



**T.C.  
BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA YÖRESİNDE TÜKETİLEN KIRMIZIBİBER  
(İSOT) (Capsicum annum. L) BİTKİSİNİN MİNERAL,  
TOKSİKOLOJİK VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yunus KAÇMAZ**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ**

**KASIM-2022  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır.**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Yunus KAÇMAZ tarafından hazırlanan “**Şanlıurfa Yöresinde Tüketilen Kırmızıbiber (İsot) (Capsicum annum. L) Bitkisinin Mineral, Toksikolojik ve Antioksidan İçeriklerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışması 30/11/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

.....

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

.....

#### Üye

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü V.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yunus KAÇMAZ  
30/11/2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ŞANLIURFA YÖRESİNDE TÜKETİLEN, KIRMIZIBİBER (İSOT) (Capsicum annum. L) BİTKİSİNİN, MİNERAL, TOKSİKOLOJİK VE ANTIOKSİDAN İÇERİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yunus KAÇMAZ

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

2022, 54 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Kırmızıbiber(İsot) (Capsicum annum L.) pathicangiller familyasının Capsicum cinsine ait olup, Türkiye’de, Amerika’da, Avrupa’da ve orta Asya’da yetişen bir kültür bitkisidir. Bu çalışmada Şanlıurfa merkez köy ve ilçelerinden alınan altı farklı isot numuneleri ile Kahramanmaraş ili merkez ilçesinden alınan iki farklı isot numunelerinin ağır metal, toksikolojik ve antioksidan içerikleri tespit edilerek, birbirleriyle kıyaslanmıştır. İsot numunelerinde mineral ya da ağır metal olarak Cu(Bakır), Fe(Demir), Hg(Civa), Cd(Kadmiyum), As(Arsenik), Pb(Kurşun), Ni(Nikel), Sn(Kalay), Zn(Çinko) ve Co(Kobalt) miktarları analiz edilmiştir. Bu analiz işlemi, mikrodalga ünitesinde yakma işlemi yapıldıktan sonra ICP-OES( indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometre) cihazıyla, kırmızıbiber(isot) numunelerinin ağır metal ve mineral içerikleri üç paralel olarak tespit edildi. Besleyici özelliği dikkate alındığında bu ağır metallere çinko(Zn) miktarı  $1,602 \pm 0,001$  mg/kg olarak ölçülmüş olup, bu değer JECFA tarafından belirlenen standart değer ile karşılaştırıldığında tespit edilen bu değer, JECFA( Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi ) tarafından haftalık kabul edilebilir değerler aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. Kırmızıbiber(İsot) numunelerinin Afla toksin derişimleri ise, ELIZA cihazı ile ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda en yüksek derişim, değeri 3ppb ve en düşük derişim değeri ise 1.331ppb olarak ölçülmüş olup, ölçülen bu değerlerin, Türk Gıda Kodeksi yönetmeliğine göre belirlenmiş aralıklara, uygun aralıklarda oldukları tespit edilmiştir. Okra toksin derişimlerine bakıldığında ise en yüksek 7.17 ppb, en düşük 3.99 ppb olarak tespit edilmiş olup, aynı şekilde bu değerlerin de, Türk Gıda Kodeksi yönetmeliğine uygun aralıklarda oldukları tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite analizlerinde ise Standart olarak sentetik antioksidanlar(Trolox, BHT ve BHA) kullanılarak, ABTS<sup>+</sup> (Serbest Radikal Giderme), DPPH (Söndürücü Radikal Giderme) ve İndirgeme Güç Yöntemleri kullanılarak, bileşiklerin antioksidan aktiviteleri UV spektrofotometre cihazıyla tespit edilerek, bu aktivitelerin gerekli değerlendirmeleri yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Aflatoksin, Ağır metal, Antioksidan, Kırmızıbiber(İsot), Okratoksin

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **INVESTIGATION OF THE MINERAL, TOXICOLOGIC AND ANTIOXIDANT CONTENTS OF RED PEPPER (ISOT) (*Capsicum Annum. L*) PLANT CONSUMED IN ŞANLIURFA REGION**

**Yunus KAÇMAZ**

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES OF BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER SCIENCE IN CHEMISTRY**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Beşir DAĞ**

**2022, 54 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Ramazan ERENLER**

**Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ**

**Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT**

Red pepper (*Capsicum annum L.*) belongs to the *Capsicum* genus of the nightshade family and is a cultivated plant that grows in Turkey, America, Europe and Central Asia. In this study, heavy metal, toxicological and antioxidant contents of six different isot samples taken from Şanlıurfa central village and its districts and two different isot samples taken from the central district of Kahramanmaraş province were determined and compared with each other. Cu(Copper), Fe(Iron), Hg(Mercury), Cd(Cadmium), As(Arsenic), Pb(Lead), Ni(Nickel), Sn(Tin), Zn(Zinc) and Co(Cobalt) amounts were analyzed. After this analysis process was done in the microwave unit, heavy metal and mineral contents of red pepper (isot) samples were determined in three parallels with ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometer) device. Considering its nutritional properties, the amount of zinc (Zn) from these heavy metals was measured as  $1.602 \pm 0.001$  mg/kg, and when this value is compared with the standard value determined by JECFA, this value determined by JECFA (Food Additives Expert Committee) is within the weekly acceptable ranges. has been found to be. Aflatoxin concentrations of red pepper (Isot) samples were measured with an ELIZA device. As a result of these measurements, the highest concentration value was measured as 3ppb and the lowest concentration value was 1.331ppb, and it was determined that these measured values were within the ranges determined according to the Turkish Food Codex regulation. When the okra toxin concentrations are examined, the highest 7.17 ppb and the lowest 3.99 ppb were determined, and it was also determined that these values were within the range of the Turkish Food Codex regulation. In antioxidant activity analysis, using synthetic antioxidants (Trolox, BHT and BHA) as standard, using ABTS+ (Free Radical Removal), DPPH (Extinguishing Radical Removal) and Reducing Power Methods, the antioxidant activities of the compounds were determined with UV spectrophotometer device and the necessary evaluations of these activities were made.

**Keywords:** Aflatoxin, Heavy metals, Antioxidant, Red Pepper(Isot), Ochratoxin

## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması süresince bilgilerini, tecrübesini ve vaktini ayırarak çalışmanın bu aşamaya gelmesine katkıda bulunan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ hocama en kalbi duygularıyla teşekkürlerimi sunuyorum. Hayatı boyunca mutluluklar ve başarılar dilerim. Tezimin Aflatoksin ölçümlerinde yardımını esirgemeyen Ayşe HOŞER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin yazım aşamasında bazı teknik bilgilerinden yararlandığım meslektaşım Hakan KIZILKAYA 'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Yine bu çalışmaları yaptığım zaman süresince desteklerini benden esirgemeyen değerli aileme yürekten teşekkür ederim.

Yunus KAÇMAZ  
BATMAN-2022

## İÇİNDEKİLER

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET .....                                                                  | iv  |
| ABSTRACT .....                                                              | v   |
| ÖNSÖZ .....                                                                 | vi  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                           | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                               | ix  |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                     | x   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                       | xi  |
| 1. GİRİŞ .....                                                              | 1   |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....                                                 | 3   |
| 2.1. Kırmızıbiber ve Türleri .....                                          | 3   |
| 2.2. İ sot ve Tarihçesi .....                                               | 3   |
| 2.3. İ sotun Türkiye ve Dünyadaki Üretimi .....                             | 4   |
| 2.4. Kırmızı Pul Biber Üretimi .....                                        | 6   |
| 2.5. İ sotun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....                           | 7   |
| 2.6. Ağır Metaller .....                                                    | 8   |
| 2.6.1. Kurşun (Pb) .....                                                    | 8   |
| 2.6.2. Kadmiyum (Cd) .....                                                  | 9   |
| 2.6.3. Arsenik (As) .....                                                   | 9   |
| 2.6.4. Bakır (Cu) .....                                                     | 10  |
| 2.6.5. Civa (Hg) .....                                                      | 10  |
| 2.6.6. Demir (Fe) .....                                                     | 10  |
| 2.6.7. Kobalt (Co) .....                                                    | 11  |
| 2.6.8. Kalay (Sn) .....                                                     | 11  |
| 2.6.9. Çinko(Zn) .....                                                      | 12  |
| 2.6.10. Nikel(Ni) .....                                                     | 12  |
| 2.7. İ ndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ..... | 12  |
| 2.7.1. ICP-OES çalışma prensibi .....                                       | 13  |
| 2.8. Mikotoksinler .....                                                    | 14  |
| 2.8.1. Aflatoksinler .....                                                  | 14  |
| 2.8.2. Okratoksinler .....                                                  | 15  |
| 2.9. Antioksidanlar .....                                                   | 15  |
| 2.9.1. Antioksidanların Sınıflandırılması .....                             | 16  |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                 | 18  |
| 3.1. Materyal .....                                                         | 18  |
| 3.1.1. Kullanılan kimyasallar .....                                         | 18  |
| 3.1.2. Kullanılan cihazlar .....                                            | 21  |
| 3.2. Yöntem .....                                                           | 22  |
| 3.2.1. İ sot numunelerinin analiz aşamaları .....                           | 22  |
| 3.2.2. İ sot numunelerinin ekstraksiyon yöntemi .....                       | 22  |
| 3.2.3. Kırmızıbiber örneklerindeki aflatoksinlerin ekstraksiyonu .....      | 23  |
| 3.2.4. Mikotoksin Deneyleri .....                                           | 23  |
| 3.2.4.1. Aflatoksin B1 deneyleri .....                                      | 23  |
| 3.2.4.2. Okratoksin deneyleri .....                                         | 24  |
| 3.3. Ağır Metal Tayini .....                                                | 24  |
| 3.3.1. Mikrodalga fırında yakma işlemi .....                                | 24  |
| 3.3.2. Standart çözeltilerin hazırlanması .....                             | 25  |
| 3.3.3. ICP-OES cihazının analitik koşulları .....                           | 25  |
| 3.4. İ sot Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri ve Kimyasallar .....       | 31  |
| 3.4.1. ABTS <sup>•+</sup> radikal giderme tayini .....                      | 31  |
| 3.4.2. DPPH <sup>•</sup> serbest radikal giderme tayini .....               | 32  |
| 3.4.3. İ ndirgenme gücü .....                                               | 32  |
| 3.5. İ statiksel Analiz .....                                               | 33  |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>                 | <b>34</b> |
| 4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları .....                          | 34        |
| 4.1.1. Ağır metal validasyon değerleri ve hesaplanması .....    | 37        |
| 4.2. İsoot Örneklerinin Antioksidan Aktivite Sonuçları .....    | 42        |
| 4.2.1. ABTS <sup>+</sup> radikal giderme sonuçları.....         | 42        |
| 4.2.2. DPPH <sup>•</sup> serbest radikal giderme sonuçları..... | 43        |
| 4.2.3. İndirgeme gücü sonuçları.....                            | 44        |
| 4.3. İsoot Örneklerinin Aflatoksin ve Okratoksin Sonuçları..... | 45        |
| 4.3.1. Aflatoksin bulguları .....                               | 45        |
| 4.3.2. Okratoksin bulguları .....                               | 45        |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>                               | <b>47</b> |
| <b>6. KAYNAKLAR .....</b>                                       | <b>49</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                           | <b>54</b> |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| °C    | Santigrat derece                  |
| µg    | Mikrogram                         |
| mg/mL | Miligram/mililitre                |
| mg/L  | Miligram/ Litre                   |
| mL    | Mililitre                         |
| pH    | Power of hydrogen (hidrojen gücü) |
| ppm   | Milyonda bir kısım                |
| ppb   | Milyardaki kısım                  |
| Pb    | Kurşun                            |
| Fe    | Demir                             |
| Cd    | Kadmiyum                          |
| As    | Arsenik                           |
| Cu    | Bakır                             |
| Hg    | Civa                              |
| Ni    | Nikel                             |
| Zn    | Çinko                             |
| Sn    | Kalay                             |
| Co    | Kobalt                            |

### Kısaltmalar

|                   |                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------|
| ICP-OES           | İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi |
| JECFA             | Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi                   |
| LOD               | Gözlenebilme Sınırı                                   |
| LOQ               | Alt Tayin Sınırı                                      |
| RSD               | Bağıl Standart Sapma                                  |
| UV-VIS            | Ultraviyole-Görünür Bölge                             |
| WHO               | Dünya Sağlık Örgütü                                   |
| ABTS <sup>+</sup> | 2,2'-azinobis(3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit)   |
| DNA               | Deoksiribo Nükleik Asit                               |
| DPPH              | 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil                          |
| FAO               | Food and Agriculture Organization                     |

|         |                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------|
| ICP-OES | İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi |
| JECFA   | Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi                   |
| LOD     | Gözlenebilme Sınırı                                   |
| LOQ     | Alt Tayin Sınırı                                      |
| RSD     | Bağıl Standart Sapma                                  |
| TÜİK    | Türkiye İstatistik Kurumu                             |
| UV-VIS  | Ultraviyole-Görünür Bölge                             |
| WHO     | Dünya Sağlık Örgütü                                   |
| FAOSTAT | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü              |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. Taze biber üretiminde yer alan ilk on ülke ve üretim miktarları(FAO,2012). ....      | 6  |
| Çizelge 2.2. Serbest radikaller ve doğal oksidanlar .....                                         | 17 |
| Çizelge 3.1. Kırmızıbiber numuneleri ve üretim biçimleri .....                                    | 18 |
| Çizelge 4.1. İ sot numunelerinin ağır metal mg/ kg (ppm) derişim değ erleri .....                 | 37 |
| Çizelge 4.2. İ sot numunelerinin mg/ kg (ppm) derişim değ erleri.....                             | 37 |
| Çizelge 4.3. JECFA tarafından belirlenen bazı ağır metallerin haftalık alınabilir miktarları..... | 38 |
| Çizelge 4.4. Urfa isotu güneşte az beklemiş fabrika yapımı numunenin validasyon değ erleri ...    | 38 |
| Çizelge 4.5. Urfa isotu güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunenin validasyon değ erleri.      | 38 |
| Çizelge 4.6. Urfa isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı numunenin validasyon değ erleri .....    | 39 |
| Çizelge 4.7. Urfa isotu güneşte çok bekletilmiş ev yapımı numunenin validasyon değ erleri .....   | 39 |
| Çizelge 4.8. Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunenin validasyon değ erleri.....              | 40 |
| Çizelge 4.9. Maraş isotu güneşte çok bekletilmiş numunenin validasyon değ erleri .....            | 40 |
| Çizelge 4.10. Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş numunenin validasyon değ erleri ...    | 41 |
| Çizelge 4.11. Urfa isotu ev yapımı güneşte az bekletilmiş numunenin validasyon değ erleri .....   | 41 |
| Çizelge 4.12. İ sot örnekleri ve standartların antioksidan aktivite değ erleri .....              | 42 |
| Çizelge 4.13. Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin düzeyleri (ppb).....                                 | 45 |
| Çizelge 4.14. Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin düzeyleri (ppb).....                                 | 46 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Olgunlaşmamış(yeşil) ve olgunlaşmış Kırmızıbiber(İsot), görünümü .....                                    | 3  |
| Şekil 2.2. Tüketime hazır Urfa isotu görselleri .....                                                                | 5  |
| Şekil 2.3. ICP-OES cihazının şematik görseli .....                                                                   | 13 |
| Şekil 2.4. Aflatoksin bileşiğinin açık formül görseli .....                                                          | 14 |
| Şekil 2.5. Okratoksin bileşiğinin açık formül görseli .....                                                          | 15 |
| Şekil 3.1. İsot örneklerinin ekstraksiyon aşamasındaki görseli .....                                                 | 22 |
| Şekil 3.2. ELIZA Stat Fax 4700 Cihazı görseli .....                                                                  | 24 |
| Şekil 2.3. Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesi .....                                                          | 25 |
| Şekil 3.4. ICP-OES cihazı .....                                                                                      | 26 |
| Şekil 3.5. Demir (Fe) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                           | 26 |
| Şekil 3.6. Bakır (Cu) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                           | 27 |
| Şekil 3.7. Civa (Hg) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                            | 27 |
| Şekil 3.8. Kadmiyum (Cd) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                        | 28 |
| Şekil 3.9. Arsenik (As) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                         | 28 |
| Şekil 3.10. Kurşun (Pb) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                         | 29 |
| Şekil 3.11. Nikel (Ni) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                          | 29 |
| Şekil 3.12. Kalay(Sn) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                           | 30 |
| Şekil 3.13. Çinko (Zn) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                          | 30 |
| Şekil 3.14. Kobalt (Co) elementinin kalibrasyon eğrisi .....                                                         | 31 |
| Şekil 3.15. UV-visible Spektrofotometresi .....                                                                      | 33 |
| Şekil 4.1. Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin ABTS <sup>+</sup> radikal giderme aktiviteleri ..... | 43 |
| Şekil 4.2. Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri .....      | 44 |
| Şekil 4.3. Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin indirgenme gücü aktiviteleri .....                   | 44 |

## 1. GİRİŞ

Dünyanın birçok ülkesinde yetiştirilen, bir sebze türü olan Kırmızıbiber(İsot), solanaceae (Patlıcangiller) familyasına ait olup bilimsel olarak ( Capsicum annum L).anılmaktadır (Anonim, 2013a).

Anavatanı Orta ve Güney Amerika ülkeleri olan Şili, Brezilya, Peru, Bolivya, Meksika ve Arjantin'dir. Hindistan ve çevresi ise biberin ikinci anavatanı olarak kabul edilmektedir(Greenleaf,1986;Günay,1992;Bosland,1994;Abak 1995).

Günümüzde Antarktika hariç bütün kıtalara yayılmış olan biberin dünya üretimi 18.5 milyon tona ulaşmıştır. Üretim miktarı olarak ilk sırayı Çin almaktadır. Bu ülkeyi sırasıyla Meksika ve Türkiye izlemektedir.(FAO, 2012). Biber antioksidan özellik gösteren A,B,C ve E vitaminleri ile renk(karotenoidler) ihtiva etmesinden dolayı sağlık açısından oldukça önemli bir sebze olarak üretilip tüketilmektedir. Sağlık açısından Özellikle de kalp ve damar hastalıkları için mutlaka tüketilmesi tavsiye edilmiştir. Karotenoidler başlıca A vitamini ön maddesi olması gibi sağlık açısından önemli fonksiyonlara sahiptir, Karotenoid bakımından zengin olan meyve ve sebzelerin tüketilmesi bağışıklık sistemini güçlendirdiği, bazı kanser hastalıklarının ve kalp damar hastalıklarının görülme sıklığını azalttığı bildirilmektedir. Biyolojik antioksidan olma noktasında da karotenoidler son zamanlarda birçok çalışmanın ilgi odağı olduğu bilinmektedir. Acı kırmızıbiber(İsot) tüketirken ağızda hissedilen yanma duyusu biberde bulunan ve organik bir bileşik olan kapsaisin( $C_{18}H_{27}O_3N$ )'den kaynaklanmaktadır. Kapsaisin en önemli görevi ise ağızdaki tükürük salgısını başlatarak sindirimi kolaylaştırmak ve sindirim atıklarının sindirim sisteminden tahliye edilmesine yardımcı olmaktır. Kapsaisin yaygın biçimde kırmızıbiber baharatlarında bulunan bir bileşiktir.

