kat fazla derişimde çinko içerir. (Kanışkan ve ark., 1996). Dünya Sağlık Örgütü (1982b) tarafından önerilen maksimum tolere edilebilen günlük alım miktarı 60 mg/gündür.

## 2.10. Selenyum (Se)

Selenyum eser elementi metabolizma için gerekli olan düzeyde alındığında oldukça faydalı bir eser element iken, dozu fazla olduğunda ise oldukça toksik bir maddedir. Düşük düzeyde iken temel bir eser element olan Se, glutatyon peroksidaz enziminin yapısında önemli bir görev almaktadır, antioksidan olan gulutatyon peroksidaz da hücrelerde hidrojen peroksit ve organik peroksitlerin birikmesini önleyerek dokularda kanser oluşumuna karşı canlıları korumaktadır. Vücutta gereğinden fazla Se biriktiğinde, hücre yapısında selenyum elementi kükürt elementi ile yer değişimi göstermektedir. Oluşan yeni selenyumlu bileşikler diğerlerinden daha reaktif olduğundan, hücrenin sürecini bozarak işleyişe engel olmaktadır. Selenyumun toksik etkileri sonucu metabolizmada kobalt konsantrasyonu artmakta ve bunun sonucu olarak da kalp ile karaciğerde büyüme ortaya çıkmaktadır (Kanışkan ve ark., 1996). Selenyumun aşırı miktarı pro-okidant olarak bulunur. Ayrıca doz ve alım süresine bağlı olarak tüm hayvan türleri ve insanda toksik olabilir (Mudgal ve ark., 2010). Yetişkinler için tüm kaynaklardan maruz alınacak maksimum güvenli selenyum seviyesi (tolere edilebilen günlük alım miktarı) 0.45 mg/gündür (İngiliz Sağlık Departmanı, 1991). Viñas ve arkadaşlarına (2000) göre gıdalardaki 2-8 mg/kg aralığındaki selenyum iyon konsantrasyonu zararlıdır.

## 2.11. Baryum (Ba)

Baryum, yer kabuğunda bol bulunan ağır elementlerdendir. Röntgen uygulamalarında baryum içeren solüsyon ve ilaçlar kullanılır. Bu sebeple özellikle sindirim sistemi sorunları için röntgen çektirenlere baryumlu solüsyon ve ilaçlar içirilir. Havai fişeklerden okullardaki deneylere kadar



çok geniş bir alanda kullanılır. Baryum mineralinin ışıktaki parlama özelliği vardır. Suda çözünen bileşikler oldukça zehirli ve tehlikelidir. Dünyadaki en yaşlı baryum oluşumları Türkiye’de bulunmaktadır. Türkiye’de de bol bulunan baryum, olağandışı bazı özellikler de içerir. Baryum, oldukça yüksek aktifliği olan bir elementtir. Yüksek reaktivitesi sebebiyle element halinde bulunmaz. En çok baryum sülfat minerali barit mineralinde oluşumları vardır. Barit, metalik olmayan minerallerin en ağıdır. Mineralleri, genellikle sıcak su çıkan bölgelerde yoğun olarak görülür. Deniz yosunları, balıklar, bazı bitkiler, toprak ve bazı besinler de baryum içerir. Baryum sülfat; gama ve x ışını yayma özelliğine (radyopak) sahiptir ve tıp sektöründe röntgen uygulamaları, kanser teşhisleri için kullanılır. Röntgen ışınlarını geçirmediği için iç organların röntgen filmleri çekilmeden önce içirilen solüsyonlarda kullanılır. Baryum bileşikler insan ve hayvanlar için tehlikelidir. Suda çözünerek vücuttaki zararlı bileşikler oluşturabilir. Felce ve ölüme yol açabilir. Baryumun yutulması halinde ortaya çıkabilecek bazı olumsuz etkiler şunlardır; beyin, karaciğer, böbrek ve kalp hasarı ve şişmesi, sinir reflekslerini azaltır, solunum gücünü ortaya çıkarır, yüksek tansiyon, kalp ritim bozuklukları, kas zayıflığı, mide tahrişleri ve reflü, iltihaplar, tümörler, kabızlık, yutma zorluğu gibi (ATSDR, 2005; HSDB, 2007).

## 2.12. Titanyum (Ti)

Titanyum ilk olarak maden bilimci ve kimyacı olan William Gregor tarafından 1791 yılında keşfedilmiştir. Dört yıl sonra, Martin Klaproth, Yunan çocuk mitolojisindeki Titans’ların hikayesine dayanarak bulunan bu elemente Titanyum adını vermiştir. Titanyum oksitten titanyum metalini elde etmek için yüz yıldan daha fazla bir süre gerekmiştir (Leyens ve Peters, 2003).  $TiO_2$  gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Titanyum dioksit gıdalarda hem nemi önlemek amacıyla hem de renklendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

$TiO_2$  nanoteknolojide kullanılan önemli maddelerdendir.  $TiO_2$ ’in önemli özelliklerinden bir tanesi de organik yapıları parçalayarak su ve karbondioksit döndürmesidir. Kendiliğinden temizlenen boyalar ve kumaşlarda bu nedenle  $TiO_2$  kullanılmaktadır.

$TiO_2$  metabolizmada kullanılmayan maddedir. Bu nedenle vücutta alınan  $TiO_2$  depolanarak kalmaktadır. Bu sebepten hem nem çekici hem de organik madde parçalayıcılığından dolayı vücudun su dengesini bozmakta ve DNA ipliklerinde tahribatlara sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak da kromozomlar zarar gördüğü için gen yapısı bozmaktadır (Kılıç ve Ragab, 1998).  $TiO_2$  metabolizmaya alındığında vücutta birikmekte ve tüm vücutta dolaşabilmektedir. Böylece hücre içinde her yere saldıran bir yapıdır (Leyens ve Peters, 2003).

### 2.13. Arsenik (As)

Arseniğin eser element olduğuna dair ilk bilgiler 1975 yılında yayınlanmaya başlamıştır. Arseniğin bağırsaktan emilimi, yapısında bulunduğu bileşiklerin çözünebilirliğine bağlı olarak, diffüzyon mekanizması ile gerçekleşmektedir. Arsenik kan içerisinde inorganik olarak ve metilen formunda bulunur. Çünkü Arseniğin vücuttan atılabilir olması için tuz şeklinde olması gerekir. Arsenat metillendirilmeden önce arsenite indirgenir. Metilasyon S-adenosilmetiyonin vasıtasıyla karaciğerde bu işlem gerçekleşir. Arseniğin vücuttan atılımı temelde idrar ile gerçekleşirken daha düşük miktarlarda da ter ve safra ile de atılabilir.

Metabolizmaya arsenik az miktarlarda alınırsa vücutta önemli bir miktarda birikmez. Bir bireyde arsenik en fazla deri, saç ve tırnak da bulunur. Arseniğin eser element olduğu biliniyor olmasına karşın metabolizmadaki görevinin ne olduğu hakkında kesin bir bilgi yoktur. Hayvanlarla yapılan deneylerde arseniğin metilen şeklinin metabolizmada önemli olabileceği ve ayrıca koline benzerliğinden dolayı fosfolipid metabolizması üzerinde etkilerinin olabileceği tahmin edilmektedir (RDA, 1989).

Arsenik gereksinimi ile ilgili çalışmalar yalnızca hayvan deneyleri ile sınırlıdır. İnsanlar için gerekli olan düzey tahminen bir birey için 12-15 µg/gündür. Günlük olarak diyetle alınan arsenik miktarı ise 12-40 µg dır (RDA, 1989).

Günlük olarak besinlerle organik olarak alınan arsenik toksik değildir. Toksik boyutlarda alındığında; hiperpigmentasyon, hiperkeratoz, deskuamasyon, saç dökülmesi, hemapoetik baskılanma, portal siroz, periferel nörit ve kilo düşüştür (Brown, 1990).

### 2.14. Bor (B)

Bor elementi 1910 yılında bitkiler için, 1923 yılında hayvanlar için eser element olarak bilinmektedir. Boron 1981 yılından itibaren ise insanlar için de eser element olarak kabul edilmiştir. İnsanların makro element metabolizmasının düzenlenmesi bakımından öneme sahiptir.

Bor elementinin metabolizmaya emilmesi ve metabolizmada taşınması hakkında ayrıntılı bilgiler oldukça sınırlıdır. Ancak yemek ile alınan bor elementi, sodyum-borat ve borik asit olarak ince bağırsaklardan hızla emilerek metabolizmaya alınır. Vücut için gerekli olan miktarı kullanırken fazlası idrar ile vücuttan atılmaktadır. İnsanlarda ve hayvanlarda steroid hormon metabolizmasını etkilemekte ve metabolizmada makro mineral metabolizmasını etkilemektedir. Metabolizmadaki eksikliği durumunda büyüme geriliği ortaya çıkmaktadır (Brown, 1990).

İnsanlar için gerekli olan minimum bir doz belirlenmemiş olmakla beraber 1 mg/gün civarında olduğu tahmin edilmektedir. Günlük olarak normal diyet ile alınan miktarı 0.5-3.1 mg/gün arasında

değişmektedir. Borun toksik düzeyde alınması sonucu ise bulantı, kusma, ishal, dermatit ve letarji gibi bazı belirtiler ortaya çıkar (RDA, 1989).

### **2.15. Molibden (Mo)**

Molibden, genellikle bitkisel besinlerle alınır. Molibden metabolizmada molibdat ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) olarak ince bağırsaklardan emilir. Besinlerle alınan molibdenin % 25-80 arası bir oranı emilim geçirir. Molibden kanda eritrositler içerisinde taşınır. Molibden vücuda fazla alındığında karaciğer, kemikler ve böbreklerde birikime sebep olur. Kuru ağırlık olarak karaciğerde 3.2 ppm; kasta 0.14 ppm molibden bulunmaktadır.

Metabolizmada molibden bazı enzimlerin yapısına katılır. Ürik asit sentezindeki ksantin oksidaz, kükürt metabolizmasında sülfat oksidaz ve karaciğer detoksifikasyonu sistemlerindeki aldehit oksidaz molibdenli enzimlerdir. Besinlerle, bakırın veya sülfat yapılarının fazla alınması, molibden yetersizliğine veya artan gereksinime yol açar. Yine de, molibden yetersizliği üzerine olan araştırmalar henüz yeterli değildir. Araştırmalarda molibden yetersizliğinde; pürin metabolizmasının aksamaması, antioksidan korumanın azalması, sülfitle duyarlılığın artması ve buna bağlı nörolojik bozuklukların ortaya çıkması ve kanser riskinin artması gibi durumların ortaya çıkması mümkündür. (Üstdal ve ark., 2003).

### **2.16. Sodyum (Na)**

Ekstrasellüler sıvının temel katyonudur. Suda kolay çözünen sodyum tuzları halinde ekmek ve diğer tahıl ürünlerinde; havuç, karnıbahar, kereviz, ıspanak, fındık gibi bitkilerde; yumurta, deniz ürünleri, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal besinlerde bol miktarda bulunmaktadır. Vücuda tuz alımında bir sınırlama olmaması durumunda, günlük olarak 2.4g alınması yeterlidir. Normal bir günlük diyet yaklaşık 8-15 g (130-280 mmol) sodyum içerir. İnsanlar için en önemli sodyum kaynağı sofraya tuzu ( $\text{NaCl}$ )'dur (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

Besinlerle vücuda alınan sodyum iyonunun neredeyse tamamı ince bağırsaktan emilir. Bağırsak hücrelerinin bazolateral membranında  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPaz enzimi ile üç  $\text{Na}^+$  iyonu dolaşıma alınırken hücreye iki  $\text{K}^+$  alınır. Sodyumun vücut için gerekli olanından fazlası idrar ve ter ile vücut dışına atılır (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

### **2.17. Potasyum (K)**

İntrasellüler sıvını temel katyonudur. Sebzelerin hemen hepsinde organik tuzlar halinde (potasyum tartarat, potasyum sitrat gibi) potasyum bulunur. Patates lahanası gibi sebzeler ve kayısı, üzüm, şeftali gibi yemişler potasyum bakımından zengindir. Sütte de çocuklara yetecek kadar potasyum vardır. Ayrıca dana tavuk ve sığır eti sığır karaciğeri bol miktarda potasyum içermektedir. Günlük potasyum gereksinimi 3.5 g (50-150 mmol) kadardır (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

### **2.18. Kalsiyum (Ca)**

Vücutta en çok bulunan beşinci element olan kalsiyum, iskelet sistemi başta olmak üzere yumuşak dokularda ve hücre sıvılarında bulunmaktadır. Erişkin iskeletinde bulunan 1-1.2 kg kalsiyum yaklaşık olarak % 98 hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) kristalleri şeklindedir. Plazmada ki kalsiyumun ortalama % 50 kadarı serbest halde, % 40 kadarı proteinlere bağlı olarak ve % 10 kadarı da bikarbonat, laktat, fosfat ve sitrat benzeri küçük difüze olabilen anyonlar ile kompleks oluşturmaktadır. Proteine bağlı kalsiyumun yaklaşık olarak % 80 kadarı albümin, kalanı ise globulinlere bağlıdır. Proteinlerdeki negatif yüklü kısımlara kalsiyum bağlanması pH bağımlıdır. Negatif yükün ve proteine bağlanmanın armasına yol açan alkaloz, serbest kalsiyumun azalmasına neden olmaktadır. Asidozda ise tam tersi bir durum ortaya çıkmaktadır. Hücre içi sıvılarda bulunan kalsiyumun kalp ve iskelet kaslarının kasılması, hormon salgılanması glikojen metabolizması ve hücre bölünmesini içeren birçok önemli fizyolojik fonksiyonu bulunmaktadır (Onat ve ark., 2006).

### **2.19. Magnezyum (Mg)**

Mg vücutta en bol bulunan dördüncü katyon, hücrede potasyumdan sonra en bol bulunan ikinci katyon olduğu için bir eser element değildir. Hücre içi konsantrasyonu, hücre dışı, konsantrasyonunun yaklaşık 10 kat kadardır. 70 kg ağırlığındaki erişkin insanda 21-28 g Mg bulunmaktadır. Magnezyumun yaklaşık % 60 kadarı kemikte, % 20 kadarı iskelet kasında, % 19 kadarı diğer hücrelerde ve % 1 kadarı ise hücre dışı sıvılardadır. Lökositlerdeki magrimi miktarı, hücre içi Mg düzeyinin bir indeksi olarak değerlendirilmektedir (Onat ve ark., 2006).

Besinlerin magnezyum içeriği değişiklik göstermektedir. Daha çok klorofil içeren sebzelerdir. Deniz ürünleri, fındık ve ceviz gibi kuru yemişler ile tahıllarda, çok daha az miktarlarda ise sıvı ve katı yağlar ile şekerlerde bulunmaktadır. Ayrıca içme suları, özellikle sert sular Mg kaynağıdır (Onat ve ark., 2006).

### **2.20. Silisyum (Si)**

Esansiyel bir element olan silisyumun yetersizliği, hayvanlarda kemik ve kollajen ile ilgili sorunlara sebep olmaktadır. Glikoaminoglikanların ve poliüridinlerin bileşeni olan silisyum, polisakkarid çapraz bağların oluşumunu sağlamaktadır. Kollajene bağlı olarak bulunan Si, elastinin bir bileşenidir. Prolil hidroksilaz, galaktoz-hidroksilzil, glukozil transferaz ve lizil oksidaz gibi kollajenin posttranslasyonel modifikasyonunu katalizleyen enzimlerini silisyum aktiflemektedir. Bakır ve çinko gibi kollajen ile elastinin çapraz bağlanmasında temel rol oynayan silisyumun büyük olasılıkla kemik kalsifikasyonu ile ilişkisi olduğu düşünülmektedir (Onat ve ark., 2006).

### 3. ANALİZ İÇİN NUMUNE HAZIRLAMA METOTLARI

#### 3.1. Numune hazırlama metotları

Numunenin çözünürleştirilmesi analitiksel metodun önemli bir kısmıdır. Bir örneğin içerdiği iz bileşenlerin saptanmasında; ölçümlerde yapılan işlemlerin yanı sıra analitik örnek içinde homojen dağılmamasına sebep olabilecek örnekleme ve numuneyi hazırlama işlemlerinde büyük önem taşımaktadır. Eser elementlerin tayininde hatasız sonuçlara ulaşabilmek sadece analiz metodunun numuneye uygun olması değil numune hazırlama metodunun doğru seçilmesinin önemi büyüktür. Örnek hazırlama tüm analiz süresinin % 61-80'ini oluştururken toplam analiz hatasının yaklaşık % 30'unun da nedenidir (Oliveira, 2003).

Numunenin çözünmesi işlemi elementel analizinden önceki aşama olup, önemli bir bölümdür. Numunenin organik veya anorganik yapıda olması çözünürleştirme tekniği açısından önemlidir. Bazı analitiksel metotlar direkt katı örneklerle uygulanabilir (elektrotermal atomizasyon gibi). Fakat birçok analitik metodu numunenin çözelti formunu gerektirir.

Günümüzde kullanılan çoğu analitik ölçüm; analiz öncesi, örneğin parçalanmasına dayalıdır. Bu amaçla da kuru kül etme, yaş yakma veya mikrodalga parçalama basamaklarına gerek duyulmaktadır. Bu basamaklarda tek başına bir çözücü kullanılabildiği gibi;  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ ,  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$  gibi reaktif karışımları da kullanılabilir (Demirel ve ark., 2008).

##### 3.1.1. Kuru yakma yöntemi

En eski çözünürleştirme tekniğidir. Belirlenecek katyonu içeren örnek çelik bir kroze içine konularak alev ile yakılır. Bu metot da kullanılan krozelerin türü çok önemlidir. Kuartz krozeler asitler için dayanıklı iken bazılar için dayanıklı değildir. Porselen krozeler ile kuartz krozeler benzer özellikler gösterirler. Çelik krozeler ise hem asit hemde bazılara dayanıklı olmalarına rağmen element analizinde kullanılamazlar. Platin krozeler tüm maddelere inert olmalarından dolayı analizlerde tercih edilirler. Ancak platin krozeler çok pahalıdır (Milacic ve Kralj, 2003).

Kuru yakma yöntemi, basit fakat hassas değildir. Bu yöntemde uçucu maddelerin kaybı, seyreltmeden kaynaklı analizde düşük sonuçlar elde etme gibi bazı dezavantajları vardır (İnal ve Kaçar, 2010).

##### 3.1.2. Yaş yakma yöntemi

Eski ve hala çok sık kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde sıvı maddelerin kullanılmasından dolayı yaş yakma metodu denilmiştir. Yaş parçalama yöntemlerinde yükseltgen asitler ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ , der.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) kullanılarak organik yapı parçalanır. Yaş yöntemlerde termal, ultrasonik veya radyasyon enerjisi (infrared, ultraviyole ve mikrodalga) kullanılabilir. Kullanılacak sıvı ortam örneğin içeriğine, boyutuna, organik ya da

inorganik olmasına, uygulanacak analitik tekniğe uygunluğa göre değişmektedir (Oliva ve ark., 2003).

- $H_2SO_4$  kullanarak sıvı ortam hazırlama: Yüksek sıcaklığın gerekli olduğu durumlarda uçuculuğu düşük olduğu için daha çok tercih edilir.
- $HCl$  kullanarak sıvı ortam hazırlama: Oksitli, karbonatlı, fosfatlı ve sülfürlü numunelerin hazırlanmasında etkilidir. Mineral madde içeren numuneler için uygun bir çözücüdür. Bazı yüklü parçacıklar indirgemek için kullanılır.
- $HNO_3$  kullanarak sıvı ortam hazırlama: Arsenik, antimon ve civa sülfürleri çözebildiğinden tercih edilmektedir. Nitrik asit ile parçalama organik numunelerin eser metal içeriklerini tayininden önce sıklıkla yapılır. Bu asit tek başına kullanılarak ya da diğer asitlerle bir karışımı oluşturularak etkin bir çözme işlemi yapılır.
- $HF$  kullanarak sıvı ortam hazırlama: Silikatlar, tantalatlar ve niyobatlar için etkin bir uygulamadır. Hidroflorik asit toksik özelliktedir. Numunenin çözülmesi ve aşırı hidroflorik asitin uzaklaştırılması gibi işlemler çeker ocakta yapılmalıdır.
- $H_2O_2$  kullanarak sıvı ortam hazırlama: Çok etkin bir yükseltgen maddedir. Derişik perklorik asidin sıcak çözeltisi özel olarak yapılmış çeker ocakta hazırlanmalıdır. Çünkü bu asidin sıcak derişik çözeltisinin organik asitlerle veya kolay yükseltgenen inorganik maddelerle teması halinde patlayıcı özelliği vardır (Oliva ve ark., 2003).

### **3.1.3. Mikrodalga yöntemi**

Mikrodalga tekniği ile numunenin çözünür hale getirilmesi, analitik kimyada ilk defa 1975'te Abu Samra ve ark. tarafından biyolojik örneklerin asitlerle hızlı bir şekilde çözünürleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Modern analiz laboratuvarlarında mikrodalga çözünür hale getirme yöntemleri eser ve ultra eser elementlerin analizinde gittikçe yaygınlaşarak kullanılmaktadır (Schiffmann, 1986).

Mikrodalga metotlarında elektromanyetik radyasyon ile parçalama gerçekleşir. Mikrodalgaların polar molekül ile etkileşmesi ile başlayan süreç sonunda; moleküllerdeki dönme hareketleri ve moleküller arası çarpışma ısı üretir. Üretilen bu ısıdaki sıcaklık dağılışı daha homojen olmakta ve yüzeyin aşırı ısınması önlenilmekte böylece üründe oluşabilecek yüzey sertleşmesi gibi bazı olayların ürün kalitesine etki etmesi engellenmiş olacaktır (Schiffmann, 1986).

## **4. ELEMENT ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Element analizinde kullanılan atomik spektroskopik yöntemlerden bazıları şunlardır:

Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS)

Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES)

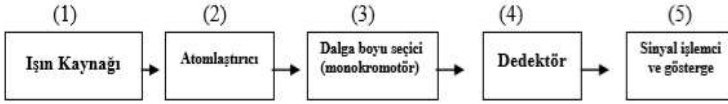
## İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICPOES)

### İndüktif Eşleşmiş Plazma - Kütle Spektrometrisi (ICP-MS)

#### 4.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS)

Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS), element atomlarının kendilerine özgü dalga boylarındaki ışınları absorplamaları prensibine dayanır. Atomların ışını absorplamaları, ilk kez 1814 yılında gözlenmiştir. Atomik absorpsiyon spektroskopisinin temel prensipleri ise, 1860'da Kirchhoff tarafından kurulmuştur. Bununla birlikte, 1953'te Alan Walsh, AAS'nin Ni elementinin analizinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bugün AAS, analitik kimyada en yaygın kullanılan metotlardan birisidir (Özkan, 2007).

İleri teknoloji spektroskopi yöntemlerine göre AAS ucuz, pratik ve kullanımı kolay olması sebebiyle analitik uygulamalarda tercih edilmektedir (Armağan, 2000) Örnekteki molekül veya iyonlardan temel haldeki element atomlarının oluşturması, atomlaştırıcıda gerçekleştirilir (Şekil 4.1). Temel düzeyde bulunan atomların elektromanyetik ışını absorplamalarıyla atomlar, uyarılmış elektronik düzeye geçerler (Özkan, 2007). Buradaki absorpsiyon miktarı temel düzeydeki atom sayısına bağlıdır. Günümüzde 70'den fazla elementin duyarlı olarak tayini AAS ile yapılabilir.



Şekil 4.1. AAS Blok Diyagramı

#### 4.2. Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES)

Atomik Emisyon Spektroskopisi uyarılmış enerji düzeyine çıkan atomların daha düşük enerji düzeylerine geçişlerinde yaydıkları ultra viyole ve görünür bölge ışınlarının ölçülmesi ilkesine dayanır. Atomik Emisyon Spektroskopisi, uyarılmayı sağlayan enerji kaynağının türüne göre isimlendirilir. Örneğin atomlaştırmak ve uyarılmak için alevin kullanıldığı yöntemle alev emisyon spektroskopisi, elektriksel boşaltım ve plazma gibi yüksek enerji kaynağı kullanılan yöntemle atomik emisyon spektroskopisi veya optik emisyon spektroskopisi denir (Yiğenoğlu, 2007).

### 4.3. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES)

İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometri (ICP-OES), AAS'ye göre daha geniş çalışma aralığı, multielement tayin yapabilme özelliği, termal bozunmaya karşı dirençli (refirakter) elementlerin tayininde daha duyarlı sonuç vermesi gibi özellikleriyle, metal tayinlerinde AAS ile birlikte en sık başvurulan tekniktir. ICP hem kalitatif hem de kantitatif elementel analizde yarar sağlayan karakteristik emisyon çizgileri yönünden zengindir (İnal ve Kaçar, 2010).

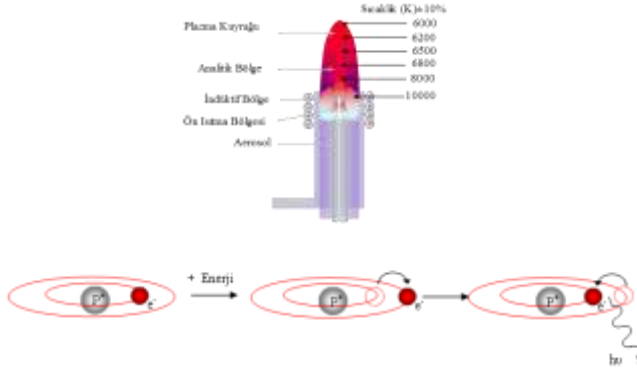
ICP kaynaklarıyla elde edilen gözlenebilme sınırları, diğer atomik spektral işlemlerden elde edilenlerden daha iyidir. Birçok elementin 10 ppb düzeyinde veya daha az düzeyde tayini yapılabilmektedir. Çizelge 1.1'de birkaç spektral yöntemin gözlenebilme sınırları karşılaştırılmıştır (Yılmaz ve ark., 1997).

**Tablo 4.1.** Atomik spektral yöntemlerin gözlenebilme sınırlarının karşılaştırılması (Yılmaz ve ark. 1997)

Yöntem	Verilen derişimlerde tayin edilen element				
	<1 ppb	1-10 ppb	11-100 ppb	100-500 ppb	>500 ppb
ICP	9	32	14	6	0
AES	4	12	19	6	19
AFS	4	14	16	4	6
FAAS	1	14	25	3	14

ICP kaynağı, inert gazlar genellikle argon gazı ile yüksek enerjili ve yüksek frekanslı iyonlaşmış bir plazmayı üretir. Bir numune plazmanın merkezine enjekte edildiğinde, 10000 K sıcaklıktaki plazma, numunedeki elementlerin ayrışma, atomlaşma ve uyarılma işlemlerinin gerçekleşmesini sağlar (Şekil 4.2). Spektrometre özgün frekansları farklı dalga boylarına ayırabilme ve nicel sonuç alabilmeyi sağlar (Yiğenoğlu, 2007). ICP-OES ve ICP-MS tekniklerinin her ikisinde de örnek, plazma alevinde 6000-10000 K'de atomize edilir ve uyarılır (Şekil 4.3). Önce ICP-OES ile emisyon spektrumu görüntülenir.



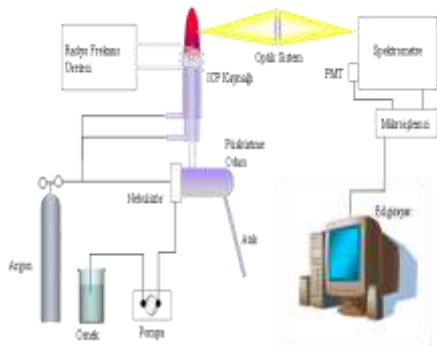


**Şekil 4.2.** ICP’de plazma oluşum aşamaları, sıcaklık değişimi ve analitik bölge (Montaser ve Golightly, 1992).



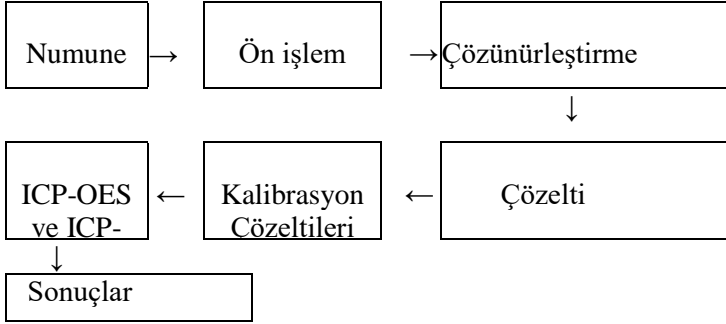
**Şekil 4.3.** Plazmanın görünüşü (Montaser ve Golightly, 1992).

Numune çözeltisi bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilir. Plazmaya sıvı ve katı numuneleri vermek için diğer bir yöntem, elektrotermal buharlaştırmadır. Oluşan buhar argon gazı akışıyla plazma hamlacına taşınır. Gözlenen sinyal, elektrotermal atomik absorpsiyonda elde edilen piklere benzer geçişli bir piktir. Böylece ICP ile plazma hamlacı ve eşleşmiş elektrotermal buharlaştırma ile çok az miktarda numuneye çoklu element tayini yapılması mümkün olabilir (Şekil 4.4) (Montaser ve Golightly, 1992).



**Şekil 4.4.** ICP-OES cihazı şematik gösterimi (Montaser ve Golightly, 1992).

ICP-OES cihazıyla metal analizinde gerçekleştirilen işlem basamakları Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. ICP-OES cihazında analiz basamakları.

Öncelikle analiz edilecek olan numune cihaza uygun hale getirilmelidir. Bunun içinse uygun ön işlem metodu seçilerek çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilir. Bu çalışmada numunelere üç ayrı ön işlem metotları da uygulanmıştır ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Daha sonra elementlerin miktar tayini için öncelikle cihazlarda miktar tanımlaması yapılması gerekmektedir. İstenilen ppm’de ya da ppb’de çözeltiler hazırlanarak cihaz kalibre edilir. Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu ölçülür. Yani seçilen dalga boyundaki ışık dedektöre iletilir ve ışın şiddeti ölçülür. Böylece örnek içerisindeki element derişimleri ölçülebilir. Bu işlem her bir element veya dalga boyu için tekrarlanır (Montaser ve Golightly, 1992).

