



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**BATMAN YÖRESİNDE YETİŞEN ŞALGAM (BRASSICA
RAPA L.) BİTKİSİNİN AĞIR METAL, FENOLİK
BİLEŞİKLER VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlham ASLAN

**Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Beşir DAĞ**

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

TEZ KABUL VE ONAYI

İlham ASLAN tarafından hazırlanan “**Batman Yöresinde Yetişen Şalgam (Brassica Rapa L.) Bitkisinin Ağır Metal, Fenolik Bileşikler ve Antioksidan İçeriklerinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışması 29/11/2022 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. Abdulkadir LEVENT

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

.....

Üye

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

.....

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.

İlham ASLAN
29/11/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BATMAN YÖRESİNDE YETİŞEN ŞALGAM (*BRASSICA RAPA L.*) BİTKİSİNİN AĞIR METAL, FENOLİK BİLEŞİKLER VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

İlham ASLAN

BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

2022, 72 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

Şalgam (*Brassica rapa L.*) *Cruciferae* familyasına ait olup tarih öncesi çağlardan beri tüketilen kültür bitkilerinden biridir. Şalgam, tüm yıl boyunca bulunabilen, özellikle Türkiye'de, Avrupa, Asya ve Amerika'da yaygın olarak yetişen bir yumru sebzedir. Bu çalışmada, Batman yöresine ait merkez köy ve ilçe köylerden toplanan 7 adet şalgam örneğinde ağır metal, fenolik bileşikler ve antioksidan içeriklerindeki değişimler tespit edilmiştir. Şalgam örneklerinde arsenik (As), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), civa (Hg), nikel (Ni), kurşun (Pb), kalay (Sn) ve çinko (Zn) düzeyleri analiz edildi. Şalgam örneklerinin metal içerikleri, mikrodalga ünitesinde yakma işlemi sonrasında indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometre (ICP-OES) cihazı ile belirlendi. Bu şalgam örneklerinin ağır metal içerikleri daha önce standart olarak JECFA tarafından belirlenen ağır metal değerleriyle karşılaştırılmıştır. Örneğin, Demir(Fe) miktarı $14,32 \pm 0,045$ mg/kg tespit edilmiş olup, JECFA tarafından haftalık olarak vücuda alınabilir miktarı ise 0,2-25 mg/kg olarak belirlenmiştir. Ölçülen tüm elementler için bu değerler hesaplanmış olup, JECFA değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kalitatif ve kantitatif analizlerde yaygın bir şekilde kullanılan ve ölçüm güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğu bilimsel olarak teyit edilmiş olan, LC-MS/MS cihazı kullanılarak fenolik bileşikler ölçülmüştür. Bu ölçümlerde şalgam örneklerinin fitokimyasal özellikleri belirlenerek, 53 adet fenolik bileşiğin analizi sonucunda, şalgam örneklerinde 7 adet fenolik bileşiğin mevcut olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden bazıları Qunic acid, Fumaric acid, Gallic acid ve Protocatechuic acid şeklindedir. Qunic acid bileşiği miktarı en yüksek 0,938 mg analit/g ekstrat Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyündeki şalgam örneğinde tespit edilirken, en düşük 0,299 mg analit/g ekstrat Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Fumaric acid bileşiği miktarı en yüksek 2,998 mg analit/g ekstrat merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilirken, en düşük 0,73 mg analit/g ekstrat Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Protocatechuic acid bileşiği miktarı en yüksek 0,082 mg analit/g ekstrat merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilirken, en düşük 0,01 mg analit/g ekstrat Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyündeki şalgam örneği analizi yapılan diğer örneklerle karşılaştırıldığında fenolik madde miktarının daha düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Antioksidan, Fenolik Bileşikler, Fitokimyasallar, Şalgam

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF HEAVY METAL, PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CONTENTS OF TURNIP (BRASSICA RAPA L.) FROM BATMAN REGION