Kırmızıbiber ya da diğer gıda ürünleri hijyeni'nin yetersiz olduğu durumlarda mikroorganizmalar ile etkileşime girip kontamine olup bozulabilirler. Bozulmaların önemli bir kısmı, mikotoksin denilen Aspergillus, Fusarium ve Penicillium türü mantarlardan kaynaklanmaktadır. Bunlar insanlar ve hayvanlar üzerinde kanserojenik, mutajenik ve teratojenik gibi olumsuz etkiler oluşturabilen kimyasal maddeler üretme potansiyeline sahip mantarlar olarak bilinirler. Yem ve yem hammaddelerinde doğal kirletici olarak etki gösteren mikotoksinler, dünyanın her tarafında bulunmaktadır. Mantar ihtiva eden bu besinlerin tüketilmesi insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Kırmızıbiber taze ve kurutulmuş olarak tüketilebildiği gibi salça, sos ve baharat olarak da yaygın bir biçimde tüketilmektedir. Türkiye'de baharatlık biber için

2014 yılında yaklaşık olarak kırmızıbiber için üretilen 200 bin ton biberin yaklaşık % 50'si Şanlıurfa yöresinde yetiştirilmiştir(Anonim, 2015). Şanlıurfa yöresinde tarımı yapılan kırmızıbiberler genellikle pul biber, salça ve isot üretiminde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmada, kırmızıbiberler kurutulmuş ve işlenmemiş biçimiyle yörede yaygın biçimde kullanılan ev yapımı, fabrikasyon, güneşte çok bekletilmiş ve güneşte az bekletilmiş olarak seçilen isot türlerinden alınarak (kurutulmuş) kullanılmıştır. Analizi yapılan sekiz numunenin altısı Şanlıurfa ilinden ve kalan iki tanesi ise Kahramanmaraş ilinden alınarak analize hazırlanmıştır.

Analiz ve araştırma için alınan kırmızıbiber(isot) numunelerinin ağır metal miktarları Cu(Bakır), Fe(Demir), Hg(Civa), Cd(Kadmiyum), As(Arsenik), Pb(Kurşun), Ni(Nikel), Sn(Kalay), Zn(Çinko) ve Co(Kobalt) nicel olarak ölçülmüştür. Bu tez çalışmasında analize hazırladığımız isot numunelerinin ağır metal miktarları mikrodalga fırın yönetimiyle çözünürleştirip ICP-OES cihazıyla üç paralel olarak ölçülerek, ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar JECFA'ya (Gıda Katkı Maddelerine İlişkin Ortak Uzman Komitesi) göre belirlenen haftalık alınabilecek miktarlarla karşılaştırılmıştır. Analiz edilen ağır metal miktarlarının JECFA tarafından kabul edilen haftalık alınması gereken ağır metal derişimleriyle uyumlu aralıklarda oldukları, ölçülen değerlerin de buna paralel olarak kabul edilebilir düzeyde oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, bu çalışmamızdaki asıl amacımız olan Urfa Kırmızıbiberi(isot)'nin ağır metal ve mineral içerikleri araştırılarak toksik ve zehirleyici etkilerinin olup olmadığının tespit edilerek, tüketiminin insan sağlığı açısından varsa risklerinin tespit edilerek, hem toplumu hem de tüketiciyi bilgilendirmektir. Elde edilen sonuçlar, analizini gerçekleştirdiğimiz numunelerin böyle bir risk taşımadığı ağır metal ve mineral seviyeleri bakımından güvenle tüketilecek bir sebze ve baharat olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca alınan numunelerin Aflatoksin ve Okratoksin derişim seviyeleri, ELİZA cihazıyla test edilerek Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen kabul edilebilen aralıklarda oldukları ve dolayısıyla tüketilmesinin afla toksin ve okratoksin seviyeleri açısından da herhangi bir risk taşımadığı tespit edilmiştir.

Antioksidan aktivite analizlerinde ise Standart olarak sentetik antioksidanlar(Trolox, BHT ve BHA) kullanılarak, ABTS<sup>+</sup> (Serbest Radikal Giderme), DPPH (Söndürücü Radikal Giderme) ve İndirgeme Güç Yöntemleri kullanılarak bileşiklerin antioksidan aktiviteleri bir UV spektrofotometre cihazıyla tespit edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Kırmızıbiber ve Türleri

Kırmızıbiber, ılıman iklimlerde yetişen, Patlıcangiller(Solanaceae) familyasının *Capsicum* cinsine ait olan bir kültür bitkisidir(Korkutata ve Kavaz, 2013) Chili, chile, şili, aji, paprika, pepper gibi bitkiler *Capsicum* cinsine ait bitki türleridir.(Heperkan ve Ermiş, 2004) Biberlerin şekilleri, iriliği, acılığı ve rengi türlere göre farklılık göstermektedir. Henüz olgunlaşmamış biberlerde renk yeşilimsi iken olgunlaşmış biberlerde renk kırmızıya dönüşmektedir. (Şekil 2.1) (Tıraş, 2003)

1923 yılına kadar tüm biberler *Capsicum annuum* ve *Capsicum frutescens* türleri içinde sınıflandırılırken sonraki yıllarda farklı taksonomistler tarafından *Capsicum Chinense* , *Capsicum Annum*, *Capsicum Baccatum*, *Capsicum Frutescens* ve *Capsicum Pubescens* olmak üzere beş tür sınıflandırma yapılmıştır.



Şekil 2.1. Olgunlaşmamış(yeşil) ve olgunlaşmış Kırmızıbiber(İsot), görünümü

### 2.2. İsot ve Tarihçesi

Şanlıurfa'da özel olarak yetiştirilen ve isot biberi adı verilen biberden elde edilen baharata isot adı verilmiştir. İsot, sıcak ve ot sözcüklerinin birleşiminden oluşur, kırmızı, acı biber anlamında da kullanılır.

Biberin anavatanı tropik Amerika olup, 2000 yıldan bu yana Amerika ülkelerinden Meksika, Şili ve Peru'da biber üretimi yapılmaktadır. Yakıcı ufak biberler Amerika kıtası keşfedildikten sonra Avrupa'ya Kristof Kolomb tarafından getirilmiş ve

yaygın hale gelmiştir. Biber 1453'te İspanya'ya, 1548'de İngiltere'ye, 1585'te Orta Avrupa'ya girmiştir.

Orta ve Güney Amerika biber türlerinden kırmızı şili biberinin anavatanıdır. Portekizli tüccarlar 400-500 yıl önce; Avrupa, Ortadoğu, Hindistan, Endonezya ve Asya'nın diğer bölgelerine Kırmızı şili biberini tanıtmıştır. 8,1 milyon metrik ton ile Çin, 2000 yılı verilerine göre dünyanın en büyük kırmızıbiber üreticisidir. Türkiye; Hindistan, İspanya, Meksika ve Amerika gibi ülkeler biber üretici ülkelerdir. Kırmızıbiber, toksin kontaminasyonuna karşı atmosferik sıcaklık, nem, kurutma ve işlem koşullarına bağlı olarak hassaslık göstermektedir (Aydın ve ark.,2007).

Baharat olarak çeşitli gıda maddelerinde kullanılmak suretiyle kurutulan kırmızıbiber(Duman.,2010).Türkiye'de tarımı yapılan kırmızıbiberin %76.5'i Güneydoğu, %17.5'i Akdeniz, %6'sı Ege bölgelerinde üretilmektedir.[Paksoy ve Uslu, 2006]. Kırmızıbiber Güneydoğu Anadolu Bölgesinde özellikle Kahramanmaraş merkezi , Pazarcık, Türkoğlu, Narlı ilçelerinde ve Gaziantep iline bağlı İslâhiye ve Nurdağı ilçelerinde üretilmektedir (Duman ve ark.,2002).Türkiye'de çok çeşitli biber yetiştirilmektedir.

Toz kırmızıbiber ve pul biber üretiminde değerlendirilenler Şanlıurfa, Kahramanmaraş, Gaziantep, Kayseri, Bursa ve Bilecik'te yetiştirilen biberlerdir. (Doğantan, 1986).Yıllık üretim miktarı dünyada 31 milyon ton olan biberin, ülkemizdeki üretim miktarı ise yıllık 2.2 milyon ton olan biber farklı kullanım türlerine ve tiplerine sahip olup üretim miktarı bakımından Dünya ülkeleri arasında 4. Sırada yer almaktadır.(FAO, 2014).Türlü ekolojik koşullarının ve çeşitli damak lezzetlerinin bulunmasından dolayı Anadolu ikincil gen merkezi haline gelerek çeşitli genotipteki biberlere sahip bir konuma gelmiştir. Anadolu'daki biberler küçük meyveli, büyük meyveli, çok ince meyveli kalın meyveli ve çeşitli aromadaki acılığa sahiptir. Son yıllarda şehirleşmede meydana gelen hızlanma insanların farklı tat ve aroma içeren ürün arayışını beraberinde getirmiştir. Bu ürünlerden isot diye bilinen Urfa kırmızıbiberi başta gelmektedir. Urfa biberi çok çeşitli olduğundan verimi ve kalitesi düşüktür. Urfa biberi yetiştiriciliğinin artması için yapılması gereken işlerden biri oraya uygun verim ve kalitede çeşitleri geliştirmektir.

### **2.3. İsotun Türkiye ve Dünyadaki Üretimi**

Türkiye'nin her bölgesinde özellikle de Güneydoğu Anadolu Bölgesinde çokça üretilen ve tüketilen kırmızıbiber ülke ekonomisinde de önemli yere sahip olan bir bir

sebze ve baharat türüdür. (Demircioğlu ve ark.,2010).Gıdalarda tatlandırıcı, aroma verici ve renklendirici özelliklerinden yararlanılan kırmızı pul biber Türkiye’de çok beğenilen ve tüketilen bir üründür (Aydın ve ark.,2007).Türkiye, ekolojik koşullarının müsait olmasından dolayı biber genotipi bakımından çok çeşitliliğe sahip ülkelerden birisidir. Çin, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün istatistik veri tabanından alınan 2012 yılı (FAO,2012) verilerine göre; dünyada kırmızıbiber üretiminde başta gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye, biber üreticisi olarak Çin ve Meksika’dan sonra gelen üçüncü ülke konumundadır. Dünya biber üretimi yıllık ortalaması 31 milyon ton olarak kayıtlara geçmiştir(FAO, 2012). Ülkemizde farklı kullanım şekilleri ve tipleriyle önemli sebzelerin ve baharatın başında gelen kırmızıbiber, 2.2 milyon ton’luk yıllık üretim değerine sahiptir. Bu rakam Dünyadaki yıllık üretimin yaklaşık %15 ‘ine tekabül etmekte olup bu alanda iyi bir üretici olduğumuzun kanıtıdır. Bu ürünlerden biri de isot diye bilinen ve üretimi ve tüketimiyle özelliklede çiğköfte yapımında kullanılan ve kendisine özgü bir tada sahip olan Şanlıurfa biberidir. Şanlıurfa’ya ait biberin yetiştiriciliğinin artması için yapılacaklardan biri oraya uygun verimli ve kaliteli çeşit geliştirilmesidir. Çünkü Şanlıurfa biberi popülasyon halinde olduğu için yeknesak bir sebze formuna ve kalitesine sahip olmayıp verimi de düşüktür. Türkiye’nin önemli yöresel çeşitlerinden olan Şanlıurfa biberinin yetiştiriciliği önem arz etmekte, kendine has yöresel çeşitler hem yöresel hem de uluslararası ticarete önemli bir yer tutmaktadır. Bu biberler içerisinde Güneydoğu Anadolu Bölgesine uygun olanların belirlenerek bunlardan nitelikli çeşitlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.



**Şekil 2.2.**Tüketime hazır Urfa isotu görselleri

**Çizelge 2.1.** Taze biber üretiminde yer alan ilk on ülke ve üretim miktarları(FAO,2012).

| Ülke      | Üretim miktarı ton   |
|-----------|----------------------|
| Çin       | 16 milyon            |
| Meksika   | 2 milyon 379 bin 736 |
| Türkiye   | 2 milyon 72 bin 132  |
| Endonezya | 1 milyon 656 bin 615 |
| Amerika   | 1 milyon 64 bin 800  |
| İspanya   | 1 milyon 23 bin 700  |
| Mısır     | 650 bin 54           |
| Nijerya   | 500 bin              |
| Cezayir   | 426 bin 566          |
| Etiyopya  | 402 bin 109          |

#### 2.4. Kırmızı Pul Biber Üretimi

Türkiye'nin iklim ve toprak özellikleri, ılıman iklim kuşağında yer almasından ötürü kırmızıbiber üretimine oldukça elverişli olduğu bilinmektedir (Yemiş ve ark., 2004). Türkiye'de Güneydoğu, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın bir biçimde kırmızıbiber üretimi yapılmaktadır. Bu bölgelerin başında da Güneydoğu Anadolu bölgesi gelmektedir. Birçok çeşitli türe sahip olan acı kırmızıbiber özellikle ülkemizin Güney ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilmektedir. Kırmızıbiber üretiminde Gaziantep ve Kahramanmaraş illeri toplam üretim içerisindeki %80'lik paya sahip olmalarıyla ilk sıradaki yerlerini almışlardır (Akgül, 1993). Kırmızıbiberin 112.736 dekarlık alanda 198.636 ton üretildiği Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2013) verilerinden alınmıştır. Ayrıca (TÜİK, 2014)verilerine göre Türkiye'deki kurutulmuş kırmızıbiber üretiminde Güneydoğu %76,5, Akdeniz %17,5, Ege Bölgesinin ise %6'lık paya sahip oldukları bildirilmiştir. (Yalçın, 2008b).

Tam olgunlaşmış kırmızıbiberlerin kurutulup, öğütülmesi ve sonrasında tuz ve bitkisel yağ(Ayçiçek yağı veya zeytinyağı) ilave edilip tamamen karıştırılmasıyla pul biber elde edilmektedir (Yalçın, 2008a). 2008 de Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatından alınan rapora göre hasat edilen 2.799.888 ton kırmızıbiber bulunmaktadır. Dünyada kurutulmuş kırmızıbiber üretimi için ayrılan alan 1.766.502 hektar olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş kırmızıbiber havaların sıcak ve nemli olduğu bölgelerde daha çok üretildiği gibi veriminin de oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Kurutulmuş kırmızıbiberlerin özellikle üretiminden sonra da muhafaza edilmesi çok büyük önem arz etmektedir. uygun şartlarda depolanmaması sonucunda böcek istilasına uğramakta veya küflenmektedir bunun sonucunda da kalitesi düşmektedir. (Yemiş ve ark.,2004).

Kırmızıbiber(İsot) geleneksel ve fabrikasyon olmak üzere iki yöntemle üretilir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde isotlar daha çok geleneksel yöntem ile üretilmektedir. Mikotoksin kontaminasyonu ve gelişmesinin engellenmesi açısından isotun fabrikasyon yöntemiyle üretilmesi, geleneksel yöntem ile üretilmesinden daha çok önerilmektedir(Çoksöyler, 1999).Ancak gerek damak tadı gerekse doğal yöntemlerle üretilmiş olan isot halk tarafından daha yaygın biçimde üretilip tüketilmektedir. Geleneksel yöntem ile isot üretimi aşamaları

- ❖ 1.Yıkama,
- ❖ 2.Seçme-ayıklama,
- ❖ 3.İkiye bölme,
- ❖ 4.Kesme dilimleme,
- ❖ 5.Kurutma,
- ❖ 6. Tohumun endokarptan ayrılması,
- ❖ 7. Boyut küçültme,
- ❖ 8. Tavlama ve ısı uygulaması,
- ❖ 9. Ahşap sandıklarda bekletme(3-15 gün)
- ❖ 10. İstenen renklerde isot üretimi(mor, kahve ve siyah) şeklindedir.

## 2.5. İsotun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Acı biberin yapısında bulunan ve acılık hissi veren adındaki organik bileşiğin deri ve cilt için çok büyük faydalarının olduğu belirtilmiştir. Düzenli olarak tüketilmesi durumunda ciltteki yaşlanma belirtileri ile mücadele ederek cildin daha uzun süre genç ve diri kalmasını sağladığı gibi bunun yanı sıra insan vücudunda hazmı kolaylaştırdığı gibi, gaz ve idrar söktürücü etkileri de bulunmaktadır. Sağlık üzerine olumlu etkilerinin bir diğeri ise; vücutta biriken ürik asidin çoğalmasını engellemesinden dolayı vücudun kas, kemik gibi kısımlarında oluşabilecek ödemleri önleyerek vücuda dinamizm sağladığı gibi, Kas ve kemik gelişimini desteklemesinden dolayı gelişim çağında bulunan çocukların da tüketmesi onların kas ve kemik gelişimlerine yardımcı olur.İsot, yoğurt ile birlikte tüketildiğinde ise yoğurdun mide asidi sorunları yaşayanlar için, mide rahatlatıcı etkisi olduğu ve ayrıca isot'un insan metabolizmasının hızlanmasında önemli rolü olduğundan birlikte tüketilmesi, metabolizmayı hızlandırma ve hazım kolaylığıyla birlikte bir sinerji oluşturacağı ve dolayısıyla vücutta birikmiş olan yağların kolaylıkla vücuttan atılmasına yardımcı olacağı bildirilmiştir.

İsot, aynı zamanda kandaki şeker oranını dengeleyici etkisiyle kan şekerinin aniden yükselmesini ve düşmesini engellediği yani bir nevi tampon görevi yaptığı için, özellikle ileri derece diyabet hastalarının isot tüketmesi tavsiye edilmiştir.

İsot, antioksidan özellikleri sayesinde kardiyovasküler hastalıklar denilen kalp ve damar hastalıklarına karşı önemli bir etkiye sahiptir. Damar tıkanıklığı ve damar sertleşmesi gibi sorunları önleyerek damarların temizlenmesine yardımcı olarak, bu sayede kalp sağlığının korunmasında çok önemli bir görevi ifa eder. Bununla birlikte isot sindirim sistemini düzenler ve sindirimi kolaylaştırır. Bu sayede vücuttan yağ atımını sağladığı gibi, kolesterolün de düşmesine yardımcı olur.

Kanserli hücrelerin büyümesini önlediği için kanser hastalığını engellemiş olur. Dünya Sağlık Örgütü'nün(WHO) yaptığı bir açıklamaya göre prostat kanserine karşı etkileri ile bilinir. İsot aşırı tüketilmemelidir aksi takdirde mide asidi, reflü ve ülser gibi hastalıkları tetikleyici etkisi olabilir.

## 2.6. Ağır Metaller

Özkütlesi  $5 \text{ g/cm}^3$  ' ten daha büyük olan periyodik tabloda genellikle B grubunda yer alan, toksik özellik taşıyan atom ve kütle numarasına paralel olarak kainatta bulunma miktarı azalan ve ekonomik değeri artan metallere ağır metaller denir. Ağır metal olarak kabul edilen metal sayısı 60'tan fazla olmakla birlikte en sık rastlanılan ve en çok tanınan ağır metaller bakır (Cu), demir (Fe), arsenik (As), kurşun (Pb), civa (Hg), kobalt (Co), mangan (Mn), krom (Cr), selenyum (Se), nikel (Ni) ve kadmiyum (Cd) 'dur. (Azevedo ve Lea, 2005). Bu metallerin bazılarının insan vücudu açısından besleyici özellik taşıdığı ancak büyük bir çoğunluğunun ise toksik ve zehirleyici özellikleri olduğu dolayısıyla tüketiminde ve kullanılmasında çok dikkatli davranılması gerektiği bilinmektedir (Dağ ve ark.,2011). Ağır metaller, insan hayatı için son derece büyük bir öneme sahip olup ilişkisi günden güne artmaktadır. Ağır metaller Hava, su ve toprak yoluyla tüm canlılar tarafından bünyelerine alınmış olur. Bitkiler ise tüketim yoluyla ağır metalleri canlı vücuduna almış olurlar. Dolayısıyla canlı, su, hava, bitki ve çevre arasında doğal bir denge bulunmaktadır ve bu ekosistemle ağır metaller canlı vücudunda dolaşıma girmiş bulunmaktadır. Hayatımızda yaygın biçimde yer alan ağır metaller ve özelliklerini daha ayrıntılı olarak ele alacağız.