#### 4.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma - Kütle Spektrometrisi (ICP-MS)

İndüktif Eşleşmiş Plazma - Kütle Spektrometrisinin analiz kapasitesinin yüksek oluşu ve ultra eser analizleri için kullanışlı olması dolayısıyla standart yöntem haline gelmiştir (Deveci, 2012)

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma– Mass Spectrometer), indüktif eşleşmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometrisi (MS) şeklinde iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 4.6). ICP-MS örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya genellikle argon gazı gönderilerek moleküler bağların kırıldığı, atomların iyonlaştırıldığı bir tekniktir. Numune genel olarak bir solüsyon halinde giriş sistemi aracılığıyla nebulizöre ve sprey odacığına sunulur. Burada yüksek hızlı argon akışı sayesinde numune solüsyonu sisleştirilir. Sadece çok küçük damlacıklar argon plazmasına taşınır, diğerleri doğrudan atığa geçer. 6000 K sıcaklıklardaki plazma örneği buharlaştırır ve iyonize eder. İyon akışı atmosferik basınçtan yüksek vakumlu bir ortama gider. Sonra iyon akımı iyon lensleri aracılığıyla quadropola odaklanarak kütle filtresine yönlendirilir. İyonlar kütle spektrometrede kütle yük oranına göre ayrılırlar ve dedektör tarafından ölçülürler (Kandemir, 2013).



**Şekil 4.6.** ICP-MS cihazı.

ICP MS teknolojisi sayesinde katı veya sıvı örneklerde 76 element aynı anda çok düşük konsantrasyonlarda hassas ve hızlı bir biçimde analiz edilebilmektedir. Niceliksel analizlerde pek çok element için ölçüm sınırı ppb ve altı düzeydedir (Kandemir, 2013).

## **5. KAYNAKLAR**

- Aksoy, M., (2011). Beslenme Biyokimyası, 3.Baskı, Ankara, 703s.
- Anonim, (2009). Drinking Water Contaminants, United States Environmental Protection Agency EPA, Washington. 816-F-09-0004.
- Armağan, F. (2000). Kolonda Katı Faz Özütleme ile Bazı Eser Elementlerin Zenginleştirilmesi.  
Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ATSDR, (2005). Toxicological profile for barium and barium compounds (draft for public comment). U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Brown, M. L., (1990), Present Knowledge in Nutrition, 6th edition, edited by. International Life Sciences Institute-Nutrition Foundation (USA).
- Cavallo, F., Gerber, M., Marubini, E., et al., (1991), Zinc and copper in breast cancer, a joint study in northern Italy and Southern France. *Cancer*. 67: 738-745.
- Chen, Z., Meng, H., Xing, G., Chen, C., Zhao, Y., Jia, G., Wang, T., Yuan, H., Ye, C., Zhao, F., Chai, Z., Zhu, C., Fang, X., Ma, B. & Wan, L., (2006) Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. *Toxicological Letters*, 163(2): 109-120.
- COMA, (1991). Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values, Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy. HMSO, London.
- Davidson, T., Kluz, T., Burns, F., Rossman, T., Zhang, Q., Uddin, A., Nadas, A. & Costa, M., (2004) Exposure to chromium (IV) in the drinking water increases susceptibility to UV-induced skin tumors in hairless mice, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 196: 431-437.
- Demirel, S., Tüzen, M., Saraçoğlu, S. & Soylak, M., (2008). Evaluation of various digestion procedures for trace element contents of some food materials. *Journal of Hazardous Materials*, 152: 1020-1026.
- Denkhaus, E. & Salnikow, K. (2002). Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity, *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42: 35-56.
- Deveci, T. (2012). Gaziantep'te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP – MS ile Tayini. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. S:17.

- Dural, M., Göksu, M.Z., & Özak, A.A., (2007), Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon, *Food Chemistry*, 102: 415-421.
- Dünya Sağlık Örgütü (1982a). Toxicological evaluation of certain food additives, Joint FAO/WHO expert committee on food additives, WHO food additives series Geneva. No: 7.
- Dünya Sağlık Örgütü (1982b). Evaluation of certain food additives and contaminants, Technical report series Geneva. No: 683.
- EC., (2006). Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, Commission Regulation No:1881, 2006.
- Emre, Y., Kürüm, V., (1998). Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri, Ankara, 1: 215-217.
- FAO (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fisheries products, Food and Agriculture Organization, Fish Circ No: 464.
- Fosmire, G.J., (1990), Zinc Toxicity, *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 51: 225-227.
- Föstner, U., Wittman, G.T.W., (1983), *Metal Pollution in the Aquatic Environments*. Springer Verlag, Berlin, Germany. 486p.
- Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M.H. Shams, A. (2010). Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. *Food Chem.* 118: 525p.
- Goldscmidt, V.M. (1958). *Geochemistry*. Oxford Univ. Pres, London, 730.
- Gürdöl, F., & Ademoğlu, E. (2010). *Biyokimya. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul/Türkiye.* 2: 475-478.
- He, Z.P., Song, J.M., Zhang, N.X., Zhang, P., & Xu, Y.Y., (2009). Variation characteristics and ecological risk of heavy metals in the south Yellow Sea surface sediments. *Environ. Monit. Assess.* 157:515-528.
- HSDB. (2007). Barium, elemental. Hazardous Substances Data Bank. National Library of Medicine. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. October 16, 2007
- İnal, A., & Kaçar, B., (2010). *Bitki Analizleri*, Nobel Akademi Yayıncılık, Ankara, 1- 912.
- İngiliz Sağlık Departmanı. (1991). Committee on Medical Aspects of Food Policy, Dietary Reference Values For Food Energy and Nutrients in the United Kingdom. Report on health and Social Subjects. London. No: 41.
- Kandemir, E., (2013). *İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Uygulama Alanları. Yüksek Lisans Semineri*.
- Kanışkan, N., Açıkalp, E., Caner, N., & Güven, A. (1996). *Temel Kimya*, Ed.: Zor, L., Anadolu Üniversitesi Yayınları. Eskişehir. No: 672.
- Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., & Nastis, A. (2008). Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. *Bioresource Technology*, 99: 8578-8584.
- Kaya, S., & Akar, F., (1998). *Herbisidler*, "Kaya S. ve ark.(eds): Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji, 1. baskı kitabında s. 272 Medisan Yayınevi, Ankara,
- Kılıç, B. A., & Ragab A., (1998). Interlökin-6 geni baskılanmış transgenik farelerde titanyum partiküllerinin osteolitik etkilerinin değerlendirilmesi *Acta Orthop Traumatol Turc*, 32: 215-218.
- Köse, E. (2007). *Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi)*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı.pp. 1583-1592
- Leyens, C., & Peters, M. (2003). *Titanium and titanium alloys*, Wiley-VCH, 2003.
- Mc Neely, R.N., Dwyer, L., & Neimanis, V.P. (1979). *Water Quality Sorcebook- Aguide to Water Quality Parameters : Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa Canada*, 88.

- Mertz, M. (1981). The Essential Trace Elements, *Science*, 213: 1332-1338.
- Minganti, V., Drava, G., De Pellegrini, R. & Siccardi, C. (2010). Trace elements in farmed and wild gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 2022-2025.
- Milacic, R. & Kralj, B. (2003). Determination of Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr in Some Slovenian Food Stuffs. *European Food Research and Technology* 217:211-214,
- Montaser, A., & Golightly, D.W. (Editörler). (1992). *Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry*. VCH Publishers, 1-1040,
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Singh, R.B., & Mishra, S. (2010) Effect of toxic metals on human health, *The Open Nutraceuticals Journal*, 3: 94-99.
- Oğuz, A.R., & Yeltekin, A.Ç. (2014). Metal Levels in the Liver, Muscle, Gill, Intestine, and Gonad of Lake Van Fish (*Chalcalburnus tarichi*) with Abnormal Gonad. *Biol Trace Elem Res*. 159: 219-223.
- Oliveira, E. (2003). Sample preparation for atomic spectroscopy: Evolution and Future Trends. *Journal of The Brazilian Chemical Society*., 14(2): 174-182.
- Oliva, S. R., Raitio, H., & Mingorance, M. D. (2003). Comparison of Two Wet Digestion Procedures for Multi-element Analysis of Plant Samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34: 2913-2923.
- Onat, T., Emerk, K., & Sözmen, E.Y. (2006). İnsan Biyokimyası. Palme Yayıncılık. Ankara/ Türkiye.2: 606-607.
- Patterson, K.Y., Holbrook, J.T., Bodner, J.E., Kelsay, J.L., Smith, J.C., & Veillon, C., (1984). Zinc, copper, and manganese intake and balance for adults consuming self-selected diets, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 40: 1397-1403.
- Plum, L.M., Rink, L., & Haase, H., (2010). The essential toxin: Impact of zinc on human health, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7: 1342-1365.
- RDA. (1989). (Recommended Dietary Allowances), 10th edition, Food and Nutrition Board Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAS, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, National Research. Council;1989
- Schiffmann, R.F. (1986). Food Product Development for Microwave Processing. *Food Technology*, 40(6): 94-98.
- Smit, A.H., & Steinmaus, C.M., (2009). Health effects of arsenic and chromium in drinking water: Recent Human Findings, *Annual Review of Public Health*, 30: 107-122.
- Üstüdal, K. M., Karaca, L., Türmöz, Y., Testereci, H., Kuş, S., & Paşaoğlu, H., (2003). *Biyokimya*. Medipres Matbacılık Yayıncılık. Malatya/Türkiye 1: 174-175.
- Viñas, P., Pardo-Martínez, M., & Hernández-Córdoba, M., (2000). Rapid determination of selenium, lead and cadmium in baby food samples using electrothermal atomic absorption spectrometry and slurry atomization, *Analytica Chimica Acta*, 412: 121-130.
- Waalkes, M.P., Anver, M.R., & Diwan, B. A., (1999). Chronic Toxic and Carcinogenic Effects of Oral Cadmium the Noble Rat: Induction of Neoplastic and Proliferative Lesions of the Adrenals, Kidney, Prostate and Testes *J Toxicol Environ Health*, 58: 199-214.
- World Health Organization (WHO). (1984). *Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information* : WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335.
- Yeltekin, A.Ç., & Oğuz A.R., (2017). The Variations in The Levels of Some Metals in The Different Tissues of Van Fish (*Alburnus Tarichi*, Guldenstadt 1814) According to Gender and Weight, *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.26, pp.864-871.
- Yılmaz, A., Genç, O., & Bektaş, A., (1997). Enstrümental Analiz Yöntemleri. Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Hacettepe Üniversitesi, Ankara,

- Ysart, G., Miller, P., Croasdale, M., Crews, H., Robb, P., Baxter, M., L'argy, C., & Harrison, N. (2000). 1997 UK Total diet study – dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc, *Food Additives and Contaminants*, 17(9): 775-786.
- Yiğenoğlu, A. (2007). Eser Element Tayini ile Ban otu Bitkisinin Yetiştiği Bölgenin Tahmini, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

## **MATHEMATICS**





# GRUPLAR ÜZERİNDE KUADRATİK MODÜLLER

## *Quadratic Modules on Groups*

**Koray YILMAZ\* & Elis SOYLU YILMAZ\*\***

### Giriş

Çaprazlanmış modül kavramı 2-boyutlu cebirsel model olarak Whitehead tarafından tanımlanmıştır (Whitehead, 1949). Çaprazlanmış kare tanımı ise Loday ve Guin-Walery tarafından 3-tip bağlantılı homotopi modellemesi verilmiştir (Guin-Walery, 1981). Çaprazlanmış  $n$ -küp ise  $(n+1)$ -tip bağlantılı homotopi tanımını oluşturur. Conduche 3-tip bağlantılı homotopi modeline denk olarak 2-çaprazlanmış modül tanımını vermiştir (Conduché, 1984). Conduche ayrıca bir çaprazlanmış kareden 2-çaprazlanmış modül elde etmiştir. Baues ise toplamsal nilpotentlik şartlarını sağlayan 2-çaprazlanmış modül olarak kuadratik modül (Baues, 1991) tanımını vermiştir. Bir kuadratik modül bağlantılı 3-boyutlu bir nilpotent cebirsel modeldir. Birinci bölümde kuadratik modüllerin tanımlarını vereceğiz. İkinci bölümde kuadratik modüllerin diğer homotopi 3-tip yapılarla olan kategoriksel ilişkisini vereceğiz. Son bölümde 2-kuadratik modüllerin tanımını, mevcut ve muhtemel kategoriksel ilişkilerini vereceğiz.

### 1. Kuadratik Modüller

**Tanım:**  $C_1$  ve  $C_0$  iki grup ve  $C_0$  grubunun  $C_1$  grubu üzerine grup etkisi olsun.  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  bir grup morfizmi olmak üzere her  $c_1, c'_1 \in C_1$  ve her  $c_0 \in C_0$  için

$$\text{CM1. } \delta(c_0 c_1) = c_0 \delta(c_1) c_0^{-1}$$

$$\text{CM2. } c_1 \delta(c'_1) = c_1 c'_1 c_1^{-1}$$

---

\* (Dr. Öğr. Üyesi) Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye. Email: [koray.yilmaz@dpu.edu.tr](mailto:koray.yilmaz@dpu.edu.tr)

\*\* (Arş. Gör. Dr.) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye. Email: [esoylu@ogu.edu.tr](mailto:esoylu@ogu.edu.tr)

şartlarını sağlıyorsa  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  morfizmine çaprazlanmış modül denir. Eğer sadece CM1. şartını sağlıyorsa ön-çaprazlanmış modül denir. Burada CM2. şartına özel olarak Peiffer şartı denir (Whitehead,1949).

### Örnekler:

- $C_1$  grubu  $C_0$  grubunun normal alt grubu olmak üzere

$$i: C_1 \rightarrow C_0$$

$$c_1 \mapsto c_1$$

içine morfizmi eşlenik etki ile çaprazlanmış modül olur.

- $C$  bir grup ve  $\text{İç}(C)$   $C$  grubunun otomorfizmler grubu olmak üzere

$$\Phi: C \rightarrow \text{İç}(C)$$

$$c \mapsto I_c$$

bir çaprazlanmış modül olur.

Kuadratik modül tanımını vermeden önce birtakım ön bilgileri verelim.  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  bir ön çaprazlanmış modül olsun ve  $P_n$ ,  $C_1$  grubunun boyu  $n$  olan peiffer komütatörler tarafından üretilen altgrubu olsun. Böylece  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülünün alt peiffer serileri

$$\dots P_{n+1} \subset P_n \subset \dots \subset P_1 = C_1$$

elde edilebilir. Eğer  $P_{n+1} = \{1\}$  ise  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülünün nilpotentlik sınıfı  $n$  dir denir. Kısaca  $\delta$  morfizmine nil(n)-modül denir.

Bir  $C$  grubu için

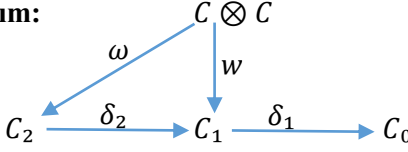
$$C^{ab} = C/[C, C]$$

ifadesine  $C$  grubunun abelyenleştirilmesi ve

$$\delta^{cr}: C_1^{cr} = C_1/P_2 \rightarrow C_0$$

ifadesine  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülüne ilişkili olan çaprazlanmış modül denir.

**Tanım:**



grup homomorfizmlerinin diyagramı

QM1.  $\delta_1: C_1 \rightarrow C_0$  bir nil(2)-modüldür. Burada  $C = (C_1^{cr})^{ab}$ ,  $C_1^{cr} \rightarrow C_0$  modülüne ilişkili olan abelyenleştirme ve  $C_1 \twoheadrightarrow C$ ,  $c_1 \mapsto \{c_1\}$  şeklinde tanımlıdır.

QM2.  $\delta_2$  ve  $\delta_1$  dönüşümleri için  $\delta_2 \delta_1 = 1$  ve her  $a, b \in C_1$  için

$$\delta_2 \omega(\{a\} \otimes \{b\}) = w(\{a\} \otimes \{b\}) = \langle a, b \rangle;$$

QM3.  $C_2$  bir  $C_0$ -gruptur ve  $C_0$ -grubunun  $C_2$  üzerine etkisi için

$c_2 \in C_2$ ,  $c_0 \in C_0$  için,

$$c_2 \cdot \delta_1(c_1) = \omega(\{\delta_2(c_2)\} \otimes \{c_1\} + \{c_1\} \otimes \{\delta_2(c_2)\});$$

QM4.  $x, y \in C_2$  için,

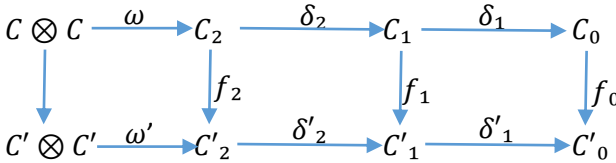
$$\omega(\{x\} \otimes \{y\}) = [y, x]$$

şartlarını sağlıyorsa  $(C \otimes C, C_2, C_1, C_0, \omega, w)$  yapısına kuadratik modül denir ve kısaca  $(\omega, \delta_2, \delta_1)$  ile gösterilir.

$(\omega, \delta_2, \delta_1)$  ve  $(\omega', \delta'_2, \delta'_1)$  birer kuadratik modül olmak üzere

$$\varphi = (f_2, f_1, f_0): (\omega, \delta_2, \delta_1) \rightarrow (\omega', \delta'_2, \delta'_1)$$

üçlü dönüşümü için



diyagramı değişmeli  $(f_1, f_0)$  bir ön çaprazlanmış modül morfizmi,  $f_2$

$n$ -değişik bir homomorfizm oluyorsa  $\varphi = (f_2, f_1, f_0)$  dönüşümüne bir kuadratik modül morfizmi denir. Kuadratik modüller kategorisini **Kuad**

ile göstereceğiz.

**Tanım:**  $(C \otimes C, C_2, C_1, C_0, \omega, w)$  ve  $(C' \otimes C', C'_2, C'_1, C'_0, \omega', w')$  birer kuadratik modül olmak üzere eğer,

- i.  $C'_1, C_1$  in alt grubu ve  $C'_2, C_2$  nin alt grubu,
- ii.  $\delta_1: C'_1 \rightarrow C'_0, \delta_1: C_1 \rightarrow C_0$  nil(2)-modülünün bir nil(2) alt modülü,
- iii.  $C'_2$  nin  $C'_1$  üzerine  $C'_0$  ile olan etkisi,  $C_2$  nin  $C_1$  üzerine  $C_0$  ile olan etkisinin indirgenmesi
- iv.  $\phi: (C' \otimes C', C'_2, C'_1, C'_0, \omega', w') \rightarrow (C \otimes C, C_2, C_1, C_0, \omega, w)$  şeklinde bir kuadratik modül morfizmi mevcut

ise  $(C' \otimes C', C'_2, C'_1, C'_0, \omega', w')$  yapısına  $(C \otimes C, C_2, C_1, C_0, \omega, w)$  kuadratik modülünün alt kuadratik modülü denir.

**Örnek:**  $\sigma: C \otimes C \rightarrow C \otimes C \rightarrow C_1 \rightarrow C_0$  bir kuadratik modül olmak üzere  $C'_1, C_1$  in normal alt grubu  $C'_0, C_0$  ın alt grubu olsun. Bu durumda

$$\sigma': C' \otimes C' \rightarrow C' \otimes C' \rightarrow C'_1 \rightarrow C'_0$$

yapısı  $\sigma$  kuadratik modülünün bir alt kuadratik modülü olur.

## 2.Kuadratik Modüllerin Kategoriksel İlişkileri

Baues kuadratik modülleri tanımlamadan önce Conduché (Conduché, 1984), 2-çaprazlanmış modülleri 3-tip homotopilere karşılık gelen yapı olarak tanımlamıştır. Şimdi 2-çaprazlanmış modül tanımını Conduché'nin tanımını denk olarak verelim.

**Tanım:**

$$C_2 \xrightarrow{\delta_2} C_1 \xrightarrow{\delta_1} C_0$$

grupların bir kompleksi ve  $C_0$  grubunun  $C_1$  ve  $C_2$  grupları üzerine etkisi olsun.  $\{\cdot, \cdot\}: C_1 \times C_1 \rightarrow C_2, C_0$ -eşdeğişik fonksiyonu her

$c_0 \in C_0, c_1, c'_1, c''_1 \in C_1, c_2, c'_2 \in C_2$  için;

$$2CM1. \delta_2\{c_1, c'_1\} = (\delta_1^{c_1} c'_1) c_1 (c'_1)^{-1} (c_1)^{-1}$$

$$2CM2. \{\delta_2 c_2, \delta_2 c'_2\} = [c_2, c'_2]$$

$$2CM3. i. \{c_1 c'_1, c''_1\} = \delta_1^{c_1} \{c'_1, c''_1\} \{c_1, c'_1 c''_1 (c'_1)^{-1}\}$$

$$ii. \{c_1, c'_1 c''_1\} = \{c_1, c'_1\}^{c_1 c'_1 (c_1)^{-1}} \{c_1, c''_1\}$$

$$2CM4. \{c_1, \delta_2 c_2\} \{\delta_2 c_2, c_1\} = \delta_1^{c_1} c_2 c_2^{-1}$$

$$2CM5. {}^{c_0}\{c_1, c'_1\} = \{c_0 c_1, c_0 c'_1\}$$

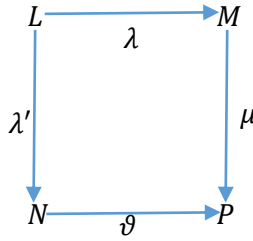
şartlarını sağlıyorsa  $(C_2, C_1, C_0, \delta_2, \delta_1)$  yapısına 2-çaprazlanmış modül denir.

Burada  $\{\cdot, \cdot\}: C_1 \times C_1 \rightarrow C_2$  fonksiyonuna özel olarak Peiffer lifting dönüşümü denir. 2-Çaprazlanmış modüllerin morfizmi benzer şekilde tanımlanır. Böylece 2-Çaprazlanmış modüllerin kategorisi **2CMOD** elde edilir. Arvasi ve Ulualan (Arvasi & Ulualan , 2006) çalışmalarında herhangi bir 2-çaprazlanmış modülden bir kuadratik modül elde etmişlerdir. Yani 2-Çaprazlanmış modüllerin kategorisinden Kuadratik modüller kategorisine bir fonktor tanımlanmıştır.

### **2CMod** $\rightarrow$ **Kuad**

Arvasi ve Ulualan ayrıca çaprazlanmış kareler ve simplisel gruplardan ve örgülü regüler çaprazlanmış modüllerden kuadratik modüllere fonktor tanımlanmıştır.

**Tanım:** Grupların ve grup homomorfizmlerinin komütatif diyagramı



ve  $P$  grubunun  $L, M$  ve  $N$  grupları üzerine sol etkisi var olsun. Burada  $M$  grubunun  $\mu$  morfizmi ile  $L$  ve  $N$  üzerine etkisi ve  $N$  grubunu  $\vartheta$  morfizmi ile  $L$  ve  $M$  üzerine etkisi vardır. Ayrıca  $h$ -dönüşüm olarak bilinen

$$h: M \times N \rightarrow L$$

olmak üzere her  $m, m' \in M, n, n' \in N, r \in R, l \in L, k \in \mathbf{k}$  için aşağıdaki aksiyomlar sağlanıyorsa yukarıdaki diyagrama çaprazlanmış kare denir.

1.  $\lambda, \lambda', \mu, \vartheta$  dönüşümleri ve  $\mu\lambda' = \vartheta\lambda$  bileşkesi birer çaprazlanmış modüldür,
2.  $h(mm', n) = h({}^m m', {}^m n)h(m, n)$ ,
3.  $h(m, nn') = h(m, n)({}^n m, {}^n n')$ ,
4.  $\lambda h(m, n) = m^n n^{-1}$ ,
5.  $\lambda' h(m, n) = {}^m n n^{-1}$ ,
6.  $h(\lambda l, n) = l^n l^{-1}$ ,
7.  $h(m, \lambda' l) = {}^m l l^{-1}$ ,

$$8. h({}^p m, {}^p n) = {}^p h(m, n).$$

Çaprazlanmış karelerin kategorisini  $\mathbf{Crs}^2$  ile göstereceğiz. Brown ve Gilbert (Brown & Gilbert, 1989) çalışmalarında örgülü regüler çaprazlanmış modüller kategorisini bir homotopi 3-tip model olarak tanımlamış ve bu kategorinin 2-Çaprazlanmış modüller kategorisine denk olduğunu göstermişlerdir.

**Tanım:**

$$C: C_2 \xrightarrow{\delta} C_1 \begin{array}{c} \xrightarrow{s} \\ \xleftarrow{t} \end{array} C_0$$

diyagramı grupoidlerin regüler çaprazlanmış modül olsun.

$$\{\cdot, \cdot\}: C_1 \times C_1 \rightarrow C_2$$

örgü dönüşümü her  $a, a', b, b' \in C_1, x, y \in C_2$  ve  $p, q \in C_0$  için ;

B1.  $\{a, b\} \in C_2((ta), (tb)), \{1_e, b\} = 1_{tb}, \{a, 1_e\} = 1_{ta}$  (Burada  $1_e \in C_1(e)$  birim morfizm ve  $e \in C_0$  birim eleman)

$$B2. \{a, b \circ b'\} = \{a, b\}^{ta \cdot b'} \circ \{a, b'\}$$

$$B3. \{a \circ a', b\} = \{a', b\} \circ \{a, b\}^{a' \cdot tb}$$

$$B4. \delta\{a, b\} = (ta \cdot b)^{-1} \circ (a^{-1} \cdot sb) \circ (sa \cdot b) \circ (a \cdot tb)$$

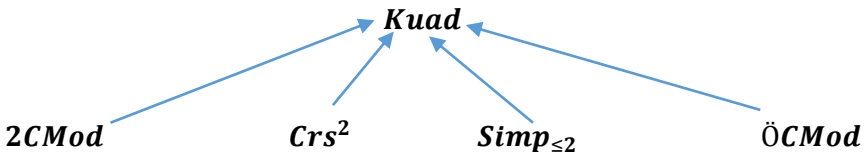
$$B5. \{a, \delta y\} = (ta \cdot y)^{-1} \circ (sa \cdot y)^{a \cdot q} : y \in C_2(q)$$

$$B6. \{\delta x, b\} = ((x \cdot sb)^{p \cdot b})^{-1} \circ (x \cdot tb)^{a \cdot q} : x \in C_2(p)$$

$$B7. p \cdot \{a, b\} = \{p \cdot a, b\}, \{a, b\} \cdot p = \{a, b \cdot p\}, \\ \{a \cdot p, b\} = \{a, p \cdot b\}$$

şartlarını sağlıyorsa  $C$  yapısına örgülü regüler çaprazlanmış modül denir. Morfizmleri 2-çaprazlanmış modüllere benzer olarak tanımlanır. Böylece örgülü regüler çaprazlanmış modüllerin kategorisi  $\mathbf{\ddot{O}CMod}$  elde edilir.

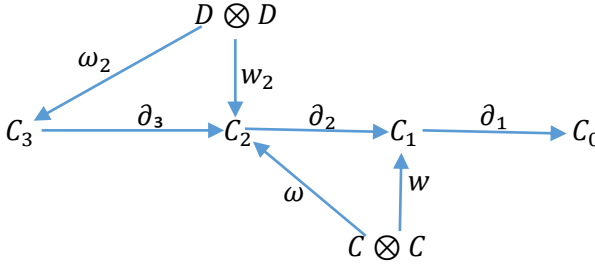
Sonuç olarak kategoriler arasında aşağıdaki diyagramı elde ederiz.



## 2-Kuadratik Modüllerin Kategoriksel İlişkileri

Conduché nin 2-çaprazlanmış modülleri tanımlamak için kullandığı simplisel methodları kullanarak Arvasi (Arvasi & Ulualan , 2006) 3-çaprazlanmış modülleri, benzer şekilde Ulualan ve Atik (Ulualan & Atik, 2014) 2-Kuadratik modülleri homotopi 4-tip cebirsel modeller olarak tanımlamışlardır.

### Tanım:



$D = (C_2^{cr})^{ab}$  ve  $C = (C_1^{cr})^{ab}$  olmak üzere grupların ve grup homomorfizmlerinin diyagramı verilsin.  $C_0$  nin  $C_3, C_2, C_1$  üzerine,  $C_1$  nin  $C_3$  ve  $C_2$  üzerine,  $C_2$  nin  $C_3$  üzerine etkisi olsun.

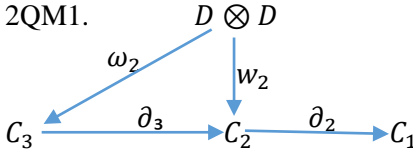
$$\omega_0: D \otimes D \rightarrow C_3, \quad \omega_1: D \otimes D \rightarrow C_2, \quad \omega_2: D \otimes D \rightarrow C_3,$$

$$\omega: C \otimes C \rightarrow C_2, \quad w: C \otimes C \rightarrow C_1, \quad w_2: D \otimes D \rightarrow C_2,$$

$$\varphi_0: D \otimes C \rightarrow C_3, \quad \varphi_1: C \otimes D \rightarrow C_3, \quad \varphi_2: C \otimes D \rightarrow C_3$$

$C_1, C_0$  eş-değişik lifting morfizmleri 2-kuadratik dönüşümler olarak adlandırılır. Her  $c_1, c_1' \in C_1, c_2, c_2' \in C_2$  ve  $c_3, c_3' \in C_3$  için;

2QM1.



$\omega_2$  kuadratik dönüşümü ile bir kuadratik modüldür.

2QM2.  $\partial_1: C_1 \rightarrow C_0$  bir nil(2)-modüldür ve

$$\partial_2 \omega(\{c_1\} \otimes \{c_1'\}) = w(\{c_1\} \otimes \{c_1'\}) = [c_1, c_1'],$$

$$2QM3. \varphi_2^{-1} \varphi_1(\{c_1\} \otimes \{\partial_3 c_3\}) = \varphi_0(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{c_1\}) c_3^{\partial_1 c_1} c_3^{-1},$$

$$2QM4. \varphi_0(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{c_1\}) = c_1 c_3 (c_3)^{-1},$$

$$2QM5. \varphi_0(\{c_2\} \otimes \{\partial_2 c_2'\}) = \omega_2(\{c_2\} \otimes \{c_2'\})^{-1} \omega_1\{c_2\} \otimes \{c_2'\},$$

$$2QM6. \varphi_1^{-1} \varphi_2(\{\partial_2 c_2\} \otimes \{c_2'\}) = ({}^{[c_2', c_2]} \omega_2(\{c_2\} \otimes \{c_2'\})) \omega_1\{c_2\} \otimes \{c_2'\},$$

$$2QM7. \partial_3 \omega_1(\{c_2\} \otimes \{c_2'\}) = [c_2, c_2'] \omega(\{\partial_2 c_2\} \otimes \{\partial_2 c_2'\}),$$

$$2QM8. a. \omega(\{\partial_2 c_2\} \otimes \{c_1\}) = c_2^{c_1} c_2^{-1} \partial_3(\varphi_0(\{c_2\} \otimes \{c_1\})),$$

$$b. \omega(\{c_1\} \otimes \{\partial_2 c_2\}) = {}^{c_1} c_2^{\partial_1 c_1} (c_2)^{-1} \partial_3(\varphi_1^{-1} \varphi_2(\{c_1\} \otimes \{c_2\})),$$

$$2QM9. \omega_1(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{c_2\} \{c_2\} \otimes \{\partial_3 c_3\}) = \omega_0(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{c_2\}) = 1,$$

$$2QM10. \omega_1(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{\partial_3 c_3'\}) = [c_3', c_3],$$

$$2QM11. \varphi_0(\{\partial_3 c_3\} \otimes \{\partial_2 c_2\}) \varphi_1 \varphi_2(\{\partial_2 c_2\} \otimes \{\partial_3 c_3\}) = 1$$

sağlanıyorsa bu diyagrama 2-kuadratik modül denir. Kısaca  $(C_3, C_2, C_1, C_0, \omega_2, \omega)$  ile gösterilir.  $(C_3, C_2, C_1, C_0, \omega_2, \omega)$  ve  $(C_3', C_2', C_1', C_0', \omega_2', \omega')$  birer 2-kuadratik modül olsun.