İlham ASLAN

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

Advisor: Asst. Prof. Dr. Beşir DAĞ

2022, 72 Pages

Jury

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Asst. Prof. Dr. Beşir DAĞ

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

Turnip (*Brassica rapa* L.) belongs to the Cruciferae family and is one of the cultivated plants consumed since prehistoric times. Turnip is a tuberous vegetable that can be found all year round, especially widely grown in Turkey, Europe, Asia and America. In this study, changes in heavy metal, phenolic compounds and antioxidant contents were determined in 7 turnip samples collected from central and district villages of Batman region. In turnip samples, arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb), tin (Sn), and zinc (Zn) levels were analyzed. The metal contents of the turnip samples were determined with an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) device after burning in the microwave unit. The heavy metal contents of these turnip samples were compared with the heavy metal values previously determined by JECFA as a standard. For example, the Iron(Fe) amount was determined as 14.32 ± 0.045 mg/kg, and the weekly ingestible amount was determined as 0.2-25 mg/kg by JECFA. These values were calculated for all measured elements and compared with the JECFA values. In addition, phenolic compounds were measured using the LC-MS/MS device, which is widely used in qualitative and quantitative analyses and is confirmed to have a very high measurement reliability. In these measurements, the phytochemical properties of turnip samples were determined and as a result of the analysis of 53 phenolic compounds, it was determined that 7 phenolic compounds were present in the turnip samples. Some of these compounds are Quinic acid, Fumaric acid, Gallic acid and Protocatechuic acid. The highest amount of quinic acid compound was detected in the turnip sample in Yayladüzü village of Gercüş district of 0.938 mg analyte/g extract, while the lowest 0.299 mg analyte/g extract was observed in the turnip sample in Boğaz village of Gercüş district. The highest amount of fumaric acid compound was found in the turnip sample of 2.998 mg analyte/g extract in Balpınar village of the central district, while the lowest 0.73 mg analyte/g extract was observed in the turnip sample in the Yayladüzü village of the Gercüş district. The highest amount of protocatechuic acid compound was detected in the turnip sample in the Balpınar village of the central district of 0.082 mg analyte/g extract, while the lowest 0.01 mg analyte/g extract was observed in the turnip sample in the Bağlıca village of the Gercüş district. It was determined that the amount of phenolic substance in the turnip sample in the village of Bağlıca, in the town of Gercüş, was lower than the other samples analyzed.

Keywords: Heavy metals, Antioxidant, Phenolic Compounds, Phytochemicals, Turnip

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin tüm aşamalarında bilgi, birikim, teşvik ve yönlendirmesiyle katkı sağlayan, yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Beşir DAĞ'a en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca tezin yazım aşamasında kıymetli vakitlerini ayırarak katkı sunan değerli meslektaşım Hakan KIZILKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Bana her zaman destek olan sevgili annem, babam, kardeşlerime teşekkür ederim. Çalışmam sırasında yardımını esirgemeyen herkese sonsuz teşekkür ederim.

İlham ASLAN
BATMAN-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Şalgamın Botanikteki Yeri ve Tarihçesi	3
2.2. Şalgamın Türkiye ve Dünyadaki Üretimi	4
2.3. Ağır Metaller.....	6
2.3.1. Kurşun (Pb).....	6
2.3.2. Kadmiyum (Cd)	7
2.3.3. Arsenik (As).....	7
2.3.4. Bakır (Cu)	7
2.3.5. Civa (Hg)	8
2.3.6. Demir (Fe).....	8
2.3.7. Kobalt (Co)	8
2.3.8. Nikel (Ni).....	9
2.3.9. Kalay (Sn)	9
2.3.10. Çinko (Zn).....	10
2.4. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)	10
2.4.1. ICP-OES çalışma prensibi	11
2.5. Şalgamın Bileşimi.....	11
2.5.1. Antioksidanlar.....	14
2.5.1.1. Fenolik bileşikler	15
2.5.1.2. Glikozinolatlar	17
2.6. LC-MS/MS (Sıvı Kromatografisi – Kütle Spektrometresi) Teknikleri.....	24
2.7. Şalgamın Sağlık Üzerine Etkisi	25
2.7.1. Kolesterol düşürücü etkisi	26
2.7.2. Diyabet üzerine etkisi	27
2.7.3. Ağrı kesici.....	28
2.7.4. Diğer etkileri	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal	29
3.1.1. Kullanılan kimyasallar	29
3.1.2. Kullanılan cihazlar	29
3.2. Yöntem.....	30
3.2.1. Şalgam örneklerinin analiz aşamaları	30
3.2.2. Şalgam örneklerinin ekstraksiyonu.....	31
3.3. Ağır Metal Tayini	32
3.3.1. Mikrodalga fırında yakma işlemi.....	32
3.3.2. Standart çözeltilerin hazırlanması.....	33
3.3.3. ICP-OES cihazının analitik koşulları.....	33
3.4. Toplam Fenolik Madde Tayini	39
3.5. Toplam Flavanoid Madde Tayini	40
3.6. LC-MS/MS Cihazında Fitokimyasal Özelliklerin Analizi	40
3.7. Şalgam Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri ve Kimyasallar.....	41