### 2.6.1. Kurşun (Pb)

İnsan sağlığı üzerinde toksik özelliğiyle etki yapan kurşun elementinin, vücuda alınma oranına, parça büyüklüğüne ve hücrelerle etkileşimine bağlı olarak toksisitesi değişmektedir. Kurşunun vücuda alınımı hava, su, toprak ve besinlerle olmaktadır.

Kurşun kil mineralleri demir oksitlerine tutulabilme özelliğinden dolayı havada, suda ve toprakta kolaylıkla bulunmaktadır. Kurşunun toksik özelliğinin yüksek olmasından dolayı aşırı miktarda olması durumunda suda yaşayan canlıları zehirleyebilmektedir.. Kurşun elementi asidik alanlarda maddeye daha hızlı geçiş sağlayabilmektedir. Metalik zehirlenmelere sebebiyet verdiği bilinmekle beraber, ekonomik değeri yüksek olan bir elementtir. Saf metalik kurşun elementine nazaran buhar hali ve oksitleri daha tehlikeli bir durum oluşturmaktadır. Özellikle su ve çevre ağırlıklı besin yâda ürünlerde kurşun miktarlarının tespiti yâda tayini son yıllarda büyük bir önem kazanmıştır. (Batur, 2018). Bunun en önemli sebebi besin yoluyla ya da soluduğumuz hava vasıtasıyla insan vücuduna kolayca girebilmesi ve birikmesidir.

### **2.6.2. Kadmiyum (Cd)**

Tatsız ve kokusuz özelliklere sahip olan kadmiyum elementi yeryüzünde eser miktarda bulunan, çinkoya benzeyen, yumuşak, kanserojen ve aynı zamanda toksik özelliğe sahip olan bir ağır metaldir. Bulunma şekilleri kadmiyum sülfat, kadmiyum oksit ve kalsiyum klorür gibi bileşikleri halindedir. Orman yangınları, volkanik patlamalar ve rüzgâr vasıtasıyla taşınan toprağın ve tozun havaya karışmasıyla oluşur. Vücuda alınımı kirli sular, solunumla ve gıdalarla gerçekleşir. Vücuda alınma miktarı eser miktarlardadır ama çok uzun bir süre vücutta kalabilmektedir. Vücuda alınımı eser miktarda olmasına rağmen toksik ve kanserojen özellik taşıdığı için insan sağlığı ve canlı sağlığı için olumsuz sonuçlar verebilme potansiyeli çok yüksek bir toksik element olarak bilinmektedir (Batur, 2018).

### **2.6.3. Arsenik (As)**

Arsenik atom numarası 33 olan bir geçiş elenti olmasının yanı sıra, oldukça toksik özelliğe sahip bir element olup insan ve canlı sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturabilecek potansiyele sahiptir. Son yıllarda arseniğin içme ve kullanma sularında bulunma miktarları özellikle dikkati çekmektedir. Arsenik minerallerin yapısında kükürt bileşikleri şeklinde bulunur. Bileşiklerinde sıklıkla +3 ve +5 yükseltgenme basamağında bulunur. Arsenik elementinin bulunma şekillerinden olan arsenat ve arsenit hallerinin her ikisi de toksik özellik göstermektedir. Redoks reaksiyonları durumunda ve pH değerlerine göre birbirine dönüşümü mümkündür. (Cullen ve Reimer, 1989). Arsenik metali aynı zamanda bir metaloit olup, birçok allotrop'a sahip olduğu bilinmektedir. Sanayide daha çok

yalnızca metalik görünüme sahip olan gri formdaki. allotropu ön plana çıkmış ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### **2.6.4. Bakır (Cu)**

Bakır metali periyodik tabloda yer alan konumuna rağmen diğer ağır metallere kıyasla daha az toksik özelliği ile dikkat çekmektedir. Bakır elementi doğada daha çok tuz bileşikleri şeklinde yer almaktadır. Bakır metali bileşiklerinde genellikle +2 formunda bulunduğu gibi +1 formu ile oksit bileşikleri de mevcuttur. Bakır elementi diğer toksik elementlerle karşılaştırıldığında toksikliği çok az görülen bir element olmasının yanı sıra bakır tuzlarının yutulması gibi olaylar sonucunda zehirlenme etkisi görülebilmektedir. Doğada genellikle izotopları halinde bulunurlar. Toksik özelliklerinden başka ısı ve elektrik iletkenliğinin yüksek olması ve korozyona karşı dirençli olması gibi özelliklere kullanım alanları ve fonksiyonel olması diğer metallere kıyasla ekonomik bir değere de sahip olduğu bilinmektedir(Goncaoglu, 2001).

#### **2.6.5. Civa (Hg)**

Civa, uçucu olmasından dolayı doğada oda sıcaklığında buharlaşabilen tek elementtir. Yüksek bir elektrik iletkenliğine ve düşük bir ısı iletkenliğine sahiptir. Toksisitesi buharlaşmasına bağlı olarak artış göstermektedir. Civa'nın civa(I) ve civa (II) olmak üzere çeşitli bileşikleri bulunmaktadır. Başka metallerle alaşım yapabilme özelliğine sahiptir.(Soydemir, 2013).

Yüksek bir elektrik iletkenliğine sahip olma özelliğinden dolayı elektrik sanayisi, boya sanayisi, kâğıt ve selüloz sanayisi, çimento üretimi gibi sanayide kullanım alanı geniştir. Canlıların besin zinciri içinde büyüyerek birikim yapabilme özelliğine sahiptir. Özellikle termik santrallerde çalışan kişilerde solunum yoluyla alınarak zehirlenmelere sebebiyet vermektedir. Ayrıca deniz ürünlerinde birikim yapılmasından dolayı bunların tüketilmesi sonucunda böbrek rahatsızlıkları ve beyin hastalıklarına sebep oldukları bilinmektedir. (Seven ve ark., 2018).

#### **2.6.6. Demir (Fe)**

Demir elementi protein ve enzimlerin tamamlayıcısı olmak bakımından insan sağlığının devamında görev alan ve büyük bir öneme sahip olan bir elementtir. Oksijenin vücutta taşınmasında elzem olarak görev alan bir elementtir. Aynı zamanda insan vücudundaki hücrelerin gelişmesini, yenilenmesini, çoğalmasını ve düzenlenmesini

etkileyen bir elementtir. Vücuttaki Demir (Fe) miktarı az olduğunda vücuttaki oksijenin taşınması azalır. Bu durum vücudun bağışıklığının düşmesine ve aşırı yorgunluğa sebebiyet verir. Demirin yüksek oranda alınması ise toksisiteye neden olur. Aşırı miktarda alınması ölüme dahi yol açabilmektedir( Özkan, 2009).Bu bakımdan vücut için birçok faydası olan demir elementinin fazlasının da vücut için zararlı etkileri olduğu unutulmamalı demir eksikliği olduğu zaman ise takviye edilmelidir.

#### **2.6.7. Kobalt (Co)**

Kobalt, alaşımların sertleştirilmesini ve dayanıklı hale getirilmesini sağladığı için Endüstride önemli bir yere sahiptir. Doğada yaygın olarak bulunan bir ağır metaldir Hava, su ve besinler yoluyla alınmaktadır. B12 vitaminin üretiminde önemli bir yere sahip olmasından dolayı kobalt vücut için gerekli bir elementtir. Gıdalarla tavsiye edilen miktarlarda vücuda alınımı sağlanmalıdır. (Duran ve ark., 2014). Kobaltın vücutta fazla miktarda birikimi kalp krizi gibi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır(Alexander, 1972). Kobalt mavisi, toksik özelliklere sahip olduğundan yutulması yâda solunması sırasında insan sağlığı açısından risk taşımaktadır. Bu yüzden kobalt ile ilgili alanlarda çalışan kimseler gerekli önlemlerini almalıdırlar. Günlük hayatta kullandığımız cam eşyalarda görünen mavi renk kobalt mavisi olarak anılmaktadır. ve birçok başka alanlarda sanatçılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kobalt mavisi kobalt (II) oksit ile alüminyum oksit ile 1200 °Cde yapılan mavi bir pigmenttir. Kimyasal olarak, kobalt mavisi pigmenti, kobalt (II) oksit-alüminyum oksit veya kobalt (II) alüminattır ( $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ ). Oldukça kararlıdır ve tarihsel olarak seramikte bir renklendirici olarak kullanılmıştır.

#### **2.6.8. Kalay (Sn)**

Kalay, İnsanoğlu tarafından bilinen en eski metallere birisi olup,. Antik çağlardan günümüze kadar bazı alaşımlarda, bileşiklerde, kaplamacılık gibi birçok alanda kullanımı görülmektedir. Günümüzde ise özellikle endüstri alanında kullanımı küçük tonajlarda olmasına rağmen önemli bir metaldir (Alaf, 2007). Kalayın trietilkalay formu İnsan sağlığı açısından en sakıncalı olduğu özellikle belirtilmektedir. İnsanlar tarafından vücuda alınımı gıda, solunum ve deri yoluyla(Kurt, 2019). Kalay ambalajların ve bakır kapların kaplanmasıyla kullanılarak bunların gıda ile temasını keser ve bunun sonucunda zehirlenmeleri engeller. (Tekin, 2014).

### 2.6.9. Çinko(Zn)

Çinko bir ağır metal olmasına rağmen besleyici özelliği fazla olan bir element olarak bilinmektedir(Kılıçel ve ark. ,2006). Bileşiklerinde genellikle +2 şeklinde bulunmaktadır. Doğada oldukça yaygın bir biçimde bulunan elementlerden biridir. Çinko elementi, Endüstri alanlarında ortama bırakılan atık sular, kanalizasyon suları, asitli yağmurların aşındırıcı lığı gibi sebeplerle derişimi artan ve zehirli(toksik) hale gelen ağır bir metaldir. Yerkabuğundaki çinko miktarı 80 mg/kg dir. Bazik kayalarda çinko miktarı daha fazladır. (Mengel ve Kirkby, 1982). Protein sentezinde ve enzimlerin fonksiyonlarında görev almakla birlikte gıdalar vasıtasıyla vücuda fazla miktarda alınması durumunda Cu ve Fe gibi metallerin absorbsiyonunu engeller. Vücuda fazla alınması toksik hale gelmesine neden olmaktadır. Çinkonun Avrupa'da kadın ve erkeklerde alım miktarı sırasıyla 9 mg/gün ve 13 mg/gün dir. (EFSA, 2006).

### 2.6.10. Nikel(Ni)

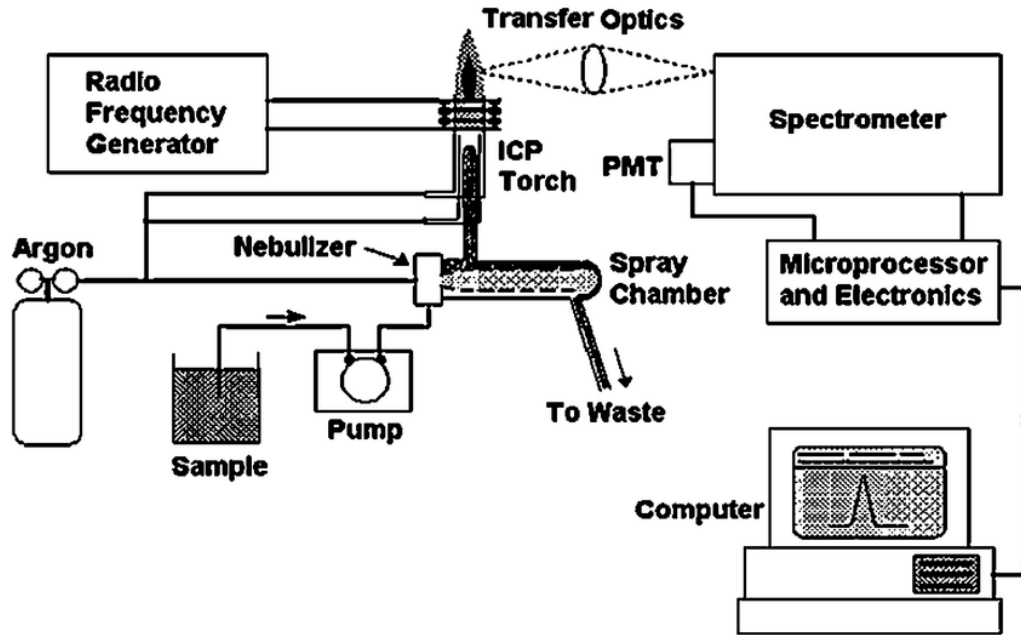
Nikel de Kalay gibi insanoğlu tarafından çok eski yıllardan beri varlığı bilinen ve birçok alanda kullanılan bir metal olarak bilinmektedir. Nikel doğada genellikle Kobalt ile birlikte bilinir ve paslanmaz çelik, mutfak eşyaları yapımında ve alaşım olarak kullanılmaktadır. Nikel oksit bileşiklerinde genellikle +2 değerlik li olarak bulunmaktadır. Ancak +6 değerde dâhil olmak üzere 0, +1, +2, +3 gibi değerlikleri de mevcuttur. Rafineri atıkları, fırınlar ve maden nikel elementin kaynakları arasındadır. Kullanım alanları arasında elektronik, çelik, pil ve gıda sektörü gösterilebilir. Çelik kapların ısıt işleme maruz kalmasıyla nikel derişimini arttırarak yiyeceklere kontamine yoluyla geçer. (Duran ve ark., 2014).Sindirim sistemiyle vücuda alınan nikel, tümör hücrelerinin çoğalmasına Neden olabilmektedir. (Yaman ve ark., 2013).

## 2.7. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)

ICP-OES, sıklıkla tercih edilen, birden fazla numunenin, birbirinden farklı elementlerin içerisindeki fonksiyonlarını belirlemede kullanılan bir cihazdır. Sıvı numuneler indüktife hale getirilen argon plazma kısmına radyofrekans ile enjekte edilir. Argon plazmasına yerleştirilen numunenin kurummasını sağlamak için buharlaştırma işlemine maruz bırakılır. Sonrasında çarpışma yoluyla yüksek sıcaklığa ulaştıktan sonra enerji ortaya çıkar. Radyal ve eksenel halde atomik emisyon görünür. Son olarak mercekler yardımıyla, toplanan dalga boyları seçilerek cihaza yerleştirilir ( Uçar, 2021)

### 2.7.1. ICP-OES çalışma prensibi

Birden fazla numunenin içerisinde eser miktarda bulunan elementlerin tayininde kullanılmasından dolayı ICP-OES, oldukça yaygın kullanılan bir cihazdır. Cihazın çalışma prensibi, örneğin elektromanyetik indüksiyonla 6000-10000 K gibi yüksek sıcaklıklara getirilen argon plazması tarafından uyarılmasına, uyarılan elementlerin yaydıkları spesifik dalga boylarına ve emisyon şiddetine göre belirlenmesine dayanır. Numuneler katı formunda ise öncelikle ekstraksiyon işlemi ile ilk önce partikül haline getirilir. Daha sonra asitle yıkanır, eğer numuneler sıvı ve gaz formunda ise direk cihaza yerleştirilerek analitlerin çözeltiye hapsolmesi sağlanmış olur. Numune aerosole dönüştükten sonra plazmanın merkez kısmına yönlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Aerosol durumunda buharlaşma formuna ICP-OES’de bulunan öz sıcaklık yaklaşık olarak 10.000 K’lık sıcaklık değerine ulaştığından gerçekleşmektedir. Numunelerin serbest atomlara gaz halinde dönüşümüyle elementlerin analizi yapılmış olur. Plazma içindeki çarpışma sayımı sonrası enerjinin ortaya çıkması gerçekleşir. Atomlar uyarıldığında iyonlar harekete geçirilmiş olur. Atomik ve iyonik halde uyarılmış analit türleri, başlangıçtaki hallerine foton emisyonu yoluyla dönüşür. Elementlerin tanımlanmasına dalga boyu ile fotonlar yardımcı olmaktadır. Elementlerin konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak foton miktarı meydana gelir.( Uçar, 2021)



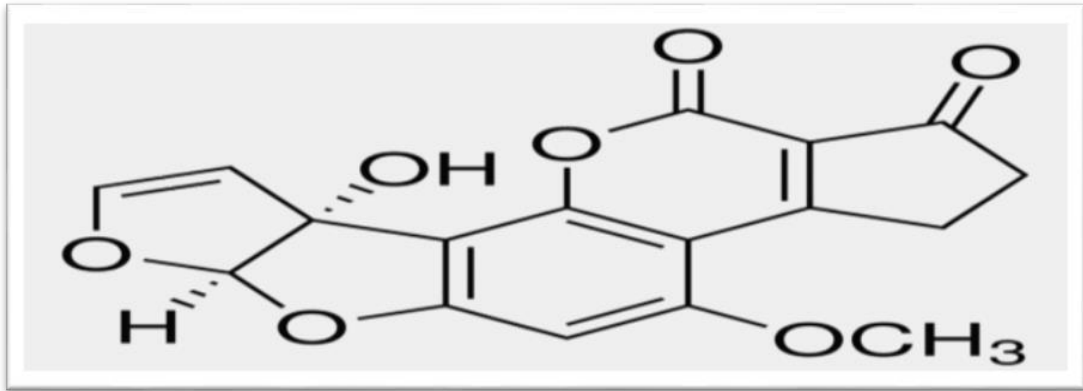
Şekil 2.3. ICP-OES cihazının şematik görseli

## 2.8.Mikotoksinler

Aspergillus, Penicillium ve Fusarium gibi mantarlarca üretilen toksinlere mikotoksin adı verilmektedir. Mikotoksin olarak aflatoksinler, okratoksinler, fumonisinler, zearalenonlar ve trikotesenler gibi günümüzde bilinen 400 den fazla toksin bulunmaktadır. Mikotoksinlere sebebiyet veren mantarlar dünyanın her tarafında bulunmaktadır. Mikotoksinler, hasat öncesi tarlada, hasat zamanı veya hasat sonrası uygun olmayan depo koşullarında toksin üreten fungusların gelişmesiyle meydana gelmektedirler. Gıdalar gerek doğal ortamlarında gerekse de yetersiz hijyenik şartlar nedeniyle bulaşabilen mikroorganizmalar tarafından kontamine olup bozulabilirler. Bu bozulmalara neden olan mikotoksin denilen mantarlar, insanlar ve hayvanlar üzerinde kanserojenik, mutajenik ve teratojenik gibi kimyasal maddeleri üretme yeteneğine sahip maddelerdir. Mikotoksinlerle kontamine olup bozulabilen gıdalara kuru meyveler, mısır, buğday, arpa, pirinç, fındık, fıstık / yer fıstığı, süt ve peynir örnek olarak gösterilebilirler verilebilir.