$(f_0, f_1, f_2, f_3): (C_3, C_2, C_1, C_0, \omega_2, \omega) \rightarrow (C_3', C_2', C_1', C_0', \omega_2', \omega')$  bir 2-kuadratik modül morfizmi olması için,

$$\begin{array}{ccccccc} D \otimes D & \xrightarrow{\quad} & C_3 & \xrightarrow{\partial_3} & C_2 & \xrightarrow{\partial_2} & C_1 & \xrightarrow{\partial_1} & C_0 \\ \downarrow \Phi_* \times \Phi_* & & \downarrow f_3 & & \downarrow f_2 & & \downarrow f_1 & & \downarrow f_0 \\ D' \otimes D' & \xrightarrow{\quad} & C_3' & \xrightarrow{\partial_3'} & C_2' & \xrightarrow{\partial_2'} & C_1' & \xrightarrow{\partial_1'} & C_0' \end{array}$$

diyagramının değişmeli olması ve

(1) Her  $c_0 \in C_0, c_1 \in C_1$  için,

$$f_1({}^{c_0} c_1) = {}^{f_0(c_0)} f_1(c_1), f_2({}^{c_0} c_2) = {}^{f_0(c_0)} f_2(c_2), f_3({}^{c_0} c_3) = {}^{f_0(c_0)} f_3(c_3)$$

(2) Her  $a, b \in c_2, i = 0, 1, 2$  için,

$$\omega'_i(\{f_2 a\} \otimes \{f_2 b\}) = f_3 \omega_i(\{a\} \otimes \{b\}),$$

(3) Her  $a \in C_1, b \in C_2$  ve  $i = 1, 2$  için,

$$\Phi_i(\{f^1 a\} \otimes \{f^2 b\}) = f^3 \Phi_i(\{a\} \otimes \{b\}),$$

(4) Her  $a \in C_2, b \in C_1$  için,

$$\Phi_0(\{f_2 a\} \otimes \{f_1 b\}) = f_3 \Phi_0(\{a\} \otimes \{b\}),$$

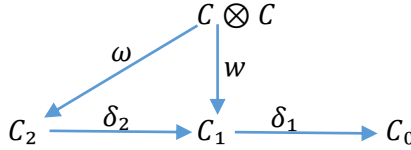
(5) Her  $a, b \in C_1$  için,

$$\omega(\{f^1 a\} \otimes \{f^1 b\}) = f^2 \omega(\{a\} \otimes \{b\})$$



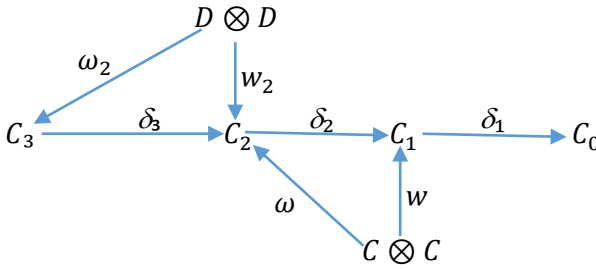
şartlarının sağlanmasıdır. 2-Kuadratik modüllerin kategorisini **2Kvad** ile göstereceğiz.

**Örnek:**



bir kuadratik modül olsun.  $D = (C_2^{cr})^{ab}$  ve  $C_3 = D \otimes D$  olmak üzere  $w_2: D \otimes D \rightarrow C_2$  dönüşümü her  $c_2, c'_2 \in C_2$  için

$w_2(\{c_2\} \otimes \{c'_2\}) = \langle l, l' \rangle$  ve  $\omega_0, \omega_1, \omega_2: D \otimes D \rightarrow C_3$  kuadratik dönüşümleri birim morfizm olarak tanımlansın. Bu durumda



bir 2-kuadratik modül olur.

**Tanım:**

$$C_3 \xrightarrow{\partial_3} C_2 \xrightarrow{\partial_2} C_1 \xrightarrow{\partial_1} C_0$$

grupların ve grup homomorfizmlerinin diyagramı olmak üzere  $C_0$  grubunun  $C_1, C_2, C_3$  üzerine  $C_1$  grubunun  $C_2$  ve  $C_3$  üzerine ve  $C_2$  grubunun  $C_3$  üzerine etkisi olsun.

$$\{, \}^{(1)(0)}: C_2 \times C_2 \rightarrow C_3, \{, \}_{(0)(2)}: C_2 \times C_2 \rightarrow C_3, \{, \}_{(2)(1)}: C_2 \times C_2 \rightarrow C_3,$$

$$\{, \}_{(1,0)(2)}: C_1 \times C_2 \rightarrow C_3, \{, \}_{(2,0)(1)}: C_1 \times C_2 \rightarrow C_3,$$

$$\{, \}_{(0)(2,1)}: C_2 \times C_1 \rightarrow C_3, \{, \}: C_1 \times C_1 \rightarrow C_2$$

dönüşümlerine 3 boyutlu Peiffer lifting dönüşümleri denir. Eğer

3CM1.  $\{, \}_{(2,1)}$  peiffer lifting olmak üzere  $C_3 \rightarrow C_2 \rightarrow C_1$  bir 2-çaprazlanmış modüldür,

$$3\text{CM2. } \{c_1, \partial_3 c_3\}_{(1,0)(2)} = \{c_1, \partial_3 c_3\}_{(2,0)(1)} c_1 c_3^{\partial_1 c_1} c_3^{-1},$$

$$3\text{CM3. } \{\partial_3 c_3, c_2\}_{(0)(2,1)} = c_1 c_3 c_3^{-1},$$

$$3\text{CM4. } \{c_1, \partial_3 c_3\}_{(1,0)(2)} = \{c_1, \partial_3 c_3\}_{(2,0)(1)} \{\partial_3 c_3, c_1\}_{(0)(2,1)} c_3^{\partial_1 c_1} c_3^{-1},$$

$$3\text{CM5. } \{c_2', \partial_2 c_2\}_{(0)(2,1)} = \{c_2, c_2'\}^{-1}_{(2)(1)} \{c_2, c_2'\}_{(1)(0)},$$

$$3\text{CM6. } \{\partial_2 c_2, c_2'\}_{(2,0)(1)} = \{c_2, c_2'\}^{-1}_{(0)(2)} [c_2' c_2] (\{c_2, c_2'\}_{(2)(1)} \{c_2, c_2'\}_{(1)(0)}),$$

$$3\text{CM7. } \{\partial_2 c_2, c_2'\}_{(1,0)(2)} = \{c_2, c_2'\}_{(0)(2)}^{-1},$$

$$3\text{CM8. } \partial_3 (\{c_2, c_2'\}_{(1)(0)}) = [c_2, c_2'] \{\partial_2 c_2, \partial_2 c_2'\},$$

$$3\text{CM9. } \partial_3 (\{c_2, c_2'\}_{(0)(2)}) = \partial_3 (\{\partial_2 c_2, c_2'\}_{(1,0)(2)})^{-1}$$

$$3\text{CM10. } \partial_3 \{c_2, c_1\}_{(0)(2,1)} = c_1 c_2 c_2^{-1} \{\partial_2 c_2, c_1\},$$

$$3\text{CM11. } \partial_3 \{c_1, c_2\}_{(2,0)(1)} = \partial_3 \{c_1, c_2\}_{(1,0)(2)} c_1 c_2^{\partial_1 c_1} (c_2^{-1}) \{c_1, \partial_2 c_2\},$$

$$3\text{CM12. a. } \{\partial_3 c_3, c_2\}_{(1)(0)} = c_2 c_3 c_3^{-1},$$

$$b. \{c_2, \partial_3 c_3\}_{(1)(0)} = c_3 (c_2 c_3)^{-1},$$

$$3\text{CM13. } \{\partial_3 c_3, \partial_3 c_3'\}_{(1)(0)} = [c_3' c_3],$$

$$3\text{CM14. } \{\partial_3 c_3, c_2'\}_{(0)(2)} = 1,$$

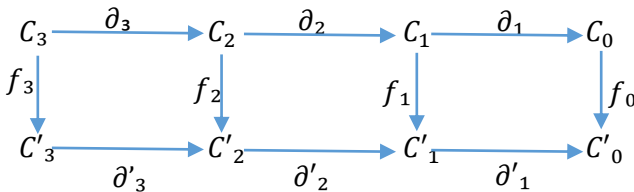
$$3\text{CM15. } \{\partial_2 c_2, \partial_3 c_3\}_{(1,0)(2)} = \{c_2, \partial_3 c_3\}^{-1}_{(0)(2)},$$

$$3\text{CM16. } \{\partial^2 c_2, \partial^3 c_3\}_{(2,0)(1)} = \{c_2, \partial^3 c_3\}^{(0)(2)} c_3 (\partial_2 c_2 c_3^{-1}),$$

$$3\text{CM17. } \{\partial_3 c_3, \partial_2 c_2\}_{(0)(2,1)} = \partial_2 c_2 c_3 c_3^{-1},$$

$$3\text{CM18. } \partial_2 \{c_1, c_1'\} = c_1 c_1' c_1^{-1} (\partial_1 c_1 c_1')^{-1}$$

şartları sağlanıyorsa  $(C_3, C_2, C_1, C_0, \partial_3, \partial_2, \partial_1)$  yapısına bir 3-çaprazlanmış modül denir.



diyagramının 3-çaprazlanmış modül morfizmi olması için her  $c_3 \in C_3, c_2 \in C_2, c_1 \in C_1, c_0 \in C_0$  için;

$$f_1(c_{0c_1}) = f_0(c_0)f_1(c_1), f_2(c_{0c_2}) = f_0(c_0)f_2(c_2), f_3(c_{0c_3}) = f_0(c_0)f_3(c_3)$$

Olmalıdır. Ayrıca  $\{, \}_{(0)(2)}, \{, \}_{(2)(1)}, \{, \}_{(1)(0)}$  için,

$$\{, \}f_2 \times f_2 = f_3\{, \}$$

$\{, \}_{(1,0)(2)}, \{, \}_{(2,0)(1)}$  için,

$$\{, \}f_1 \times f_2 = f_3\{, \}$$

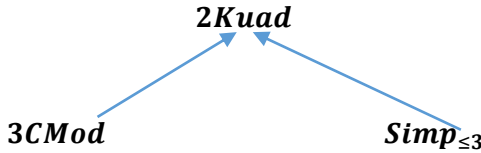
$\{, \}_{(0)(2,1)}$  için,

$$\{, \}f_2 \times f_1 = f_3\{, \}$$

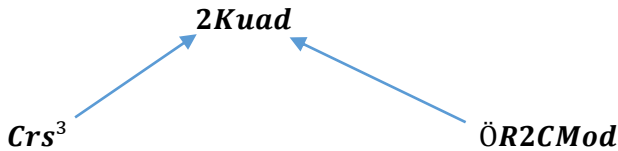
ve  $\{, \}$  için,

$$\{, \}f_1 \times f_1 = f_2\{, \}$$

olmalıdır. 3-çaprazlanmış modüllerin kategorisini **3CMod** ile göstereceğiz. Böylece



Homotopi 4-tip yapıları arasındaki kategoriksel ilişki verilmiştir. Ellis (Ellis, 1993), doktora tezinde çaprazlanmış  $n$ -küpleri tanımlamıştır.  $n = 3$  alınarak çaprazlanmış 3-küp kategorisi **Crs<sup>3</sup>** elde edilir. Ayrıca örgülü regüler çaprazlanmış modüllerin 1-boyut homotopi üst sınıfı olan örgülü regüler 2-çaprazlanmış modüller kategorisi henüz tanımlanmamıştır. Sonuç olarak



diyagramının oluşturularak 2-kuadratik modüllerinin kategoriksel ilişkilerinin incelenmesi açık bir problemdir.

## Kaynakça

ARVASI, Z. ve ULUALAN, E. , (2006), “On algebraic models for homotopy 3-types”, *J. Homotopy Relat. Str.*, Vol1, pp.1–27.

BAUES, H. J., (1991), “Combinatorial Homotopy and 4-dimensional Complexes”, *Walter de Gruyter*, 15, 380 pages.

BROWN, R. ve GILBERT, N.D.,(1989), “Algebraic models of 3-types and automorphism structures for crossed modules”, *Proc. London Math. Soc.*, Vol3, pp. 51-73.

CONDUCHE, D., (1984), “Modules croisés généralisés de longueur 2”, *J. Pure and Applied Algebra*, Vol34, pp.155-178.

ELLIS, G.J., (1993), “Crossed squares and combinatorial homotopy” , *Math.Z.* , Vol214, pp. 93-110.

GUIN- WALERY, D., (1981), “Obstruction á l’excision en K-theories algébrique”, *Berlin Heidelberg New York: Springer*, Vol854, pp.179-216.

ULUALAN, E. ve ATIK, H. , (2014), “Relations between Simplicial Groups, 3-Crossed Modules and 2-Quadratic Modules”, *Acta Mathematica Sinica*, Vol30, pp. 968–984.

WHITEHEAD, J.H.C., (1949), “Combinatorial homotopy II”, *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol55, pp.453-496.

# UNBOUNDED $p_\tau$ -CONVERGENCE IN VECTOR LATTICES NORMED BY LOCALLY SOLID LATTICES

Abdullah AYDIN\*

## INTRODUCTION

Locally solid vector lattices and lattice-valued norms provide natural and efficient tools in the functional analysis. We refer the reader for detail information [4, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16]. In this paper, the aim is to illustrate the usefulness of lattice-valued norms for investigation of different types of unbounded  $p$ -convergence in a lattice-normed vector lattice [1, 2, 17], and different types of unbounded convergence in a vector lattice, which attracted the attention of several authors in series of recent papers [3, 7, 8, 10, 11, 16].

Recall that a net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in a vector lattice  $X$  is order convergent to  $x \in X$  if there exists another net  $(y_\beta)_{\beta \in B}$  satisfying  $y_\beta \downarrow 0$  and, for any  $\beta \in B$ , there is  $\alpha_\beta \in A$  such that  $|x_\alpha - x| \leq y_\beta$  for all  $\alpha \geq \alpha_\beta$ . In this case, we write  $x_\alpha \xrightarrow{o} x$ . In a vector lattice  $X$ , a net  $(x_\alpha)$  is unbounded order convergent to  $x \in X$  if  $|x_\alpha - x| \wedge u \xrightarrow{o} 0$  for every  $u \in X_+$  [3, 7, 10]. In this case, we write  $x_\alpha \xrightarrow{uo} x$ . The  $uo$ -convergence is an abstraction of the a.e.-convergence in  $L_p$ -spaces for  $1 \leq p < \infty$  [7, 8]. In a normed lattice  $(X, \|\cdot\|)$  a net  $(x_\alpha)$  is unbounded norm convergent to  $x \in X$ , written as  $x_\alpha \xrightarrow{un} x$ , if  $\| |x_\alpha - x| \wedge u \| \rightarrow 0$  for every  $u \in X_+$  [3].

Let  $X$  be a vector space,  $E$  be a vector lattice, and  $p: X \rightarrow E_+$  be a vector norm (i.e.  $p(x) = 0 \Leftrightarrow x = 0$ ;  $p(\lambda x) = |\lambda|p(x)$  for all  $\lambda \in \mathbb{R}$  and  $x \in X$ ; and  $p(x + y) \leq p(x) + p(y)$  for all  $x, y \in X$ ) then the

---

\* Department of Mathematics, Muş Alparslan University, Muş, Turkey E-mail: aaydin.aabdullah@gmail.com

triple  $(X, p, E)$  is called a lattice-normed space, abbreviated as *LNS* [15]. If  $X$  is a vector lattice and the vector norm  $p$  is monotone (i.e.  $|x| \leq |y| \Rightarrow p(x) \leq p(y)$ ) then the triple  $(X, p, E)$  is called a lattice-normed vector lattice, abbreviated as *LNVL* [17]. We abbreviate the convergence  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{o} 0$  as  $x_\alpha \xrightarrow{p} x$ , and say in this case that  $(x_\alpha)$   $p$ -converges to  $x$ . A net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in an *LNS*  $(X, p, E)$  is said to be  $p$ -Cauchy if the net  $(x_\alpha - x_{\alpha'})_{(\alpha, \alpha') \in (A \times A)}$   $p$ -converges to zero. An *LNS*  $(X, p, E)$  is called (sequentially)  $p$ -complete if every  $p$ -Cauchy (sequence) net in  $X$  is  $p$ -convergent. In an *LNS*  $(X, p, E)$  a subset  $A$  of  $X$  is called  $p$ -bounded if there exists  $e \in E_+$  such that  $p(a) \leq e$  for all  $a \in A$ . An *LNVL*  $(X, p, E)$  is called  $op$ -continuous if  $x_\alpha \xrightarrow{o} x$  implies  $x_\alpha \xrightarrow{p} x$ . A net  $(x_\alpha)$  in an *LNVL*  $(X, p, E)$  is said to be unbounded  $p$ -convergent to  $x \in X$  (shortly,  $x_\alpha \xrightarrow{up} x$ ), if  $p(|x_\alpha - x| \wedge u) \xrightarrow{o} 0$  for all  $u \in X_+$  [17].

Let  $E$  be a vector lattice and  $\tau$  be a linear topology on  $E$  that has a base at zero consisting of solid sets. Then the pair  $(E, \tau)$  is called a locally solid vector lattice. It follows from Theorem.2.28 [13] that a linear topology  $\tau$  on a vector lattice  $E$  is locally solid vector lattice iff it is generated by a family of Riesz pseudo-norms  $\{\rho_j\}_{j \in J}$ . Moreover, if a family of Riesz pseudo-norms generates a locally solid topology  $\tau$  on a vector lattice  $E$ , then  $x_\alpha \xrightarrow{\tau} x$  iff  $\rho_j(x_\alpha - x) \rightarrow 0$  in  $\mathbb{R}$  for each  $j \in J$ . It should be noted that all topologies considered throughout this article are assumed to be Hausdorff, and also, unless otherwise, the pair  $(E, \tau)$  refers to a locally solid vector lattice with a family of Riesz pseudo-norms  $\{\rho_j\}_{j \in J}$  that generates the topology  $\tau$ . Moreover, all vector lattices are assumed to be real and Archimedean. For any  $u \in E$ , one can observe that  $\frac{1}{n}u \xrightarrow{\tau} 0$  in a  $(E, \tau)$  because of  $\rho_j(\frac{1}{n}u) \leq \frac{1}{n}\rho_j(u) \rightarrow 0$  in  $\mathbb{R}$  for each  $j \in J$  [4].

We shall keep in mind the following lemma, obtained from Theorem 2.28. [13].

**Lemma 1.1.** Let  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  and  $(y_\alpha)_{\alpha \in A}$  be two nets in a locally solid vector lattice  $(E, \tau)$ . If  $|x_\alpha| \leq |y_\alpha|$  for all  $\alpha \in A$  and  $y_\alpha \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$  then  $x_\alpha \xrightarrow{\tau} 0$ .

Let  $(X, p, E)$  be an *LNVL* with  $(E, \tau)$  being a locally solid vector lattice, then  $(X, p, E_\tau)$  is called a vector lattice normed by locally solid lattice, abbreviated as *LSNVL*. Dealing with *LSNVLs*, we shall keep in mind also the following examples.

**Example 1.2.** Let  $(E, \tau)$  be a locally solid vector lattice. Then  $(E, |\cdot|, E_\tau)$  is an *LSNVL*.

By considering Example 2.4 [9], we give the following example.

**Example 1.3.** Let  $E$  be the space of all Lebesgue measurable functions on  $\mathbb{R}$  with the usual pointwise ordering, i.e., for  $f, g \in E$ , we define  $f \leq g$  iff  $f(t) \leq g(t)$  for every  $t \in \mathbb{R}$ . Consider the map  $\|\cdot\|: E \rightarrow \mathbb{R}$  defined by  $\|f\| = (\int (f(t))^2 dt)^{\frac{1}{2}}$  where  $f \in E$ . Then the norm is a semi norm on  $E$ . It is easy to see that it is also a Riesz semi norm. Thus, by using Theorem 2.25 [13], the topology  $\tau$  generated by this norm is locally convex-solid. Now, consider a vector lattice  $X$  and a map  $p: X \rightarrow E$  defined by  $p(x) = p(x)[f]$ . Then  $(X, p, E_\tau)$  is an *LSNVL*.

### THE $p_\tau$ -CONVERGENCE

Most of the notions and results in this section are direct analogs of well-known facts of the theory of normed lattices and locally solid vector lattices.

**Definition 2.1.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. A net  $(x_\alpha)$  in  $X$  is called  $p_\tau$ -convergent to  $x \in X$  if  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$ . We write  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ , and say that  $(x_\alpha)$   $p_\tau$ -converges to  $x$ .

In the following lemma, we give some basic properties of the  $p_\tau$ -convergence.

**Lemma 2.2.** Let  $(x_\alpha)$  and  $(y_\beta)$  be two nets in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$ . Then;

- (i)  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  iff  $(x_\alpha - x) \xrightarrow{p_\tau} 0$ ;
- (ii) if  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  then  $y_\beta \xrightarrow{p_\tau} x$  for each subnet  $(y_\beta)$  of  $(x_\alpha)$ ;
- (iii) suppose  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  and  $y_\beta \xrightarrow{p_\tau} x$  then  $ax_\alpha + by_\beta \xrightarrow{p_\tau} ax + by$  for any  $a, b \in \mathbb{R}$ ;
- (iv) if  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  and  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} y$  then  $x = y$ ;
- (v) if  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  then  $|x_\alpha| \xrightarrow{p_\tau} |x|$ .

*Proof:* (i), (ii) and (iii) are obvious. Observe the inequality  $p(x - y) \leq p(x - x_\alpha) + p(x_\alpha - y)$ , and so (iv) holds. For (v), by using the inequality  $||x_\alpha| - |x|| \leq |x_\alpha - x|$ , we have  $p(|x_\alpha| - |x|) \leq p(x_\alpha - x)$ .

The  $p_\tau$ -convergence coincides with some kinds of convergence, and we show them in the following remarks. As it was observed in [3], the *un*-convergence is topological. This topology is called a *un*-topology [10], and also, it is a locally solid topology.

**Remark 2.3.** Consider an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  with  $E$  being a Banach lattice and the topology  $\tau$  being *un*-topology on  $E$ . Then, for any net  $(x_\alpha)$  in  $X$ ,

- (i)  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  in  $X$  iff  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{un} 0$  in  $E$ ,
- (ii) if  $E$  has a strong unit, then  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  in  $X$  iff  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$  from Proposition 2.3 [10],
- (iii) if  $E$  has a quasi-interior point, then  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  in  $X$  iff  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{d} 0$  in  $E$ , where  $d$  is a metric on  $E$  which gives the *un*-topology from Proposition 3.2 [10].

For an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  with  $(E, \|\cdot\|)$  being a normed vector lattice and  $\tau$  being the topology generated by a family of Riesz pseudo-norms  $p_u: E \rightarrow \mathbb{R}_+$ , for each  $u \in E_+$ , defined by  $p_u(x) = \||x| \wedge u\|$ . Then, for a net  $(x_\alpha)$  and  $x \in X$  we have  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  iff  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{un} 0$  by Theorem 2.1. [18]. Let  $M = (m_\lambda)_{\lambda \in I}$  be a separating family of lattice semi norms on a vector lattice  $E$ . Then a



net  $(x_\alpha)$  in  $E$  is  $um$ -convergent to  $x$  if  $m_\lambda(x_\alpha - x) \wedge u \rightarrow 0$  for all  $\lambda \in I$  and  $u \in X_+$ . This convergence is topological, and that is called  $um$ -topology [5].

**Remark 2.4.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $LSNVL$  with  $(E, \tau)$  being  $um$ -topology. Then, for a net  $(x_\alpha)$  and  $x \in X$ , we have  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  iff  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{um} 0$  in  $E$ .

Now, we continue with some basic results about the  $p_\tau$ -convergence.

**Proposition 2.5.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $LSNVL$  and  $(x_\alpha)$ ,  $(y_\alpha)$  and  $(z_\alpha)$  be nets in  $X$  such that  $x_\alpha \leq y_\alpha \leq z_\alpha$  for all  $\tau$ . If  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  and  $z_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  for  $x \in X$  then  $y_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

*Proof:* It follows from Lemma 1.1 and Theorem.2.28 [13].

**Proposition 2.6.** Let  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  and  $(y_\beta)_{\beta \in B}$  be two nets in an  $LSNVL (X, p, E_\tau)$ . If  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  and  $y_\beta \xrightarrow{p_\tau} y$  then  $(x_\alpha \vee y_\beta)_{(\alpha, \beta) \in A \times B} \xrightarrow{p_\tau} (x \vee y)$ .

*Proof:* Consider the family of Riesz pseudo-norms  $\{\rho_j\}_{j \in J}$  that generates the topology  $\tau$ . Since  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  and  $y_\beta \xrightarrow{p_\tau} y$ , we have  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{\tau} 0$  and  $p(y_\beta - y) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$ , or  $\rho_j(p(x_\alpha - x)) \rightarrow 0$  and also  $\rho_j(p(y_\beta - y)) \rightarrow 0$  in  $\mathbb{R}$  for all  $j \in J$ . By using Theorem.1.9. [14], we have

$$\begin{aligned} p(x_\alpha \vee y_\beta - x \vee y) &\leq p(|x_\alpha \vee y_\beta - x_\alpha \vee y|) + \\ p(x_\alpha \vee y - x \vee y) &\leq p(|y_\beta - y|) + p(|x_\alpha - x|). \end{aligned}$$

Thus, we have  $\rho_j(p(x_\alpha \vee y_\beta - x \vee y)) \leq \rho_j(p(|y_\beta - y|) + \rho_j(p(|x_\alpha - x|)))$  for all  $j \in J$ . Hence, we get  $\rho_j(p(x_\alpha \vee y_\beta - x \vee y)) \rightarrow 0$  in  $\mathbb{R}$  for all  $j \in J$ . Therefore,  $(x_\alpha \vee y_\beta)_{(\alpha, \beta) \in A \times B} \xrightarrow{p_\tau} (x \vee y)$  in  $X$ .

**Definition 2.7.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. A subset  $A$  of  $X$  is called  $p_\tau$ -closed set in  $X$  if, for any net  $(x_\alpha)$  in  $A$  that is  $p_\tau$ -convergent to  $x \in X$ , this holds  $x \in A$ .

It is clear that the positive cone  $X_+$  of an *LSNVL*  $X$  is  $p_\tau$ -closed. Indeed, assume  $(x_\alpha)$  is a net in  $X_+$  such that it  $p_\tau$ -converges to  $x \in X$ . By Proposition 2.6., we have  $x_\alpha = x_\alpha^+ \xrightarrow{p_\tau} x_\alpha^+$ , and so we get  $x = x^+$ . Therefore, we have  $x \in X_+$ .

**Theorem 2.8.** Any monotone  $p_\tau$ -convergent net is order convergent to its  $p_\tau$ -limits.

*Proof:* It is enough to show that if a net  $(x_\alpha)$  is increasing and  $p_\tau$ -convergent to  $x \in X$  in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  then  $x_\alpha \uparrow x$ . Fix an arbitrary index  $\alpha$ . Then  $x_\beta - x_\alpha \in X_+$  for  $\beta \geq \alpha$ . Since  $X_+$  is  $p_\tau$ -closed, we have  $(x_\beta - x_\alpha) \xrightarrow{p_\tau} (x - x_\alpha) \in X_+$  from Lemma 2.2. (iii), and so we get  $x \geq x_\alpha$ . Since  $\alpha$  is arbitrary,  $x$  is an upper bound of  $(x_\alpha)$ . By  $p_\tau$ -closeness of  $X_+$ , if  $y \geq x_\alpha$  for all  $\alpha$  then  $(y - x_\alpha) \geq (y - x) \in X_+$ . Therefore,  $y \geq x$  and so  $x_\alpha \uparrow x$ .

We continue with several basic notions in an *LSNVL* which are motivated by their analogues vector lattice theory.

**Definition 2.9.** Let  $X = (X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. Then

(1) a net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in  $X$  is said to be  $p_\tau$ -Cauchy if the net

$$(x_\alpha - x_{\alpha'})_{(\alpha, \alpha') \in (AxA)} \xrightarrow{p_\tau} 0,$$

(2)  $X$  is called  $p_\tau$ -complete if every  $p_\tau$ -Cauchy net in  $X$  is  $p_\tau$ -convergent,

(3)  $X$  is called  $op_\tau$ -continuous if  $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$  implies  $p(x_\alpha) \xrightarrow{\tau} 0$ .

*Remark 2.10.* A  $p_\tau$ -closed sublattice in an  $op_\tau$ -continuous *LSNVL* is order closed. Indeed, suppose that  $Y$  is  $p_\tau$ -closed in  $X$ ,  $(y_\alpha)$  is a net in  $Y$  and  $x \in X$  such that  $y_\alpha \xrightarrow{o} x$ . Since  $X$  is  $op_\tau$ -continuous, we have  $y_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ . Thus, since  $Y$  is  $p_\tau$ -closed, we get  $x \in Y$ .

Recall that a locally solid vector lattice  $(X, \tau)$  is said to have the *Lebesgue property* if  $x_\alpha \xrightarrow{o} x$  implies  $x_\alpha \xrightarrow{\tau} x$ . It is clear that the *LSNVL*  $(E, | \cdot |, E_\tau)$  with  $(X, \tau)$  having the Lebesgue property is  $op_\tau$ -continuous.

**Proposition 2.11.** For an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  with  $(E, \tau)$  having the Lebesgue property,

- (i) the  $p$ -convergence implies the  $p_\tau$ -convergence,
- (ii) if, for any net  $(x_\alpha)$  in  $X$ ,  $x_\alpha \downarrow 0$  implies  $p(x_\alpha) \downarrow 0$  then  $X$  is  $op_\tau$ -continuous.