3.7.1. ABTS ^{•+} radikal giderme tayini	41
3.7.2. DPPH [•] serbest radikal giderme tayini	42
3.7.3. İndirgeme gücü	42
3.8. İstatiksel Analiz	43
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	44
4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları.....	44
4.1.1. Ağır metal validasyon değerleri ve hesaplanması	46
4.2. Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavanoid Madde Analizlerinin Sonuçları..	50
4.3. 53 Adet Fitokimyasal Maddelerin Tanımlanması ve Analiz Sonuçları.....	51
4.4. Şalgam örneklerinin antioksidan aktivite sonuçları.....	60
4.4.1. ABTS ^{•+} radikal giderme sonuçları.....	60
4.4.2. DPPH [•] serbest radikal giderme sonuçları	61
4.4.3. İndirgeme gücü sonuçları.....	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	72

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
Co	Kobalt
Ni	Nikel
Sn	Kalay
Zn	Çinko

Kısaltmalar

ABTS	2,2'-azinobis(3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit)
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FAO	Food and Agriculture Organization
FCR	Folin-Ciocalteu Fenol Reaktifi
GSL	Glukosinolat
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi
LC-MS/MS	Sıvı Kromatografi-Kütle Spektrometresi
LOD	Gözlenebilme Sınırı
LOQ	Alt Tayin Sınırı
MS	Kütle Spektrometresi
RSD	Bağıl Standart Sapma
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV-VIS	Ultraviyole-Görünür Bölge
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Şalgamın görünümü.....	3
Şekil 2.2. Kıtalaraya göre şalgam üretim oranları	6
Şekil 2.3. Bazı fenolik bileşiklerin yapısı	16
Şekil 2. 4. Glikozinolatların genel yapısı.....	17
Şekil 2.5. Glikozinolatların hidrolitik ürünleri	18
Şekil 2.6. LC-MS/MS cihazının görseli.....	25
Şekil 3.1. Şalgam örneklerinin rendelenmiş görseli	30
Şekil 3.2. Şalgam örneklerinin partikül halindeki görseli	31
Şekil 3.3. Şalgam örneklerinin ekstraksiyon aşamasındaki görseli	32
Şekil 3.4. Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesi	33
Şekil 3.5. ICP-OES cihazının görünümü	34
Şekil 3.6. Arsenik (As) elementinin kalibrasyon eğrisi	34
Şekil 3.7. Kadmiyum (Cd) elementinin kalibrasyon eğrisi	35
Şekil 3.8. Kobalt (Co) elementinin kalibrasyon eğrisi.....	35
Şekil 3.9. Bakır (Cu) elementinin kalibrasyon eğrisi.....	36
Şekil 3.10. Demir (Fe) elementinin kalibrasyon eğrisi	36
Şekil 3.11. Civa (Hg) elementinin kalibrasyon eğrisi.....	37
Şekil 3.12. Nikel (Ni) elementinin kalibrasyon eğrisi	37
Şekil 3.13. Kurşun (Pb) elementinin kalibrasyon eğrisi	38
Şekil 3.14. Kalay (Sn) elementinin kalibrasyon eğrisi	38
Şekil 3.15. Çinko (Zn) elementinin kalibrasyon eğrisi	39
Şekil 3.16. Fenolik madde çözeltilerin görseli	39
Şekil 4.1. Gallik asit ölçüm grafiği	50
Şekil 4.2. Kersetin ölçüm grafiği	50
Şekil 4.3. Toplam iyon kromotogramı	52
Şekil 4.4. Bazı fitokimyasalların yapısı	54
Şekil 4.5. Bazı fitokimyasalların yapısı	55
Şekil 4.6. Bazı fitokimyasalların yapısı	56
Şekil 4.7. Bazı fitokimyasalların yapısı	57
Şekil 4.8. Aşağı Kıratlı köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı.....	57
Şekil 4.9. Tepebaşı köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı	58
Şekil 4.10. Yayladüzü köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı	58
Şekil 4.11. Bağlıca köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı	58
Şekil 4.12. Boğaz köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı	59
Şekil 4.13. Dere köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı.....	59
Şekil 4.14. Balpınar köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı.....	59
Şekil 4.15. Trolox, BHT, BHA standartları ile şalgam örneklerinin ABTS radikal giderme aktiviteleri	61
Şekil 4.16. Trolox, BHT, BHA standartları ile şalgam örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri	61
Şekil 4.17. Trolox, BHT, BHA standartları ile örneklerin indirgeme gücü aktiviteleri	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Brassica rapa türüne ait sebzeler	3
Çizelge 2.2. Yıllara göre şalgam üretimi	5
Çizelge 2.3. Dünya şalgam üretimi.....	5
Çizelge 2.4. Şalgamın bileşimi	12
Çizelge 2.5. Şalgamın vitamin içeriği.....	12
Çizelge 2.6. Şalgamın amino asit kompozisyonu	13
Çizelge 2.7. Şalgamda belirlenen glikozinolat ve parçalanma ürünleri	19
Çizelge 2.8. Şalgamda bulunan glikozinolatların moleküler yapısı	20
Çizelge 3.1. Şalgam örneklerinin alındığı merkezler ve numaralandırılması.....	31
Çizelge 4.1. Şalgam örneklerinin mg/kg (ppm) derişim değerleri	47
Çizelge 4.2. JECFA tarafından belirlenen bazı ağır metallerin haftalık alınabilir miktarları.....	47
Çizelge 4.3. Aşağı Kıratlı köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri	47
Çizelge 4.4. Tepebaşı köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri.....	48
Çizelge 4.5. Yayladüzü köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri.....	48
Çizelge 4.6. Bağlıca köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri.....	48
Çizelge 4.7. Boğaz köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri.....	49
Çizelge 4.8. Dere köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri	49
Çizelge 4.9. Balpınar köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri	49
Çizelge 4.10. Toplam iyon kromatogramının isimlendirmesi.....	52
Çizelge 4.11. 53 Adet fenolik bileşimin sonuçları.....	53
Çizelge 4.12. Şalgam örnekleri ve standartların antioksidan aktivite değerleri	60