### 2.8.1. Aflatoksinler

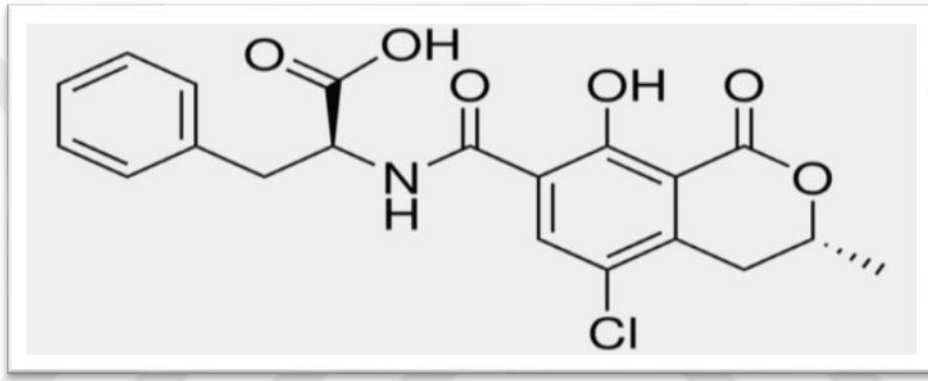
Bir mikotoksin türü olan aflatoksinler B1, B2, G1, G2 olmak üzere başlıca 4 türdür. Mikotoksin oluşumu üzerinde çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkili olabilmektedir. Ürünlerde hasat öncesi tarlada, hasat zamanı veya hasat sonrası uygun olmayan depo koşullarında afla toksinler de diğer mikotoksinler gibi toksin üreten fungusların gelişmesiyle ortaya çıkabilmektedirler. Aflatoksinler, karaciğer hastalıkları, kanserojen ve teratojenik etkiler, çeşitli kanamalar (bağırsaklarda, böbreklerde v.b.) ve bağışıklık sistemine baskı gibi sağlık üzerine çeşitli olumsuz etkilere sahip olabilmektedirler.(Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Aflatoksin bileşiğinin açık formül görseli

### 2.8.2. Okratoksinler

Bir diğer mikotoksin türü olan okratoksinler ise *A.ochraceus* ve *P.viridicatum* gibi çeşitli mantarlar tarafından üretilirler. (Novo ve ark., 2013; Rhouati ve ark., 2013). Bir mikotoksin olarak okratoksinlere kahve, kakao, çeşitli tahıllar, baharat, yağ, süt ve süt ürünleri, çay, bebek maması, bira, sirke, üzüm suyu ve şarapta yaygın olarak rastlanır. Okra toksinler OA, OB ve OC olarak üç ana bileşik grubundan oluşurlar. Okratoksin A (OTA), *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi küfler tarafından sentezlenmektedir. (Varga ve ark., 2004). Sıcaklık, nem ve depolama gibi şartlar gıdalarda OTA kontaminasyonunu doğrudan etkilemektedir. (Anlı ve Alkış, 2010).



Şekil 2.5. Okratoksin bileşiğinin açık formül görseli

### 2.9. Antioksidanlar

Serbest radikallerin meydana getirdiği hasarları önleyen maddelere antioksidan denir. Antioksidanlar, oksidanların biyolojik hedeflerle reaksiyona girmeden önce onları parçalayarak meydana getirebilecekleri hasarları büyük çapta azaltırlar. (Ratnam ve ark., 2006; Azzi ve ark., 2004) Serbest radikaller bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron içeren, kısa ömürlü, kararsız ve düşük molekül ağırlığına sahip moleküllerdir. Diğer moleküller ile çok kolay bir şekilde elektron alışverişine giren bu maddelere oksidan moleküller veya reaktif oksijen partikülleri de denilmektedir. Başta süperoksit, hidroksil, peroksil, nitrik oksit radikalleri ile radikal olmayan singlet oksijen, hidrojen peroksit ve peroksinitrit olmak üzere birçok serbest radikal türü vardır. Serbest radikaller organizmada, normal metabolizma sırasında meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları ya da çeşitli fiziksel etkiler sonucunda oluşmaktadır. Yüksek reaktif özelliğe sahip olan bu radikaller, hücre membranına ve hücre yapısında bulunan lipid, protein, enzim, karbonhidrat ile nükleik asit gibi biyomoleküllere zarar verirler. Vücudun

savunma mekanizması radikallere karşı yetersiz kaldığında “oksidatif stres” olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Oksidatif stres, yaşlanma, kanser, kalp-damar hastalıkları, akciğer hastalıkları, diyabet ve katarakt gibi birçok hastalığa yol açabilir. İnsan vücudunun oksidatif stresi ortadan kaldırmak için en önemli savunması antioksidanlardır. Antioksidanlar, serbest radikalleri temizleyebilen ve hücre hasarını önleyen maddelerdir. Antioksidanların insan sağlığındaki başlıca etkisi, serbest radikalleri nötralize eden ve zincir kıran mekanizmalarda aktif rol alması ile ortaya çıkar (Başer, 2002). Diyet yapılırken antioksidan alımını arttırılırsa, antioksidan statüsü korunur bu vesileyle birçok hastalığın önüne geçilmiş olur.(Karthiga ve Jaganathan, 2013).

Oksijen, insan yaşamı için olmazsa olmaz bir öneme sahiptir fakat normal metabolizma sırasında üretilen bazı reaktif oksijen türleri vücuda ciddi bir zarar oluşturma potansiyeline sahiptir (Diplock, 1998). Çevre kirliliği, radyasyon, kontamine sular, pestisitler ve canlı hücrelerdeki oksijen metabolizması gibi birçok etmen kaçınılmaz olarak serbest radikallerin oluşumuna neden olmaktadır (Kaur ve Kapoor, 2001). Serbest radikaller bir veya daha fazla eşleşmemiş elektrona sahip, kısa ömürlü, kararsız, molekül ağırlığı düşük moleküller olarak tanımlanır (Mercan, 2004). Diğer bir tanımlamaya göre atomik ya da moleküler yapılarda çiftelenmemiş bir veya daha fazla tek elektron taşıyan moleküllere verilen isimdir. Başka moleküller ile çok kolay bir şekilde elektron alışverişine giren bu moleküllere oksidan moleküller veya reaktif oksijen partikülleri de denilmektedir (Çavdar ve ark, 1997).

### 2.9.1. Antioksidanların Sınıflandırılması

Antioksidanlar doğal ve sentetik antioksidanlar olmak üzere iki türdür. Doğal antioksidanlar enzimatik (endojen) antioksidanlar ve enzimatik olmayan (eksojen) antioksidanlar olarak iki sınıfta incelenir. Sentetik antioksidanlar ise BHT, BHA ve Trolokstur. (Ratnam ve ark., 2006). Fakat organizmanın doğal antioksidan üretimi yaş ilerledikçe azalır. Uzmanlar bu açığın kapatılabilmesi için bitkisel antioksidanların iyi bir alternatif olduğunu düşünmektedir (Taner, 2005). En önemli kaynağı meyve sebzeler olan bitkisel antioksidanlar anormal hücre çoğalmalarını engelleyen ve oksidasyondan dolayı zarar gören hücreleri koruyan bir görev üstlenirler (Brown, 1999).

Bazı serbest radikaller ve onların etkilerini bertaraf eden doğal antioksidanlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Serbest radikaller ve doğal oksidanlar

| Serbest Radikal     | Doğal Antioksidanlar                                                                   |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Lipit peroksitler   | Beta karoten, E vitamini, ubiquinone, flavonoidler, glutatyon peroksidaz               |
| Hidroksil radikali  | C vitamini, glutatyon, flavonoidler, lipoik asit                                       |
| Süperoksit radikali | C vitamini, glutatyon, flavonoidler, SOD                                               |
| Hidrojen peroksit   | C vitamini, glutatyon, $\beta$ - karoten, E vitamini, CoQ10, flavonoidler, lipoik asit |

Vücutta antioksidanların varlığında, oksidatif strese bağlı hasarlar büyük oranda azalmaktadır. Antioksidanlar, hidrojen atomu vericisi olarak etki gösterir ve zincir oluşturan radikalleri daha az reaktif türlere dönüştürürler. Lipit peroksidasyonunu, proteinlerin çapraz bağlanmasını ve DNA mutasyonunu engellerler. Antioksidanlar; a) oksidanları zayıf bir moleküle çevirme şeklinde temizleme, b) oksidan maddelere bir hidrojen aktararak etkisiz hale getirme şeklinde baskılama, c) oksidanların oluşturduğu hasarı ortadan kaldırma şeklinde onarma, d) oksidanları bağlayarak fonksiyonlarını engelleme şeklinde zincir koparma olmak üzere farklı mekanizmalarla oksidanları etkisiz hale getirirler.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmamızda laboratuvara getirip analizlere hazır duruma getirilen Kırmızıbiber (İsot) numuneleri Şanlıurfa'nın merkez köy ve ilçe köylerinden temin edilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kırmızıbiber numuneleri ve üretim biçimleri

| Numune sırası | Adı                                            |
|---------------|------------------------------------------------|
| 1             | Urfa isotu güneşte az beklemiş fabrika yapımı  |
| 2             | Urfa isotu güneşte çok beklemiş fabrika yapımı |
| 3             | Urfa isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı    |
| 4             | Urfa isotu güneşte çok bekletilmiş ev yapımı   |
| 5             | Maraş isotu güneşte az bekletilmiş             |
| 6             | Maraş isotu güneşte çok bekletilmiş            |
| 7             | Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş   |
| 8             | Urfa isotu ev yapımı güneşte az bekletilmiş    |

##### 3.1.1. Kullanılan kimyasallar

Bu çalışmada kullandığımız kimyasallar aşağıdaki gibidir.

1. Gallik asit
2. Etanol
3. Nitrik Asit ( $\text{HNO}_3$ )
4. HidrojenPeroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
5. Folin-Ciocalteu Fenol Reaktifi (FCR)
6. Aliminyum -Nitrat [ $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ]
7. Potasyum Asetat  $\text{CH}_3\text{COOK}$
8. Sodyum Karbonat (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
9. Kersetin
10. Alfatoxin
11. Alfatoxin B1
12. Okratoksin

### 3.1.2. Kullanılan cihazlar

Aşağıda listelenmiş olan cihazlar tez çalışmamızda kullanılmıştır.

| Cihaz Adı           | Markası                  |
|---------------------|--------------------------|
| Saf Su Cihazı       | Pure Lab                 |
| Rotaroy evaporator  | Heidolph Heizbad Hei-VAP |
| Hassas Terazı       | SHİMADZU                 |
| UV spektrofotometre | SHİMADZU                 |
| ICP-OES             | Perkin Elmer 7000DV      |
| Isıtıcı-karıştırıcı | Heidolph MR Hei-Standart |
| Etüv                | WiseVen                  |
| Mikro dalga         | Milestone                |
| ELİZA Cihazı        | Stat Fax 4700            |
| Otomatik mikropipet | SMART                    |
| Blender             | STUART                   |

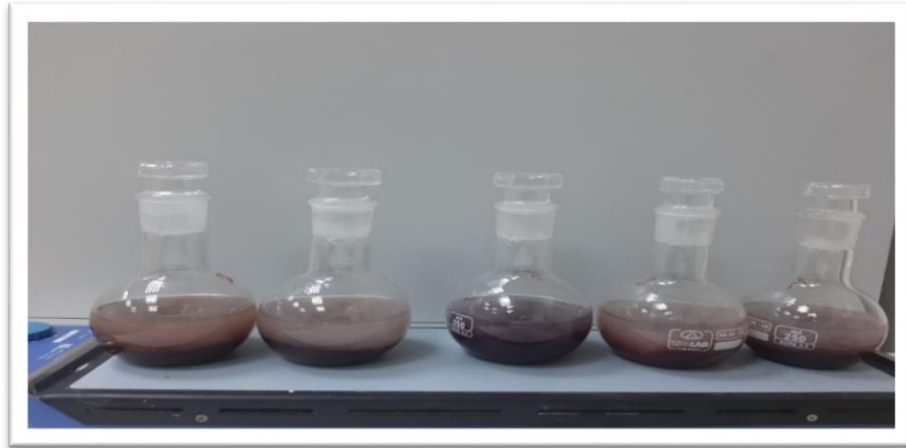
### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. İsoot numunelerinin analiz aşamaları

Urfa yöresinden ve Kahramanmaraş yöresinden alınan isot örnekleri 2022 yılında temin edilmiş olup, önce karıştırıcı yardımıyla parçalara ayrılıp ardından süzdürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzdürülen sebze süzüntüleri raf ömrünü artırmak ve analizde kullanılmak amacıyla derin -20°C dondurucuda dondurulma işlemine tabi tutulmuştur.

#### 3.2.2. İsoot numunelerinin ekstraksiyon yöntemi

İsoot örnekleri kurutma kâğıtlarına konularak, 24 saat boyunca Etüvde 100°C sabit sıcaklıkta kurutulmaya tabi tutulmuştur. Kurutulan büyük boyuttaki isot örnekleri, blender(karıştırıcı, kesici) yardımıyla küçük toz partiküller haline getirilmiştir. Toz partiküller haline getirilen isot numuneleri 24 saat boyunca yeniden kurutma işlemine tabi tutularak yapısında bulunan sıvılar tamamen bertaraf edilmiştir. Her bir numuneden 15 gram madde hassas terazide tartılarak üzerlerine 100 ml etanol ilave edilmiştir. Burada Çözücü olarak etanolün kullanılmasının sebebi, etanolün hem çözücü gücünün yüksek olması hem de polar özelliğe sahip olmasıdır. Etanol eklenmiş olan isot numuneleri Manyetik karıştırıcı da karıştırılmaya bırakılıp, 48 saat oda sıcaklığında çözünmesi beklenmiştir. Her bir numune tek tek numaralandırılıp, süzme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra isot numunelerin etanolleri Rotary Evaporatör de uçurulmuş olup, önceden tartımı yapılan 250 ml 'lık balon jojeler sabit tartıma ulaştıktan sonra, kuru madde ağırlıkları hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. İsoot örneklerinin ekstraksiyon aşamasındaki görseli

### 3.2.3. Kırmızıbiber örneklerindeki aflatoksinlerin ekstraksiyonu

İsot numunelerinin her birinden 5 gr tartıldı, öğütücü ile iyice toz haline getirildikten sonra 25 ml alkolde 3 dk boyunca çalkalandı ve filtre kâğıdından süzülerek teste hazır hale getirildi. Aynı şekilde okratoksin oranları belirlemek için de aynı ekstraksiyon işlemi yapıldı ve numuneler teste tabi tutuldu.

### 3.2.4. Mikotoksin Deneyleri

#### 3.2.4.1. Aflatoksin B1 deneyleri

Aflatoksin B1 için standart kitleri +4 °C den oda sıcaklığında yaklaşık iki saat belettikten sonra ekstraksiyon işlemi biten örneklerimizi test prosedürüne uygun bir şekilde gerçekleştirdik.

Önce kırmızı işaretli karıştırma haznelerinden standart sayısı artı numune sayısı kadar kuyucuk çıkarıldı. 4 adet standart için 8 adet örnekler için kırmızı kuyucuk hazırlandı ve mavi renkteki conjugate kimyasalından her bir kuyucuğa 100 mikrolitre aktarıldı sonrasında standartlar küçükten büyüğe doğru sıralandı (0, 5, 15, 50) ve kontrollerden 100 mikrolitre (pipet ucu değiştirilerek) olacak şekilde kırmızı kuyucuklara aktarıldı. Standartlar eklendikten sonra kuyucuklara sırasıyla ekstraksiyonu yapılmış numune süzıntüsünden 100 mikrolitre eklendi. Bu işlemlerden sonra beyaz kuyucuklardan yine kontroller için 4 ve örneklerimiz için 8 adet olacak şekilde hazırlandı. Kırmızı kuyucuklarda bulunan karışımımız çoklu mikropipet ile 5 defa karıştırıldıktan beyaz kuyucuklara 100 mikrolitre aktarıldı. (Karıştırma işlemi çoklu mikropipet basılı durumdayken karışımın içine pipet ucu batırıldıktan sonra 5 defa çekip tekrar basılma ile yapıldı.) Beyaz kuyucuklara aktarma işlemi yapıldıktan sonra 5 dakika beklendi. Kuyucuklar ilk 30 saniye elle hareket ettildi. (Bu süre içinde Aflatoksin molekülleri beyaz kuyucuğun içindeki özel jel tarafından tutulur.) 5 dakika sonunda beyaz kuyucuğun içindeki kimyasal karışım döküldü ve kuyucukların içi saf su ile birbirine geçmeyecek şekilde yıkandı. Yıkama işlemi piset kullanılarak yapıldı ve bu esnada suyun fazla taşırılmamasına dikkat edildi. Yıkama işlemi bittikten sonra kâğıt havlu kullanılarak kuyucuklara ter çevrildikten sonra kâğıdın üzerine hızlı bir şekilde vurularak kuyucuğun içinde kalan sular temizlendi. Kuyucukların içindeki su tamamıyla temizlendikten sonra beyaz kuyucukların herbirine substrat (yeşil renk) kimyasalından 100 mikrolitre aktarıldı. Aktarma işlemi bittikten sonra 5 dakika beklendi. Bu bekleme sürecinde kimyasal

karışımımızda renk değişimi gözlemlendi. 5 dakika sonrasında Red Stop (kırmızı Renk) kimyasalından her kuyucuğa 100 mikrolitre eklendi. Red Stop eklendikten sonra test sona erdi ve okuma işlemi için kuyucuklar Stat Fax 4700 cihazının haznesine yerleştirildi (Şekil 3.2.) ve okuma yapıldı. Okuma ilk 20 dakika içinde yapıldı.



Şekil 3.2. ELIZA Stat Fax 4700 Cihazı görseli

#### 3.2.4.2. Okratoksin deneyleri

Prosedür Aflatoksin İçin aynı olmakla beraber standart için 5 kuyucuk ve örneklerimiz için de 8 kuyucuk olacak şekilde hazırlandı. Genel olarak işlemlerin tümü aynı şekilde olup sadece kırmızı kuyucuklardaki karıştırma işleminden sonra beyaz kuyucuklara aktarılan karışımlarımızın bekleme süresi 10 dakika olacak şekilde hesaplandı. Yine substrat (yeşil renk) kimyasalından 100 mikrolitre aktarıldıktan sonra da 10 dakika beklendikten sonra Red Stop (kırmızı Renk) kimyasalından her kuyucuğa 100 mikrolitre eklendi ve kuyucuklarımız cihaz haznesine yerleştirildikten sonra 20 dakika içinde okuma yapıldı.

### 3.3. Ağır Metal Tayini

#### 3.3.1. Mikrodalga fırında yakma işlemi

Şekil 3.3'de gösterilen Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesinde İso örneklerinin yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu cihazda çözünme olayı gerçekleştirildikten sonra isot örnekleri 45 dk zamana ayarlanarak 15 dk süreyle soğuma olayı gerçekleştirilmiştir. Hazneler bu işlemi yapmadan önce asitle yakılıp temiz bir hale

getirilmiştir. . Örnekler sıvı durumuna geçirilmesinden sonra yaklaşık 1 mL hidrojen peroksit ve 7 mL nitrik asit alındıktan sonra üstüne deiyonize su ilavesi yapıp ölçüsünün 15 mL yapılması sağlanmıştır. Örnekler hazırlandıktan sonra 24 saat bekletilmiştir. Son olarak hazır durumda olan örneklerin ölçümü ICP–OES cihazıyla yapılmıştır.