**Proposition 2.12.** For an  $op_\tau$ -continuous *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$ , if  $0 \leq x_\alpha \uparrow \leq x$  holds in  $X$  then  $(x_\alpha)$  is a  $p_\tau$ -Cauchy net in  $X$ .

*Proof:* Assume  $0 \leq x_\alpha \uparrow \leq x$  in  $X$ . Then there exists a net  $(y_\beta)$  in  $X$  such that  $(y_\beta - x_\alpha) \downarrow 0$  [14]. Thus, by the  $op_\tau$ -continuity, we get  $p(y_\beta - x_\alpha) \xrightarrow{\tau} 0$ . So,  $p(x_\alpha - x_{\alpha'})_{(\alpha, \alpha') \in (Ax_A)} \leq p(x_\alpha - y_\beta)_{(\alpha, \beta) \in (Ax_B)} + p(y_\beta - x_{\alpha'})_{(\beta, \alpha') \in (Bx_A)} \xrightarrow{\tau} 0$ . Therefore, we get  $p(x_\alpha - x_{\alpha'})_{(\alpha, \alpha') \in (Ax_A)} \xrightarrow{\tau} 0$ , so the net  $(x_\alpha)$  is a  $p_\tau$ -Cauchy.

**Corollary 2.13.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $op_\tau$ -continuous *LSNVL*. If  $X$  is  $p_\tau$ -complete then it is order complete.

*Proof:* Assume  $0 \leq x_\alpha \uparrow \leq u$ . Then, by Proposition 2.12.,  $(x_\alpha)$  is a  $p_\tau$ -Cauchy net. Since  $X$  is  $p_\tau$ -complete, there is  $x \in X$  such that  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ . It follows from Theorem 2.8. that  $x_\alpha \uparrow x$ , and so  $X$  is order complete.

### THE $up_\tau$ -CONVERGENCE AND THE $p_\tau$ -UNIT

The  $up_\tau$ -convergence in *LSNVLs* generalizes the  $up$ -convergence in lattice-normed vector lattices [17], the  $uo$ -convergence in vector lattices [7, 8], and the  $un$ -convergence [3]. For a locally solid vector lattice  $(X, \tau)$ , a net  $(x_\alpha)$  in  $X$  is called unbounded  $\tau$ -convergent to  $x \in X$  if, for any  $u \in X_+$ , we have  $|x_\alpha - x| \wedge u \xrightarrow{\tau} 0$ . This is written

as  $x_\alpha \xrightarrow{u\tau} x$  and say  $(x_\alpha)$   $u\tau$ -converges to  $x$ . Obviously,  $x_\alpha \xrightarrow{\tau} x$  implies  $x_\alpha \xrightarrow{u\tau} x$ . The converse holds for order bounded nets [4].

**Definition 3.1.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. Then a net  $(x_\alpha)$  in  $X$  is said to be unbounded  $p_\tau$ -convergent to  $x$  (or,  $(x_\alpha)$   $up_\tau$ -converges to  $x$ , or  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$ ) if, for all  $u \in X_+$ ,  $p(|x_\alpha - x| \wedge u) \xrightarrow{\tau} 0$ .

By the inequality  $|x_\alpha - x| \wedge u \leq |x_\alpha - x|$  for all  $u \in X_+$  and for all  $\tau$ , it can be seen that the  $p_\tau$ -convergence implies the  $up_\tau$ -convergence. The following proposition is an  $up_\tau$ -version of Corollary 3.6. [7].

**Proposition 3.2.** A disjoint sequence  $(x_n)$  in a sequentially  $op_\tau$ -continuous *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  is sequentially  $up_\tau$ -convergent to zero.

One can define a  $up_\tau$ -closed subset as following: let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL* and  $Y$  be a sublattice of  $X$ . Then  $Y$  is called  $up_\tau$ -closed in  $X$  if, for any net  $(y_\alpha)$  in  $Y$  that is  $up_\tau$ -convergent to  $x \in X$ , we have  $x \in Y$ . So, it is clear that every band is  $up_\tau$ -closed, and that an  $up_\tau$ -closed sublattice in an  $op_\tau$ -continuous *LSNVL* is  $uo$ -closed. Similar to Theorem 2.8, the next proposition can be observed.

**Proposition 3.3.** Any monotone and  $up_\tau$ -convergence net in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  is order convergent to its  $up_\tau$ -limit.

It is known that the  $p_\tau$ -convergence implies the  $up_\tau$ -convergence. But for converse, we generalize a  $p_\tau$ -version of Lemma 1.2.(ii) [10] in the following theorem.

**Theorem 3.4.** Every monotone net  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$  in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  satisfies  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

*Proof:* We may assume that, without loss of generality,  $(x_\alpha)$  is increasing and  $0 \leq x_\alpha$  for all  $\alpha$ . From Proposition 3.3, it follows that  $0 \leq x_\alpha \uparrow x$  for some  $x \in X$  since  $(x_\alpha)$  is  $up_\tau$ -convergent. So,  $0 \leq x - x_\alpha \leq x$  for all  $\alpha$ . For each  $u \in X_+$ , we have  $p((x - x_\alpha) \wedge u) \xrightarrow{\tau} 0$ . In particular, for  $u = x$ , we get  $(x - x_\alpha) \wedge x = x - x_\alpha$ . So,

we obtain that  $p(x - x_\alpha) = p(x - x_\alpha) \wedge x \xrightarrow{\tau} 0$ . Therefore, we get  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

**Definition 3.5** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. A subset  $Y$  of  $X$  is called  $p_\tau$ -bounded if  $p(Y)$  is  $\tau$ -bounded in  $E$ .

It is clear that if a net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$  is  $p_\tau$ -convergent then it is  $p_\tau$ -bounded. Also, using Theorem 2.19.(i) [13], it can be seen that a  $p$ -bounded net is  $p_\tau$ -bounded.

**Proposition 3.6.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL* with  $(E, \tau)$  having an order bounded  $\tau$ -neighborhood of zero. Thus, if a net  $(x_\alpha)$  is  $p_\tau$ -bounded in  $X$  then it is  $p$ -bounded.

*Proof:* Since the net  $(x_\alpha)$  is a  $p_\tau$ -bounded,  $p(x_\alpha)$  is a  $\tau$ -bounded net in  $E$ . By Theorem.2.2. [9],  $p(x_\alpha)$  is also order bounded in  $E$ . Therefore,  $(x_\alpha)$  is  $p$ -bounded in  $X$ .

We now turn our attention to the  $p_\tau$ -unit, which was introduced for the order convergence as the  $p$ -unit [17]. That notion was motivated by the notion of a weak order unit in a vector lattice  $X = (E, | \cdot |, E_\tau)$  and by the notion of a quasi-interior point in a normed lattice  $X = (X, \| \cdot \|, \mathbb{R})$ .

**Definition 3.7.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*. A vector  $e \in X$  is called a  $p_\tau$ -unit if, for any  $x \in X_+$ ,  $p(x - ne \wedge x) \xrightarrow{\tau} 0$ .

Let  $e$  be a  $p_\tau$ -unit in an *LSNVL*  $(X, p, E_\tau)$ , where  $X \neq \{0\}$ . So, it holds that  $e > 0$ . Indeed, take  $e \neq 0$ . Suppose  $e^- > 0$ . Then, for  $x = e^-$ , we obtain  $p(x - ne \wedge x) = p(e^- - (e^- \wedge n(e^+ - e^-))) = p(e^- - (e^- \wedge n(-e^-))) = (n + 1)p(e^-)$ . As  $n \rightarrow \infty$ , by using Theorem 2.28. [13], we have that  $(n + 1)p(e^-)$  is not  $\tau$ -convergent to zero. This is impossible, because  $e$  is a  $p_\tau$ -unit. Therefore,  $e^- = 0$  and so  $e > 0$ . In the following result, we give a generalization of Lemma 2.11. [3] and Corollary 3.5. [7].

**Theorem 3.8.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL* and  $e \in X$  be a  $p_\tau$ -unit. Then,  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$  iff  $p(|x_\alpha| \wedge e) \xrightarrow{\tau} 0$ .

*Proof:* The forward implication is immediate. For the reverse implication, let  $u \in X_+$  be arbitrary. Note that

$|x_\alpha| \wedge u \leq |x_\alpha| \wedge (u - ne \wedge u) + |x_\alpha| \wedge (ne \wedge u) \leq (u - ne \wedge u) + n(|x_\alpha| \wedge e)$ .

Hence, we get  $p(|x_\alpha| \wedge u) \leq p((u - ne \wedge u)) + p(n(|x_\alpha| \wedge e))$  for all  $\tau$  and all  $n \in \mathbb{N}$ . Consider the family of Riesz pseudo-norms  $\{\rho_j\}_{j \in J}$  which generates the topology  $\tau$ . So, we have

$$\rho_j(p(|x_\alpha| \wedge u)) \leq \rho_j(p((u - ne \wedge u))) + \rho_j(p(n(|x_\alpha| \wedge e)))$$

for all  $j \in J$ . Fix  $\varepsilon > 0$ . Since  $e$  is  $p_\tau$ -unit, it follows from  $p(u - ne \wedge u) \xrightarrow{\tau} 0$  that there exists  $n_0 \in \mathbb{N}$  such that  $\rho_j(p(u - ne \wedge u)) < \varepsilon$  for all  $n > n_0$ . Furthermore, it follows from  $p(|x_\alpha| \wedge e) \xrightarrow{\tau} 0$  that there is  $\alpha_0$  such that  $\rho_j(p(|x_\alpha| \wedge e)) < \frac{\varepsilon}{n}$  whenever  $\alpha > \alpha_0$ . It follows that  $\rho_j(p(|x_\alpha| \wedge e)) < \varepsilon + n \frac{\varepsilon}{n} = 2\varepsilon$ .

Therefore,  $\rho_j(p(|x_\alpha| \wedge e)) \rightarrow 0$ , or  $p(|x_\alpha| \wedge e) \xrightarrow{\tau} 0$ .

*Remark 3.9.* Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*.

- (1) If  $e \in X$  is a strong unit, then  $e$  is a  $p_\tau$ -unit.
- (2) If  $e \in X$  is a  $p_\tau$ -unit, then  $e$  is a weak unit.
- (3) Let  $e \in X$  be a  $p_\tau$ -unit. For any  $0 < \alpha \in \mathbb{R}$  and  $z \in X_+$ ,  $\alpha e$  and  $e + z$  are both  $p_\tau$ -units.
- (4) If  $X$  is  $op_\tau$ -continuous, then clearly every weak unit of  $X$  is a  $p_\tau$ -unit.
- (5) In an *LSNVL*  $(E, |\cdot|, E_\tau)$  with  $(E, \tau)$  having the Lebesgue property, the lattice norm  $p(x) = |x|$  is always  $op_\tau$ -continuous. Therefore, the notions of  $p_\tau$ -unit and weak unit coincide in  $E$ .
- (6) Let  $(X, \|\cdot\|)$  be a normed lattice. Then, in *LSNVL*  $(X, \|\cdot\|, \mathbb{R})$ ,  $e \in X$  is a  $p_\tau$ -unit iff  $e$  is a quasi-interior point of  $X$ .

The following theorem is an analogue of Proposition 8. [17], and it has the same technique as in the proof of Lemma 4.15. [12].

**Theorem 3.10.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an *LSNVL*,  $e \in X_+$  and  $I_e$  be the order ideal generated by  $e$  in  $X$ . If  $I_e$  is  $p$ -dense in  $X$ , then  $e$  is a  $p_\tau$ -unit.

*Proof:* Let  $x \in X_+$ . Then there is  $y \in I_e$  such that, for any  $0 \neq u \in p(X)$ , we have  $p(x - y) \leq u$ . From the Birkhoff's inequality  $|y^+ \wedge x - x| \leq |y^+ - x| \leq |y - x|$ , by replacing  $y$  by  $y^+ \wedge x$ , we see that there exists  $y \in I_e$  such that  $0 \leq y \leq x$  and  $p(x - y) \leq u$ . Thus, for any  $k \in \mathbb{N}$ , there is  $y_k \in I_e$  such that  $0 \leq y_k \leq x$  and  $p(x - y_k) \leq \frac{1}{k}u$ . Since  $y_k \in I_e$ , there exists  $m = m(k) \in \mathbb{N}$  such that  $0 \leq y_k \leq me$ , and so  $0 \leq y_k \leq (me) \wedge x$ . For any  $n \geq m$ , we have  $x - ne \wedge x \leq x - me \wedge x \leq x - y_k$ , and so  $p(x - ne \wedge x) \leq p(x - y_k) \leq \frac{1}{k}u$ . Hence,  $p(x - ne \wedge x) \xrightarrow{\tau} 0$ , so  $e$  is  $p_\tau$ -unit.

### CONVERGENCES IN SUBLATTICES

The  $p_\tau$ -convergence passes obviously to sublattices of vector lattices as it was remarked in [3]. In opposite to the  $uo$ -convergence Theorem.3.2 [7], the  $un$ -convergence does not pass even from regular sublattice. Let  $Y$  be a sublattice of an  $LSNVL X = (X, p, E_\tau)$  and  $(x_\alpha)$  be a net in  $Y$ . Then we can define the  $up_\tau$ -convergence in  $Y$  as following:  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  iff  $p(|y_\alpha| \wedge u) \xrightarrow{\tau} 0$  for all  $u \in Y_+$ . It is clear that if a net in a sublattice  $Y$  of an  $LSNVL (X, p, E_\tau)$   $up_\tau$ -converges to zero in  $X$  then it also  $up_\tau$ -converges to zero in  $Y$ . Conversely, we give the following theorem.

**Theorem 4.1.** Let  $Y$  be a sublattice of an  $LSNVL (X, p, E_\tau)$  and  $(y_\alpha)$  be a net in  $Y$  such that  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $Y$ . Thus,  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $X$  for each of the following cases;

- (i)  $Y$  is majorizing in  $X$ ;
- (ii)  $Y$  is  $p$ -dense in  $X$ ;
- (iii)  $Y$  is a projection band in  $X$ .

*Proof:* Assume  $(y_\alpha)$  be a net  $Y$  in such that  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$ . Take any vector  $0 \neq x \in X_+$ .

- (i) Since  $Y$  is majorizing in  $X$ , there exists  $y \in Y$  such that  $x \leq y$ . It follows from  $0 \leq |y_\alpha| \wedge x \leq |y_\alpha| \wedge y \xrightarrow{p_\tau} 0$ , we have  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $X$ .
- (ii) Choose an arbitrary  $0 \neq u \in p(X)$ . Then there exists  $y \in Y$  such that  $p(x - y) \leq u$ . Since  $0 \leq |y_\alpha| \wedge x \leq |y_\alpha| \wedge |x - y| + |y_\alpha| \wedge |y|$ , we have  $p(|y_\alpha| \wedge x) \leq p(|y_\alpha| \wedge |x - y|) +$

$p(|y_\alpha| \wedge |y|) \leq p(|x - y|) + p(|y_\alpha| \wedge |y|) \leq u + p(|y_\alpha| \wedge |y|)$ . Also, since  $0 \neq u \in p(X)$  is arbitrary and  $p(|y_\alpha| \wedge |y|) \xrightarrow{\tau} 0$ , we get  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $X$ .

(iii) Suppose that  $Y$  is a projection band in  $X$ . Thus,  $X = Y \oplus Y^\perp$ . Hence,  $x = x_1 + x_2$  with  $x_1 \in Y$  and  $x_2 \in Y^\perp$ . Since  $y_\alpha \wedge x_2 = 0$ , we have  $p(y_\alpha \wedge x) = p(y_\alpha \wedge (x_1 + x_2)) \leq p(y_\alpha \wedge x_1) + p(y_\alpha \wedge x_2) = p(y_\alpha \wedge x_1) \xrightarrow{\tau} 0$ . So, we get  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $X$ .

Recall that every Archimedean vector lattice  $X$  is majorizing in its order completion  $\hat{X}$  [14]. Thus, the following result arises.

**Corollary 4.2.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $LSNVL$  and  $(x_\alpha)$  be a net in  $X$  such that  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in  $X$ . Then  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} 0$  in the  $(\hat{X}, p, E_\tau)$ .

We continue with a version of Proposition 3.15. [7].

**Theorem 4.3.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $op_\tau$ -continuous  $LSNVL$  and  $Y$  be a sublattice of  $X$ . Then  $Y$  is  $up_\tau$ -closed in  $X$  iff it is  $p_\tau$ -closed in  $X$ .

*Proof:* The forward implication is obvious. For the converse, suppose that  $Y$  is  $p_\tau$ -closed in  $X$ . Let  $(y_\alpha)$  be a net in  $Y$  and  $x \in X$  such that  $y_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$  in  $X$ . Then, without loss of generality, we assume  $(y_\alpha)$  in  $Y_+$  for each  $\tau$  and  $x \in X_+$ . Note that, for every  $z \in X_+$ ,  $|y_\alpha \wedge z - x \wedge z| \leq |y_\alpha - x| \wedge z$  (cf. the inequality (1) in the proof of Proposition 3.15. [7]). Hence,  $p(y_\alpha \wedge z - x \wedge z) \leq p(|y_\alpha - x| \wedge z) \xrightarrow{\tau} 0$ . Thus, we get  $y_\alpha \wedge z \xrightarrow{p_\tau} x \wedge z$  for every  $z \in X_+$ . In particular,  $y_\alpha \wedge y \xrightarrow{p_\tau} x \wedge y$  for any  $y \in Y_+$ . Since  $Y$  is  $p_\tau$ -closed,  $x \wedge y \in Y$  for each  $y \in Y_+$ . For any  $0 \leq w \in Y^\perp$  and for any  $\alpha$ , we have  $y_\alpha \wedge w = 0$ . Then  $|x \wedge w| = |y_\alpha \wedge w - x \wedge w| \leq |y_\alpha - x| \wedge w \xrightarrow{p_\tau} 0$ . So,  $x \wedge w = 0$  and hence  $x \in Y^{\perp\perp}$ . Since  $Y^{\perp\perp}$  is the band generated by  $Y$  in  $X$ , there is a net  $(z_\beta)$  in the ideal  $I_Y$  generated by  $Y$  such that  $0 \leq z_\beta \uparrow x$  in  $X$ . Choose an element  $t_\beta \in Y$  with  $z_\beta \leq t_\beta$  for each  $\beta$ . Then  $x \geq t_\beta \wedge x \geq z_\beta \wedge x = z_\beta \uparrow x$  in  $X$ , and so  $t_\beta \wedge x \xrightarrow{o} x$  in  $X$ . Since  $X$  is  $op_\tau$ -continuous,  $t_\beta \wedge x \xrightarrow{p_\tau} x$ . So, as  $t_\beta \wedge x \in Y$  and  $Y$  is  $p_\tau$ -closed, and so we get  $x \in Y$ .



Recall that if  $\rho$  is a Riesz pseudonorm on a vector lattice  $X$  and  $x \in X$  then  $\rho(\frac{1}{n}x) \leq \frac{1}{n}\rho(x)$  for all  $n \in \mathbb{N}$  [4]. Also, a subset  $A$  of an  $LNVL$   $(X, p, E)$  is called  $p$ -almost order bounded if, for any  $w \in E_+$  there is  $x_w \in X_+$  such that  $p((|x| - x_w)^+) = p(|x| - x_w \wedge |x|) \leq w$  for any  $x \in A$ . In the following theorem, we prove that the  $up_\tau$ -convergence implies the  $p_\tau$ -convergence, which is a  $p_\tau$ -version of Lemma 2.9. [3], it is also similar to Proposition 3.7. [8] and Proposition 9. [17].

**Theorem 4.4.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $LSLNVL$ . If  $(x_\alpha)$  is  $p$ -almost order bounded and  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$  then we have  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

*Proof:* Suppose that  $(x_\alpha)$  is  $p$ -almost order bounded net. Then the net  $(|x_\alpha - x|)_\alpha$  is also  $p$ -almost order bounded. So, for arbitrary  $w \in E_+$  and  $n \in \mathbb{N}$ , there exists  $x_w \in X_+$  such that

$$p(|x_\alpha - x| - |x_\alpha - x| \wedge x_w) = p((|x_\alpha - x| - x_w)^+) \leq \frac{1}{n}w.$$

Since  $x_\alpha \xrightarrow{up_\tau} x$ , we have  $p(|x_\alpha - x| \wedge x_w) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$ . Thus, for the family of Riesz pseudonorms  $\{\rho_j\}_{j \in J}$  that generates the topology  $\tau$ , we have  $\rho_j(p(|x_\alpha - x| \wedge x_w)) \rightarrow 0$  for all  $j \in J$ . Moreover, for any  $\tau$ ,

$$p(x_\alpha - x) = p(|x_\alpha - x| - |x_\alpha - x| \wedge x_w) + p(|x_\alpha - x| \wedge x_w) \leq \frac{1}{n}w + p(|x_\alpha - x| \wedge x_w).$$

Hence, by Remark 4.4, we get

$$\begin{aligned} \rho_j(p(x_\alpha - x)) &\leq \rho_j\left(\frac{1}{n}w\right) + \rho_j(p(|x_\alpha - x| \wedge x_w)) \\ &\leq \frac{1}{n}\rho_j(w) + \rho_j(p(|x_\alpha - x| \wedge x_w)) \rightarrow 0 \end{aligned}$$

for all  $j \in J$ . Therefore,  $\rho_j(p(x_\alpha - x)) \rightarrow 0$  and so  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

## THE MIXED-NORMED SPACES

Let  $(X, p, E)$  be an  $LNS$  and  $(E, \|\cdot\|)$  be a normed lattice. The mixed norm on  $X$  is defined by  $p\text{-}\|x\| = \|p(x)\|$  for all  $x \in X$ . In this case the normed space  $(X, p\text{-}\|\cdot\|)$  is called a mixed-normed space [15]. Consider  $LNS$   $(X, p, E_\tau)$  with  $\tau$  being a  $un$ -topology and  $(E, \|\cdot\|)$  being Banach lattice. If  $E$  has a strong unit, then  $x_\alpha \xrightarrow{p\text{-}\|\cdot\|} x$  iff  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$  for any net  $(x_\alpha)$

in  $X$  from Theorem 2.3. [10]. We give results about  $uo$ - and  $un$ - topology in the following remark.

*Remark 5.1.* Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $op_\tau$ -continuous  $LSNVL$  with  $(E, \|\cdot\|)$  being normed lattice.

- (i) If  $\tau$  is a  $uo$ -topology and  $(E, \|\cdot\|)$  is an order continuous normed lattice then  $(X, p-\|\cdot\|)$  is an order continuous normed lattice. Indeed, suppose  $x_\alpha \downarrow 0$  in  $X$ . Since  $(X, p, E_\tau)$  is  $op_\tau$ -continuous,  $p(x_\alpha) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$ . Also, since  $p(x_\alpha) \downarrow$  and  $p(x_\alpha) \xrightarrow{uo} 0$  by Lemma 1.2. (1) [10], so we have  $p(x_\alpha) \downarrow 0$ . Thus, by using the order continuity of norm, we have  $\|p(x_\alpha)\| \downarrow 0$ , or  $p-\|x\| \downarrow 0$ .
- (ii) If  $\tau$  is a  $un$ -topology then  $(X, p-\|\cdot\|)$  is an order continuous normed lattice. Indeed, assume  $x_\alpha \downarrow 0$  in  $X$ . Hence,  $p(x_\alpha) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $E$  because  $(X, p, E_\tau)$  is  $op_\tau$ -continuous. Since  $p(x_\alpha) \xrightarrow{un} 0$  and  $p(x_\alpha) \downarrow 0$ , applying Lemma 1.2. (2) [10], it can be seen  $\|p(x_\alpha)\| \downarrow 0$ , or  $p-\|x\| \downarrow 0$ .

Recall that a Banach lattice is called  $un$ -complete if every  $un$ -Cauchy net is  $un$ -convergent [10]. Similarly, one can define  $up_\tau$ -complete.

**Theorem 5.2.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be an  $LSNVL$  with  $\tau$  being the norm-topology on a normed lattice  $(E, \|\cdot\|)$ . If  $(X, p-\|\cdot\|)$  is a  $un$ -complete Banach lattice then  $X$  is  $up_\tau$ -complete.

*Proof:* Let  $(x_\alpha)$  be a  $up_\tau$ -Cauchy net in  $X$ . So, for every  $u \in X_+$ ,  $p(|x_\alpha - x_\beta| \wedge u) \xrightarrow{\tau} 0$ , or for every  $u \in X_+$ ,  $\|p(|x_\alpha - x_\beta| \wedge u)\| \rightarrow 0$ , or for every  $u \in X_+$ ,  $p-\| |x_\alpha - x_\beta| \wedge u \| \rightarrow 0$ , i.e.  $(x_\alpha)$  is  $un$ -Cauchy in  $(X, p-\|\cdot\|)$ . Since  $(X, p-\|\cdot\|)$  is  $un$ -complete, then there exists  $x \in X$  such that  $x_\alpha \xrightarrow{un} x$  in  $(X, p-\|\cdot\|)$ . That is, for every  $u \in X_+$ ,  $\|p(|x_\alpha - x| \wedge u)\| \rightarrow 0$ , i.e.  $x_\alpha \xrightarrow{p_\tau} x$ .

Let  $X = (X, p, E_\tau)$  be an  $LSNVL$ . Then  $X$  is called a  $p_\tau$ -KB-space if every  $p_\tau$ -bounded increasing net in  $X_+$  is  $p_\tau$ -convergent.

**Theorem 5.3.** Let  $(X, p, E_\mu)$  and  $(E, m, F_\tau)$  be two  $p_\tau$ -KB-spaces. Then the  $LSNVL$   $(X, m \circ p, F_\tau)$  is also a  $p_\tau$ -KB-space.

*Proof:* Let  $0 \leq x_\alpha \uparrow 0$  and  $m(p[x_\alpha])$  be  $\tau$ -bounded or  $p(x_\alpha)$  be  $p_\tau$ -bounded in  $F$ . Hence, since  $0 \leq p(x_\alpha) \uparrow < \infty$  and  $(E, m, F_\tau)$  is a  $p_\tau$ -KB-space, there exists  $y \in E$  such that  $m(p(x_\alpha) - y) \xrightarrow{\tau} 0$  in  $F$ . Thus,  $p(x_\alpha) \xrightarrow{p_\tau} y$  in  $E$ , and so the net  $(x_\alpha)$  is increasing and  $p_\tau$ -bounded. Since  $X$  is  $p_\tau$ -KB-space, then there exists  $x \in X$  such that  $p(x_\alpha - x) \xrightarrow{\tau} 0$ . It can be clearly seen that  $(X, m \circ p, F_\tau)$  is  $op_\tau$ -continuous, and so  $m(p(x_\alpha - x)) \xrightarrow{\tau} 0$  i.e.  $(m \circ p)[x_\alpha - x] \xrightarrow{\tau} 0$ . Thus  $(X, m \circ p, F_\tau)$  is a  $p_\tau$ -KB-space.

**Corollary 5.4.** Let  $(X, p, E_\tau)$  be a  $p_\tau$ -KB-space and  $(E, \|\cdot\|)$  be a KB-space. Then  $(X, p\|\cdot\|)$  is a KB-space.

## REFERENCES

1. AYDIN, Abdullah, EMEL'YANOV, Eduard, ÖZCAN, N. Erkurşun and MARABEH, Muhammad, (2018), "Compact-like operators in lattice-normed spaces", *Indag. Math.*, Vol.29, pp.633-656.
2. AYDIN, Abdullah, GOROKOVA, Svetlana and GÜL, Hasan, (2018), "Nonstandard hulls of lattice-normed ordered vector spaces", *Turk. J. Math.*, Vol.42, pp.55-163.
3. DENG, Yuefan, O'BRIEN, M. John and TROITSKY, Vladimir, (2017), "Unbounded norm convergence in Banach lattices", *Positivity*, Vol.21, pp.963-974.
4. DABBOORASAD, Yousef, EMEL'YANOV, Eduard and MARABEH, Muhammad, (2018), " $u_\tau$ -Convergence in locally solid vector lattices", *Positivity*, Vol.22, pp.1065-1080.
5. DABBOORASAD, Yousef, EMEL'YANOV, Eduard and MARABEH, Muhammad, (2018), " $um$ -Topology in multi-normed vector lattice", *Positivity*, Vol.22, pp.653-667.
6. EMEL'YANOV, Eduard, (1996), "Infinitesimal analysis and vector lattices", *Sib. Adv. Math.*, Vol.6, pp.15-37.

7. GAO, Niushan, TROITSKY, Vladimir and XANTHOS, Foivos, (2017), “ $Uo$ -convergence and its applications to Cesáro means in Banach lattices”, *Israel J. Math.*, Vol.220, pp.649-689.
8. GAO, Niushan and XANTHOS, Foivos, (2014), “Unbounded order convergence and application to martingales without probability”, *J. Math. Anal. Appl.*, Vol.415, pp.931-947.
9. HONG, Lee, (2016), “On order bounded subsets of locally solid Riesz spaces”, *Quaest. Math.*, Vol.39, pp.381-389.
10. KANDIC, Marko, MARABEH, Muhammad and TROITSKY, Vladimir, (2017), “Unbounded norm topology in Banach lattices”, *J. Math. Anal. Appl.*, Vol.451, pp.259-279.
11. KANDIC, Marko, LI, Hongdan and TROITSKY, Vladimir, (2018), “Unbounded norm topology beyond normed lattices”, *Positivity*, Vol.22, pp.745-760.
12. ABRAMOVICH, A. Yuri and ALIPRANTIS, D. Charalambos, (2003), *An invitation to operator theory*, American Mathematical Society, New York.
13. ALIPRANTIS, D. Charalambos and BURKINSHAW, Owen, (2003), *Locally solid Riesz spaces with applications to economics*, 2nd Edn., American Mathematical Society, New York.
14. ALIPRANTIS, D. Charalambos and BURKINSHAW, Owen, (2006), “Positive operators”, Springer, Dordrecht.
15. KUSRAEV, G. Anatoly, (2000), “Dominated operators”, Springer, Dordrecht.
16. AYDIN, Abdullah, (2018), “Topological algebras of bounded operators with locally solid Riesz spaces”, *Journal of Science and Technology of Erzincan University*, Vol.11, pp.543-549.
17. AYDIN, Abdullah, EMEL'YANOV, Eduard, ÖZCAN, N. Erkurşun and MARABEH, Muhammad, (2016), “Unbounded  $p$ -convergence in lattice-normed vector lattices”, to appear *Siberian Advances in Mathematics*.

18. ERCAN, Zafer and VURAL, Mehmet, (2017) “Towards a theory of unbounded locally solid Riesz spaces”, <https://arxiv.org/pdf/1708.05288v1.pdf>.