1. GİRİŞ

Yaklaşık olarak 3500 türden oluşan *Brassicaceae* familyası; *Brassica*, *Camelina*, *Crambe*, *Sinapis* ve *Thlaspi* gibi 350 cinsi kapsamaktadır. Özellikle *Brassica* cinsi, *Brassica rapa*, *Brassica oleracea* ve *Brassica napus* gibi bazı türleri içermekte olup dünya çapında ekonomik değere sahiptir (Cartea ve ark., 2011; Raiola ve ark., 2017). *B. rapa* şalgamı da kapsayan bir türdür.

Avrupa, Asya ve Amerika'da yaygın olarak yetişen şalgam, tüm yıl boyunca bulunabilen bir yumrulu sebzedir. Yumru genellikle beyaz renkli, küresel, etli kırmızımsı mor bir taça sahiptir (Tindall, 1983). Küçük, gevrek çeşitler olanı insan tüketimi için kullanılmakta, daha büyük çeşitler ise yem olarak değerlendirilmektedir. Kültür bitkilerinden olan şalgam, tarih öncesi çağlardan beri tüketilmektedir (Haliloğlu ark., 2012). Türkiye'de özellikle soğuk bölgelerde ve özellikle Avrupa'da yaygın bir biçimde kullanılan bir bitkidir. Hasattan sonra bozulmadan birkaç ay saklanabilmekte ve soğuk iklimlerde iyi büyümektedir (Haliloğlu ve ark., 2012).

Şalgam, önemli miktarda C vitamini, diyet lif ile kalsiyum, magnezyum, riboflavin, demir gibi mineraller içermektedir. Ayrıca glikozinolat ve bitkilerde bulunan ikincil metabolitler olan fenolik bileşiklerce de zengindir. Yüksek kan basıncı, diyabet ve çeşitli kanser tiplerinin gelişim riskini önleyebileceği İçerdiği antioksidan özellikteki bu maddeler nedeniyle olduğu bildirilmiştir (Li ve ark., 2018).

Halk hekimliğinde ilaç olarak kullanılan şalgam tarih öncesi zamanlardan beri sebze olarakta tüketilmektedir. Halk arasında şalgam; kolesistolitiazis, kronik gastrit, kabızlık, kolesistit, karaciğer hastalıkları ve bazı tip kanserlerin önlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Iqbal ve ark., 2013).