Şekil 2.3. Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesi

### 3.3.2. Standart çözeltilerin hazırlanması

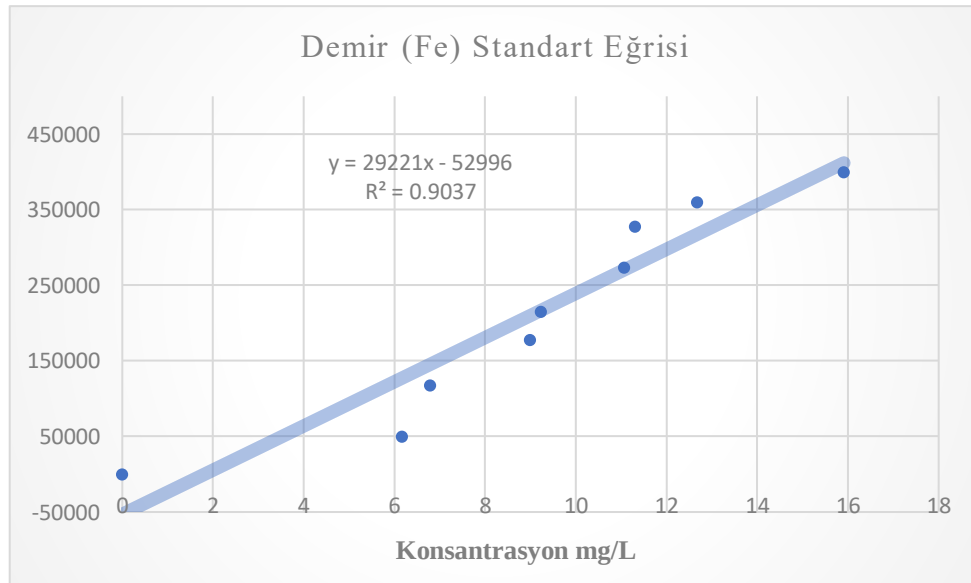
%65 'lik nitrik asit çözeltisi ile çalışılarak 1000 ppm'lik standart çözeltiler hazırlanıp Şekil 3.4 de gösterilen ICP-OES cihazında ölçüm yapıldı ve her bir ağır metal miktarına göre ayrı ayrı kalibrasyon eğrileri çizildi.

### 3.3.3. ICP-OES cihazının analitik koşulları

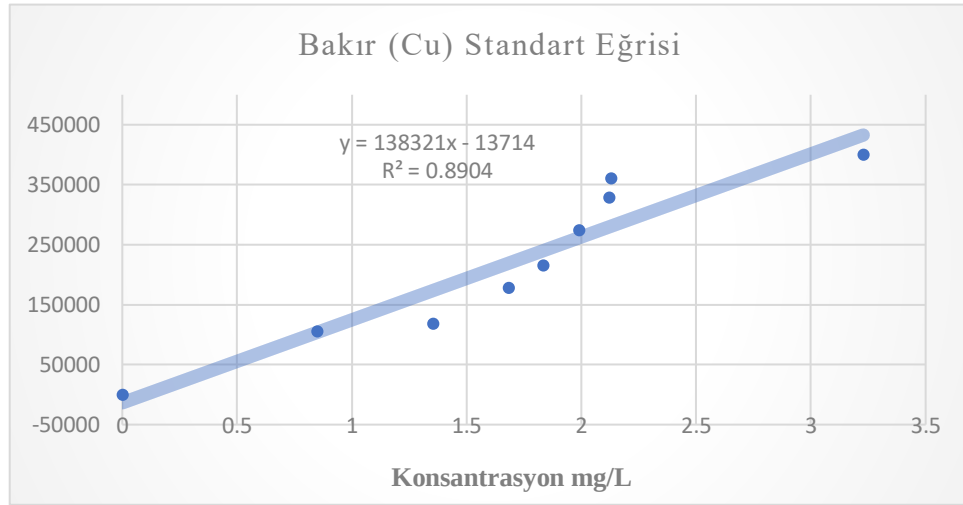
- Tekrar okuma süresi 15 s
- Stabilizyon süresi 30 s
- Örnek alım gecikmesi 50 s
- Plazma akışı : 15 L/dk
- Yıkama süresi 10 s
- Yardımcı gaz akışı 2,25L/dk
- Nebulizer gaz basıncı 0,8 L/dk



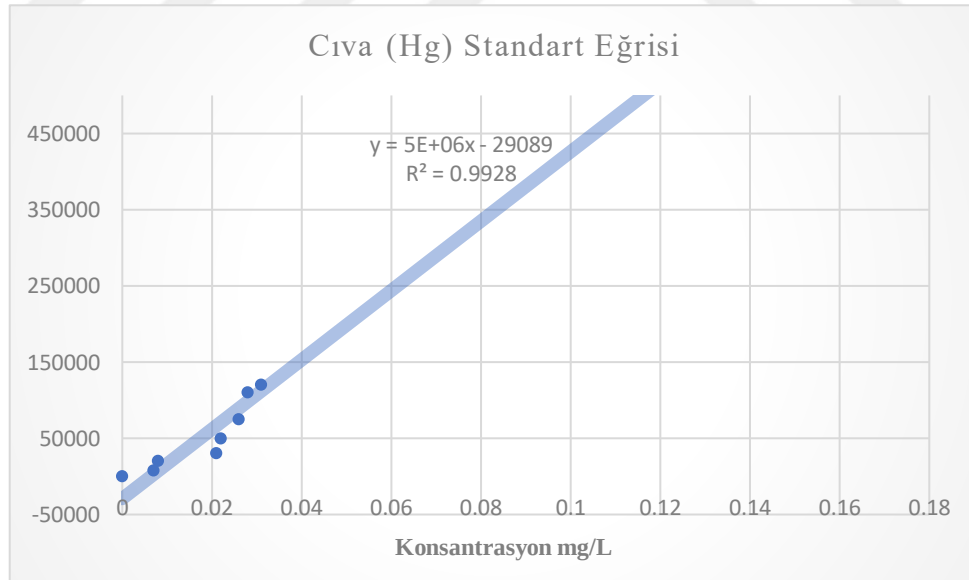
Şekil 3.4. ICP-OES cihazı



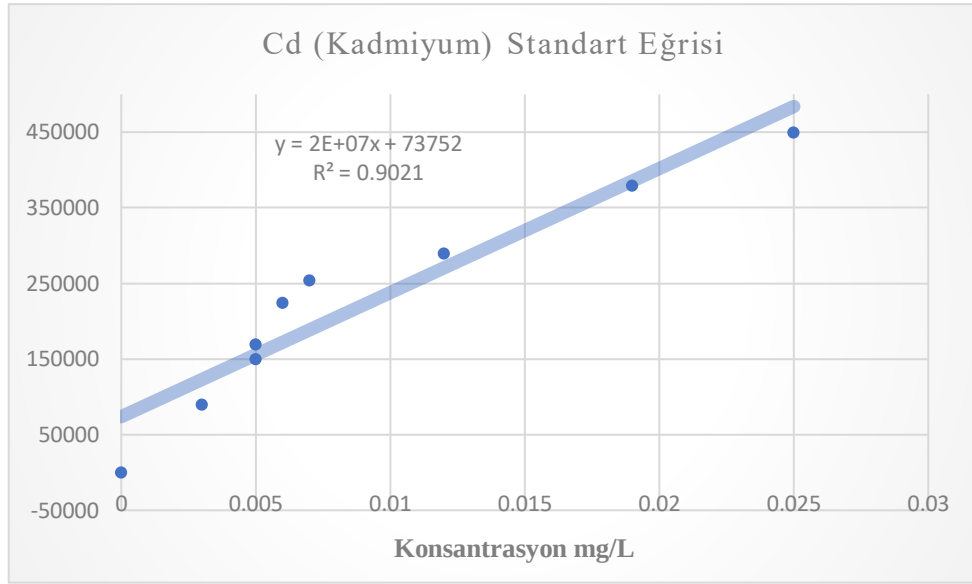
Şekil 3.5. Demir (Fe) elementinin kalibrasyon eğrisi



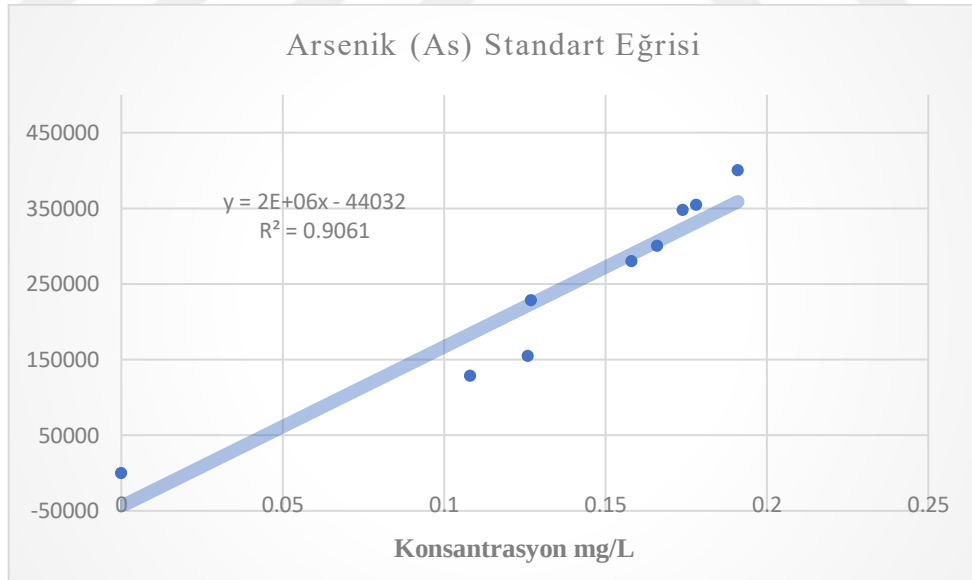
**Şekil 3.6.** Bakır (Cu) elementinin kalibrasyon eğrisi



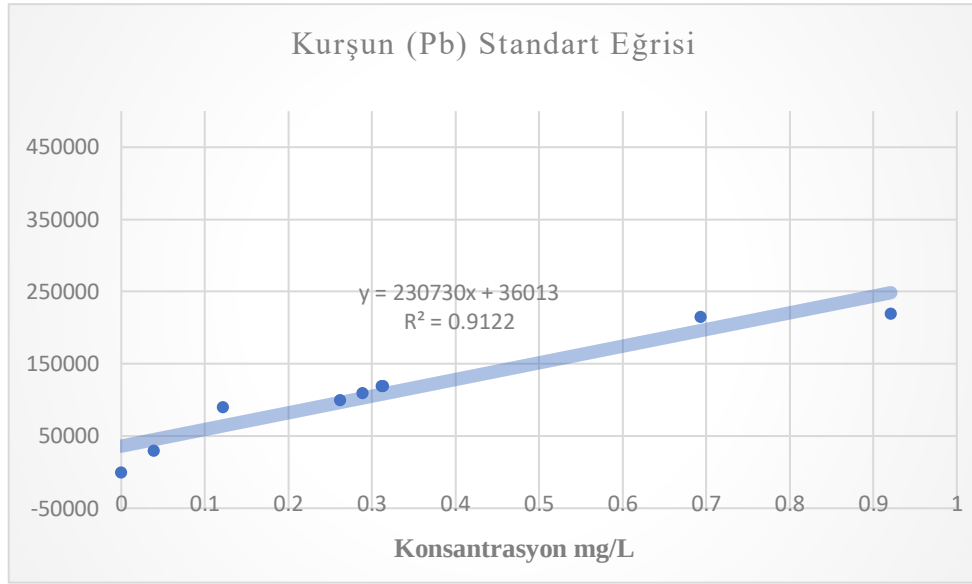
**Şekil 3.7.** Cıva (Hg) elementinin kalibrasyon eğrisi



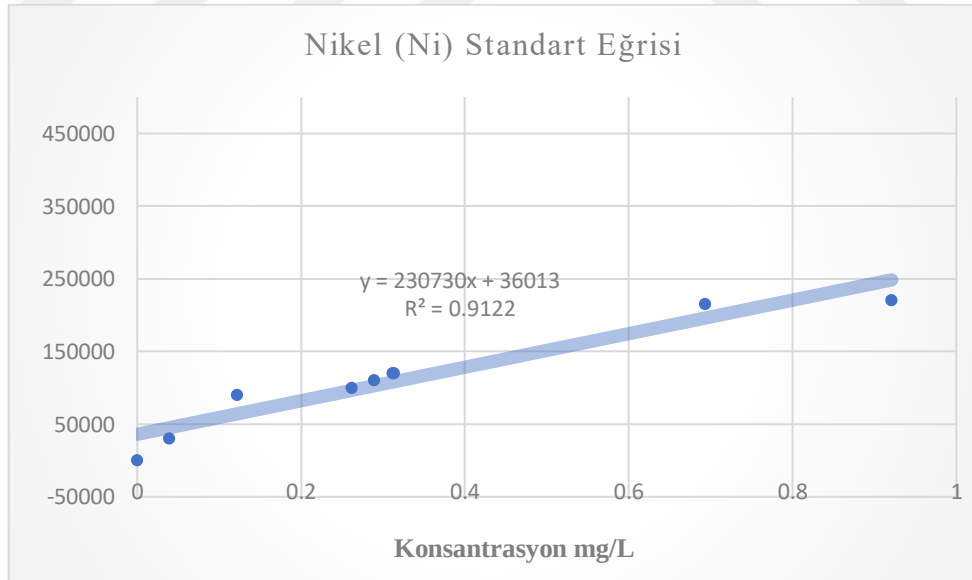
**Şekil 3.8.** Kadmiyum (Cd) elementinin kalibrasyon eğrisi



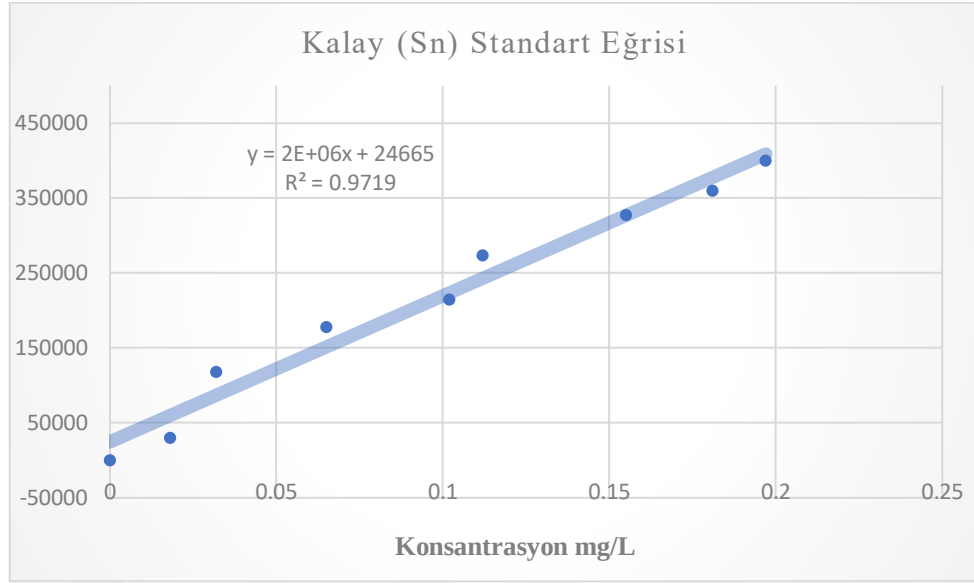
**Şekil 3.9.** Arsenik (As) elementinin kalibrasyon eğrisi



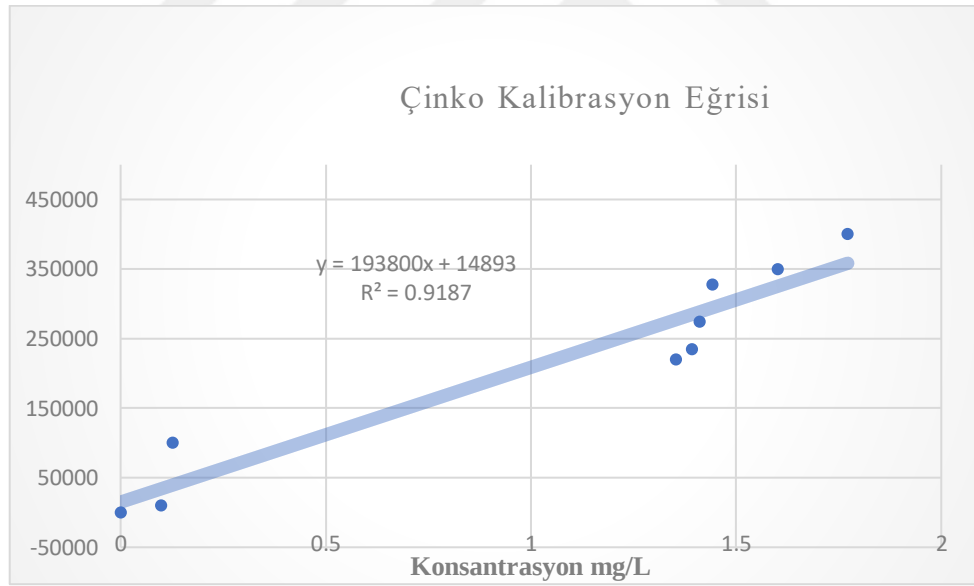
**Şekil 3.10.** Kurşun (Pb) elementinin kalibrasyon eğrisi



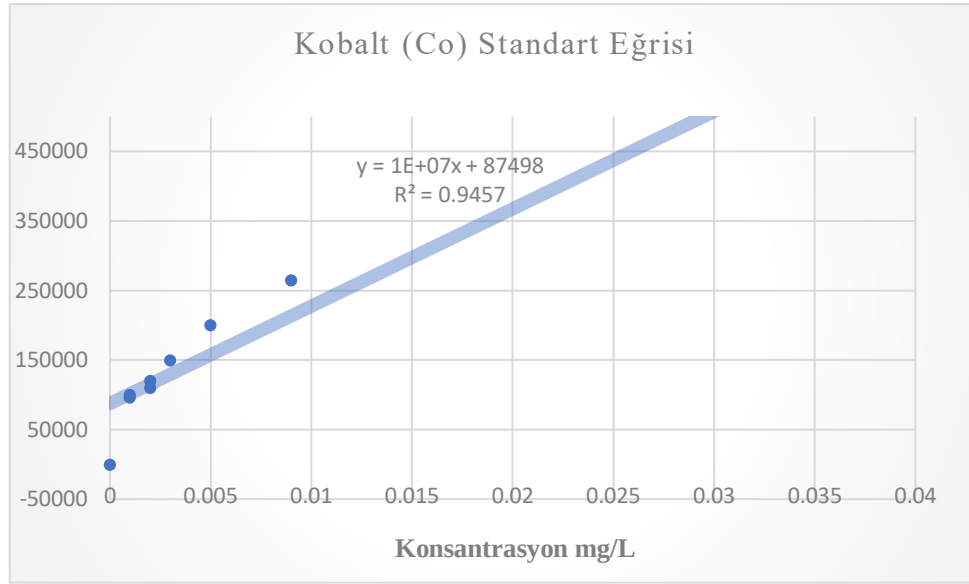
**Şekil 3.11.** Nikel (Ni) elementinin kalibrasyon eğrisi



**Şekil 3.12.** Kalay(Sn) elementinin kalibrasyon eğrisi



**Şekil 3.13.** Çinko (Zn) elementinin kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.14. Kobalt (Co) elementinin kalibrasyon eğrisi

### 3.4. İso Örneklemlerin Antioksidan Aktiviteleri ve Kimyasallar

BHA (Butillenmiş hidroksi anisol), BHT (Butillenmiş hidroksi tolüen), ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit, diamonyum tuzu), DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), Gallik asit, FeCl<sub>3</sub>, Etanol, Potasyum ferrisiyanür [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>], Potasyum hidroksit (KOH), Potasyum persülfat (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), Potasyum dihidrojen fosfat (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), Sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ve Trolox gibi kimyasallar kullanılarak spektrofotometrede İso örneklerinin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.