# CEBİRLER ÜZERİNDE KUADRATİK MODÜLLER

*Quadratic Modules on Algebras*

**Koray YILMAZ\* & Elis SOYLU YILMAZ\*\***

## Giriş

Çaprazlanmış modüller ilk olarak 1949 yılında Whitehead tarafından gruplar üzerinde tanımlanmıştır (Whitehead, 1949). Whitehead bir çalışmasında bu yapıyı homotopi grupları olarak incelemiştir. Çaprazlanmış modüller değişmeli cebirler üzerinde Porter tarafından tanımlanmıştır (Porter, 1986). Conduché simplisel grupları kullanarak 2-çaprazlanmış modül tanımını bir homotopi 3-tip yapı olarak vermiştir (Conduché, 1986). 2-çaprazlanmış modüllerin cebirsel versiyonu Grandjean ve Vale tarafından verilmiştir (Grandjean & Vale, 1986). Baues, 2-çaprazlanmış modüllere denk olan kuadratik modül tanımını vermiştir (Baues, 1998). Birinci bölümde kuadratik modülleri tanımlayacağız. İkinci bölümde tam kategori tanımında kullanılacak bir takım kategoriksel tanımları vererek Barr anlamında tam kategori tanımını vereceğiz.

## 1. Kuadratik Modüller

**Tanım:**  $C_0$ , birimli bir  $k$ -cebir ve  $C_1$  bir  $C_0$ -cebir olsun.

$$\begin{aligned} \cdot : C_0 \times C_1 &\rightarrow C_1 \\ (c_0, c_1) &\mapsto c_0 \cdot c_1 \end{aligned}$$

değişmeli bir etki olmak üzere

$$\partial : C_1 \rightarrow C_0$$

şeklindeki  $C_1$  - cebir homomorfizmi,  $c_1 \in C_1$  ve

$c_0, c'_0 \in C_0$  için,

$$CM1) \partial(c_0 \cdot c_1) = c_0 \cdot \partial(c_1),$$

---

\* (Dr. Öğr. Üyesi) Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye. Email: [koray.yilmaz@dpu.edu.tr](mailto:koray.yilmaz@dpu.edu.tr)

\*\* (Arş. Gör. Dr.) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye. Email: [esoylu@ogu.edu.tr](mailto:esoylu@ogu.edu.tr)

$$CM2) c'_0 \cdot \partial(c_0) = c'_0 c_0$$

özelliklerini sağlıyor ise  $\partial$  ya çaprazlanmış  $C_0$  - modül veya kısaca çaprazlanmış modül denir ve  $(C_1, C_0, \partial)$  ile gösterilir.

Eğer  $\partial$  sadece CM1) aksiyomunu sağlarsa  $\partial$  ya ön-çaprazlanmış modül adı verilir. Buradaki CM2) aksiyomuna Peiffer özdeşliği denir. Bir çaprazlanmış modülün bir ön-çaprazlanmış modül olduğu açıktır. Şimdi iki çaprazlanmış modül arasındaki morfizm tanımını verelim.

**Tanım :** Bir  $(C_1, C_0, \partial)$  çaprazlanmış modülünden  $(C'_1, C'_0, \partial')$  çaprazlanmış modülüne giden bir morfizm,

$$\begin{array}{ccc} C_1 & \xrightarrow{\partial} & C_0 \\ \theta \downarrow & & \downarrow \eta \\ C'_1 & \xrightarrow{\partial'} & C'_0 \end{array}$$

diyagramı değişmeli olacak şekilde her  $c_1 \in C_1$  ve

$c_0 \in C_0$  için

$$\theta(c_0 \cdot c_1) = \eta(c_0) \cdot \theta(c_1)$$

özelliğini sağlayan  $\theta : C_0 \rightarrow C'_0$  ve  $\eta : C_1 \rightarrow C'_1$  şeklindeki  $k$ -cebir homomorfizm çiftinden ibarettir.

Böylece çaprazlanmış modüller kategorisini oluşturabiliriz. Bu kategoriye **CMod** ile göstereceğiz.

**Örnek:**  $I, C_1$  cebirinin bir ideali olsun.

$$i : I \rightarrow C_1$$

şeklindeki içine homomorfizmi göz önüne alalım. Bu durumda  $(I, C_1, i)$  bir çaprazlanmış modül olur. Tersine bir

$\partial : C_0 \rightarrow C_1$  şeklindeki çaprazlanmış modül olmak üzere

$\partial C_0 = I, C_1$  de bir ideal olur.

**Örnek :**  $C_1$  herhangi bir  $k$ -modül olsun. Bu durumda  $C_1$  sıfır çarpımıyla birlikte bir  $k$ -cebir olur. O halde  $\mathbf{0} : C_1 \rightarrow k, \mathbf{0}(c_1) = 0$  ile tanımlı homomorfizm bir çaprazlanmış modül olur.  $c_1, c'_1 \in C_1$  için;

$$\mathbf{0}(c_1) \cdot c'_1 = 0 c'_1 = 0 = c_1 c'_1$$

olur.

Ön-çaprazlanmış modüller kategorisini **OnCMod** ile gösterelim. Bir önceki örnekte  $C_1$  herhangi bir  $k$ -modül olmak üzere,  $C_1$  cebirini sıfır



çarpımla birlikte bir  $k$ -cebiri ve  $\mathbf{0} : C_1 \rightarrow k$ ,  $\mathbf{0}(c_1) = 0$  ile tanımlı homomorfizmi bir çaprazlanmış modül olduğunu göstermiştik. Böylece **Ceb**,  $k$ -cebirler kategorisi için **Ceb** kategorisi **OnCMod** kategorisinin bir alt kategorisidir. Bundan dolayı, bir çaprazlanmış modül bir  $k$ -cebirin genelleştirilmesi olarak değerlendirilebilir. Gruplar üzerinde Peiffer nilpotent ön-çaprazlanmış modüller ilk olarak Baues tarafından tanımlanmıştır (Baues, 1998). Bu tanımlama yardımıyla Baues, kuadratik modül tanımını vermiştir. Bu yapı, Ulualan tarafından değişmeli cebirler üzerinde tanımlanmış, bazı özellikleri incelenerek cebirler üzerinde kuadratik modül tanımlanmıştır (Ulualan, 2004).

### Örnekler:

- $C_1$  cebiri  $C_0$  cebirinin ideali olmak üzere

$$i: C_1 \rightarrow C_0$$

$$c_1 \mapsto c_0$$

içine morfizmi ile çaprazlanmış modül tanımlanır.

- $C_0$  bir cebir ve  $\dot{I}\mathcal{C}(C_0)$ ,  $C$  cebirinin otomorfizmler cebiri olmak üzere

$$\Phi: C_0 \rightarrow \dot{I}\mathcal{C}(C_0)$$

$$c_0 \mapsto I_{c_0}$$

bir çaprazlanmış modül olur.

Kuadratik modül tanımını vermeden önce birtakım ön bilgileri verelim.  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  bir ön çaprazlanmış modül olmak üzere ve  $P_n$ ,  $C_1$  cebirinin boyu  $n$  olan peiffer komütatörler tarafından üretilen alt cebiri olsun. Böylece  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülünün alt peiffer serileri

$$\dots P_{n+1} \subset P_n \subset \dots \subset P_1 = C_1$$

elde edilir. Eğer  $P_{n+1} = \{1\}$  ise  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülünün nilpotentlik sınıfı  $n$  dir denir. Kısaca  $\delta$  morfizmine nil( $n$ )-modül adı verilir. Bir  $C_0$  cebiri için

$$C_0^{ab} = C_0/[C_0, C_0]$$

eşitliğine  $C_0$  cebirinin abelyenleştirilmesi ve

$$\delta^{cr}: C_1^{cr} = C_1/P_2 \rightarrow C_0$$

ifadesine  $\delta: C_1 \rightarrow C_0$  ön çaprazlanmış modülü ile alakalı olan çaprazlanmış modül denir.

Şimdi cebirler üzerinde nil( $n$ )-modüllerin tanımını verelim.

**Tanım :** (i)  $K$  bir  $k$ -cebir olsun. Eğer  $\sigma_{n+1}(K) = 0$  ise,  $K$  cebirine nil( $n$ )cebir veya nilpotent sınıfı  $n$  olan bir  $k$ -cebir denir.

(ii)  $\partial: C_0 \rightarrow C_1$  bir ön-çaprazlanmış modül olsun. Eğer  $P_{n+1}(\partial) = 0$  ise  $\partial$  ya nil( $n$ )-modül veya Peiffer nilpotent sınıfı  $n$  olan bir ön-çaprazlanmış modül denir.

Yani bir nil(1)-modül Peiffer nilpotent sınıfı 1 olan bir çaprazlanmış modül olur.

$\partial: C_0 \rightarrow C_1$  bir nil(1)-modül ise ikili Peiffer çarpımları sıfıra eşit olur. Bu ise çaprazlanmış modülünün ikinci aksiyomudur. nil( $n$ )-modüller kategorisini  $\mathbf{CMod}(n)$  ile gösteririz. Burada  $n \geq 1$  için;

$$\mathbf{CMod} = \mathbf{CMod}(1) \subset \mathbf{CMod}(2) \subset \cdots \subset \mathbf{CMod}(\infty) = \mathbf{\ddot{O}nCMod}$$

şeklindeki bir kapsama elde edilir.

**Tanım :**  $L, M$  ve  $N$  birer  $k$ -cebir ve  $\partial: M \rightarrow N$  bir ön çaprazlanmış modül,  $\delta: L \rightarrow M$  ise,  $\partial\delta = 0$  olacak şekilde bir homomorfizm olsun.

$C = M^{cr}/(M^{cr})^2$  için  $p: M \rightarrow C$  doğal dönüşümü olmak üzere

$$w: C \otimes C \rightarrow M$$

$$\{x\} \otimes \{y\} \mapsto xy - x \cdot \partial y$$

şeklinde tanımlı  $\partial$  ön çaprazlanmış modülünün Peiffer çarpımı ve kuadratik dönüşüm olarak adlandırılan

$$\omega: C \otimes C \rightarrow L$$

ile tanımlı  $k$ -lineer dönüşümü için,

**QM1)**  $\partial: M \rightarrow N$  bir nil(2)-modül;

**QM2)**  $\delta$  ve  $\omega$  dönüşümleri için,

$$\delta\omega(\{x\} \otimes \{y\}) = w(\{x\} \otimes \{y\})$$

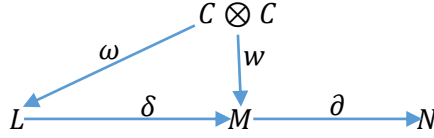
**QM3)**  $L$  bir  $N$ -cebirdir ve  $N$  nin  $L$  üzerindeki etkisi için  $a \in L$  ve  $w \in M$  olmak üzere

$$a \cdot \partial x = \omega(\{\delta a\} \otimes \{x\} + \{x\} \otimes \{\delta a\})$$

**QM4)**  $a, b \in L$  için

$$\omega(\{\delta a\} \otimes \{\delta b\}) = ab$$

özellikleri sağlanıyor ise  $(C \otimes C, L, M, N, \omega, w)$  ye bir kuadratik modül denir ve kısaca  $(\omega, \delta, \partial)$  ile gösterilir. Bir kuadratik modül,

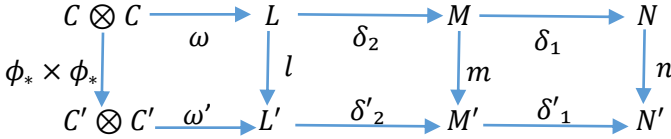


şeklindeki  $k$ -cebirlere ve homomorfizmlerinin diyagramı ile de gösterilebilir.

Bir  $(\omega, \delta, \partial)$  kuadratik modülünden  $(\omega_0, \delta_0, \partial_0)$  kuadratik modülüne giden kuadratik modül morfizmi

$$\theta = (l, m, n) : (\omega, \delta, \partial) \rightarrow (\omega_0, \delta_0, \partial_0)$$

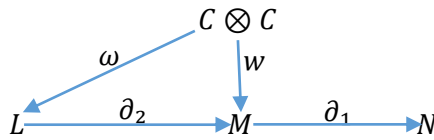
şeklindeki üçlü dönüşümlerden oluşur ve aşağıdaki diyagram değişmelidir.



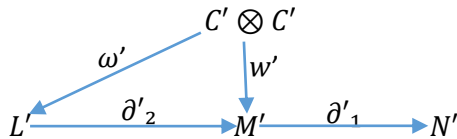
Burada  $(m, n)$  fonksiyon çifti bir ön-çaprazlanmış modül morfizmidir.  $l$  ise  $n$ -eşdeğişik bir homomorfizmdir. Kuadratik modüller kategorisini **Kuad** ile göstereceğiz.

Cebirler için alt kuadratik modül tanımını ve örneğini Atik (Atik, 2012) den vereceğiz.

**Tanım:**



bir kuadratik modül olsun. **Kuad** kategorisinde



yapısının  $\sigma$  nın bir alt kuadratik modülü olması için aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

- (i)  $L_0, L$  nin bir alt cebiri,  $M_0, M$  nin bir alt halkası olmalıdır.
- (ii)  $\partial'_1 : M' \rightarrow N'$ ,  $\partial_1 : M \rightarrow N$  nil(2)-modülünün bir alt nil(2)-modülü olmalıdır. Yani;

a)  $M_0, M$  nin bir alt cebiri,  $N_0, N$  nin bir alt halkası olmalıdır.

b)  $N_0$  in  $M_0$  üzerine etkisi,  $N$  in  $M$  üzerine olan etkisinden indirgenmiş olmalıdır.

c)

$$\begin{array}{ccc}
 M' & \xrightarrow{\mu} & M \\
 \partial'_1 \downarrow & & \downarrow \partial_1 \\
 N' & \xrightarrow{\nu} & N
 \end{array}$$

diyagramı değişmeli ve  $\mu$  ve  $\nu$  içine dönüşümler olmalıdırlar.

(iii)  $M_0$  in  $L_0$  üzerine  $N_0$  vasıtasıyla olan etkisi,  $M$  nin  $L$  üzerine  $N$  vasıtası ile olan etkisinden indirgenmelidir.

(iv)  $\sigma_0$  bir kuadratik modül olmalıdır.

(v) Aşağıdaki diyagram değişmeli olmalıdır

$$\begin{array}{ccccccc}
 C' \otimes C' & \xrightarrow{\omega'} & L' & \xrightarrow{\partial'_2} & M' & \xrightarrow{\partial'_1} & N' \\
 \phi_* \times \phi_* \downarrow & & \downarrow \mu_1 & & \downarrow \mu_2 & & \downarrow \mu_3 \\
 C \otimes C & \xrightarrow{\omega} & L & \xrightarrow{\partial_2} & M & \xrightarrow{\partial_1} & N
 \end{array}$$

**Örnek:**

$$C \otimes C \xrightarrow{id} L \xrightarrow{\omega} M \xrightarrow{\partial_1} N$$

$L = C \otimes C$  olmak üzere bir kuadratik modül olsun.  $M_0, M$  nin bir ideali ve  $N_0, N$  nin bir alt halkası,  $\partial'_1 : M' \rightarrow N'$  bir alt nil(2)-modül olmak üzere

$$C \otimes C \xrightarrow{id} L \xrightarrow{\omega'} M \xrightarrow{\partial'_1} N$$

kuadratik modülü, yukarıdaki kuadratik modülün bir alt kuadratik modüldür.

## 2. Tam Kategori

**Tanım :**  $f: X \rightarrow Y$  ve  $g: X \rightarrow Y$  dönüşümleri bir  $\mathcal{C}$  kategorisinin morfizmleri olsun. Aşağıdaki özellikler sağlanıyorsa  $(Q, h)$  ikilisine  $(f, g)$  ikilisinin eş-eşitleyicisi (coequaliser) denir.

- i. Herhangi bir  $f: Y \rightarrow Q$  morfizmi için,

$$X \begin{array}{c} \xrightarrow{f} \\ \xrightarrow{g} \end{array} Y \xrightarrow{h} Q$$

diyagramında  $hf = hg$  eşitliği vardır.

- ii.  $kf = kg$  özelliğindeki herhangi bir  $k: Y \rightarrow Q'$  morfizmi için,

$$X \begin{array}{c} \xrightarrow{f} \\ \xrightarrow{g} \end{array} Y \begin{array}{c} \xrightarrow{h} \\ \searrow k \end{array} \begin{array}{c} Q \\ \downarrow u \\ Q' \end{array}$$

diyagramı değişmeli olacak şekilde yani  $uh = k$  olacak şekilde bir tek  $u: Q \rightarrow Q'$  morfizmi vardır (Blyth, 1986).

Şimdi bir kategoride iki morfizmin *geri çekmesi* (pullback) tanımını verelim.

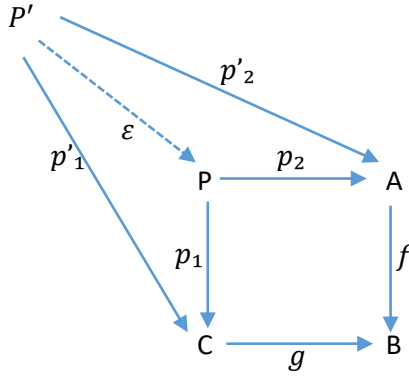
**Tanım :** Bir  $\mathcal{C}$  kategorisinde  $f: A \rightarrow B$  ve  $g: C \rightarrow B$  morfizmleri için

$$\begin{array}{ccc} P & \xrightarrow{p_2} & A \\ p_1 \downarrow & & \downarrow f \\ C & \xrightarrow{g} & B \end{array}$$

diyagramı değişmeli olsun.  $P'$  herhangi bir obje olmak üzere

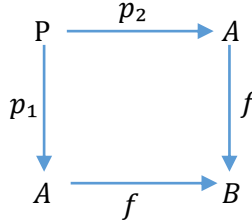
$$\begin{array}{ccc} P' & \xrightarrow{p'_2} & A \\ p'_1 \downarrow & & \downarrow f \\ C & \xrightarrow{g} & B \end{array}$$

diyagramı değişmeli olsun. Bu durumda



diyagramını değişmeli yapan  $\varepsilon: P' \rightarrow P$  morfizmi tek ise  $(p_1, p_2)$  ikilisine  $f$  ile  $g$  morfizmlerinin geri çekmesi (pullback) denir.  $P$  objesine geri çekme objesi denir.

Özel olarak  $g$  morfizmi yerine  $f$  morfizmi alınır



$(p_1, p_2)$  ikilisine  $f$  morfizminin çekirdek ikilisi (kernel pair) denir.

**Tanım :** Bir  $\mathbf{C}$  kategorisinde

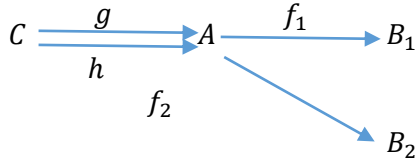
$$M = \{f_i: A \rightarrow B_i \mid i \in I\}$$

kümesi verilsin.  $g, h: C \rightarrow A$  morfizmleri ve her  $i \in I$  için  $f_i \circ g = f_i \circ h$  olduğunda,  $g = h$  oluyorsa  $M$  kümesine monomorfik küme denir.  $M$  kümesinin eleman sayısı 2 ise  $M$  kümesinin elemanlarına monomorfik çift denir.

Monomorfik çift tanımını şu şekilde açıklayalım

$$M = \{f_1, f_2: f_1: A \rightarrow B_1, f_2: A \rightarrow B_2\}$$

olmak üzere herhangi bir  $C$  objesi ve  $g, h: C \rightarrow A$  morfizmlerini ele alalım.



için  $f_1 \circ g = f_2 \circ h$  oluyorsa  $f_1$  ve  $f_2$  ye monomorfik çift denir.

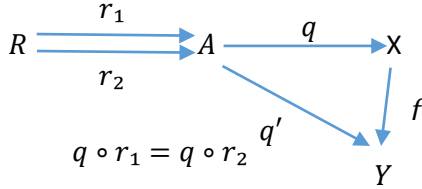
**Tanım :** Bir  $\mathbf{C}$  kategorisinde  $A$  objesinden  $B$  objesine bağıntı objesi  $R$  ,  $p_1: R \rightarrow A$ ,  $p_2: R \rightarrow B$  sıralı morfizm çiftleridir öyleki burada  $p_1, p_2$  monomorfik çifttir.  $A = B$  olması durumunda  $R$  objesine  $A$  objesi üzerinde bir bağıntı denir.

$A$  objesi üzerindeki tüm  $R$  bağıntıları ve her  $C$  objesi için

$$R_C := \{(p_1 \circ f, p_2 \circ f) \mid f \in \text{hom}(C, R)\}$$

bağıntısına ilgili bağıntı denir. Her  $C$  objesi için  $R_C$  ilgili bağıntısı  $\text{hom}(C, R)$  üzerinde bir denklik bağıntısı ise  $R$  bağıntısına da  $A$  objesi üzerindeki denklik bağıntısı objesi denir (Bourceux,1994).

**Tanım :**  $\mathbf{C}$  bir kategori ve  $(R, r_1, r_2)$  bu kategoride bir  $A$  objesi üzerindeki denklik bağıntısı olsun.  $(r_1, r_2)$  ikilisinin  $q$  eş-eşitleyicisi mevcut olsun. Yani



diyagramında

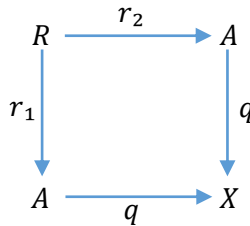
$$q \circ r_1 = q \circ r_2$$

olsun. Başlangıç objesi  $A$  objesi olan başka bir  $q'$  morfizmi için

$$q' \circ r_1 = q' \circ r_2$$

olduğunda  $f \circ q = q'$  olacak şekilde  $f: X \rightarrow Y$  morfizmi tek olsun.

Ayrıca



diyagramı geri çekme oluyorsa, yani  $(r_1, r_2)$  ikilisi  $q$  morfizminin çekirdek ikilisi ise  $A$  objesi üzerindeki  $(R, r_1, r_2)$  denklik bağıntısına *etkili (effective) bağıntı* denir.

**Tanım :**  $C$  herhangi bir kategori olsun. Aşağıdaki şartları sağlayan  $C$  kategorisine tam kategori denir.

T.K-1) Her morfizmin çekirdek ikilisi vardır ve bu çekirdek ikili eş-eşitleyiciye sahiptir.

T.K-2) Her denklik bağıntısı etkili bağıntıdır (Barr, 1971).

**Örnek :** Tam kategori örnekleri

1. Kümeler kategorisi
2. Boş olmayan kümelerin kategorisi
3. Kategori belirten kısmi sıralı kümeler
4. Herhangi bir abelyan kategori
5.  $C$  bir küçük kategori olmak üzere  $(C^{op}, F)$  fonktor kategorisi

Homotopi 2-tip yapıların tam kategori olduklarını gösteren çalışmalar mevcuttur. Homotopi 3-tip yapıların tam kategori olduğu gösterilen çalışmalar yapılmamıştır. Kuadratik modüller homotopi 3-tip yapılara örnektir. Kuadratik modüllerin limit, eşlimit, eş-eşitleyici, geri çekme gibi özelliklerinin gösterilmiş olması bir tam kategori olduğunu göstermek için bir ışık tutmaktadır. Sonuç olarak kuadratik modüllerin kategorisinin bir tam kategori olduğunu göstermek açık bir problemdir.

## Kaynakça

ATİK, H., (2012), “Değişmeli cebirlerde kuadratik modüllerin kategoriksel özellikleri”, Ph.D. Thesis, Osmangazi Üniversitesi.

Barr, M., (1971), “Exact Categories and Categories of Sheaves”, Springer Lecture Notes in Math, Vol236, pp. 1-120.

BAUES, H.J., (1998), “Algebraic homotopy”, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, Vol15, 450 pages.

BLYTH, T.S., (1986), “Categories”, Longman Sc&Tech, 152 pages.



- BOURCEUX F., (1994), “Handbook of categorical algebra Volume 1, Basic Category Theory”, Cambridge University Press, 345 pages.
- GRANDJEAN, A.R., Vale, M.J., (1986), “2-módulos cruzados en la cohomología de André-Quillen”, *Memories de la Real Academia de Ciencias*, Vol22 , pp.1-28.
- PORTER, T., (1986), “Homology of Commutative Algebras and an Invariant of Simis and Vasconceles”, *J.Algebra*, Vol99, pp. 458-465.
- ULUALAN, E., (2004), “Değişmeli cebirler üzerinde kuadratik modüller”, Ph.D. Thesis, Osmangazi Üniversitesi.
- WHITEHEAD, J.H.C., (1949), “Combinatorial homotopy II”, *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol55, pp. 453-496.

## **MOLECULAR BIOLOGY**

# ACCUMULATION POTENTIAL FOR Cd, Ni, Zn and Pb OF INDIGENOUS PLANTS GROWING IN ERCIYES MOINTAIN AND ENVIRONMENT

Kadriye URUÇ PARLAK\*

## 1. INTRODUCTION

Metal contamination, both natural and anthropogenic origin, is one of the most important troubles in the earth (Zhang et al., 2013). Due to the emissions from both inherent and anthropogenic resources, heavy metal contamination occurs, but the basic source is human beings (Pan et al., 2013). Anthropogenic activities related to industrial technique, manufacturing, domestic and industrial refuse substance and phosphate plant food implementation are the main sources of metal in soils (Boussen et al., 2013). Various physical, chemical and biological methods are used to detract heavy metals from the nature (Sarwar et al., 2017). These technics utilized in order to remediation in polluted areas are very expensely (5-10 billion) and merely process in the surface sheet of soil (Butcher, 2009). Recently, the phytoremediation method has been used to remove other contaminants and heavy metals from water or soil. This technic is 10 times less costly than traditional methods and environmentally sustainable. (McGrath et al., 2002; Tripathi et al., 2007). Phytoremediation is one of the most hopeful techniques in the improvement of waters and soils polluted with metals, metaloids and other contaminants by usaging hyperaccumulator plants (Brooks and Robinson 2004; La'zaro et al., 2006). Numerous researchers have stated that hyperaccumulator plant species are endemic to metal-rich lands, tolerate very elevated concentrations of metals and accumulate these metals in surface tissues (Harper et al. 2002; Brooks and Robinson 2004). Hyperaccumulator species are generally reported to be members (about 500 species) of families such as Cyperaceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Euphobiaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Cunouniaceae, Violaceae, Flacourtiaceae, Cunouniaceae,

---

\* Agri Ibrahim Cecen University, Science and Art Faculty, Department of Molecular Biology and Genetic, Agri, Turkey. E-MAIL: e-mail: uruckadriye@gmail.com.tr

Cyperaceae, Poaceae and Violaceae (Sarma, 2011). Heavy metal accumulation in plants is used for the biological assessment of environmental attribute (Kord et al., 2010).

Fabaceae family is a very valuable plant group both economically and agriculturally. Besides being used for nutritional purposes, the absorption of free nitrogen in the soil increases the value of this group one more time (Pandey et al., 2008). These plants grow spontaneously in areas where no plants can grow in meadow-pastures and natural vegetations, and contribute to the protection and formation of the soil (Sayar ve ark., 2015; Başbağ ve ark., 2017). Some species are used as medicinal plants, some are used as raw materials in the dyeing, weaving and paper industries, while some woody forms are used as fuel in rural areas (Kocabaş et al., 2014). In this study, zinc, cadmium, lead and nickel accumulations of 20 plant species belonging to Fabaceae family were examined.

## **2. MATERIAL AND METHOD**

### **2.1. Study Area**

Erciyes Mount is ensconced within the boundaries of Kayseri Province, which is located in the Central Anatolia Region (Fig. 1). Erciyes, the highest mountain of the Central Anatolia Region, is also volcanic origination and its height is 3917 m. In the region, alluvial soils, colloyal soils, organic soils, brown soils, lime-free brown soils and hydromorphic alluvial soils are observed. The structure of the natural flora of Mount Erciyes was demolished by agricultural activities, grazing and anthropogenic agents (Vural and Aytac, 2005).

### **2.2. Preparation of Samples**

Twenty species of Fabaceae family were harvested from steppe area, from Erciyes Dağı and its environment in August in 2018 (Table 1). All these species were found about at 1000 m to 2500 m altitude. For each species, 5-8 plant samples were gathered and blended, put into labeled pouches and transferred to the laboratory for other assay. Then every plant was separated into root, stem and leaf and washed with distilled water to clean any superficial dust and soil.

Plant species were dried at 70°C for duration 24 hours and then shredded and sieved with a 2 mm sieve. Soil examples were gotten from the rhizosphere of every plant at a depth of 0-20 cm and from

every rooting region. Soil examples were dried by weathering at room warmth duration one week, comminuted and were passed from inside a 2 mm sieve. Heavy metals such as Ni, Cd, Zn and Pb were measured for every soil example. Samples of plant were dried at 70°C then plants were digested with 10mL of intensed HNO<sub>3</sub>, using Millestone Start microwave.

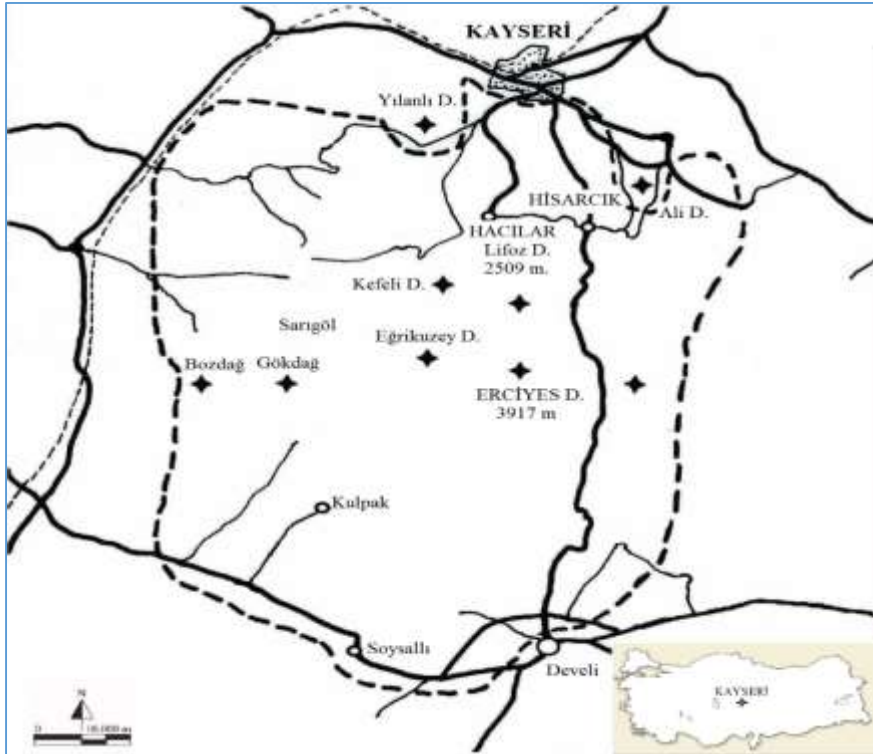


Fig.1. Map of the study area (Vural & Aytaç, 2005).