Şalgamın farklı kısımları ülkelere göre gıda olarak kullanılmaktadır. Kuzey ve Doğu Avrupa ülkeleri ile Çin'de yumruları, Güney Avrupa ülkelerinde; yaprak ve sürgünleri tüketilmekte olan bir bitkidir (Zhang ve ark., 2014). Diğer sebzelerle birlikte şalgamın yaprak ve yumrularına ek olarak, çiçek tomurcukları karıştırılarak da yenilmektedir (Haliloğlu ve ark., 2012). Pirinç, sarımsak ve zeytinyağı ile birlikte şalgamın çiçekleri de pişirilerek tüketilmektedir. Şalgamın yumruları haşlanıp çorba yapımında kullanılır (Iqbal ve ark., 2013). Türkiye'de, yemek kültürü içerisinde şalgamın özel bir yeri özellikle Erzurum şehridir. Sap kısmı (çeç pancarı) ve yumrusundan hazırlanan yemeği (şalgam çıtması) , turşusu ve dolması kışın sevilerek tüketilmektedir (Kayserili, 2011).

Şalgam yumruları turşuya işlenerek, tuzlanarak, kurutulurakta değerlendirildiği gibi, dünyada salata şeklinde taze bir şekilde de tüketilmektedir (Zahoor ve ark., 2017). Raf ömrü yüksek su içeren yumrulara kısadır. Hasattan sonra ancak birkaç ay soğuk iklimlerde saklanma süreleri vardır (Fernandes ve ark., 2007). Sebzelerin muhafazasında ekonomik yollardan biri olan turşuya işlemedir. Fermentasyon işlemi hem ürüne istenen lezzet özelliklerini kazandırır hem de sebzelerde raf ömrünü uzatır. Fermentasyonun bir sonucu olarak da gıdaların besleyici özelliği artmaktadır. Fermentasyon da birçok fonksiyon sağlayan, kullanılan tuzdur. *Lactobacillus plantarum* gibi tuza toleranslı homofermantatif laktik asit bakterilerinin artmasına pozitif bir etki sağlayan salamuradaki tuz, depolama esnasında istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini sınırlar, fermente edilmiş materyalin sert dokusunun korunmasına ve uzun süre depolanmasına yardımcı olur (Uthpala ve ark., 2019). Sağlık nedenleri ve atık bertarafı ile ilgili sorunlar nedeniyle tuz tüketimini azaltılmasıyla ilgili çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Bu sorunları azaltmanın yanında kaliteyi olumsuz etkilemeyecek şekilde tuz konsantrasyonu kullanmak önem taşımaktadır. En az seviyede tuz kullanımı buna karşın en yüksek kalite özelliklerini korunması konusunda birçok turşu çeşidinde çalışmalar yapılmıştır (Mnkeni ve ark., 1999).

Bu çalışmada, Batman yöresine ait merkez köy ve ilçe köylerden Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyü ve Dere köyü, Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyü, Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyü, Bağlıca köyü ve Boğaz köyü ve merkez ilçeye bağlı Balpınar köyünden şalgam örnekleri elde edilmiştir. Batman yöresine ait merkez köy ve ilçe köylerden toplanan 7 adet şalgam örneğinin ağır metal miktarları (kadmiyum (Cd), demir (Fe), kurşun (Pb), civa (Hg), arsenik (As) bakır(Cu), kobalt (Co), nikel (Ni), kalay (Sn) ve çinko (Zn)) ölçülmüştür. LC-MS-MS cihazıyla şalgamın fitokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 53 adet fenolik bileşik kantitatif olarak ölçülmü yapılmıştır.

Bu çalışmada ölçtüğümüz ağır metal miktarlarının, JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık alınabilecek değerlerle karşılaştırılma yapılarak, ölçümü yapılan bu miktarların kabul edilebilir düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki en önemli amaç ve beklentinin şalgam bitkisinde yüksek antioksidan aktiviteye ve fenolik bileşik içeriğine sahip olunmasıdır. Fenolik bileşikler gözlemlemek için yaygın bir biçimde kullanılan LC-MS/MS cihazıyla 53 adet fenolik bileşiğin standartını tanımlamak için ölçüm yapılmıştır. Şalgam örneklerinde LC-MS/MS cihazıyla yapılan ölçümlerde 53 adet fenolik bileşikten 7 adet fenolik bileşiğin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Şalgamın Botanikteki Yeri ve Tarihçesi

Brassica cinsine dahil olan türler *Brassica rapa*, *Brassicaceae* (Cruciferae) familyasıdır. Bu tür birçok alt grubu kapsamaktadır (Çizelge 2.1). Şalgam (Şekil 2.1) veya Türkiye'de bilindiği adıyla yem şalgamı (*Brassica rapa* subsp. *rapa*) bu gruba dahildir (Cartea ve ark., 2011).