#### 3.4.1. ABTS<sup>+</sup> radikal giderme tayini

Serbest radikal (ABTS<sup>+</sup>) giderme aktivitesi Re'nin önerdiği metoda göre yapıldı (Re R. ,1999). Serbest radikal (ABTS<sup>+</sup>) giderme aktivitesi için 0,1 M pH'ı 7.4 olan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tamponu, 2mM'lık ABTS<sup>+</sup> ve 2.45 mM'lık K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> çözeltisi hazırlandı. ABTS<sup>+</sup> ve K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> çözeltileri (1:2) ABTS<sup>+</sup>- K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> olacak şekilde karıştırıldı ve 6 saat boyunca karanlıkta inkübe edildi. Farklı derişimlerde (10-20-40 mL) örnek ve standart çözeltileri alındı ve üzerlerine 1 mL ABTS<sup>+</sup>- K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> çözeltisi toplam hacim 4 ml olacak şekilde ilave edildi. Karışım şiddetli şekilde vortekslenip 30 dakika inkübe edilmiştir. Spektrofotometrik ölçüm oda koşullarında, 734 nm dalga boyunda gerçekleştirildi. Ölçüm 3 paralel olarak çalışılmış ve ortalamalar alınmıştır. Örnek ve standartın % katyon serbest radikal giderme aktiviteleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Kızılkaya ve ark., 2020).

$$\% \text{ Aktivite} = \frac{\text{Abs}_{\text{kontrol}} - \text{Abs}_{\text{numune}}}{\text{Abs}_{\text{kontrol}}} \times 100$$

$\text{Abs}_{\text{kontrol}} = \text{PO}_4^{3-}$  tamponu +  $\text{ABTS}^{++}$  -  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  çözeltisinin absorbansı,

$$\text{Abs}_{\text{numune}} = \frac{\text{PO}_4^{3-} \text{ tamponu} + \text{ABTS}^{++} - \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 \text{ çözeltisi} + \text{ekstrakt}}{\text{Standart Absorbansı}}$$

$\text{Abs}_{\text{kör}} = \text{PO}_4^{3-}$  tamponu, Standart = Trolox

Elde edilen sonuçların derişime karşı % aktivite grafiğı çizilerek eğim denkleminde yararlanılarak  $\text{IC}_{50}$  hesaplanmıştır.

### 3.4.2. DPPH' serbest radikal giderme tayini

Brand-Williams ve ark (1995)'ın yöntemleri modifiye edilerek İso örneklerinin DPPH radikaliyle (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) indirgeme etkisini belirlemede kullanılmıştır. 1 mL 100  $\mu\text{M}$  DPPH çözeltisi ile su kullanılarak hazırlanan ekstraktan 50  $\mu\text{L}$  alınıp karıştırma işlemi yapıldıktan ve 2 saat sonra absorbansları 517 nm dalga boyunda okunarak ölçülmüştür. Ayrıca kontrol örneğı de hazırlanarak bunun da absorbansı belirlenerek aşağıdaki formül yardımıyla DPPH'in % inhibisyonu hesaplanmıştır. Kalibrasyon eğrileri grafiğı Troloks ile hazırlanan çözeltiler yardımıyla çizilmiştir ve sonuçlar troloks cinsinden verilmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{\text{Kontrol örneğinin absorbansı} - \text{Örneğın absorbansı}}{\text{Kontrol örneğinin absorbansı}} \times 100$$

### 3.4.3. İndirgenme gücü

İzole edilecek moleküllerin ve ham ekstraktın indirgeme gücü Oyaizu metoduna göre değerlendirildi (Oyaizu M. 1986.) Standart ve numunelerin etanol içindeki farklı derişimlerine (40, 80 ve 120 mg.  $\text{mL}^{-1}$ ) fosfat tamponu (2.5 mL, 0.2 M, pH 6.6) ve

potasyum ferrisiyanür [ $K_3Fe(CN)_6$ ] (2.5 mL, %1) ilave edildi. Bu karışım 50°C'de 20 dakika inkübe edildi. İnkübasyondan sonra, bu karışıma TCA (2.5 mL, % 10) ilave edildi ve sonra 10 dakika 3000 rpm'de santrifüjlendi. Karışımdan 2.5 mL alınarak destile su (2.5 mL) ve  $FeCl_3$  (0.5 mL, % 0.1) ilave edilerek son karışımın absorbensları 700 nm'de ölçüldü. Yüksek absorbens değeri yüksek indirgeme gücü olarak değerlendirildi.



Şekil 3.15. UV-visible Spektrofotometresi

### 3.5. İstatiksel Analiz

Antioksidan aktive sonuçlarından elde edilen veriler 3 paralel ölçümün ortalaması ve standart sapması olarak verilmiştir. Sonuçlar t-testine göre % 95 güven sınırları içinde bulundu. Anlamlılık sınırı olarak  $p < 0.05$  kabul edildi. Eğim ve kesişme korelasyon katsayısının değerlendirilmesi sonucunda en küçük kareler yöntemi kullanılarak doğrusal regresyon analizi yapılmıştır

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları

Ağır metallere solunan havadan, üretim tesislerinden, tüketilen gıdalardan maruz kalınmakta ve bu maruziyet tehlikeli bir durum oluşturabilmektedir. Urfa isotunda yapılan analizler sonucunda validasyon değerleri incelendiğinde demir elementi için  $11,07 \pm 0,010$  mg/kg olup, Urfa isotu Güneşte az bekletmiş fabrika yapımı için RSD değeri 0,0009 LOD = 11,10 LOQ = 11,17 olarak çizelge 4.1. de gösterildiği gibi tespit edilmiştir. İ sot örneklerinin analiz değerleri JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık kabul edilebilir ağır metal miktarları baz alınarak karşılaştırıldığında sonuçların tüketilebilir seviyelerde olduğu sonucuna varılmıştır.

Kırmızıbiber(İ sot) numunelerinin demir elementinin ağır metal derişimlerini değerlendirdiğimizde en düşük derişim miktarı Maraş isotu güneşte çok bekletilmiş olan numune olup  $6,161 \pm 0,010$  mg/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek demir derişimi miktarı ise  $15,91 \pm 0,010$  mg/kg olup Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunesi olarak tespit edilmiştir. Burada dikkat çeken en önemli husus güneşte bekletilmenin demir derişimini arttırdığı ve insan sağlığı açısından önemli ve besleyici özellik taşıyan demir elementince zenginleşmesi insan ve canlı sağlığı açısından pozitif bir durumu ortaya koymuştur. Demir(Fe) elementi insan sağlığı için önemli elementler sınıfında yer almasına rağmen fazla miktarı toksik etki göstermektedir. Demir elementi için ölçülen değerler JECFA'nın demir elementi için haftalık olarak belirlemiş olduğu 0,2-25 mg/kg değeri ile karşılaştırıldığında çıkan sonucun kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Kırmızıbiber(İ sot) numunelerinin kurşun elementinin ağır metal derişimlerini değerlendirdiğimizde en yüksek değeri  $0,192 \pm 0,003$  mg/kg Urfa isotu ev yapımı ve güneşte az bekletilmiş numunesinde tespit edilirken en düşük değeri ise  $0,122 \pm 0,003$  mg/kg ile Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunesinde gözlemlenmiştir. Kurşun elementi için ölçülen değerler JECFA'nın kurşun elementi için haftalık olarak belirlemiş olduğu 0,025 mg /kg değeri ile karşılaştırıldığında çıkan sonucun kabul edilebilir seviyelerde olduğu sonucuna varılmıştır. Kurşun metali hem toksik hem de insan sağlığı açısından son derece tehlikeli bir element olduğundan derişim değerlerinin standartların altında olması istenilen bir durum olup tüketim açısından her hangi bir sorun ya da risk oluşturmamıştır.

Kırmızıbiber(İ sot) numunelerinin kadmiyum elementinin ağır metal miktarı derişimi açısından değerlendirdiğimizde, en fazla değeri  $0,025 \pm 0,001$  mg/kg ile Urfa

isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı numunesinde tespit edilirken en az değeri ise  $0,003\pm0,001$  mg/kg ile Urfa isotu ev yapımı güneşte az bekletilmiş numunesinde tespit edilmiştir. Kadmiyum(Cd) elementi için ölçülen değerler JECFA'nın haftalık olarak belirlemiş olduğu  $0,007$  mg/kg değeri ile karşılaştırıldığında, bu değerlerin haftalık olarak tolere edilebilir seviyelerde olduğu ve dolayısıyla Kırmızıbiber(isot) numunelerinin tüketilmesi kobalt derişimi açısından herhangi bir risk oluşturmadığı kanaatine varılmıştır.

Bir diğer element olan Cıva (Hg) elementini değerlendirdiğimizde İsoot numunelerinin cıva elementinin ağır metal miktarı derişiminin, en yüksek değeri  $0,17\pm0,001$  mg/kg Urfa isotu Güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunesinde tespit edilirken, en düşük değeri ise  $0,007\pm0,001$  mg/kg . Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş numunesinde gözlenmiştir. Cıva elementi için ölçülen değerler JECFA'nın haftalık olarak belirlemiş olduğu  $1.6$  µg/kg değeri ile karşılaştırıldığında sonuçların kabul edilebilir aralıklarda bulunduğu ve Cıvanını insan sağlığı açısından tehlikeli bir metal olduğu düşünüldüğünde dahi bu değerlerin herhangi bir risk oluşturmadığı kanaatine varılmıştır.

Çalışmamızda Arsenik(As) elementinin ağır metal miktarı derişimini değerlendirdiğimizde, arsenik açısından en yüksek derişim değeri  $0,191\pm0,003$  mg/kg ile Urfa isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı isot numunesinde tespit edilirken, en düşük derişim değerini ise  $0,108\pm0,001$  mg/kg ile Urfa isotu güneşte çok bekletilmiş ev yapımı numunesinde olduğu gözlenmiştir. Arsenik elementi için ölçülen derişim değerleri JECFA'nın haftalık olarak belirlemiş olduğu alınması gereken  $15$  µg/kg değeri ile karşılaştırıldığında, elde edilen derişim sonuçlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır ve insan sağlığı için oldukça tehlikeli, riskli ve zehirli bir element olan arsenik açısından analiz ettiğimiz isot numunelerinin herhangi bir risk oluşturmadığı kanaatine varılmıştır.

İsoot numunelerinin Bakır elementinin ağır metal miktarı derişimini incelediğimizde, en fazla değeri  $3,228,\pm0,003$  mg/kg Urfa isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı numunesinde tespit edilirken en az değeri ise  $0,849\pm0,004$ mg/kg ile Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunesi olduğu gözlenmiştir. Bakır elementi için ölçülen değerler JECFA'nın haftalık olarak belirlemiş olduğu  $0,5-12$  mg/kg/gün değeri ile karşılaştırıldığında sonuçlarımızın kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde bakır elementi de bu değerleriyle insan sağlığı açısından herhangi bir risk taşımadığı tespit edilmiştir.

İsot numunelerinin Nikel elementinin ağır metal miktarı derişimi incelendiğinde, en fazla değeri  $0,921 \pm 0,001$  mg/kg Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş numunesinde tespit edilirken en az değeri ise  $0,039 \pm 0,001$  mg/kg ile Urfa isotu ev yapımı güneşte az bekletilmiş numunesi olduğu gözlenmiştir. Nikel elementi için ölçülen değerler JECFA'nın belirlemiş olduğu 60-260 mg/kg değeri ile karşılaştırıldığında kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde elde edilen değerler JECFA değerleriyle uyumlu olduğu ve çalışılan isot numunelerinin Nikel metali açısından bir risk oluşturmadığı tespit edilmiştir.

İsot numunelerinin Kalay elementinin ağır metal miktarı derişimi incelendiğinde, en fazla değeri  $0,197 \pm 0,001$  mg/kg Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunesinde tespit edilirken en düşük  $0,018 \pm 0,001$  mg/kg ile Urfa isotu Güneşte az beklemiş fabrika yapımı numunesi olduğu gözlenmiştir. Kalay elementi için ölçülen değerler JECFA'nın belirlemiş olduğu 14 mg/kg değeri ile karşılaştırıldığında kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Besleyici özelliği yüksek olan çinko elementi analizinde çalıştığımız isot numunelerinin çinko ağır metal miktarı derişimi incelendiğinde, en yüksek değeri  $1,772 \pm 0,001$  mg/kg Urfa isotu güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunesinde tespit edilirken en düşük değeri  $0,099 \pm 0,001$  mg/kg ile Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş numunesi olarak belirlenmiştir. Çinko elementi JECFA'nın belirlemiş olduğu 1 mg /kg/gün değeri ile karşılaştırıldığında derişim değerleri kabul edilebilir aralıklarda olduğu olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple bu numunelerin tüketiminin Çinko metali açısından insan sağlığı için bir risk yâda sakınca oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Kobalt elementinin ağır metal miktarı derişimi incelendiğinde, en yüksek derişim değeri  $0,038 \pm 0,003$  mg/kg Kahramanmaraş isotu güneşte az bekletilmiş numunesinde tespit edilirken en düşük derişim değeri ise  $0,001 \pm 0,001$  mg/kg ile Urfa isotu güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunesinde olduğu gözlenmiştir. Kobalt elementi için ölçülen ağır metal derişim değerleri JECFA'nın belirlemiş olduğu 1,4 mg /kg/gün değeri ile karşılaştırıldığında kabul edilebilir aralıklarda olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde çalıştığımız isot numunelerinin kobalt derişimi ile ilgili insan sağlığı açısından bir risk oluşturmadığı kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4.4 ile başlayıp, çizelge 4.10'a kadar isot numunelerinin her biri için Ağır metallerin validasyon değerleri hesaplanmıştır. Numunelerin ortalama  $\pm$  standart sapma değerleri 3 paralel olarak hesaplanmış olup, standart sapma değerleri ile birlikte belirtilmiştir. Ölçülen ağır metal miktarlarının bağıl standart sapmaya uygunluğu

gözlenmiştir. Sonuçların doğruluğunu alt tespit limiti ve tespit limit değerleri göstermektedir. Ölçülmüş örneklerin ağır metal miktarlarının sonuçları da Çizelge 4.1' de detaylı bir şekilde belirtilmiştir.

#### 4.1.1. Ağır metal validasyon değerleri ve hesaplanması

- Ortalama (  $\bar{x}$  )=  $(x_1 + x_2 \dots x_n)/n$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

- Standart Sapma (4.1)
- RSD= Standart sapma/Ortalama
- LOD=Ortalama+3×Standart Sapma
- LOQ= Ortalama+10×Standart Sapma

**Çizelge 4.1.** İsoot numunelerinin ağır metal mg/ kg (ppm) derişim değerleri

| Numune Sırası | Fe          | Cu           | Hg          | Cd          | As          |
|---------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 1             | 11,07±0,010 | 2,1214±0,001 | 0,022±0,003 | 0,019±0,001 | 0,127±0,003 |
| 2             | 12,68±0,020 | 1,991±0,002  | 0,17±0,001  | 0,005±0,001 | 0,178±0,003 |
| 3             | 8,988±0,010 | 3,228,±0,003 | 0,028±0,003 | 0,025±0,001 | 0,191±0,003 |
| 4             | 6,782±0,020 | 1,834±0,003  | 0,021±0,001 | 0,012±0,001 | 0,108±0,001 |
| 5             | 15,91±0,010 | 0,849±0,004  | 0,008±0,001 | 0,007±0,001 | 0,174±0,001 |
| 6             | 6,161±0,010 | 1,684±0,001  | 0,026±0,003 | 0,005±0,003 | 0,166±0,004 |
| 7             | 11,31±0,030 | 1,354±0,002  | 0,007±0,001 | 0,006±0,003 | 0,126±0,003 |
| 8             | 9,231±0,001 | 2,131±0,001  | 0,031±0,001 | 0,003±0,001 | 0,158±0,001 |

**Çizelge 4.2.** İsoot numunelerinin mg/ kg (ppm) derişim değerleri

| Numune Sırası | Pb          | Ni          | Sn          | Zn          | Co          |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1             | 0,172±0,003 | 0,289±0,003 | 0,018±0,001 | 1,602±0,001 | 0,005±0,003 |
| 2             | 0,151±0,001 | 0,313±0,003 | 0,181±0,001 | 1,772±0,001 | 0,001±0,001 |
| 3             | 0,145±0,003 | 0,262±0,001 | 0,102±0,001 | 1,412±0,001 | 0,009±0,003 |
| 4             | 0,124±0,003 | 0,312±0,001 | 0,032±0,001 | 1,392±0,001 | 0,002±0,001 |
| 5             | 0,122±0,003 | 0,122±0,003 | 0,197±0,001 | 1,443±0,003 | 0,038±0,003 |
| 6             | 0,128±0,001 | 0,693±0,001 | 0,155±0,003 | 1,353±0,003 | 0,002±0,001 |
| 7             | 0,161±0,001 | 0,921±0,001 | 0,065±0,003 | 0,099±0,001 | 0,003±0,001 |
| 8             | 0,192±0,003 | 0,039±0,001 | 0,112±0,001 | 0,127±0,001 | 0,001±0,001 |

**Çizelge 4.3.** JECFA tarafından belirlenen bazı ağır metallerin haftalık alınabilir miktarları

| Elementler | Haftalık Alınabilir Ağır metal Düzeyleri |
|------------|------------------------------------------|
| As         | 15 µg /kg                                |
| Cd         | 0,007 mg /kg                             |
| Co         | 1,4 µg /kg/gün                           |
| Cu         | 0,5-12 mg /kg/gün                        |
| Fe         | 0,2-25 mg/kg                             |
| Hg         | 1,6 µg/kg                                |
| Ni         | 60-260 µg/kg                             |
| Pb         | 0,025 mg /kg                             |
| Sn         | 14 mg/kg                                 |
| Zn         | 1 mg /kg/gün                             |