<i>Species</i>	<i>Location</i>
<i>Astragalus angustifolius</i> Lam.	Slope behind the Role station (1600-1700 m)
<i>Astracantha strictispina</i> Boiss.	Erciyes skiing facilities (2400-2500 m)
<i>Astragalus odoratus</i> Lam.	Around the Barrage Lake (1000-1200 m)
<i>Astragalus hamosus</i> Lam.	Erciyes University campus (1000-1100 m)

<i>Astragalus campylosema</i> Boiss.	Mount Ali steppe slopes (1120-1200 m)
<i>Astragalus nitens</i> Boiss. & Heldr.	Mount Ali steppe slopes (1150 m)
<i>Astragalus pinetorum</i> Boiss.	Slope behind the Role station (1600-1700 m)
<i>Astragalus macrourus</i> Fisch. & C.A.Mey.	Slope behind the Role station (1600-1700 m)
<i>Astracantha pycnocephala</i> Fisch.	Çay Vineyards location (1100 m)
<i>Astracantha caspica</i> Bieb.	Alper Atalay Memorial Forest (1695-1800 m)
<i>Astragalus curvicaulis</i> Clos.	Roadside between Hacılar and Hisarcık (1300 m)
<i>Astracantha gummifera</i> Lab.	Ali Mountain, Çay vineyards location (1100 m)
<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	Ali Mountain, Çay vineyards location (1100-1120 m)
<i>Astragalus breviflorus</i> subsp. <i>elongatus</i> D.F. Chamb. & V.A. Matthews	Lifos west slopes (1700-1950 m)
<i>Astracantha acmophylla</i> Bunge.	Above the Sakar farm (1700-2200 m)
<i>Astracantha microcephala</i> Willd.	Above the Sakar farm (1700-2200 m)
<i>Astracantha celokovskyana</i> Freyn & Bornm.	Above the Sakar farm (1700-2200 m)
<i>Astragalus commixtus</i> Bunge.	Around the Barrage Lake (1000m)
<i>Astragalus angustifolius</i> Lam. subsp. <i>pungens</i> Willd.	Above the Tekir Plateau (2150 m)
<i>Astragalus lineatus</i> Lam.	Mount Erciyes (2400 m)

Table 1. Where the plant samples used in the study were taken.

Afterwards, the volume of every example was regulated to 25 mL using deionized water (Uruc Parlak and Çakılciöğlü, 2019). Specification of the Pb, Zn, Ni and Cd amounts in whole examples (triplicate) was achieved by Thermo ICP-MS. All measurements were performed in triplicate. The samples were analyzed in triplicate. Biological Concentration Factor (BCF) was calculated as in equation 1 (Yoon et al., 2006). Translocation Factor (TF) was described as ratio of heavy metals in plant shoot to that in plant root given in equation 2 (Cui et al., 2007; Li et al., 2007). Biological Accumulation Coefficient (BAC) was calculated as ratio of heavy

metal in shoots to that in soil given in equation 3 (Li et al., 2007; Cui et al., 2007).

$$BCF = \frac{[\text{Metals}]_{\text{root}}}{[\text{Metal}]_{\text{soil}}} \dots\dots\dots(1)$$

$$TF = \frac{[\text{Metals}]_{\text{shoot}}}{[\text{Metal}]_{\text{root}}} \dots\dots\dots(2)$$

$$BAC = \frac{[\text{Metals}]_{\text{shoot}}}{[\text{Metal}]_{\text{soil}}} \dots\dots\dots(3)$$

### 3. RESULTS and DISCUSSION

#### 3.1. Cd, Ni, Zn and Pb concentrations in soils

Cd contents of the soil samples in the study area were found out to be between  $8.88 \pm 0.10$  and  $14.27 \pm 0.07 \text{ mgL}^{-1}$  (Table 2). The highest Cd concentration was found in the soil where *Astragalus ornithopodioides* grew between twenty soil samples. Ni contents of the soil samples were found out to be between  $69.72 \pm 0.03$  and  $479.88 \pm 0.32 \text{ mgL}^{-1}$  (Table 3). The lowest Ni concentration was detected in the soil where *Astracantha acmophylla* was grown. The highest Zn concentration (between  $32.67 \pm 0.01$  and  $216.14 \pm 0.22 \text{ mgL}^{-1}$ ) was detected in the soil where *Astracantha strictispina* grown (Table 4). The Pb contents of soil samples were between  $31.61 \pm 0.07$  and  $242.38 \pm 0.51 \text{ mgL}^{-1}$ , while the highest concentration was found in the soil where *Astragalus odoratus* grown (Table 5). Erciyes Mountain is an ancient volcano erupting from lava and tuff, and since the Mount Erciyes has been an important settlement center since ancient times, the territory of this region is rich in terms of elements.

#### 3.2. Cd, Ni, Zn and Pb concentrations in plants

Cd, Ni, Zn and Pb concentrations in the soils, roots and shoot of the plants are presented in Table 2-5. The mean Cd values in soils, roots and shoot of plants were 10.12, 5.60 and 8.01  $\text{mgL}^{-1}$ ; Ni values 143.03, 64.94 and 98.28  $\text{mgL}^{-1}$ , respectively; Zn values

Species	Cadmium Concentration ( $\text{mgL}^{-1}$ )			
	soil	root	shoot	leaf
<i>Astragalus angustifolius</i>	$8.88 \pm 0.10$	$6.56 \pm 0.05$	$5.95 \pm 0.04$	$3.02 \pm 0.01$
<i>Astracantha strictispina</i>	$9.18 \pm 0.11$	$6.98 \pm 0.01$	$5.57 \pm 0.03$	$1.97 \pm 0.02$
<i>Astragalus odoratus</i>	$11.13 \pm 0.10$	$5.57 \pm 0.02$	$7.43 \pm 0.02$	$3.73 \pm 0.03$
<i>Astragalus hamosus</i>	$9.24 \pm 0.04$	$6.01 \pm 0.01$	$6.84 \pm 0.02$	$4.45 \pm 0.01$

<i>Astragalus campylosema</i>	9.45±0.07	6.12±0.03	6.46±0.04	3.48±0.01
<i>Astragalus nitens</i>	9.71±0.02	6.50±0.07	6.90±0.01	4.11±0.02
<i>Astragalus pinetorum</i>	9.90±0.03	6.86±0.04	6.94±0.02	4.00±0.03
<i>Astragalus macrourus</i>	9.67±0.04	6.51±0.02	6.75±0.01	3.84±0.03
<i>Astracantha pycnocephala</i>	8.96±0.09	6.56±0.07	7.94±0.03	6.94±0.05
<i>Astracantha caspica</i>	9.81±0.07	6.15±0.06	8.83±0.03	7.86±0.05
<i>Astragalus curvicaulis</i>	8.95±0.10	6.81±0.05	8.01±0.02	7.09±0.05
<i>Astracantha gummifera</i>	9.38±0.11	6.42±0.04	8.30±0.01	7.22±0.01
<i>Astragalus ornithopodioides</i>	14.27±0.07	6.47±0.04	10.79±0.09	7.33±0.02
<i>Astragalus breviflorus</i> subsp. <i>elongatus</i>	10.44±0.05	6.28±0.05	8.85±0.05	7.27±0.04
<i>Astracantha acmophylla</i>	9.32±0.03	3.06±0.04	8.48±0.03	7.65±0.02
<i>Astracantha microcephala</i>	10.51±0.04	4.43±0.03	8.94±0.02	7.38±0.02
<i>Astracantha celokovskyana</i>	9.90±0.11	3.22±0.02	8.98±0.04	8.07±0.01
<i>Astragalus commixtus</i>	9.82±0.20	3.27±0.01	8.88±0.06	7.96±0.02
<i>Astragalus angustifolius</i> subsp. <i>pungens</i>	11.24±0.17	4.39±0.02	9.05±0.07	6.88±0.02
<i>Astragalus lineatus</i>	12.80±0.06	3.99±0.01	8.01±0.11	7.85±0.03



Table 2. Mean Cd concentrations in soils, roots, shoot and leaves of different plants ( $\pm$ standart errors).

Species	Nickel Concentration ( mgL <sup>-1</sup> )			
	soil	root	shoot	leaf
<i>Astragalus angustifolius</i>	330.43 $\pm$ 0.19	67.44 $\pm$ 0.01	73.90 $\pm$ 0.09	43.07 $\pm$ 0.01
<i>Astracantha strictispina</i>	348.90 $\pm$ 0.20	85.39 $\pm$ 0.07	86.05 $\pm$ 0.03	118.98 $\pm$ 0.11
<i>Astragalus odoratus</i>	479.88 $\pm$ 0.32	90.56 $\pm$ 0.05	70.33 $\pm$ 0.09	13.72 $\pm$ 0.02
<i>Astragalus hamosus</i>	90.01 $\pm$ 0.07	132.87 $\pm$ 0.08	59.10 $\pm$ 0.07	26.89 $\pm$ 0.03
<i>Astragalus campylosema</i>	122.74 $\pm$ 0.06	46.85 $\pm$ 0.05	55.17 $\pm$ 0.10	3.14 $\pm$ 0.00
<i>Astragalus nitens</i>	170.04 $\pm$ 0.08	96.88 $\pm$ 0.04	61.83 $\pm$ 0.08	15.71 $\pm$ 0.02
<i>Astragalus pinetorum</i>	94.87 $\pm$ 0.04	53.73 $\pm$ 0.05	44.06 $\pm$ 0.06	16.64 $\pm$ 0.02
<i>Astragalus macrourus</i>	97.86 $\pm$ 0.06	47.01 $\pm$ 0.01	44.17 $\pm$ 0.05	15.81 $\pm$ 0.01
<i>Astracantha pycnocephala</i>	97.02 $\pm$ 0.05	44.94 $\pm$ 0.08	42.71 $\pm$ 0.05	9.45 $\pm$ 0.01
<i>Astracantha caspica</i>	76.81 $\pm$ 0.04	98.86 $\pm$ 0.04	249.90 $\pm$ 0.07	397.99 $\pm$ 0.23
<i>Astragalus curvicaulis</i>	118.24 $\pm$ 0.06	68.67 $\pm$ 0.07	51.30 $\pm$ 0.03	56.21 $\pm$ 0.03
<i>Astracantha gummifera</i>	89.25 $\pm$ 0.04	32.81 $\pm$ 0.03	95.00 $\pm$ 0.08	86.81 $\pm$ 0.07
<i>Astragalus ornithopodioides</i>	108.48 $\pm$ 0.05	108.21 $\pm$ 0.09	181.68 $\pm$ 0.16	77.71 $\pm$ 0.05
<i>Astragalus breviflorus</i> subsp. <i>elongatus</i>	99.34 $\pm$ 0.03	78.99 $\pm$ 0.05	133.41 $\pm$ 0.13	84.65 $\pm$ 0.05
<i>Astracantha acmophylla</i>	69.72 $\pm$ 0.03	97.10 $\pm$ 0.08	84.10 $\pm$ 0.3	84.91 $\pm$ 0.08
<i>Astracantha microcephala</i>	89.22 $\pm$ 0.02	7.22 $\pm$ 0.03	89.35 $\pm$ 0.4	80.26 $\pm$ 0.07
<i>Astracantha celokovskyana</i>	76.83 $\pm$ 0.02	10.29 $\pm$ 0.01	125.98 $\pm$ 0.6	95.87 $\pm$ 0.04
<i>Astragalus commixtus</i>	124.08 $\pm$ 0.08	48.34 $\pm$ 0.02	104.65 $\pm$ 0.4	91.77 $\pm$ 0.06
<i>Astragalus angustifolius</i> subsp. <i>pungens</i>	86.34 $\pm$ 0.03	8.58 $\pm$ 0.01	137.09 $\pm$ 0.8	96.16 $\pm$ 0.09
<i>Astragalus lineatus</i>	90.58 $\pm$ 0.02	74.13 $\pm$ 0.06	175.81 $\pm$ 0.15	107.65 $\pm$ 0.04

Table 3. Mean Ni concentrations in soils, roots, shoot and leaves of different plants ( $\pm$ standart errors).

Species	Zinc Concentration ( mgL <sup>-1</sup> )			
	soil	root	shoot	leaf
<i>Astragalus angustifolius</i>	162.95 $\pm$ 0.19	65.21 $\pm$ 0.05	101.75 $\pm$ 0.08	103.71 $\pm$ 0.07
<i>Astracantha strictispina</i>	216.14 $\pm$ 0.22	146.68 $\pm$ 0.24	176.92 $\pm$ 0.18	175.00 $\pm$ 0.12
<i>Astragalus odoratus</i>	193.82 $\pm$ 0.11	256.36 $\pm$ 0.31	198.13 $\pm$ 0.26	139.08 $\pm$ 0.08
<i>Astragalus hamosus</i>	44.14 $\pm$ 0.03	198.38 $\pm$ 0.21	179.71 $\pm$ 0.09	152.21 $\pm$ 0.09
<i>Astragalus campylosema</i>	46.32 $\pm$ 0.04	79.43 $\pm$ 0.5	152.15 $\pm$ 0.07	171.32 $\pm$ 0.13
<i>Astragalus nitens</i>	60.42 $\pm$ 0.05	104.55 $\pm$ 0.6	105.92 $\pm$ 0.06	96.74 $\pm$ 0.07
<i>Astragalus pinetorum</i>	41.91 $\pm$ 0.02	209.98 $\pm$ 0.17	136.31 $\pm$ 0.08	128.71 $\pm$ 0.08
<i>Astragalus macrourus</i>	47.12 $\pm$ 0.03	127.92 $\pm$ 0.11	117.68 $\pm$ 0.07	88.71 $\pm$ 0.06
<i>Astracantha pycnocephala</i>	40.89 $\pm$ 0.02	80.19 $\pm$ 0.08	114.34 $\pm$ 0.04	164.39 $\pm$ 0.12
<i>Astracantha caspica</i>	33.71 $\pm$ 0.01	64.28 $\pm$ 0.07	108.89 $\pm$ 0.08	86.69 $\pm$ 0.07
<i>Astragalus curvicaulis</i>	40.17 $\pm$ 0.02	138.66 $\pm$ 0.09	82.85 $\pm$ 0.05	103.22 $\pm$ 0.11
<i>Astracantha gummifera</i>	43.05 $\pm$ 0.03	86.89 $\pm$ 0.07	132.82 $\pm$ 0.12	143.28 $\pm$ 0.10
<i>Astragalus ornithopodioides</i>	33.51 $\pm$ 0.2	174.75 $\pm$ 0.15	294.83 $\pm$ 0.28	197.39 $\pm$ 0.21
<i>Astragalus breviflorus</i> subsp. <i>elongatus</i>	32.67 $\pm$ 0.01	114.65 $\pm$ 0.09	161.02 $\pm$ 0.15	130.60 $\pm$ 0.11
<i>Astracantha acmophylla</i>	42.83 $\pm$ 0.04	213.10 $\pm$ 0.20	130.39 $\pm$ 0.09	135.22 $\pm$ 0.12
<i>Astracantha microcephala</i>	46.31 $\pm$ 0.04	69.86 $\pm$ 0.05	134.85 $\pm$ 0.10	116.06 $\pm$ 0.03
<i>Astracantha celokovskyana</i>	47.05 $\pm$ 0.05	111.16 $\pm$ 0.08	212.73 $\pm$ 0.20	189.36 $\pm$ 0.17
<i>Astragalus commixtus</i>	45.51 $\pm$ 0.04	163.28 $\pm$ 0.10	214.83 $\pm$ 0.14	237.85 $\pm$ 0.30
<i>Astragalus angustifolius</i> subsp. <i>pungens</i>	34.04 $\pm$ 0.03	58.39 $\pm$ 0.04	178.65 $\pm$ 0.10	182.92 $\pm$ 0.16
<i>Astragalus lineatus</i>	41.73 $\pm$ 0.04	126.63 $\pm$ 0.08	208.79 $\pm$ 0.13	155.81 $\pm$ 0.13

Table 4. Mean Zn concentrations in soils, roots, shoot and leaves of different plants ( $\pm$ standart errors).

Species	Lead Concentration ( mgL <sup>-1</sup> )			
	soil	root	shoot	leaf
<i>Astragalus angustifolius</i>	172.63 $\pm$ 0.23	70.80 $\pm$ 0.08	67.78 $\pm$ 0.10	38.90 $\pm$ 0.05
<i>Astracantha strictispina</i>	242.38 $\pm$ 0.51	87.66 $\pm$ 0.07	133.37 $\pm$ 0.05	199.60 $\pm$ 0.31
<i>Astragalus odoratus</i>	288.81 $\pm$ 0.35	69.58 $\pm$ 0.02	110.53 $\pm$ 0.12	65.92 $\pm$ 0.08
<i>Astragalus hamosus</i>	50.82 $\pm$ 0.06	72.21 $\pm$ 0.09	58.14 $\pm$ 0.06	38.24 $\pm$ 0.05
<i>Astragalus campylosema</i>	63.60 $\pm$ 0.10	81.54 $\pm$ 0.12	78.62 $\pm$ 0.10	36.01 $\pm$ 0.04
<i>Astragalus nitens</i>	62.70 $\pm$ 0.09	80.75 $\pm$ 0.15	86.36 $\pm$ 0.11	60.68 $\pm$ 0.08
<i>Astragalus pinetorum</i>	50.80 $\pm$ 0.07	64.81 $\pm$ 0.08	73.27 $\pm$ 0.08	75.02 $\pm$ 0.09
<i>Astragalus macrourus</i>	62.58 $\pm$ 0.12	72.19 $\pm$ 0.06	74.94 $\pm$ 0.09	64.25 $\pm$ 0.04
<i>Astracantha pycnocephala</i>	35.95 $\pm$ 0.03	71.57 $\pm$ 0.06	92.34 $\pm$ 0.13	54.81 $\pm$ 0.07
<i>Astracantha caspica</i>	38.33 $\pm$ 0.02	104.13 $\pm$ 0.21	74.14 $\pm$ 0.08	77.29 $\pm$ 0.03
<i>Astragalus curvicaulis</i>	48.65 $\pm$ 0.10	70.73 $\pm$ 0.06	58.21 $\pm$ 0.04	58.05 $\pm$ 0.08
<i>Astracantha gummifera</i>	40.83 $\pm$ 0.08	74.01 $\pm$ 0.06	78.79 $\pm$ 0.12	57.72 $\pm$ 0.08
<i>Astragalus ornithopodioides</i>	48.57 $\pm$ 0.11	65.82 $\pm$ 0.05	110.12 $\pm$ 0.23	33.70 $\pm$ 0.06
<i>Astragalus breviflorus</i> subsp. <i>elongatus</i>	35.55 $\pm$ 0.07	61.56 $\pm$ 0.04	121.85 $\pm$ 0.19	51.65 $\pm$ 0.07
<i>Astracantha acmophylla</i>	31.61 $\pm$ 0.07	15.00 $\pm$ 0.01	78.90 $\pm$ 0.09	78.92 $\pm$ 0.09
<i>Astracantha microcephala</i>	46.87 $\pm$ 0.09	54.48 $\pm$ 0.04	117.21 $\pm$ 0.19	67.06 $\pm$ 0.08
<i>Astracantha celokovskyana</i>	41.01 $\pm$ 0.08	61.81 $\pm$ 0.05	155.10 $\pm$ 0.23	95.55 $\pm$ 0.07
<i>Astragalus commixtus</i>	52.34 $\pm$ 0.06	95.12 $\pm$ 0.09	47.78 $\pm$ 0.06	43.28 $\pm$ 0.06
<i>Astragalus angustifolius</i> subsp. <i>pungens</i>	45.42 $\pm$ 0.06	69.00 $\pm$ 0.07	112.72 $\pm$ 0.19	38.19 $\pm$ 0.01
<i>Astragalus lineatus</i>	48.42 $\pm$ 0.05	19.04 $\pm$ 0.01	180.35 $\pm$ 0.30	85.39 $\pm$ 0.10

Table 5. Mean Pb concentrations in soils, roots, shoot and leaves of different plants ( $\pm$ standart errors).

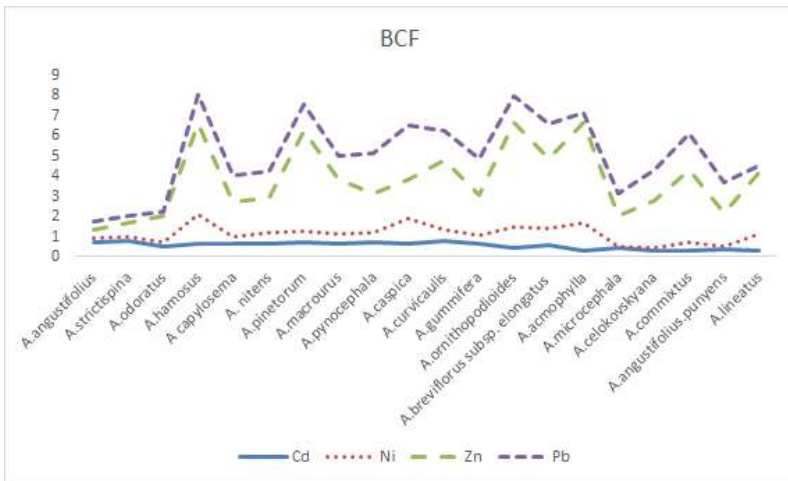


Fig.2. Biological Concentration Factor of different plants

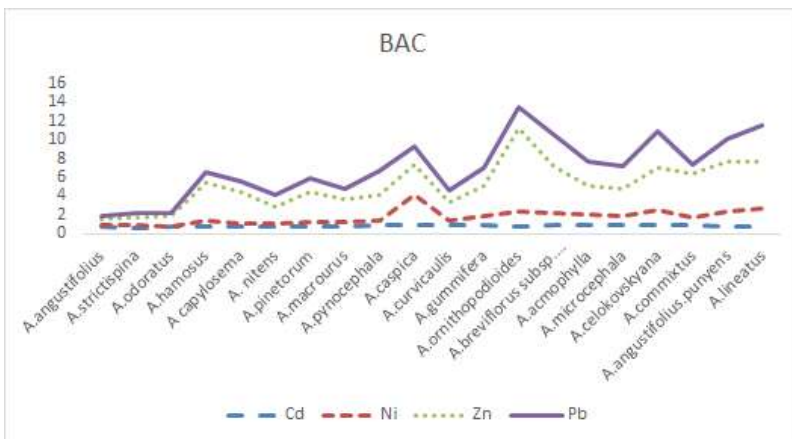


Fig.3. Translocation Factor of different plants

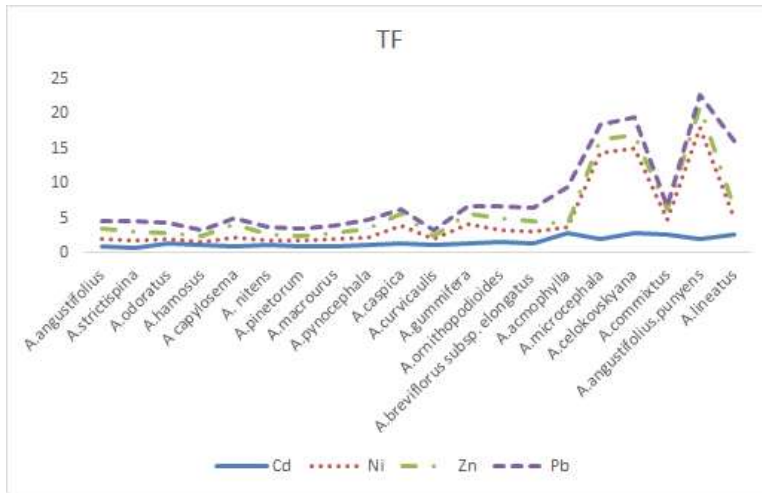


Fig.4. Biological Accumulation Coefficient of different plants

were 64.71, 129.51 and 157.18  $\text{mgL}^{-1}$ , respectively; Pb values were 75.39, 68.09 and 95.53  $\text{mgL}^{-1}$ , respectively. As indicated, Zn and Pb values in the soil around plants were significantly lower than the mean Zn and Pb values in the shoot, but Cd and Ni values in soils were higher than Cd and Ni concentrations in the root of plants. As shown in Table 4, the Zn values in shoots of all plant samples are always higher than the Zn values of the roots, except for the three plant species, similarly the Pb values in the shoots except for the two species are higher than the Pb values of the roots. However, Cd values in shoots of all plant samples are always lower than Cd values of roots, while Ni values vary. The conclusions showed that accumulation of Cd, Ni, Zn and Pb in not one of the shoots of the plant species worked was more than 1000  $\text{mgL}^{-1}$  (Baker & Brooks, 1989). Although the heavy metal concentration remains below 1000  $\text{mg L}^{-1}$ , most plant species have TF or BCF > 1 (excluding Cd and Ni elements). In general, the TF and BCF values of Pb and Zn have the highest values (Fig. 2-4). *A. hamosus*, *A. caspica* and *A. acmophylla* had BCF > 1 for Ni (1.47, 1.28 and 1.39). Fig. 2-4 showed the all plant species studied for total metal concentration showed value of BCF > 1 for one or more heavy metals except Cd. *Astragalus angustifolius* subsp. *pungens* and *Astragalus ornithopodioides* had BAC > 5 for Zn.

Metal deposition varies greatly depending on plant species, soil quality and natural controls (Chunilall et al., 2005). Metal solubility in soils is generally related to pH, organic carbon content, metal cations exchange capacity and oxidation event (Ghosh & Singh, 2005).

BAC, BCF, TF and values  $>1$  had been used to evaluate the potential of plant species for phytostabilization and phytoextraction (Li et al., 2007). The conclusions showed that *A. lineatus* had highest TF values for Pb (9.47) and *Astragalus angustifolius* subsp. *pungens* had highest TF values for Ni (15.98).  $TF > 1$  indicates that plant species can carry metals from roots to shoots very easily and these species are suitable for phytoextraction.

The results show that these plants with BCF, BAC and TF values can be used to remediation soil contaminated with Zn and Pb. At the same time, these results indicate the need for further research on the existence of such plants and the mechanisms by which they can survive in soils with high metal concentrations.

## REFERENCES

- Zhang, H., Zhang, Y., Wang, Z., Ding, M., (2013), "Heavy metal enrichment in the soil along the DelhieUlan section of the QinghaieTibet railway in China", *Environ. Monit. Assess.*, Vol.185, pp.5435-5447.
- Pan, Y., Wang, Y., Sun, Y., Tian, S., Cheng, M., (2013), "Size-resolved aerosol trace elements at a rural mountainous site in Northern China: importance of regional transport". *Sci. Total Environ.*, Vol. 461–462, pp.761–771.
- Boussen, S., Soubrand, M., Bril, H., Ouerfelli, K., Abdeljaouad, S., (2013), "Transfer of lead, zinc and cadmium from mine tailings to wheat (*Triticum aestivum*) in carbonated Mediterranean (Northern Tunisia) soils", *Geoderma*, Vol.192, pp.227-236.
- Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, M.R., Ishaque, W., Kamran, M.A., Matloob, A., Rehim, A., Hussain, S., (2017), "Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives", *Chemosphere*, Vol.171, pp.710-721.
- McGrath, S.P., Zhao, F.J., Lombi, E., (2002), "Phytoremediation of metals, metalloids, and Radionuclides", *Adv. Agron.* Vol.75, pp.1–56.

- Tripathi, R.D., Srivastava, S., Mishra, S., Singh, N., Tuli, R., Gupta, D.K., Maathuis, F.J., (2007), "Arsenic hazards: strategies for tolerance and remediation by plants", Trends Biotechnol. Vol.25(4), pp.158-65.
- Brooks, R.R., Robinson, B.H., (2004), The potential use of hyperaccumulators and other plants for phytomining. In: Brooks RR, editor. Plants that hyperaccumulate heavy metals. Oxon (UK): CAB, International. p. 261–288.
- La'zaro, D.J., Kidd, P.S., Mart'neza, C.M., (2002), "A phytochemical study of the Trás-os-Montes region (NE Portugal): Possible species for plant-based soil remediation Technologies", Science of the Total Environment Vol.354, pp.265- 277.
- Harper, F.A., Pollard, A.J., Powell, K.D., Smith, J.A.C., (2002), "The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants", Crit. Rev. Plant. Sci. Vol.21(6), pp. 39–56.
- Sarma, H., (2011), "Metal hyperaccumulation in plants: a review focussing on phytoremediation technology". Environ. Sci. Technol. Vol. 4, pp.118–138.
- Kord, B.; Mataji, A.; Babaie, S., (2010), "Pine (*Pinus Eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution", Int. J. Environ. Sci. Tech., Vol.7 (1), pp.79-84.
- Pandey, A. Chakraborty, S. Datta, A., Chakraborty, N., (2008), "Proteomics approach to identify dehydration responsive nuclear proteins from Chickpea (*Cicer arietinum* L.)", Molecular & Cellular Proteomics, vol.7(1), pp.88-107.
- Sayar, M.S., Han, Y., Başbağ, M., Gül İ., Polat T., (2015), "Rangeland Improvement and Management Studies in Southeastern Anatolia Region of Turkey". Pakistan Journal of Agricultural Sciences, vol.52(1), pp. 9-18.
- Başbağ, M., Çağan, E., Sayar, M.S., Karan, H., (2017), "Some Shrub and Tree Taxa in The Grassland-Pasture and Natural Vegetation of Turkey", Middle East Journal of Science, vol.3(2), pp.115-128.
- Kocabaş, Y.Z., İlçim, A., Çömlekçioğlu, N., (2014), "Kahramanmaraş Başkonuş Dağı Gevenleri (*Astragalus* spp.) ve Önemi". III.

Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu, 8-10 Mayıs 2014, Kahramanmaraş.

- Vural C., Aytaç Z., (225), “**The Flora of Erciyes Dağı (Kayseri-Turkey)**”, Turkish Journal of Botany, vol.29, pp.185-236.
- Uruç Parlak, K., Çakılcıoğlu, U., (2019), “Evaluation of antioxidant enzymes and elements content of *Centaurea kurdica* Reichardt and *Centaurea urvillei* DC. subsp. *hayekiana* Wagenitz”, Erzincan University Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol.12(1), pp.74-86.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.Q., (2006), “Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site”. Sci. Total Environ. Vol.368, pp.456-464.
- Li, M.S., Luo, Y.P., Su, Z.Y., (2007), “Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China”. Environmental Pollution, vol.147, pp.168-175.
- Cui, S., Zhou, Q., Chao, L., (2007), “Potential hyperaccumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in enduring plants distributed in an old smeltery, northeast China”. Environmental Geology, vol.51, pp. 1043-1048.
- Baker, A.J.M., Brooks, R.R., (1989), “Terrestrial Higher Plants which Hyperaccumulate Metallic Elements. A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry”. Biorecovery, vol.1, pp.81-126.
- Yang, X.E., Jin, X.F., Fend, Y., Islam, E., (2005), “Molecular Mechanisms and Genetic Basis of Heavy Metal Tolerance/Hyperaccumulation in Plants”. Journal of Integrative Plant Biology, vol.47, pp.1025-1035.
- Chunilall, V., Kindness, A. Jonnalagadda, S.B., (2005), “Heavy metal uptake by two edible *Amaranthus* herbs grown on soils contaminated with Lead, Mercury, Cadmium and Nickel”, Journal of Environmental Science and Health, vol.40, pp. 375-384.
- Ghosh, M., Singh, S.P., (2005), “A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by products”. Applied Ecology and Environmental Research, vol. 3, pp.1-18.
- Li, M.S., Luo, Y.P., Su Z.Y., (2007), “Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China”. Environmental Pollution, vol.147, pp.168-175.