Çizelge 2.1. *Brassica rapa* türüne ait sebzeler (Cartea ve ark., 2011)

Tür	Grup	Dünyada Yaygın Adı	Tüketilen Kısım
<i>Brassica rapa</i>	<i>rapa</i>	Turnip, turnip greens, turnip tops (şalgam)	Yumru, sap, yaprak
	<i>chinensis</i>	Pak choy, bok choy	Yaprak
	<i>dichotoma</i>	Brown sarson, toria	Tohum
	<i>narinosa</i>	Chinese flat cabbage, wutacai	Yaprak
	<i>nipposinica</i>	Mibuna, mizuna	Yaprak
	<i>oleifera</i>	Turnip rape, rapeseed (kolza tohumu)	Tohum
	<i>pekinensis</i>	Chinese cabbage, Pe-tsai (Çin lahanası)	Yaprak
	<i>perviridis</i>	Komatsuna, Tendergreen	Yaprak
	<i>parachinensis</i>	Choy sum	Yaprak
	<i>ruvo</i>	Broccoleto	Sürgün
	<i>trilochularis</i>	Yellow sarson	Tohum



Şekil 2.1. Şalgamın görünümü

Çok eski tarihlerden beri şalgamın kültürü bulunmaktadır. Şalgam ile ilgili bilgiler, M.Ö. 1800'e kadar uzanmaktadır. Eski Asurca'da "**laptu**" olarak bilinmektedir. Şalgam, tüm Orta Doğu'da (Arapça"lift", Farsçada: "salgham) bilinmektedir. Yunan Theophrast (M.Ö. 371-285) "**gongylis**"olarak adlandırmış olup Antik Yunanistan ve Roma'da önemli bir kültür bitkisi. **Rapa** ve **napus**'un özelliklerini belirleyen Romalı Columella (M.S. 35-65), ikisinin farklı yönlerini belirlemiş, bunların yetiştirilme koşullarını, laktik asit fermentasyonu ile korunması üzerinde tespitler yapmıştır. Eski Roma'daki çeşitlerini tanımlayan Plinius (M.S. 23-79), İtalya'nın kuzey bölgeleri ve Apennine'nin dağlık bölgelerinde şalgamın sevilen ürün olduğunu ortaya koymuştur. Konstantinopolis'te bir prenses için yapılmış olan M.S. 512'de Bizans kitabı olan Dioscurides'teki en güzel resmin bu bitkiye ait olması şalgamın önemini en iyi kanıtlayan örneklerden biridir. Bizans kültüründe yemeklik bitki olarak kullanılan şalgamın önemini gösteren örneklerden biri Yunanistan'da bulunan Sparta'daki en eski kazılar olduğudur (Vogl-Lukasser ve ark., 2007).

Şalgam Orta Çağ'da temel bir gıda bitkisi olarak kullanılıyordu. Capitulare de Villis'de, Charlemagne (M.S.800) hangi bitkilerin ekilmesi gerektiği ile ilgili verilen listede "**napi**" de bulunmaktaydı. Hildegard von Bingen (M.S. 1098-1179) "**rubia**" sözcüğünü kullanmış, Albertus Magnus (M.S.1193- 1280) ise "**napo**" ve "**rapa**" arasındaki farklarını belirtmiştir (Vogl-Lukasser ve ark., 2007).

Gotik minyatürlerindeki gıdaların tıbbi etkileriyle ilgili Tacuinum Sanitatis'in el karalamalarında, "**rape**" ve "**napo**" nun resimleri bulunmaktadır. Şalgam formlarının 16. yüzyılda bitki kitaplarında nasıl değişiklik gösterildiği anlatılmıştır. Şalgam ile *Brassica napus* arasındaki farklılık, Gerarde (1597)'in Herball adlı kitabında net bir şekilde ifade edilmiştir. Reiner ve ark. (1995), şalgamın gelişimi ve tarihini ayrıntılı bir şekilde yer almaktadır (Vogl-Lukasser ve ark., 2007).