**Çizelge 4.4.** Urfa isotu güneşte az beklemiş fabrika yapımı numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D          | RSD     | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|--------------|---------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 11,07±0,010  | 0,0009  | 11,10 | 11,17 | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 2,1214±0,001 | 0,00047 | 2,12  | 2,13  | 0,8904         | Y = 138321X + 13714 |
| Hg         | 0,022±0,003  | 0,136   | 0,031 | 0,052 | 0,9833         | Y = 837370X – 63103 |
| Cd         | 0,019±0,001  | 0,053   | 0,022 | 0,029 | 0,9021         | Y = 2E+07X – 73752  |
| As         | 0,127±0,003  | 0,024   | 0,136 | 0,157 | 0,9921         | Y = 24791X - 1510,8 |
| Pb         | 0,172±0,003  | 0,0174  | 0,181 | 0,202 | 0,9359         | Y = 350374X - 45711 |
| Ni         | 0,289±0,003  | 0,0104  | 0,298 | 0,319 | 0,9359         | Y = 350374X - 45711 |
| Sn         | 0,018±0,001  | 0,0555  | 0,021 | 0,028 | 0,9122         | Y = 230730X - 36013 |
| Zn         | 1,602±0,001  | 0,0006  | 1,605 | 1,612 | 0,9187         | Y=230730X-36013     |
| Co         | 0,005±0,003  | 0,6     | 0,014 | 0,035 | 0,9457         | Y=1E+07X+87498      |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.5.** Urfa isotu güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 12,68±0,020 | 0,0016 | 12,74 | 12,88 | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 1,991±0,002 | 0,0010 | 1,997 | 2,01  | 0,8904         | Y = 138321X - 13714 |
| Hg         | 0,17±0,001  | 0,0058 | 0,173 | 0,18  | 0,9928         | Y =5E+06X – 29089   |
| Cd         | 0,005±0,001 | 0,2001 | 0,008 | 0,015 | 0,9021         | Y = 2E+07X +73752   |
| As         | 0,178±0,003 | 0,0168 | 0,187 | 0,208 | 0,9061         | Y = 2E+06X - 44032  |
| Pb         | 0,151±0,001 | 0,0007 | 0,154 | 0,161 | 0,9122         | Y = 230730X +36013  |
| Ni         | 0,313±0,003 | 0,0009 | 0,322 | 0,343 | 0,9122         | Y = 230730X +36013  |
| Sn         | 0,181±0,001 | 0,0005 | 0,184 | 0,191 | 0,9719         | Y = 2E+06X +24665   |
| Zn         | 1,772±0,001 | 0,0006 | 1,775 | 1,782 | 0,9187         | Y = 193800X +14893  |
| Co         | 0,001±0,001 | 0,1000 | 0,004 | 0,011 | 0,9457         | Y = 1E+07X +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.6.** Urfa isotu güneşte az bekletilmiş ev yapımı numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D          | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|--------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 8,988±0,010  | 0,001  | 9,018 | 9,088 | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 3,228,±0,003 | 0,0009 | 3,237 | 3,258 | 0,8904         | Y = 138321X -13714  |
| Hg         | 0,028±0,003  | 0,107  | 0,037 | 0,058 | 0,9928         | Y = 5E+06X – 29089  |
| Cd         | 0,025±0,001  | 0,04   | 0,028 | 0,035 | 0,9021         | Y = 2E+07X +73752   |
| As         | 0,191±0,003  | 0,015  | 0,2   | 0,221 | 0,9061         | Y = 2E+06X -44032   |
| Pb         | 0,145±0,003  | 0,020  | 0,154 | 0,175 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Ni         | 0,262±0,001  | 0,004  | 0,265 | 0,272 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Sn         | 0,102±0,001  | 0,009  | 0,105 | 0,112 | 0,9719         | Y = 2E+06X +24665   |
| Zn         | 1,412±0,001  | 1,413  | 1,415 | 1,422 | 0,9187         | Y = 193800X + 14893 |
| Co         | 0,009±0,003  | 0,334  | 0,018 | 0,039 | 0,9457         | Y = 1E+07X +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.7.** Urfa isotu güneşte çok bekletilmiş ev yapımı numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD   | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|-------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 6,782±0,020 | 0,003 | 6,84  | 6,98  | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 1,834±0,003 | 0,002 | 1,843 | 1,864 | 0,8904         | Y = 138321X -13714  |
| Hg         | 0,021±0,001 | 0,047 | 0,024 | 0,031 | 0,9928         | Y = 5E+06X – 29089  |
| Cd         | 0,012±0,001 | 0,083 | 0,015 | 0,022 | 0,9021         | Y = 2E+07X +73752   |
| As         | 0,108±0,001 | 0,009 | 0,111 | 0,118 | 0,9061         | Y = 2E+06X -44032   |
| Pb         | 0,124±0,003 | 0,024 | 0,133 | 0,154 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Ni         | 0,312±0,001 | 0,003 | 0,315 | 0,322 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Sn         | 0,032±0,001 | 0,031 | 0,035 | 0,042 | 0,9719         | Y = 2E+06X +24665   |
| Zn         | 1,392±0,001 | 0,007 | 1,395 | 1,402 | 0,9187         | Y = 193800X + 14893 |
| Co         | 0,002±0,001 | 0,500 | 0,005 | 0,012 | 0,9457         | Y = 1E+07X +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.8.** Maraş isotu güneşte az bekletilmiş numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 15,91±0,010 | 0,0006 | 15,94 | 16,01 | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 0,849±0,004 | 0,0047 | 0,861 | 0,889 | 0,8904         | Y = 138321X -13714  |
| Hg         | 0,008±0,001 | 0,125  | 0,011 | 0,018 | 0,9928         | Y = 5E+06X – 29089  |
| Cd         | 0,007±0,001 | 0,143  | 0,01  | 0,017 | 0,9021         | Y = 2E+07X +73752   |
| As         | 0,174±0,001 | 0,006  | 0,177 | 0,184 | 0,9061         | Y = 2E+06X -44032   |
| Pb         | 0,122±0,003 | 0,025  | 0,131 | 0,152 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Ni         | 0,122±0,003 | 0,025  | 0,131 | 0,152 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Sn         | 0,197±0,001 | 0,005  | 0,201 | 0,207 | 0,9719         | Y = 2E+06X +24665   |
| Zn         | 1,443±0,003 | 0,002  | 1,452 | 1,473 | 0,9187         | Y = 193800X + 14893 |
| Co         | 0,038±0,003 | 0,079  | 0,047 | 0,068 | 0,9457         | Y = 1E+07X +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.9.** Maraş isotu güneşte çok bekletilmiş numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 6,161±0,010 | 0,0016 | 6,191 | 6,261 | 0,9037         | Y = 29221X – 52996  |
| Cu         | 1,684±0,001 | 0,0006 | 1,687 | 1,694 | 0,8904         | Y = 138321X -13714  |
| Hg         | 0,026±0,003 | 0,115  | 0,035 | 0,056 | 0,9928         | Y = 5E+06X – 29089  |
| Cd         | 0,005±0,003 | 0,6    | 1,8   | 0,035 | 0,9021         | Y = 2E+07X +73752   |
| As         | 0,166±0,004 | 0,024  | 0,178 | 0,206 | 0,9061         | Y = 2E+06X -44032   |
| Pb         | 0,128±0,001 | 0,0078 | 0,131 | 0,138 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Ni         | 0,693±0,001 | 0,0014 | 0,696 | 0,703 | 0,9122         | Y = 230730X + 36013 |
| Sn         | 0,155±0,003 | 0,0193 | 0,164 | 0,185 | 0,9719         | Y = 2E+06X +24665   |
| Zn         | 1,353±0,003 | 0,0022 | 1,362 | 1,383 | 0,9187         | Y = 193800X + 14893 |
| Co         | 0,002±0,001 | 0,5    | 0,005 | 0,012 | 0,9457         | Y = 1E+07X +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.10.** Urfa isotu ev yapımı güneşte çok bekletilmiş numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 11,31±0,030 | 0,0026 | 11,4  | 11,61 | 0,9037         | Y = 29221x – 52996  |
| Cu         | 1,354±0,002 | 0,0014 | 1,36  | 1,374 | 0,8904         | Y = 138321x -13714  |
| Hg         | 0,007±0,001 | 0,142  | 0,01  | 0,017 | 0,9928         | Y = 5E+06x – 29089  |
| Cd         | 0,006±0,003 | 0,5    | 0,015 | 0,036 | 0,9021         | Y = 2E+07x +73752   |
| As         | 0,126±0,003 | 0,024  | 0,135 | 0,156 | 0,9061         | Y = 2E+06x -44032   |
| Pb         | 0,161±0,001 | 0,0062 | 0,164 | 0,171 | 0,9122         | Y = 230730x + 36013 |
| Ni         | 0,921±0,001 | 0,001  | 0,924 | 0,931 | 0,9122         | Y = 230730x + 36013 |
| Sn         | 0,065±0,003 | 0,046  | 0,074 | 0,095 | 0,9719         | Y = 2E+06x +24665   |
| Zn         | 0,099±0,001 | 0,01   | 0,102 | 0,109 | 0,9187         | Y = 193800x + 14893 |
| Co         | 0,003±0,001 | 0,34   | 0,006 | 0,013 | 0,9457         | Y = 1E+07x +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.11.** Urfa isotu ev yapımı güneşte az bekletilmiş numunenin validasyon değerleri

| Elementler | S.D         | RSD    | LOD   | LOQ   | R <sup>2</sup> | Denklem             |
|------------|-------------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| Fe         | 9,231±0,001 | 0,0001 | 9,234 | 9,241 | 0,9037         | Y = 29221x – 52996  |
| Cu         | 2,131±0,001 | 0,0005 | 2,134 | 2,141 | 0,8904         | Y = 138321x -13714  |
| Hg         | 0,031±0,001 | 0,032  | 0,034 | 0,041 | 0,9928         | Y = 5E+06x – 29089  |
| Cd         | 0,003±0,001 | 0,34   | 0,006 | 0,013 | 0,9021         | Y = 2E+07x +73752   |
| As         | 0,158±0,001 | 0,006  | 0,161 | 0,168 | 0,9061         | Y = 2E+06x -44032   |
| Pb         | 0,192±0,003 | 0,016  | 0,201 | 0,222 | 0,9122         | Y = 230730x + 36013 |
| Ni         | 0,039±0,001 | 0,026  | 0,042 | 0,049 | 0,9122         | Y = 230730x + 36013 |
| Sn         | 0,112±0,001 | 0,009  | 0,115 | 0,122 | 0,9719         | Y = 2E+06x +24665   |
| Zn         | 0,127±0,001 | 0,008  | 0,13  | 0,137 | 0,9187         | Y = 193800x + 14893 |
| Co         | 0,001±0,001 | 1,00   | 0,004 | 0,011 | 0,9457         | Y = 1E+07x +87498   |

Ortalama± Standart sapma n=3 LOD-LOQ değerleri ve diğer parametreler mg/kg derişim değerlerine göre hesaplanmıştır.

## 4.2. İ sot Örneklerinin Antioksidan Aktivite Sonuçları

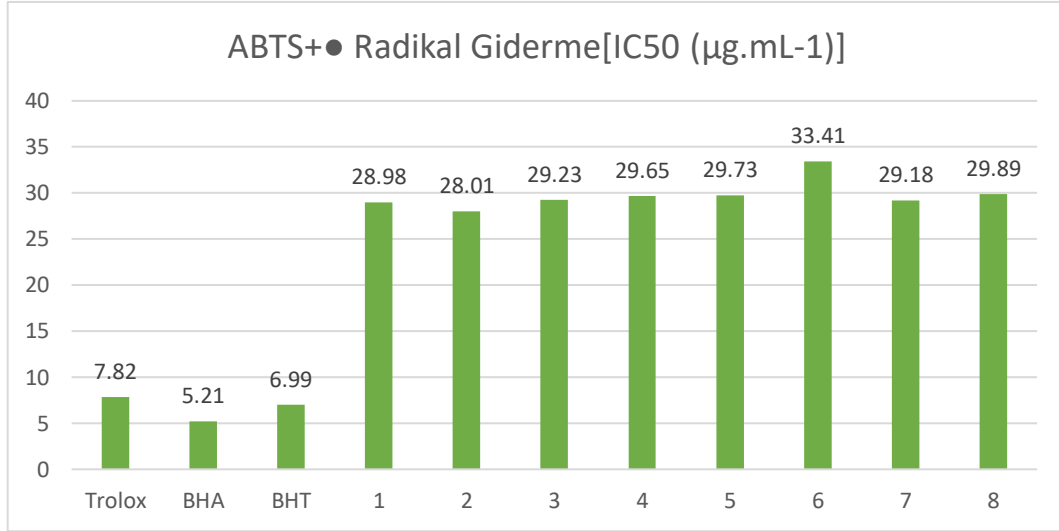
ABTS<sup>+</sup> Radikal Giderme, DPPH Serbest Radikal Giderme ve İndirgeme Gücü denilen üç farklı yöntemle İ sot örneklerindeki antioksidan aktivitelerinin analizi yapılarak elde edilen değerler ortalama  $\pm$  standart sapma olarak ayrıntılı bir şekilde Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Ayrıca üç farklı yöntemin değerlendirilmesi yapılarak sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

**Çizelge 4.12.** İ sot örnekleri ve standartların antioksidan aktivite değerleri

| İ sot Örnekleri ve Standartlar | ABTS <sup>+</sup> Radikal Giderme[IC50( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ )] | DPPH <sup>•</sup> Radikal Giderme [IC50 ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ )] | İndirgeme Gücü ( $\mu\text{mol TE.mL}^{-1}$ ekstre) |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Trolox                         | 7.82 $\pm$ 0.03                                                  | 4.71 $\pm$ 0.10                                                    | 4.71 $\pm$ 0.10                                     |
| BHA                            | 5.21 $\pm$ 0.003                                                 | 4.01 $\pm$ 0.06                                                    | 5.92 $\pm$ 0.100                                    |
| BHT                            | 6.99 $\pm$ 0.07                                                  | 10.93 $\pm$ 0.09                                                   | 5.10 $\pm$ 0.078                                    |
| 1                              | 28.98 $\pm$ 0.99                                                 | 187.31 $\pm$ 1.76                                                  | 0.42 $\pm$ 0.015                                    |
| 2                              | 28.01 $\pm$ 0.51                                                 | 276.90 $\pm$ 4.62                                                  | 0.38 $\pm$ 0.010                                    |
| 3                              | 29.23 $\pm$ 0.52                                                 | 290.06 $\pm$ 9.30                                                  | 0.35 $\pm$ 0.012                                    |
| 4                              | 29.65 $\pm$ 0.59                                                 | 274.05 $\pm$ 8.57                                                  | 0.33 $\pm$ 0.012                                    |
| 5                              | 29.73 $\pm$ 0.52                                                 | 287.54 $\pm$ 9.01                                                  | 0.38 $\pm$ 0.006                                    |
| 6                              | 33.41 $\pm$ 0.32                                                 | 403.55 $\pm$ 7.70                                                  | 0.29 $\pm$ 0.010                                    |
| 7                              | 29.18 $\pm$ 0.77                                                 | 417.83 $\pm$ 1.29                                                  | 0.21 $\pm$ 0.015                                    |
| 8                              | 29.89 $\pm$ 0.43                                                 | 413.00 $\pm$ 6.42                                                  | 0.15 $\pm$ 0.005                                    |

### 4.2.1. ABTS<sup>+</sup> radikal giderme sonuçları

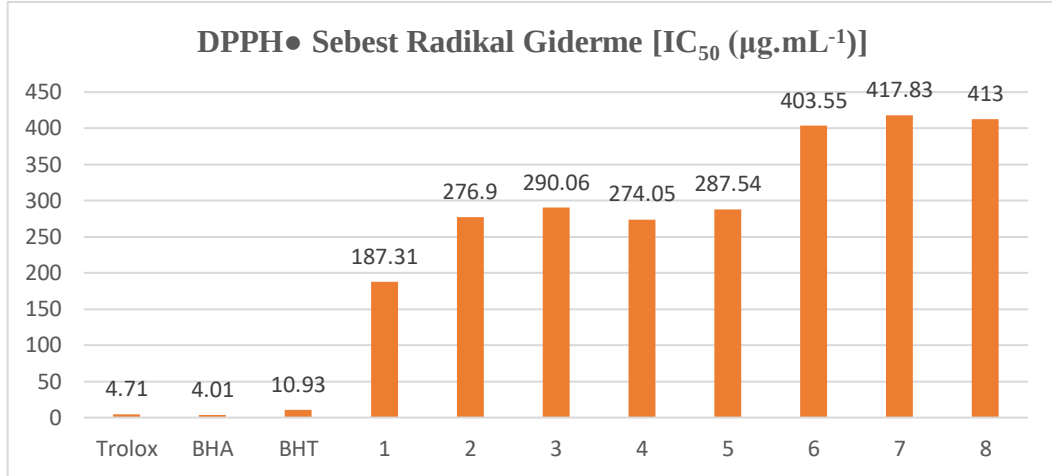
UV spektrofotometresi ile 734 nm dalga boyunda yapılan ölçümler neticesinde absorbens değeri ile antioksidan gücü arasında ters orantılı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. İ sotun 2.numunesi Urfa isotu Güneşte çok beklemiş fabrika yapımı numunesinin yenilebilir aktivite değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca isot örneklerinin birbirleriyle kıyaslanmaları sonucunda ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi en yüksek olan 2. numune, en düşük olan ise 6.numune olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.1’te olan numuneler ile standartları kıyasladığımızda ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivite sıralaması BHA > BHT > Trolox > 2 > 1 > 7 > 3 > 4 > 5 > 8 > 6 şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 4.1.** Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktiviteleri

#### 4.2.2. DPPH• serbest radikal giderme sonuçları

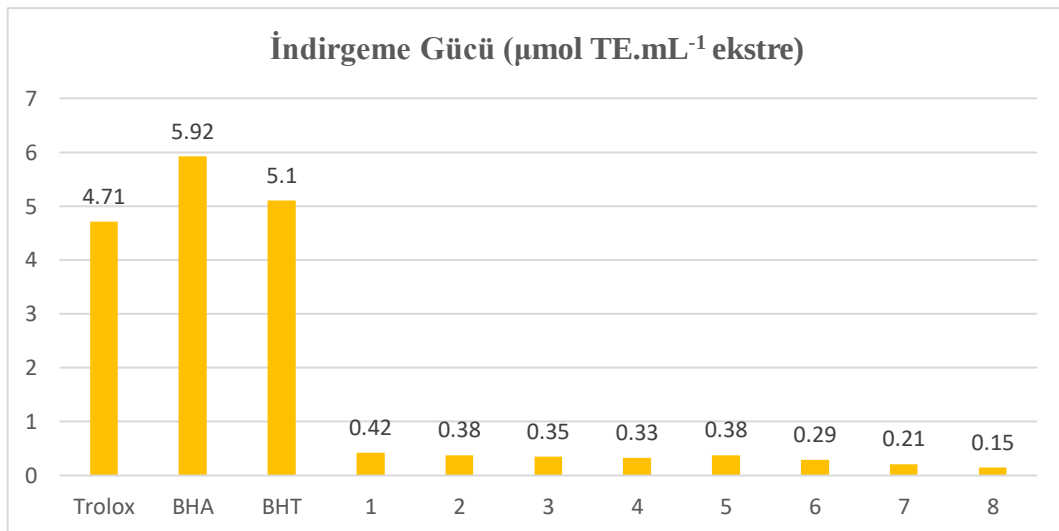
UV spektrofotometresiyle 517 nm dalga boyunda yapılan ölçümler neticesinde okunan absorbans değeri ile antioksidan gücü arasında ters orantılı bir değişimin olduğu görülmüştür. DPPH• serbest radikal giderme sonuçlarına bakıldığında isot numunelerinden 1. Numune olan Urfa isotu güneşte az beklemiş fabrika yapımı numunesinin serbest radikal giderme aktivitesinin en yüksek aktiviteye sahip olduğu olduğu gözlemlenmiştir. İsoot numunelerini kendi aralarında karşılaştırdığımızda ABTS+• radikal giderme aktivitesi en fazla olan isot numunesi 1.numune, en az olan ise 7. numunedir. Şekil 4.2’da yer alan 8 tane isot numunesinin serbest radikal giderme aktiviteleri arasında aşağıdaki gibi bir ilişki ve sıralama gözlemlenmiştir. Numuneler ile standartları kıyaslandığımızda antioksidan aktivite gücü BHA > Trolox > BHT > 1 > 4 > 2 > 5 > 3 > 6 > 8>7 biçiminde olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 4.2.** Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri

#### 4.2.3. İndirgeme gücü sonuçları

UV spektrofotometresiyle 700 nm’de yapılan ölçümler sonucunda antioksidanın gücü ile ölçülen absorbands değerleri arasında doğru orantılı olan bir artış gözlenmiştir. Elde edilen bilgiler sonucunda Şekil 4.3’de yer alan 8 adet isot numunesi de 1. numunenin en yüksek indirgeme gücü aktivitesine sahip olduğu, 8. Numunenin ise en az indirgeme gücü aktivitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu numuneler ile standartların indirgenme gücü arasındaki ilişkinin ise  $BHA > BHT > Trolox > 1 > 2 = 5 > 3 > 4 > 6 > 7 > 8$  biçiminde olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 4.3.** Trolox, BHT, BHA standartları ile isot numunelerinin indirgenme gücü aktiviteleri

### 4.3. İ sot Örneklerinin Aflatoksin ve Okratoksin Sonuçları

#### 4.3.1. Aflatoksin bulguları

Analizi yapılan kırmızıbiber örneklerinde bulunan aflatoksin düzeyleri çizelge 4.13’de verilmiştir.