# MİKROSATELLİT MARKIRLAR ve ADLİ BİLİMLER

*Microsatellite Markers and Forensic Sciences*

**Gönül Filoğlu**

## **1. Adli bilimler ve adli genetik**

Adli bilimler; çeşitli olayların araştırılmasında, suçun ortaya çıkarılması, suçlunun kimliğinin belirlenmesi, şüpheliden ve olay yerinden gelen örneklerin aynı kaynaktan olup olmadığının belirlenmesi, toplu felaketlerde kişilerin kimliklendirilmesi ve akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde genetik kimliklendirme yapabilmektedir. Adli bilimler multidisipliner bir bilim dalı olup suçun aydınlatılmasında birçok bilim dalından yararlanır. Bir suçla ilgili olarak olay yerinde çeşitli biyolojik örnekler bulunabilmektedir. Bu örneklerin olay yerinde belgelenmesi, toplanması, korunması ve laboratuvara gönderilmesi sonucunda analizi yapılır. Amaç; suç, olay yeri, mağdur ve şüpheliler arasında bağlantı kurularak suçun aydınlatılması sağlanır. Olay yerinde delil olabilecek çeşitli materyaller bulunabilir. Olayın türüne çok çeşitli deliller bulunabilir. Silahlar (ateşli kesici v.s), patlayıcı artıkları, parmak izleri, ilaçlar, lifler, insana ait her türlü biyolojik kalıntılar (kıllar, kan, kepek, semen v.s) ve diğer fiziksel deliller analiz edilerek hem materyalin kimliklendirilmesi yapılır hem de hangi kaynaktan geldiği araştırılır (Butler J.M, 2010).

Biyolojik delillerin tanımlanmasında ve karşılaştırılmasında geçmişte eritrosit antijenleri, protein ve enzimler kullanılmıştır. Adli alanda kimliklendirme amaçlı kullanılan ilk markır 1900'lü yıllarda keşfedilen ABO kan grupları ve diğer kan grupları sistemleridir. Toplamda 17 kan grubu adli alanda uzun bir süre kullanılmıştır. Daha sonra eritrosit enzimleri (PGM, EAP ESD v.b) , serum proteinleri (GC v.b) ve lökosit antijenlerinden (HLA, human lökosit antijeni) yararlanıldı. Ancak bu markırlar çevresel faktörlerden etkilendikleri için bekleyen ve az miktardaki örneklerde sonuç almak mümkün değildi (Daniels GL ve ark. 2004; Goodwin W. Ve ark. 2007). Ayrıca bu genetik işaretleri her biyolojik örnekte çalışmak ta mümkün değildi. Örneğin kemik dokusunda, sigara izmariti veya diş örneklerinde eritrosit antijeni ve enzimleri çalışılmamaktadır. 80'li yılların ortalarında yılında Alec Jeffreys DNA'da (Deoksiribonükleik Asit) minisatellit olarak adlandırılan DNA polimorfizmini keşfetmesinden sonra adli kimliklendirmede yeni bir dönem başlamış oldu (Jeffreys A.J. 1985). Bu tarihten sonra adli alanda

kullanılan tüm polimorfik markırlar direkt olarak DNA düzeyinde çalışılmaya başlanmıştır.

DNA çekirdek içeren her hücrede bulunmaktadır. Olay yerinde bulunan insana ait herhangi bir biyolojik örnekten (sigara izmariti, kan, parmak izi, çiğnenmiş sakız, tıraş bıçağı kişisel aksesuar-gözlük, küpe v.b) DNA elde edilebilmektedir (Gaensleen, R.E., 1984.). İnsan genomunda yaklaşık olarak 3 milyar baz çifti (bç) bulunmaktadır. Polimorfik gen lokusları “alel” olarak adlandırılan farklı formda bulunabilmektedirler. Her birey biri anneden diğeri babadan gelen en fazla iki alel taşıyabilir. Ancak popülasyonda ilgili gen için çok sayıda farklı alel bulunabilmektedir. Bu da genetik polimorfizmini oluşturur. Polimorfizm adli kimliklendirme çalışmalarının temelini oluşturur (Karp C. 1984; Lee, H.C.1994). DNA'nın adli bilimlerde ilk kullanımı 1985 yılında Alec Jeffreys tarafından olmuştur. Alec Jeffreys değişik sayıda ardışık tekrar eden dizilerin (VNTR, Variable Number of Tandem Repeats) DNA'nın kodlanma yapmayan bölgelerinde bulunduğunu kimliklendirmede ve nesep tayininde kullanılabileceğini göstermiştir (Gill P. Ve ark. 1985; Jeffreys A.J 1985). DNA'nın bu polimorfik bölgeleri kullanılarak ilk defa bir olgunun aydınlatılmasında kanıt olarak kullanıldı (Olgu 1).

**Olgu: 1** Colin Pitchfork 1983'te arkadaşını ziyarete giden 15 yaşındaki Lynda Mann'ı tecavüz ettikten sonra öldürmüştü. Lynda'nın ailesi ertesi gün kızları geri dönmeyince polisi aramış ve Polis Lynda'ya tecavüze uğramış ve boğulmuş olarak bulmuştur. Kızın üzerinden alınan semen örneğinin sonuçları bu semenin A grubu bir erkeğe ait olduğunu ve kasabada bulunan erkek popülasyonunun % 10'uyla uyduğu belirlenmiştir. Fakat bu bulgular katili yakalamada yetersiz kalmış ve dava açık bırakılmıştır. Pitchfork 1986'da ikinci cinayetini işlemiştir. Bu kez kurban Dawn Ashworth'tür. Eve gitmek için hep kullandığı yolun dışında bir patikayı kullanmak isteyen kızın bu kararı onun ölümüne neden olmuştur. O da tıpkı Lynda Mann gibi boğulmuş ve tecavüz edilmiş olarak bulunmuştur. Kızın üzerinde bulunan semen lekeleri ilk olayla karşılaştırılmış ve iki örneğin aynı kişiye ait olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde Liecester Üniversitesi'nde görevli Alec Jeffreys tekrarlayan DNA dizileri (VNTR) üzerinde çalışıyordu. Olay yeri ve çevresinde bulunan yaklaşık 5000 kişiden sperm örneği alınarak kızın üzerinden alınan örneklerle karşılaştırılmış ancak hiç kimseyle eşleşmemiştir. Ancak bir barda, Ian Kelly adlı bir kişinin etrafındakilere para karşılığı kendisini Colin Pitchfork olarak tanıttığını ve onun yerine sperm örneği verdiğini anlatıyordu. Barda bunu duyan bir kadın polisi arayarak Colin Pitchfork'ü ihbar eder. Pitchfork tutklanır ve alınan DNA profillerinin eşleşmesinin ardından sorguda suçunu itiraf eder. Irza tecavüz, cinayet ve teşhircilik suçlarından dolayı iki kez müebbet

*hapis cezasına mahkum edilir. Bu dava DNA'nın mahkemede kanıt olarak kullanıldığı ilk davadır ([https://en.wikipedia.org/wiki/Colin\\_Pitchfork](https://en.wikipedia.org/wiki/Colin_Pitchfork)).*

İnsan genomunda 9–100 bç uzunluğundaki dizilerin tekrar sayıları yüzlerce olabilmektedir. VNTR analizinde 80'li yıllarda henüz PCR (Polymerase Chain Reaction) keşfedilmediğinden RFLP (Restriksiyon Fragment Length Polymorphism) tekniği ile analiz ediliyordu. Multilokus çalışıldığında Popülasyondan rastgele seçilen iki kişinin (tek yumurta ikizleri hariç) aynı DNA profiline sahip olma olasılığı 30 milyarda birdir. Ayrım gücü çok yüksek olmasına rağmen adli kimliklendirmede uzun süre kullanılmadı. Analiz süresinin uzun sürmesi, çok miktarda örneğe ihtiyaç duyması ve değerlendirme sürecinin karmaşık olmasından dolayı tercih edilmedi. Adli örnekler çoğu zaman analiz için yeterli miktarda ve kalitede DNA içermeyebilirler. Yöntemin uygulanmasındaki bu dezaatajlar nedeniyle kısa bir süre sonra yerini mikrosatellit olarak adlandırılan kısa ardışık dizilere (Short Tandem Repeats) bıraktı (Nakamura Y.M. 1987)

STR lokuslarının PCR ile çoğaltılması ile adli DNA analizlerine yeni bir boyut kazandırılmış oldu. STR lokuslarının genomda çok sayıda bulunmaları, yüksek polimorfizme sahip olmaları ve analizlerinin kolay olmasından dolayı adli genetikte tercih edilen genetik markırlar olmuştur. 90'ların ortalarına doğru PCR temelli ilk STR kiti üretildi (Promega) . Daha sonra tüm dünyada kabul gören 13 STR bölgesi tanımlandı (Applied Biosystems). 2000'li yıllara doğru multipleks STR kitlerinin validasyonları yapılarak DNA profilleme analizlerinde yaygın olarak kullanılan ticari kitler üretildi. Bu kitler ile çok sayıda STR lokusu bir arada çalışılarak başka genetik markırlara gerek kalmadan DNA profili elde edilebilmekte ve gerekli ayrım gücüne ulaşılarak kimliklendirme yapılabilmektedir.

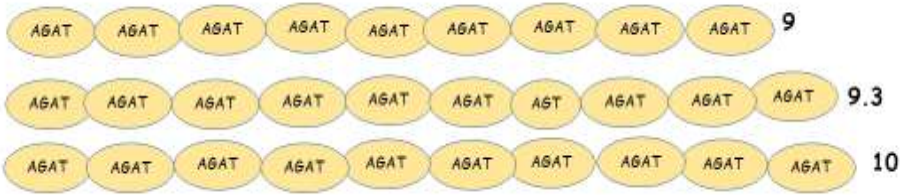
## **2. Kısa ardışık tekrar dizileri ( Short Tandem Repeats)**

Kısa ardışık tekrar dizileri (STR, Short Tandem Repeat) 2-6 baz çiftinin ardışık tekrarlarından oluşan polimorfik markırlardır. 90'ların başından beri adli kimliklendirmede ve nesep tayininde kullanılmaktadır. STR'lerin uzun süredir adli olgu çözümünde kullanılmasının nedeni, DNA veri bankalarının bu lokuslarla oluşturulmuş olması, çok az DNA örneğinden birçok lokusun multipleks olarak tek lokusta çoğaltılabilmesi ve analizinin valide edilmiş olmasından kaynaklanmaktadır (Butler, J. M. 2015) (Filoglu G. 2015). STR markırları tekrar sayılarındaki çeşitlilikten dolayı polimorfiktirler. İnsan genomunda binlerce STR lokusu bulunmaktadır. STR'ler DNA'nın kodlama yapmayan bölgelerde intronlarda bulunmaktadır. STR'ler tekrar bölgelerinin uzunluğuna göre mono, di, tri, tetra, penta ve heksanükleotid tekrarlar olarak sınıflandırılırlar. Bunun

6000-10.000’i trimerik ve tetramerik tekrarlardan oluşmaktadır (*Edwards A. ve ark. 1991*). Her 15 kb’de bir bu tür tekrarlar rastlamak mümkündür (*Fan and Chu 2007*). Adli kimliklendirmede en çok tetranükleotit okuslar tercih edilmektedirler.

## 2.1. STR Alellerinin isimlendirilmesi

Dünyadaki tüm kriminal laboratuvarlar arasında bilgi alışverişi yapabilmek için uluslararası DNA komisyonları tarafından standart bir adlandırma yöntemi uygulanmıştır. Uluslararası Adli Genetik Topluluğu; ISFG) 1992 yılında yayınlamış olduğu önerileri doğrultusunda; STR lokusu, protein kodlayan bir gende yer alıyorsa o proteinin adı yazılır. Protein kodlamayan bir bölgede ise D#S# şeklinde adlandırılır ve tekrar dizisi 5’→3’yönünde okunur. Buna göre; D; DNA’yı, ikinci rakam ise; STR lokusunun hangi kromozomda olduğunu, S (Single) ise; bu lokusun DNA dizisinde tek olduğunu, sondaki rakam ise; lokusun, o kromozom üzerinde bulunan ve karakterize edilmiş markırı (belirteç) göstermektedir. DS538 bu kurallara göre isimlendirilen bir lokustur. STR alellerinin adlandırılmasında alellerin tekrar birim sayıları temel alınmıştır. Bir alel, ardışık olarak 8 tane tekrar birimi içeriyorsa “alel 8” olarak adlandırılır. Ara aleller için (TH01’deki 173 bp’lik 9.3 alellerinde olduğu gibi) farklı adlandırma sistemi uygulanmıştır. TH01 lokusunun 9.3 aleli, 10. alelden yedinci tekrar biriminde adenin delesyonundan dolayı 1 baz çifti daha kısadır ve bu nedenle 9.3 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 1) (*Mayr 1993*).

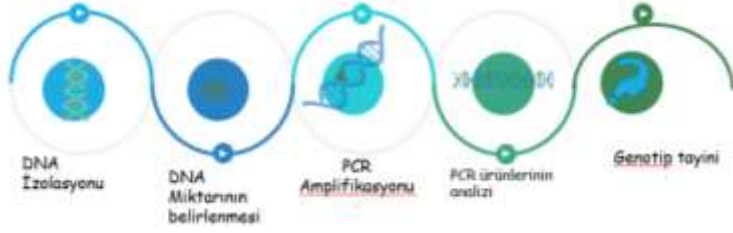


Şekil 1. TH01 lokusunun 9.3 alelinin şematik gösterimi

## 2.2. STR Profilinin Elde Edilmesi

STR analizinde ilk aşama herhangi bir biyolojik materyalden DNA’nın izole edilerek miktarının belirlenmesidir. İkinci aşamada PCR ile, STR lokusları amplifiye edilir. Son aşamada ise PCR ürünleri jel elektroforezinde yürütülerek elde edilen DNA bantlar/pikler değerlendirilir (Şekil 2). 90’lı yıllarda bunun için poliakrilamid jel elektroforezi kullanılıyordu (Resim

1). Ancak bu yöntemle bir seferde tek kuyucukta iki ve ya üç lokus çalışılabiliyordu (Filoglu G. 2015).



**Şekil 2.** STR profilinin elde edilmesi

90'ların ortalarında kapiller elektroforez yöntemi kullanılmaya başlandı. Bu yöntemle birden fazla STR lokusunun analizi için, içine polimer doldurulmuş kapiller elektroforezde argon iyon lazer dedeksiyonu ile PCR ile çoğaltılmış DNA parçacıklarının büyüklüklerine göre ayrılması sağlanır (Resim 3). Günümüzde STR analizi hem kapiler elektroforez ile hem de NGS (Next Generation Sequencing) yöntemi ile analiz edilmektedir.



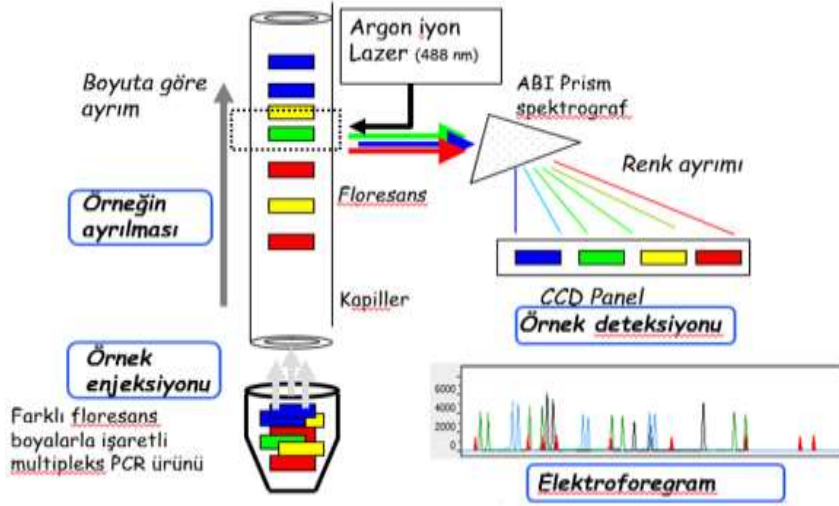
**Resim 1.** Poliakrilamid Jelde yürütülmüş ve gümüş boyama ile görüntülenmiş STR elektroforegramı.



**Resim 2.** Kapiler elektroforez sonucu elde edilmiş STR elektroforegramı.

Kapiler elektroforez, elektrokinetik ayırım yapan bir tekniktir. Bu teknik basit olarak, bilgisayara yüklenmiş programların yönettiği elektroforez sistemidir (Altria K.D. 1996). Elektroforez süresince, floresanla işaretli DNA, lazer ışıkla taranan bölgeye geldiğinde uyarılır

(Budimlja, Z. ve ark. 1998). Uyarılan floresans boya kendisi için karakteristik olan dalga boyunda ışığı geri yansıtarak detektör tarafından kaydedilir (Tagliaro ve ark. 1996). Kaydedilen bu veriler bilgisayar programları ile değerlendirilerek grafiksel olarak bilgisayar ekranına aktarılır (Şekil 3) (Butler ve ark. 2004; Grossman P. 1992.)



**Şekil 3.** Kapiller elektroforez ile floresan işaretli STR alelerin ayrımı (Butler J.M. 2012).

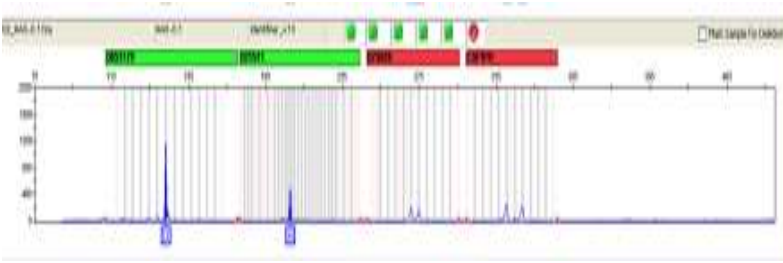
Elektroforez sonrası STR piklerinin değerlendirilmesi; GeneScan®, GeneMapper™ ID veya GenoTyper® gibi programlarla yapılır. PCR ürünlerinin boyutları, internal size standart kullanılarak belirlenir. Kapiller elektroforez için üretilen genetik analizörler ABI PRISM® 310, 3100 ve 3130xl, 3700 ve 3730x olup 1-96 kapillere sahip modelleri bulunmaktadır. Çok sayıda kapillere sahip olan bu cihazlarla aynı anda yüzlerce örneği yürütmek mümkündür.

Dünyadaki DNA veri tabanları, kapiller elektroforez yöntemiyle tiplendirilmiş STR profillerinden oluşmaktadır. Son yıllarda STR'lerin NGS ile çalışılmasına yönelik birçok araştırma yapılmakta ve yeni kit geliştirme çabaları devam etmektedir. NGS yönteminin kapiller elektroforeze göre birçok avantajı olmasına rağmen bu teknolojinin kapiller elektroforezin yerini geçmesi zaman alacaktır. Çünkü NGS ile ticari kitlerin oluşturulması, validasyon çalışmalarının yapılması cihaz ve ekipman maliyeti ve şu ana kadar oluşturulan DNA veri bankaları da kapiller elektroforez sonuçlarını içermektedir. NGS yönteminin en büyük avantajı birçok genetik markırı aynı anda ve tek örnekle çalışmaktır (Eduardoff M. 2015). NGS teknolojisinin adli bilimciler

tarafından kullanılması, geliştirilmesi ve zamanla maliyetin düşürülmesi ile yakın gelecekte rutin bir yöntem haline gelmesi beklenmektedir (Filoglu G. ve ark. 2017).

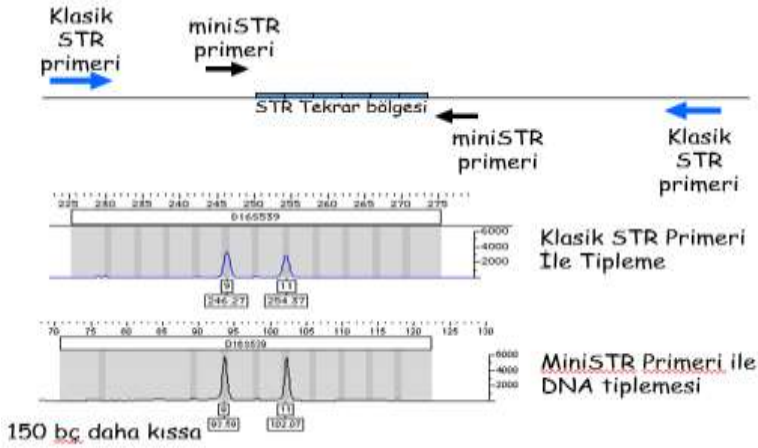
### 2.3. STR Lokusları ve Degradasyon

Olay yerinde bulunan biyolojik örnekler genellikle hem miktarı az hem de bozulmuş (degrede) durumdadır. Bu tür örneklerin analizinde genellikle tam profil elde edilememektedir. Özellikle amplicon uzunluğu 300-500 (bp) arasındaki STR lokusları ile başarılı profillemeye yapmak genellikle zordur. Bunun nedeni DNA'nın mikroorganizmalar tarafından kontamine olması ile küçük parçacıklara ayrılmasıdır. Bu tür örneklerde genellikle PCR'de amplifikasyon başarısı düşüktür (Resim 3). Adli bilimciler bu tür problemlerin üstesinden gelebilmek için gün geçtikçe daha kısa amplicona sahip polimorfik markır arayışına girmişlerdir (Coble D. 2006). Özellikle de National Institute of Standards and Technology (NIST) tarafından daha kısa olan STR lokusları keşfedilmiştir. Bu lokuslar, miniSTR lokusu olarak adlandırılmaktadır.



**Resim 3.** DNA'nın degrede örneklerdeki STR profil görüntüsü.

Mini STR'ler ile bozulmuş ve eser miktardaki DNA örneklerinde başarılı profillemeye yapmak mümkündür (Coble and Butler 2005). Rutinde kullanılan STR lokuslarının ya yeniden primerleri dizayn edilerek amplicon uzunlukları küçültüldü (Şekil 4) ya da DNA üzerinde daha az yer kaplayan yeni mini STR lokusları keşfedildi (Hill CR. ve ark. 2007). Yeniden dizaynı yapılan mini STR primerlerinin bağlanma noktaları tekrar bölgesine yakın olacak şekilde oluşturuldu (Asamura H.S ve ark. 2007)



**Şekil 4.** Kısa amplicona sahip mini STR'nin şematik gösterimi (<https://www.semanticscholarwith-MiniSTR-Brief> )

Hem yeni mini STR'ler hem de yeni oluşturulan mini primerlere sahip klasik STR'ler ile olay yerinden gelen ileri derecede bozulmuş biyolojik örneklerin (100 pg DNA) tiplendirilmesi mümkün hale gelmiştir (Ünsal T.2011).

### 2.3. Adli alanda yaygın kullanılan STR lokusları ve ticari kitle

İlk üretilen STR kitleleri Adli Bilimler Servisi (FSS, Forensic Science Service) tarafından tanımlanmış ve geliştirilmiştir (Edwards A. ve ark. 1991; Hammond HA. 1994). STR lokusları kitlelerinin gelişimi ticari olarak Promega Corporation (Madison, Wisconsin) tarafından ticarileştirilmiştir. Daha sonra Applied Biosystems (Foster City, California) bazı yeni STR lokusları da ekleyerek multipleks kitleler geliştirmiştir. Multipleks sistemlerle tek bir iş akışında ikiden fazla lokusun az miktardaki örnekle analizi mümkündür. İlk ticari STR kiti 90'ların ortalarına doğru üretilen ve gümüş boyama ile görüntülenebilen CSF1PO, TPOX ve THO1 STR lokuslarından oluşan bir tripleks multipleksidir (Butler JM. 2010).





**Şekil.** STR kitlerinin gelişim süreci

Kapiller elektroforezin adli bilimlerde kullanılmaya başlamasıyla birlikte benzer büyüklükteki STR lokusları farklı floresans boyalar ile işaretlenerek 15 lokuslu multipleks STR kitleri üretilerek diğer polimorfik sistemlere gerek kalmadan kimliklendirme ve babalık tayini için hazır ticari kitler üretildi. Son yıllarda çeşitli firmalar (Thermo Fisher, Promega ve QiaGen) tarafından bozulmuş ve eser miktardaki örneklerden daha başarılı DNA tiplemesi yapabilen mini STR lokusları var olan kitlere eklenerek 20-24 lokuslu multipleks STR kitleri üretilmiştir (Tablo 1). Günümüzde NGS temelli STR panelleri üretilmektedir. Bu panellerin optimizasyon validasyon çalışmaları tamamlanan ve ticari olarak piyasaya sunulan NGS kitleri genellikle birden fazla marker sistemini tek bir iş akışında analiz edebilmektedir (Filoglu G. 2017; Yang Y. 2014; Borsting C. 2015).

**Tablo 1:** Günümüzde Adli kimliklendirmede kullanılan yaygın STR lokusları

Lokus	Kromozom bölgesi	Tekrar dizisi	Tekrar sayısı (alel)
D1S1656	1q42	TAGA kompleks	8-20.3
TPOX	2p25.3	AATG	4-16
D2S441	2p14	TCTA/TCAA kompleks	8-17
D2S1338	2q35	TGCC/TTCC kompleks	10-31
D3S1358	3p21.31	TCTA/TCTG kompleks	6-26
FGA	4q31.3	CTTT/TTCC kompleks	12.2-51.2
D5S818	5q23.2	AGAT	4-29
CSF1PO	5q33.1	AGAT	5-17
SE33	6q14	AAAG Kompleks	3-49
D7S820	7q21.11	GATA	5-16

D8S1179	8q24.13	TCTA/TCTG kompleks	6-20
D10S1248	10q26.3	GGAA	7-19
TH01	11p15.5	TCAT	3-14
vWA	12p13.31	TCTA/TCTG kompleks	10-25
D12S391	12p13.2	AGAT/AGAC kompleks	13-27.2
D13S317	13q31.1	TATC	5-17
Penta E	15q26.2	AAAGA	5-32
D16S539	16q24.1	GATA	4-17
D18S51	18q21.33	AGAA	5.3-40
D19S433	19q12	AAGG/TAGG kompleks	5.2-20
D21S11	21q21.1	TCTA/TCTG kompleks	13-43.2
Penta D	21q22.3	AAAGA	1.1-19
D22S1045	22q12.3	ATT	7-20

### 3. DNA veri bankaları CODIS (Birleşik DNA İndeks Sistemi-Combined DNA Index System)

Çeşitli suçlarda gerek olay yerinden gerekse kişilerden alınan örneklerin arşivlendiği ve çeşitli olaylardan elde edilen DNA profillerinin eşleştirildiği bir DNA verisidir. İlk DNA veri bankası 1995'te İngiltere'de kuruldu. Daha sonra 1997 yılında Amerika'da FBI tarafından kuruldu. Bu veri bankası Birleşik DNA indeks Sistemi (CODIS) olarak adlandırıldı. Bu veri bankası bilgisayar ortamında DNA profillerinin karşılaştırıldığı etkili bir sistemdir. CODIS veri tabanında olay yerinden elde edilen biyolojik delillerin araştırılmasında iki ana indeks kullanılmaktadır. Şiddet içeren suçlardan (tecavüz, cinayet gibi) hüküm giymiş suçluların DNA profillerinin bulunduğu hükümlü suçlular indeksi ve olay yerinde bulunan ve kime ait olduğu bilinmeyen örneklerin DNA profillerini içeren Adli İndeks'ten oluşmaktadır. Bu indekslerde bilgisayar yazılımı kullanılarak eşleşen DNA profilleri bulunur (Goodwin W. Ve ark. 2007). CODIS sayesinde eyalet, yerel ve federal polis laboratuvarları arasında iletişim sağlanarak, olay yerinde bulunan delillerin DNA profilleri ile karşılaştırılarak failler tespit edilebilmektedir. Ayrıca çeşitli suçlar arasında da bağlantı kurularak aynı kişi/kişiler tarafından işlendiği belirlenebilmektedir.

CODIS sisteminde ilk olarak kabul edilen ve çalışılan 13 STR lokusunun son yıllarda kişileri birbirinden yeterli oranda ve güçte ayırmadığı için lokus sayısı 20'ye çıkartıldı. Yeni eklenen lokuslar da olay yerinden gelen örneklerde profil başarısı yüksek olan mini STR

lokuslarından seçildi (Moretti TR. ve ark. 2001; Moretti TR. ve ark. 2016).