Buna göre analiz edilen örneklerin 1,2,6,7 numaralı örneklerimizde 3.0 ppb, 4 nolu önekte 1,331 ppb, 5 no’lu numune de 2,085 ppb, 8 no’lu numune de 2.112 ppb ve son olarak 3 nolu numunemiz de 2,898 ppb Aflatoksin B1 kalıntısına rastlandı.

Böylece kırmızıbiberlerdeki aflatoksin rastlanma oranı düşük olarak bulundu. Analizi yapılan kırmızıbiberlerden toplam aflatoksin yönünden her bir numune ayrı ayrı değerlendirildiğinde ölçümünü yapmış olduğumuz sekiz numunenin tamamı Türk Gıda Kodeksi yönetmeliğine uygun oldukları tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin düzeyleri (ppb).

| Numune | Aflatoksin (ppb) |
|--------|------------------|
| 1      | 3.00             |
| 2      | 3.00             |
| 3      | 2.898            |
| 4      | 1.331            |
| 5      | 2.085            |
| 6      | 3.00             |
| 7      | 3.00             |
| 8      | 2.112            |

#### 4.3.2. Okratoksin bulguları

Analizi yapılan kırmızıbiber örneklerinde bulunan okratoksin düzeyleri çizelge 4.14’de verilmiştir.

Analizi yapılan kırmızıbiber numuneler de okratoksin değerleri sırasıyla; 7.11, 7.17, 5.24, 3.99, 5.24, 5.01, 7.48, 7.62 olarak bulunmuştur. Bulunan okratoksin değerleri Türk Gıda Kodeksi verileri ile karşılaştırıldığında bulunan değerlerin Türk Gıda kodeksi değerleriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin düzeyleri (ppb).

| Numune | Okratoksin (ppb) |
|--------|------------------|
| 1      | 7.11             |
| 2      | 7.17             |
| 3      | 5.24             |
| 4      | 3.99             |
| 1      | 5.24             |
| 2      | 5.01             |
| 7      | 7.48             |
| 8      | 7.62             |

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de kırmızı pul biber ve türlerinin üretimi ve tüketimi oldukça yaygındır. Bu üretim ve tüketim payından en büyük paya ise doğu ve güneydoğu Anadolu bölgesi sahiptir. Özellikle de güneydoğu Anadolu bölgesinde İsot adıyla anılan yaygın bir biçimde üretilip, tüketilen kırmızıbiber yaşamın bir parçası olarak başta çiğköfte olmak üzere birçok yemeklerde baharat olarak tüketilmekte ve bölgede gastronomi ön planda olduğu için, bir kültür olarak yaşatıldığı, hem bir mutfak kültürü hem de bir geçim kaynağı ve dolayısıyla önemli bir ekonomik değer olarak bölgenin hem kültürüne hem de ekonomisine çok önemli katlılar sunmaktadır. Bizim çalışmamızın ana eksenini üç temel başlık üzerine inşa edilmiştir. Bunların ilki İsot numunelerinin ağır metal içeriklerinin tayini ikincisi afla toksinlere ait kalıntıları belirlemeye yönelik çalışma ve üçüncüsü de çalışmamızı yaptığımız kırmızıbiberin antioksidan etkilerinin araştırılmasıydı. Ağır metal içerikleri açısından değerlendirecek olursak burada iki önemli nokta ön plana çıkmaktadır. Araştırdığımız on tane çok bilinen ağır metallerin bazıları besleyici (Çinko, Demir, Bakır) özelliklere sahip metaller olup bunların belirlenen aralıklarda olmak şartıyla derişiminin yüksek olanı makbuldür. Diğer elementler ise toksik ve zehirleyici özellikleri olmasından dolayı yine belirlenen aralıklarda olmak şartıyla derişim değeri en düşük sevide olan numune makbuldür. Ancak olaya genel olarak baktığımızda tüm numunelerin hem besleyicilik hem de toksikolojik açıdan bir risk oluşturmaması çalışmamızın amacına ulaşmasında aydınlatıcı bir rol üstlenmiştir. Çalışmamızın ikinci ayağında baharat türü besinlerin gerek üretim, gerekse depolama esnasında yapılan hatalar neticesinde mikotoksin kirliliklerinin yüksek olması ya da yüksek beklentisi idi ancak bu çalışmalar sonuçlarında da pul biber üretimi sürecinde mikotoksin kontaminasyonlarının beklenenden dah düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Çalışmamızın sonucunu değerlendirdiğimizde sekiz adet isot adet numunesinin aflatoksin değerleri, Türk Gıda Kodeksi Mevzuatının kırmızıbiberlerde en yüksek kabul edilebilir değer aflatoksin B1 için 5 ppb olarak belirlenmiş ve aflatoksin değerlerin tümünün mevzuata uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yine aynı şekilde okratoksin değerlerine baktığımızda; Türk Gıda Kodeksi Mevzuatında kırmızıbiberlerde en yüksek kabul edilebilir kırmızıbiber değeri 15 ppb olarak belirlenmiş ve test sonucundaki okratoksin değerlerinin mevzuata belirlenmiş olan aralıklara uygun olduğu tespit edilmiştir. Kırmızıbiberler mikotoksinlerle kirlenir ve bu

kirlenme sonucunda da halk sağlığı noktasında önemli bir risk oluşturduğu yapılan araştırmaların bulgularıyla ortaya konulmuştur. Bu durumun sadece Türkiye'ye özgü bir sorun olmadığı da bilinmektedir.

Sonuç olarak kırmızıbiber üretimi yapan yetiştiricilerin bilhassa hasat zamanında ürünün toplanmasında daha dikkatli olmaları, kurutma ve depolama koşulları ile üretim ve ambalajlama teknikleri konusunda bilinçlendirilmeleri gerekmektedir. Ayrıca tüketime sunulacak olan kırmızıbiberlerden mümkün olduđuñca örnekler alınarak aflatoksin ve okratoksin yönünden periyodik olarak kalıntı analizlerinin yapıldıktan sonra tüketime sunulması gerektiği sonucuna varılmıştır. Özellikle yöresel yada doğal yöntemle kırmızı biber üreticilerinin hem üretim esnasında hijyenik koşulları çok iyi sağlamaları, hem de depolama ve muhafaza etme koşullarına özen göstermeleri önerilmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- Abak, K.,1995, Kahramanmaraş'ta Kırmızı biber Tarımında Dikkat Edilmesi Gereken İşlemler.*K.S.Ü. Yayınları*: 9:5-16
- Akgül, A.,1993, Demiray. ve Tülek, Y., 2012, Kurutma İşleminin Kırmızı Biberdeki Renk Maddelerine Etkisi, 2012(3), 1–10.
- Alexander, C.S. ,1972, Cobalt-beer cardiomyopathy. A clinical and pathologic study of twenty-eight cases. *The American Journal of Medicine* (53) :395-417.
- Alkış, M.İ. 2010, Ochratoxin A and Brewing Technology: A Review, *J. Inst. Brew*, 116(1): p. 27.
- Alaf, M. 2007, Kalay (Sn) ve kalayoksit (SnO<sub>2</sub>) ince filmlerinin üretim ve karakterizasyonu. Sakarya Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*.
- Anlı E.ve Alkış, M.İ. 2010, Ochratoxin A and Brewing Technology: A Review, *J. Inst. Brew*, 116, 27.
- Anonim, 2013a, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Kırıkkale
- Anonim,2015, <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselap/bitkisel.zul>. Erişim tarihi: 10.09.2015.
- Aydın, A., Emin Erkan, M., Başkaya, R., & Ciftcioglu, G. 2007, Determination of Aflatoxin B1 levels in powdered red pepper, *Food Control* 18(9):1015-1018
- Azevedo, R.A. and Lea, P.J. 2005, Toxic metals in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 53-64.
- Azzi, A., Davies, K. J., Kelly, F., 2004, Free radical biology terminology and critical thinking, *FEBS Letters*, 558(1-3), 3-6.
- Başer, C.H. 2002, Fonksiyonel Gıdalar Ve Nutrasötikler, *14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı*, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.
- Batur M.Ş., 2018, Siirt Çevresinde Bulunan Doğal Kil Mineralleri İle Atık Sulardan Bakır,Kurşun ve Kadmiyum Giderilmesi, *Siirt Üniv. Kimya Anabilim Dalı*,20-25.
- Bosland, P.W.,1994, Chiles:History Cultivation and Uses Spices . *Herbs and Edible Fungi Elsevier Science B.V* New Mexico.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft Und- Technologie/Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Brown JE. 1999, Nutrition Now. 2nd edition, *West/Wadsworth, Belmont*

- Cullen, W.R. and Reimer, K.J.,1989, Arsenic speciation in the environment, *Chem.Rev.*, 713-764
- Çavdar, C. Sifil A, Çamsarı T. 1997, Reactive Oxygen Particles and Antioxidant Defence. *Office Journal of the Turkish Nephrology, Association*; 3-4: 92-95.
- Çoksöyler, N. 1999, Farklı Yöntemlerle Kurutulan Kırmızıbiberlerde *Aspergillus flavus* Gelişimi ve Aflatoksin Oluşumunun İncelenmesi. *Gıda*, 24 (5) , . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6885/92115>
- Dağ, B., Kılıçel, F., 2011, Determination of Cu Contamination in Some Spring and Mineral Waters Around Van by AAS after Enrichment of Activated Carbon. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10: 656-658.
- Demircioğlu, S., Filazi, A., 2010, Türkiye’de Üretilen Kırmızıbiberlerde Aflatoksin Kalıntılarının Araştırılması, 81(2);61-66
- Diplock A. 1998, Healthy lifestyles nutrition and physical activity: Antioxidant nutrients. *ILSI Europe concise monograph series*, 59 p., Belgium.
- Duman, A. D. 2010, Storage of red chili pepper under hermetically sealed or vacuum conditions for preservation of its quality and prevention of mycotoxin occurrence, *The Journal of Stored Products Research*,46(3);155-160
- Duman, A. D., Zorlugenç, B., Evliya, B. 2002, Kahramanmaraş Kırmızıbiberinin Önemi ve Sorunları. *KSÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5 (1): 111-117
- Duran A, Tüzen M, Soylak M 2014, Assessment of trace metal concentrations in muscle tissue of certain commercially available fish species from Kayseri, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 4619-4628.
- Doğantan, Z., S.,1986, Kahramanmaraş Biberinin Kurutmaya Yönelik Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Saptanması ile Doğal Koşullarda ve Plastik Örtü Altı Güneş Toplayıcılarıyla Kurutma Üzerine Bir Araştırma, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi*, Adana, 1986,
- EFSA (European Food Safety Authority) 2006, Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Scientific Committee on Food Scientific Panel On Dietetic Products, *Nutrition And Allergies*, s: 192.
- FAO, 2012, Food and Agricultural Organization of The United Nations Statistical Databases, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, Erişim Tarihi 09.03.2014.
- FAO, 2014. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Goncaoglu B.İ., Yıldız Ş., Apaydın Ö., 2001, Katı Atık Depolama Sahalarında Geçirimsiz Tabaka Olarak Kil Bariyer Kullanılması ve İstanbul Depolama sahalarındaki Uygulamalar, 10. *Ulusal Kil Sempozyumu*.,19-22.

- Greenleaf, W.H.,1986, Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Company INC. Westport Connecticut Vegetables Crops Department, *University of Florida, Gainesville Florida* P. 67-127
- Günay, A.1992, Özel Sebze Yetiştiriciliği, Cilt 4, Çağ matbaası, S:40-48.*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.* Ankara
- Heperkan, D. ve Ermis, Ö.C., 2004, Mycotoxins in spices: red pepper. In: Barug, D., Egmond,López-García, R., Osenbruggen, W.A., Visconti, A. (Eds.), Meeting the Mycotoxin Menace, *Wageningen, Academic Publishers*, 197-219.
- Karthiga,S., Jaganathan,D.,2013,Total antioxidant capacity and total phenol content of pulses and root vegetables commonly used in India. *International Journal of Food and Nutritional Sciences* 2 (2), 24
- Kaur C, Kapoor HC. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *Int. J. Food Sci. Tech.* 36: 703-725.
- Kılıçel, F.,Dağ, B., 2006, The Relationship Between Some Heavy Metal Concentrations in Soils,Leaves and Fruits of Starking Delicious (*Malus communis* Lam.) in Van, Türkiye, *Reviews in Analytical Chemistry*, 25(4), 271-284
- Kızılkaya H., Dağ B., Aral T., Genç N., Erenler R. 2020, Synthesis, characterization, and antioxidant activity of heterocyclic Schiff bases. *Journal of Chinese Chemical Society*, 67: 1696-1701
- Korkutata, N. F. ve Kavaz, A. 2013, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen kırmızı acı biber popülasyonlarının (*Capsicum annuum* L.) bazı kalite parametreleri, *Akademik Gıda*, 11(1): 53-58.
- Kurt, B. 2019, Lemna minor L. ve Lemna gibba L. (Su mercimeği) kullanılarak farklı derişimlerdeki bazı ağır metallerin (kalay, kobalt, antimon, vanadyum) biyoremediasyonu ve ağır metallerin olası stres etkilerinin belirlenmesi. Manisa *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Mengel K, Kirkby E A 1982, Principles of Plant Nutrition. *International Potash Institute, Worblaufen* -Bern, Switzerland, p. 1-665.
- Mercan U. 2004, Toksikolojide Serbest Radikallerin Önemi. *YüüncüYıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi.* 15: 91-96.
- Novo, P.,Moulas, G., Franc, D.M., Prazeres, Chu, V., Conde, J.P. 2013, Detection of ochratoxin A in wine and beer by chemiluminescence-based ELISA in microfluidics with integrated photodiodes, *Sensors and Actuators B*, 176, 232- 240.
- Oyaizu M. 1986, Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 103: 413-419.

- Özkan G., 2009, Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi ; Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği, *Yüksek Lisans Tezi, GYTE Fen Bilimleri Enst.*,12-22.
- Paksoy, M. 2003. Kahramanmaraş ilinde kırmızıbiber üretim ekonomisi. *Türk-Koop Ekin*, 7(23): 62-69.
- Paksoy, M., Uslu, Ö.S. 2006. Türkiye’de kırmızı biberin pazarlanması ve sorunları. *VI. Sebze Tarımı Sempozyumu*, 19-22 Eylül, s. 335-339
- Ratnam, D. V., Ankola, D., Bhardwaj, V., Sahana, D., Kumar, M. R., 2006, Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: *A pharmaceutical perspective, Journal of Controlled Release*, 113(3), 189-207.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. 1999, Antioxidant Activity Applying an improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231–1237.
- Rhouati, A., Hayat, A., Hernandez, D.B., Meraihi, Z., Munoz, R. ve Marty, J.L. 2013, Development of an automated flow-based electrochemical aptasensor for on-line detection of Ochratoxin A. *Sensors and Actuators B*, 176, 1160-1166
- Seven T., Can B., Darende B.N. ve Ocak S., 2018, Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi* , Sayı 1(2): 91-103.
- Soydemir E., 2013, Katı Örneklemeli Yüksek Çözünürlüklü Elektrotermal Atomik Absorbsyon Spektrofotometresi ile 2,5 Pm Hava Partiküllerinde Civa Tayini, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enst.*, 5-7.
- Taner G. 2005, Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma, *Bilim Teknik*, Ağustos 113: 453.
- Tekin, S. 2014, Elma ve üzüm sirkelerinin ağır metal içeriklerinin ICP-MS ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi
- Tıraş, M., 2003, Kahramanmaraş Merkez İlçede Kırmızı Biber Tarımı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10, 66-80.
- Uçar H., 2021, Bor Endüstri Atıklarında Bazı Elementlerin ICP-MS Yöntemiyle Tayini ve Mikroyopisal Özelliklerinin Araştırılması, *Batman Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.*, 28-52
- Varga,J.,Juhasz, A.,Kevei, F., Kozakiewicz,Z., 2004, Molecular diversity of agriculturally important Aspergillus species. *European Journal of Plant Pathology*, 110:627-640.
- Yalçın, D. 2008a, Kırmızı Pul Biber Üretiminde Kritik Kontrol Noktaları ve Tehlike Analizleri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11 (2);129–137.
- Yalçın, D. 2008b, Kırmızı Pul Biber Üretiminde Kritik Kontrol Noktaları ve Tehlike Analizleri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 11(2); 129–137.

- Yaman M, Bal T, Yaman İH 2013, Metal levels in *Trachurus trachurus* and *Cyprinus carpio* in Turkey. *Food Additives and Contaminants* 6: 301-306.
- Yemiş, O., Bakkalbaş, E. ve Artık, N. 2004, Kapsaisinoit kaynağı olarak kırmızı biberler. *Gıda Müh Dergisi*, 18(2);30-37.



**ÖZGEÇMİŞ****KİŞİSEL BİLGİLER**

**Adı Soyadı** : YUNUS KAÇMAZ

**Uyruğu** : T.C.

**EĞİTİM**

| Derece                | Adı, İl                                                                                          | Bitirme Yılı |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Lise                  | Şanlıurfa Lisesi/Şanlıurfa                                                                       | 2003         |
| Üniversite            | Kahramanmaraş Sütçü İmam<br>Üniversitesi/Kahramanmaraş<br>Fen Edebiyat Fakültesi<br>Kimya Bölümü | 2009         |
| Yüksek Lisans(Tezsiz) | Harran Üniversitesi/Şanlıurfa<br>Fen ve Matematik Alanları Eğitimi<br>Kimya Öğretmenliği         | 2010         |

**YABANCI DİLLER**

İngilizce