### **Olgu:2**

*Tanınmış kişilere elbiseler, kürkler, çantalar ve şapkalar tasarlayan hem kadın hem de erkeklerden hoşlanan ünlü moda tasarımcısı Rudolph Moshammer, 13 Ocak 2005 Perşembe akşamı, evine dönmeden önce daha önce defalarca kez yaptığı gibi gara doğru yöneldi. Yol kenarında duran esmer ve uzun boylu genç adamın önünde durarak cinsel ilişki için 2000 euro teklif etti ve birlikte Moshammer'in evine gittiler. Eve gittiklerinde, Ali Abdullah önce parayı istedi. Moshammer sadece 200 euro verince, tartışmaya başladılar. Moshammer arkasını döndüğünde Ali, sehpa üzerindeki siyah uzatma kablosunu Moshammer'in boynuna doladı ve öldürdü. Ali, hiçbir şeye dokunmadan evden çıktı ve tanınmamak için evine döndüğünde saçlarını kazıttı. Moshammer'in şoförü 14 Ocak 2005 Cuma, sabah patronunu evinde ölü olarak buldu.*

*Olay yeri inceleme ekipleri, Moshammer'in evinde, kullandığı arabasında ve modaevinde yaptıkları incelemeler sonucunda 200'ün üzerinde delil toplandı. Ancak bu delilleri en önemlisi kabloydu. Bavyera Kriminal Laboratuvarında ilk önce kablo analiz edildi ve orta kısmında Moshammer'in, her iki ucuna doğru da başka bir erkeğin DNA'sı bulundu. O dönemde 10 STR-DNA lokusunu içeren profil, DNA veri bankasında 25 yaşındaki Ali Abdullah'ın profili ile eşleşti. Abdullah daha önce suç işlememişti. Ali Abdullah, Irak'lıydı. 2001'de Almanya'ya gelmiş ve sığınma hakkı talep etmişti. Kaldığı bölgede bir cinsel saldırıyı aydınlatmak için polis belli yaş aralığındaki ve rızası olan erkeklerden örnek toplamıştı. Gönüllü olduğuna dair formu imzalamasıyla, Ali Abdullah DNA veri tabanına girmiş oldu. Bu veri tabanı Alman Federal Kriminal Dairesinin, çeşitli suçların aydınlatılması ile ilgili birçok kişiden alınan örneklerin DNA profillerinin eşleştirildiği ve arşivlendiği bir veri tabanıdır. Abdullah'ın avukatı, müvekkilinin yeterince Almanca bilmediğini, formda yazılanları anlamadan imzaladığını ve DNA profilinin bankada tutulmasının hukuka aykırı olduğunu ileri sürdüyse de, 21 Kasım 2005'te Abdullah ömür boyu hapse mahkûm olmuştur (Atasoy S <http://www.hurriyet.com.tr/alman-bankasinda-bir-irakli-4025202>).*

## **Kaynakça**

- Altria, K. D. (1996) "Fundamentals of capillary electrophoresis theory." *Methods Mol Biol* 52: 3-13.
- Asamura, H., S. Fujimori, M. Ota and H. Fukushima (2007) "MiniSTR multiplex systems based on non-CODIS loci for analysis of degraded DNA samples." *Forensic Sci Int* 173(1): 7-15.
- Atasoy S. <http://www.hurriyet.com.tr/alman-bankasinda-bir-irakli-4025202>: Erişim tarihi 10.08.2019
- Borsting, C. and N. Morling (2015). "Next generation sequencing and its applications in forensic genetics." *Forensic Sci Int Genet* 18: 78-89.
- Budimlija, Z., C. Lu, G. Axler-DiPerte, J. Seifarth, D. Popiolek, F. Fogt and M. Buel, E., M. B. Schwartz and M. J. LaFountain (1998) "Capillary electrophoresis STR analysis: comparison to gel-based systems." *J Forensic Sci* 43(1): 164-170.
- Butler JM, (2010) *Fundamentals of Forensic DNA Typing*.USA: Elsevier Academic Press.
- Butler JM, *Fundamentals of Forensic DNA Typing*. 3. baskı USA: Elsevier Academic Press, 2010.
- Butler JM. (2012) *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*. USA: Elsevier, Academic Press
- Butler, J. M. (2015) "The future of forensic DNA analysis." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 370 (1674)
- Butler, J. M., E. Buel, F. Crivellente and B. R. McCord (2004) "Forensic DNA typing by capillary electrophoresis using the ABI Prism 310 and 3100 genetic analyzers for STR analysis." *Electrophoresis* 25 (10-11):1397-1412
- Coble M.D., Hill C.R, Vallore P.M., Butler C.M. (2006) *Characterization and performance of new MiniSTR loci for typing degraded samples. International Congress Series* 1288 504–50
- Coble, M. D. and J. M. Butler (2005) "Characterization of new miniSTR loci to aid analysis of degraded DNA." *J Forensic Sci* 50(1): 43-53.

Colin Pitchfork [https://en.wikipedia.org/wiki/Colin\\_Pitchfork](https://en.wikipedia.org/wiki/Colin_Pitchfork) erişim tarihi 18.05.2019

Daniels GL, Fletcher A, Garratty G, Henry S, Jorgensen J, Judd WJ and et al (2004) Blood group terminology from the International Society of Blood Transfusion committee on terminology for red cell surface antigens. *Vox Sang* 87(4):304-16.

Eduardoff, M., C. Santos, M. de la Puente, T. E. Gross, M. Fondevila, C. Strobl, B. Sobrino, D. Ballard, P. M. Schneider, A. Carracedo, M. V. Lareu, W. Parson and C. Phillips (2015) "Inter-laboratory evaluation of SNP-based forensic identification by massively parallel sequencing using the Ion PGM." *Forensic Sci Int Genet* 17: 110-121.

Edwards A, Civitello A, Hammond HA, Caskey CT. DNA typing and genetic mapping with trimeric and tetrameric tandem repeats (1991) *American Journal of Human Genetics*; 49(4):746-756.

Fan, H. and J. Y. Chu (2007) "A brief review of short tandem repeat mutation." *Genomics Proteomics Bioinformatics* 5(1): 7-14.

Filoglu G. (2015) *STR lokuslarının genetik kimliklendirmedeki önemi ve polimorfizmi Türkiye Alim Kitapları, Basım sayısı:1, ISBN:978-3-639-81009-7.*

Filoglu, G., I. Sah, M. Dogan, S. Nalcaoglu, I. Tavaci, O. Bulbul and T. Unsal (2017) "Application of next generation sequencing in forensic science [Yeni nesil dizilemenin adli bilimlerde kullanımı]." *Medicine Science International Medical Journal.*; 6(1), 157-162.

Gaensleen, R.E. (1984) *Sourcebook in Forensic Serology, Immunology and Biochemistry.* Washington: US Government Printing Office, :293-320

Gill P, Jeffreys AJ, Werrett DJ (1985) Forensic application of DNA fingerprints. *Nature* 318(6046):577-9.

Goodwin W, Linacre A, Hadi S. (2007) *An Introduction To Forensic Genetics.* 2. baskı USA: Jhon Wiley and Sons Ltd.

Grossman, Paul D., and Joel C. Colburn, eds. (1992) *Capillary electrophoresis: Theory and practice.* San Diego: Academic Press.

Hammond HA, Jin L, Zhong Y, Caskey CT, Chakraborty R. (1994) *Evaluation of 13 short tandem repeat loci for use in personal*

identification applications. *American Journal of Human Genetics*. 55(1):175-189.

Hill, C. R., M. C. Kline, J. J. Mulero, R. E. Lagace, C. W. Chang, L. K. Hennessy and J. M. Butler (2007) "Concordance study between the AmpFISTR MiniFiler PCR amplification kit and conventional STR typing kits." *J Forensic Sci* 52(4): 870-873.

Jeffreys AJ. *Genetic Fingerprinting* (2005) *Nature Medicine* 11: 1035-39.

Jeffreys, A. J., V. Wilson and S. L. Thein (1985) "Hypervariable 'minisatellite' regions in human DNA." *Nature* 314(6006): 67-73.

Karp C., *Cell and Molecular Biology*, (2002) *Third Edition*, 581-588.

Lee, H.C., Ladd, C., Bourke, M.T., Pagliaro, E., Tirnady, F., (1994) *DNA typing in forensic science I. Theory and background*. *Am J Forensic Med Pathol*; 15: 269-82.

Mayr, W. R. (1993) "Recommendations of the DNA Commission of the International Society for Forensic Haemogenetics relating to the use of PCR-based polymorphisms." *Vox Sang* 64(2): 124-126.

Moretti, T. R., A. L. Baumstark, D. A. Defenbaugh, K. M. Keys, J. B. Smerick and B. Budowle (2001) "Validation of short tandem repeats (STRs) for forensic usage: performance testing of fluorescent multiplex STR systems and analysis of authentic and simulated forensic samples." *J Forensic Sci* 46(3): 647-660.

Moretti, T. R., L. I. Moreno, J. B. Smerick, M. L. Pignone, R. Hizon, J. S. Buckleton, J. A. Bright and A. J. Onorato (2016) "Population data on the expanded CODIS core STR loci for eleven populations of significance for forensic DNA analyses in the United States." *Forensic Sci Int Genet* 25: 175-181

Nakamura, Y., M. Leppert, P. O'Connell, R. Wolff, T. Holm, M. Culver, C. Martin, E. Fujimoto, M. Hoff, E. Kumlin and et al. (1987) "Variable number of tandem repeat (VNTR) markers for human gene mapping." *Science* 235(4796): 1616-1622.

Tagliaro, F., S. Turrina and F. P. Smith (1996) "Capillary electrophoresis: principles and applications in illicit drug analysis." *Forensic Sci Int* 77 (3): 211-229.

Ünsal T., Filoğlu G., Sipahi E., Rayimoğlu G., Altunçul H. (2011) *New Mini STR Loci D10S1248, D14S1434, D22S1045, D4S2364, D2S441,*

*DIS1677 Validation And Optimization On Blood And Blood Spots  
Forensic Science International: Genetics Supplement 3 (1) 473-474*

*Yang, Y., B. Xie and J. Yan (2014). "Application of next-generation sequencing technology in forensic science." Genomics Proteomics Bioinformatics 12(5): 190-197.*

## **COMPUTER PROGRAMMING**



# YAŞLI BİREYLERİN BİLGİ TEKNOLOJİLERİ İLE SATRANÇ SPORU YAPABİLMELERİNİN SAĞLANMASI; EĞİTİM MODELİ

*PROVIDING ELDERLY PEOPLE WITH KNOWLEDGE  
TECHNOLOGY AND CHESS SPORTS; TRAINING MODEL*

**İsmail SARI\***

## 1. GİRİŞ

Bilginin ve enformasyonun toplumsal ve ekonomik gelişme açısından vazgeçilmez olduğu bir ortamda, bilgiye erişimin ve bu bilgiyi kullanma yollarının herkese, her yerde açık olması gerekmektedir. Bu anlamda yaşlı bireyin bilgi teknolojileri kullanabilme yeteneğinin geliştirilmesi, bilgiye erişiminin sağlanabilmesi, toplumsal gelişim ve değişim sürecine katılabilmesi açısından verdiğimiz doğrudan bilgisayar kullanma eğitimleri işlevsel öneme sahiptir (Sarı, Çivril;2013).

Denizli kent merkezinde en az lise mezunu olan ve bilgi teknolojileri araçlarını (bilgisayar, akıllı telefon) kullanma becerisine sahip olan yaşlı bireyler üzerinde yapılan anket çalışmasına göre; Bireyleri bilgisayar kullanmaya teşvik eden durumlar eğitim ve kişisel gelişim (% 42.2), mesleki gereksinim (% 35.9), eğlence ve boş zaman (% 30.1), paylaşma (% 27.7), insanlarla ilişki kurma ve iletişim (% 25.7) olarak sıralanmaktadır (Kalınkara, Sarı;2018). Araştırmaya katılanların % 91.7'si Facebook kullanmaktadır. % 87.4'ü Facebook ve Whatsapp birlikte kullanmaktadır. Yalnızca Facebook kullananlar % 39.1, Yalnızca Whatsapp kullananlar % 12.1, Facebook ve Whatsapp birlikte kullananlar 28.5'tir. Yalnızca bilgisayar %23.7, Yalnızca telefon %35.3, ikisi birlikte %40.1 (Kalınkara, Sarı; 2018). Yaşlı birey, internet ve sosyal ağ aracılığı ile bilgi teknolojilerinden faydalanmaktadır. Facebook ve Whatsapp ile iletişim, eğlence ve

---

\* (Öğretim Görevlisi Pamukkale Üniversitesi Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bilgisayar Programcılığı Programı.  
[ismailsari@pau.edu.tr](mailto:ismailsari@pau.edu.tr)

eğitim ihtiyaçlarını gidermektedir. İnternet ortamında ve akıllı telefonlar ile oyunlar oynamaktadır.

Teknoloji yaşlıların sağlıklı, bağımsız, güvenli biçimde yaşamalarında ve sosyal ilişkilerini sürdürmelerinde etkili bir araçtır. Yaşlıların yaşam kalitesini iyileştirmede potansiyel bir czm olarak teknolojinin rolü, giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, yaşlıların yaşam biçimlerini, ihtiyaçlarını ve beklentilerini değerlendirmedeki eksiklikler nedeniyle, teknoloji kullanıcı grupları arasında yaygın olarak kullanılamamaktadır. Yaşlıların kullanımı için teknolojinin tasarlanması, geliştirilmesi ve sunulmasında, ilk önce kalıp yargıları ya da sosyal önyargıları göz önüne almak yerine, onların ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini tam olarak anlamak daha önemlidir (Kalınkara, Sarı, 2018).

İletişim, bilgiye erişim ve günlük yaşam aktivitelerini kolaylaştırması yanında, sosyal ilişkiler, boş zaman ve eğlence fırsatları sağlaması ve yaşam boyu öğrenme alışkanlıklarını geliştirmesi, hizmetlere ve bakıma erişmek için yeni teknolojileri kullanma olanağı sağlaması, yaşlı bireylerin yaşamlarını bağımsız ve aktif olarak sürdürmelerini sağlaması önemli avantajlar olarak düşünülebilir (Arning ve Ziefle, 2009; Gonzalez vd., 2015; Kalınkara vd., 2016; zer vd., 2018).

Satranç hafızayı sürekli zinde tutarak, unutma problemini önemli ölçüde azaltır. Yaşlı bireylerde ilerleyen yaşlarda ortaya çıkabilecek unutma vb. rahatsızlıklar, hafızanın zinde tutulması ile nlenbilir. Bu nedenle yaşlı bireylerin satranç oynamalarının önemi büyüktür. Zihinsel işlevlerinin sürekli olarak çalıştırılması, görsel (Fotoğrafik) hafızanın geliştirilmesi, odaklanma, analitik düşünebilme becerilerinin oluşturulması yaşlı bireyin yaşama doğrudan katılması anlamında önemlidir. Yaşlı birey açısından, yaşam boyu öğrenme sürecine aktif olarak katılabilmesi, teknolojik ürünlerin, eğitim ve öğrenme materyallerinin yaşlı bireyin özellikleri dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada satranç sporu hakkında kısaca bilgi verilerek, yaşlı bireyin satranç oynayabileceği ve öğrenebileceği ortamlar üzerinde verilen rneklemelemler ile satranç öğrenmeleri ve sosyal ağ üzerinden

satranç oynamalarının sağlanması, satranç eğitimlerinin bilgi teknolojileri ile gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

### **Satranç Tarihiçesi**

Satrancın, zamanımızdan en az 4000 yıl önce Mısır'da oynandığına dair bulgular piramitlerdeki kabartmalarda bulunmaktadır. Çin'de, Mezopotamya'da ve Anadolu'da da oynandığı bilinir. Oyunun bugünkü adını alması, MS 3. - 4. yüzyıllarda Hindistan'da, oyuna ÇATURANGA denmesi ile başlar. Satranç ile ilgili ilk yazılı belgeler Hindistan'dan kalmadır. Daha sonra satranç İran'a, onlardan Araplara, Endülüslüler sayesinde de İspanya üzerinden Avrupa'ya yayılmıştır. Arap ve Avrupa el yazması kitaplardan sonra, İspanyol Lucena'nın ilk basılı satranç kitabında (1497) satrancın o zamanki yeni kuralları açıklandı (TSF).

### **Satranç Nedir?**



**Resim 1 “Gökay Vakfı Satranç Müzesi” Fotoğraf: Prof. Dr. Velittin KALINKARA**

64 kareden oluşan bir tahta üzerinde(8x8), 16 siyah ve 16 beyaz taş ile oynanan bir strateji oyunudur. Taşların dizilimi, etkileri, hareketleri ve kuralları FİDE tarafından kaleme alınan uluslararası bir standarta sahiptir. Genel özelliği bakımından bir savaş düzeni üstüne kurulu satranç oyunu, taşlarının şekilleri ve özellikleri ile eşit güçlere sahip iki ordu arasında yapılan bir savaşın temsili biçimidir. Satranç oyunu dünya genelinde yaygın bir oyundur. Herkes tarafından beğenilen ve zekanızı kullanarak çeşitli stratejiler ile rakip oyuncuyu yendiğiniz bir oyundur. Satranç oyununda ki temel amaç kendi şahınızı korurken rakip oyuncunun şahını devirmektir. Kısaca

oyundaki temel amaç “kral ölürse savaş biter” mantığına dayalıdır.(Resim 1)

İnsan, vücudunu nasıl çalıştırsa geliştirebiliyor ve güç kazanıyor ise beynini de çalıştırarak ve çeşitli beyin egzersizleri yaparak zekasını geliştirilebilir. İnsan zekasının sınırlarının hala çizilemediği bu dönemde zekamızı geliştirebilmemiz için satranç oyunu en önemli aktivitelerden biri konumundadır. Satranç oyunu eğlence ve zaman geçirme amaçlı oynanabilir. Görsel zeka, mantık, ileriye planlayabilme, analiz, hareketlerinizin sonucunu kabullenme gibi yetenekler satranç sporu ile geliştirilebilir. Satranç, masada iki kişi ile oynanan bir oyundur. Satranç oyununda her taşın bir adı ve kendine özgü bir ilerleme tarzı vardır. Yüzyıllar içinde kendini geliştirerek günümüzdeki standart halini alan satranç, bu gelişim sürecini dünyanın farklı kıta ve ülkelerinde dolaşarak tamamlar. Düşünce yapısını olması gerektiği hale getiren, geliştiren ve ilerleten bir oyundur. Taşların dizilişi ve tahtanın görünümü Resim 2’deki gibidir.



Resim 2, Taşların Dizilişi ve Görünümü

### Satranç Oyununda Başlangıç

Satranç taşları hakkında bilgi vermeden önce savaş oyunu dediğimiz satranç oyununda savaş alanı durumundaki satranç tahtasından da söz edelim. Satranç tahtası siyah (koyu) ve beyaz (açık) renklerdeki karelerden oluşur. 8x8 karelerden oluşan tahtada

64 kare bulunur. Oyuna her zaman beyaz taraf başlamaktadır. Seçtiğiniz stratejiye göre ilk önce veya sonra başlamak sizin avantajınız ya da dezavantajınız olabilir. Önümüzde bir satranç tahtası olduğunu düşünelim ve siz beyaz taşları kullanan tarafınız. Bu şekilde konumlandığınızda tahtadaki kareler sizin önünüzden başlayarak yatay olarak birden sekize doğru sıralanır. Dikey olarak ise sol kareden sağa kareye doğru a harfinden h harfine doğru sıralanır. Bu sıralama sayesinde her karenin kendine ait bir ismi bulunur. Harflerin ve sayıların birleştiği kareler harf ve sayıların birlikte kullanımı ile isimlendirilir. (a2, b5, d8, f6 vb.) Önümüzdeki satranç tahtasına baktığımızda tahtanın doğru tarafında olduğumuzu anlamak için en sağdaki kareye bakmamız gerekir. Eğer tahtaya doğru oturmuşsanız. En sağdaki karenin rengi beyazdır.

### **Satranç Oyununda Kullanılan Taşlar**

Satranç oyunu iki kişi ile oynanır ve her oyuncunun 16 taşı vardır. Toplamda 32 taştan oluşur. Bazı taşların kendilerine özgü isimleri, hamleleri ve değerleri vardır. Taşların dizilişi piyonlar ön sırada yer almakla birlikte diğer taşlar sağdan sola kale, at, fil, vezir, şah, fil, at ve kale şeklinde sıralanır.

**Piyon:** Satranç oyunundaki en zayıf taştır. Piyonun hareket yönü her zaman ileridir. Her hamlede ancak bir kare ileri gidebilirler. Ancak çapraz karede rakibin bir taşı var ise onu alabilmek için çapraz kareye geçerler. Piyon taşı geriye hamle yapamaz. Satranç oyununda bu özelliği taşıyan tek taşdır. Bu nedenle piyonu oynarken çok iyi düşünmelisiniz. Çünkü geri dönüşü yoktur. Piyon önündeki karede herhangi bir taşın olması durumunda ilerleyemez. Piyonun ilerleyebilmesi için önündeki karenin açık olması gerekir. Oyundaki değeri 1 puan'dır. Satranç tahtasında bir kişinin sekiz piyonu vardır ve bu piyonlar diğer taşların önüne dizilirler. Bu konum, satranç tahtasındaki 2. ve 7. sıraya denk gelir.

**At:** Bu taş hamle şekli ile diğer taşlardan ayrılmaktadır. At, ilerlerken “L” çizerek ilerler. Atı diğer taşlardan ayıran bir özelliği daha vardır. At, diğer taşların üstünden atlayabilmektedir. Diğer taşlar bunu yapamazlar. Bu taş oyundaki en zor ve en aktif taşlardandır. Atı kullanırken iyi düşünmek gerekir. Satranç oyunda atın değeri 3 puandır. Satranç tahtasında bir kişinin sadece iki atı vardır.

**Fil:** Bu taş oyun sırasında çapraz ilerleyebilir. Filin zayıf noktası tek renk üzerinde ilerleyebilmesidir. Oyun içindeki iki filinizin biri sadece beyaz karelerden ilerleyebilirken diğer filiniz sadece siyah karelerde ilerlemek zorundadır. Satranç oyununda filin değeri 3 puandır. Bu durum fil ve atı eşit düzeye getirir.

**Kale:** Satranç oyunundaki değerli taşlardan biridir. Kale; ileri, geri, sağa ve sola istediği kadar gidebilir. Bu hareket rahatlığı taşın gücünü arttırmaktadır. Satranç oyununda rok adı verilen özel bir harekete sahiptir. Satranç oyununda kalenin değeri 5 puandır. Oyun içerisinde bir kişinin iki kalesi vardır.

**Vezir:** Satranç oyunundaki şahtan sonraki en değerli taştır. Vezir; ileri, geri, sağa, sola ve çapraza istediği kadar ilerleyebilir. Bu hareket özgürlüğü veziri en güçlü ve en korkulan taş yapar. Satranç oyununda vezirin değeri 9 puandır. Satranç oyununda bir kişinin sadece bir veziri vardır.

**Şah:** Satranç oyunundaki en önemli taştır. Şah etkisiz hale getirildiğinde oyun kaybedilir. Yani yenmek ya da yenilmek şaha bağlıdır. Şah hareket rahatlığı konusunda biraz kısıtlıdır. Şah etrafındaki karelerden birine tek kare ilerleyebilir. Oyundaki bütün taşların bir puan değeri vardır. Ancak şaha puan verilmez. Değeri sonsuzdur. Satranç oyununda bir kişinin sadece bir şahı vardır.

Oyun sırasında şah ve vezirin yerleri birbirleri ile karıştırılabilmektedir. Anlaşılır bir şekilde söylemek gerekirse taşlarınızı dizdiğinizde vezir sol şah ise sağ tarafta olmalıdır. Tablodaki adları ile vezir d sütununda şah ise e sütununda olmalıdır.

### **Satranç Oyununda Hamleler ve Kavramlar**

Satranç oyununda taşların hareket yönlerini ve nasıl taş aldıklarını öğrenerek basit düzeyde satranç oynayabilirsiniz. Fakat satranç oyunu içinde özel hamle ve stratejiler vardır. Bu özel hamle ve stratejiler sizi oyun içerisindeki zor bir durumdan kurtarabilir veya oyunun gelişimini değiştirebilir.

**Rok:** Kale ve şah ile yapılabilen özel bir kombinasyon hamledir. Bir savunma veya kaçış hamlesidir. Rok ile şah kurtarılır. Küçük rok ve büyük rok olarak ikiye ayrılır. Beyaz taşların bizim olduğuna düşünürsek;

Küçük rok, şah, sağ taraftaki kaleye doğru iki adım ilerlerken kalede şaha doğru iki adım ilerler. Satranç tahtası üzerindeki

konumu ile söyleyelim. e1 karesinde bulunan şah, g1 karesine ilerler. h1 karesinde duran kale de f1 karesine ilerler. Bu hareket tek hamle sayılır.

Büyük rok, şahın sol taraftaki kale ile birlikte hareket etmesidir. Şah soldaki kaleye doğru iki adım ilerlerken kalede şaha doğru üç adım ilerler. Tahta üzerinde e1 karesindeki şah c1 karesine ilerler. a1 karesindeki kale ise d1 karesine yerleşir. Rok hamlesi sırasında kale ve şahın birbirinin üstünden geçtiğini söyleyebiliriz.

**Taş Alma:** Rakibin taşını oyun dışına çıkarma işine taş alma denir. Oyunu kazanmak için rakip taşları alarak rakibin şahını savunmasız hale getirmelisiniz. Her taşın kendine özgü bir ilerleyişi vardır. Taşlarınızdan birinin güzergahında rakip taşlardan biri bulunuyorsa kendi taşınızı rakip taşın bulunduğu kareye yerleştirerek rakibin taşını almış yani yemiş olursunuz.

**En Passant:** Piyon ile yapılan özel bir hamledir. Oyun başında ilk hamle ile iki adım ilerleyen piyonun sağ ya da sol komşu karelerinde bulunan bir piyon varsa komşu karede bulunan piyon hamle yapan piyonun arkasına çapraz ilerleyerek piyonu alabilir. Bir piyonun çapraz yediğini ve bir adım ilerleyebildiğinden yukarıda bahsettik. En passant hamlesi piyonun bu iki özelliğinin birleşiminde oluşmaktadır. En passant, “geçerken” anlamına gelen Fransızca bir sözcüktür. Piyonun rakip piyonu geçerken almasını anlatır.

**Terfi:** Piyonun bir özelliğidir. Bir piyonun en son yataya ulaşabilmesi durumunda piyon şah dışında istediği herhangi bir taşa dönüşebilir. Bu duruma terfi denir. Oyunun kaderini değiştirebilecek önemli hamlelerden biridir. Oyuncular piyonlarını en güçlü taş olduğu için vezire terfi ettirmeyi tercih ederler.

**Pat:** Hamle sırası kendisindeyken oyuncunun oynayabileceği hamle kalmadığında oyun pat olur ve oyun beraberlik ile sonuçlanır.

Yaşlı bireye, satranç sporunun temel kurallarının bilgi teknolojileri kullanılarak öğretilmesi, hem bilgisayar kullanma becerisinin geliştirilmesi ve hem de satranç sporu ile zihinsel fonksiyonların işlevinin artırılması açısından önemlidir. Yaşlı bireyin bilgi teknolojileri ile, eğlence ve boş zaman için geçirdiği süreye dikkate alındığında bu sürenin eğlenerek öğrenme olarak değerlendirilmesi satranç sporu ile mümkün olabilmektedir. Sosyal

ağ ortamlarında geçirdiği süre dikkate alındığında, aynı şekilde satranç oynamasının sağlanması verilecek eğitimlerle mümkündür. Bu eğitimler; öğrenmek, eğlenmek amaçlı kullanılmaktadır. **Resim 3’de** Chessbase satranç Eğitim programı ile Satranç tahtası üzerinde oyunun bir kuralı anlatılabilmektedir. Anlatılan kural yaşlı bireyin kullanılması sağlanarak tekrar edilebilmekte, konu ile ilgili farklı örnekler tahtada oluşturulabilmektedir. Oluşturulan örneklerin, yaşlı bireyin kendisi tarafından çözümünün gerçekleştirilmesi istenmekte, Online bağlantı ile farklı çözümler paylaşılabilen, etkileşim kurarak, yaşlı bireyin eğlenerek öğrenmesi sağlanmaktadır.



**Resim 3, Satranç Eğitim Programı “Chessbase”**

İnternet sayfası yardımıyla ulaşılan chess.com sitesi aracılığı ile, yaşlı bireyin eğitimlerini destekleyecek örnek soruları çözmesi sağlanmaktadır. Kendisini test etmesi, bilgisini ve öğrendiklerini sınaması, soruların etkileşimde olduğu arkadaşları ile paylaşarak, bilgi paylaşımında bulunması gerçekleştirilmektedir. Bütün bu işlerin en zor tarafı fare(Mouse) kontrolüdür. Eğitimler öncesi yapılan egzersizler ile fare kullanımı becerisi geliştirilmektedir (Resim 4).





Resim 4 Online Satranç Eğitim Programı “Chess.com”

Yaşlı birey, dünyanın herhangi bir yerindeki arkadaşı ya da bilmediği bir kişi ile satranç oynayabilir. Bunun için; akıllı telefon, tablet ve notbook yardımıyla açılabilen internet sayfalarından yararlanır. Eğitimlerimizde yaygın olarak kullanılan lichess.org web sayfasını kullanıyoruz (Resim 5).



Resim 5, Online Satranç Oynama “lichess.com”

## Tartışma ve Sonuç

Beyinde dikkatin, hafızanın, mantık ve kıyaslamaların kontrol edildiği bölgeler belirli disiplinlerle geliştirilebilmektedir. Bunun satranç eğitimi ile mümkün olduğu bilim insanlarınca tespit edilmiş durumdadır. Elbette zihinsel gelişim için tüm akıl ve zeka oyunlarının farklı şekillerde katkısı vardır. Ancak eğitim bilimcileri

tarafından satranç oyunu (spor) her zaman tüm oyunlardan farklı bir yere konmaktadır.

Bilim insanlarınınca satranç alanında yapılan araştırma sonuçlarında satranç temel eğitimini doğru şekilde almış satranç oynayan bireylerin yaratıcılık, eleştirel düşünme, karar verme, problem çözme gibi zihinsel kapasitelerinde gelişmeler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca satranç oynayan ve oynamayan bireyler üzerinde yapılan deneyler sonucunda satranç oynayan bireylerin akademik ve sosyal başarısını olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Satranç ile ilgilenen bireylerin çoğunluğunda dikkati artırmak, hafızayı güçlendirmek, zekayı hızlandırmak mümkündür.

Sosyal ağ ortamları ve İnternet sayfaları yardımıyla verilen eğitimler; yaşlı bireyin teknoloji kullanımı ile, yaşam boyu öğrenme sürecine katkı sağlamaktadır. Satranç oynayan yaşlı birey, zihinsel olarak kendini güçlü hissetmektedir. Öğrendikçe ve oynadıkça kendine olan güveni artmakta, sosyal olarak gelişmektedir. Bir anlamda yaşamın içinde olan ve yaşamın minyatürü olarak düşünülen satranç ile sosyalleşmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

- Arning, K. ve Ziefle, M. (2009). Different Perspectives on Technology Acceptance: The Role of Technology Type and Age. In A. Holzinger & K. Miesenberger (Eds.), USAB 2009, LNCS 5889, (pp. 20-41), SpringerVerlag Berlin Heidelberg
- Kalinkara, V., Sarı, İ., (2018). Yaşlanma ve Bilgi Teknolojileri Kullanımı: Potansiyel ve Engeller, Ergonomik Yaklaşım. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. 1 – 13, 2018.
- Sarı, İ., Çivril, Ö. (2013). “Yaşlıların Bilgi Teknolojisinden Yararlanmalarına Yönelik Bilgisayar Eğitimi Modeli”, VII. Ulusal Yaşlılık Kongresi, Karabük..
- Sarı, İ., Özer, İ., (2018). Yaşlı Bireyler İçin Web Sayfası Tasarımının Ergonomik Açından İncelenmesi. Ergonomics 1(3), 148 – 155, 2018

Türkiye Satranç Federasyonu

[www.chess.com](http://www.chess.com)

[www.lichess.org](http://www.lichess.org)

[www.chessbase.com](http://www.chessbase.com)