2.2. Şalgamın Türkiye ve Dünyadaki Üretimi

Türkiye istatistik kurumu'nun verilerine göre (TÜİK, 2020); yumru ve yumrusu tüketilen sebzeler içerisinde şalgamın üretim miktarı, kuru soğan, havuç, pırasa ve turptan sonra yer almaktadır. Son 5 yıl incelendiğinde, şalgam üretiminde dalgalanmalar olduğu görülmektedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Yıllara göre şalgam üretimi (TÜİK, 2020)

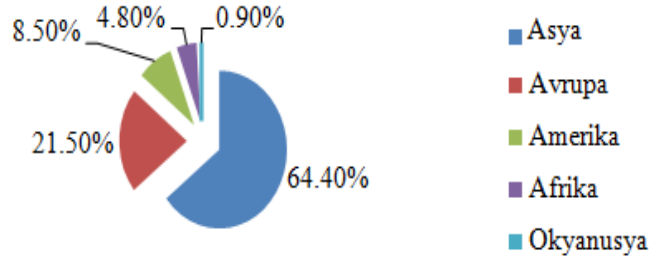
Yıllar	Üretim (ton)
2010	1.693
2011	1.494
2012	1.537
2013	1.938
2014	1.509
2015	1.393
2016	1.651
2017	1.768
2018	1.530
2019	2.388
2020	2.599

Şalgamın dünyadaki üretimi incelendiğinde; Türkiye'nin 13. sırada olduğu ve dünya şalgam üretiminin önemli bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Dünyada en çok üretim yapan ülke Çin olup onu Özbekistan izlemektedir (Çizelge 2.3). Dünya'da üretim miktarları tek başına şalgam olmayıp havuç ve şalgam şeklinde ifade edildiği için FAO (2020) verilerinin TÜİK (2020)'den daha farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.3. Dünya şalgam üretimi (FAO, 2020)

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)
Çin	18.069.021
Özbekistan	2.876.031
ABD	1.582.238
Rusya	1.368.576
Ukranya	862.460
Almanya	802.230
İngiltere	799.715
Polanya	689.100
Endonezya	675.760
Kazakistan	643.874
Japonya	601.016
Hollanda	574.170
Türkiye	591.377

Kıtalara göre şalgam (havuçla birlikte) miktarı incelendiğinde Asya kıtasının 1. sırada yer aldığı ardından Avrupa geldiği görülmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kıtalarla göre şalgam üretim oranları (FAO, 2019)

2.3. Ağır Metaller

Suyla karşılaştırdığımızda daha fazla yoğunluğa sahip metalik elementler olarak adlandırılır. Metallerin kontaminasyonu sonucu insan sağlığı üzerinde son yıllarda yapılan araştırmalar sonucu, çevresel ve ekolojik etmenlerde, insan sağlığını olumsuz etkileyen etkenlerdendir (Tchounwou ve ark., 2012). Doğada ve yer kabuğunda yaygın bir şekilde olan ağır metal elementlerinin çevreyle olan kontaminasyonu en fazla madencilik alanında, eritme işlemleri, endüstriyel üretim sektörleri ve metalik elementlerin evsel ortamlarda kullanılması insan sağlığını etkileyen etkenler arasındadır (He ve ark., 2005).

Ağır metallerin insan hasarı ve onarımındaki yardımcı bazı enzimlerde, fizyolojisindeki biyolojik sistemde, endoplazmik retikulum, mitokondri, hücre zarı gibi birden fazla hücresel unsurları etkilediği ortaya çıkmıştır. DNA'yla etkileşen ağır metaller DNA'ya hasar verip hücresel döngüye zarar vermektedir (Tchounwou ve ark., 2012).

2.3.1. Kurşun (Pb)

Kurşun, insan sağlığını etkileyen önemli unsur parametreleri içeren bir metaldir. Hücreyle olan etkileşime, vücuda alım miktarına ve parça büyüklüğüne göre kurşun elementinin toksisitesi değişmektedir. İnsanlar tarafından kurşun alımı gıda, su ve solunum yolu ile kolay bir şekilde vücuda alınmaktadır. Vücuda Pb alımı hava, su ve toprak yoluyla olabilmektedir. Demir oksitlerine tutulumu sağlayabilen kurşun kil mineralleri suda, havada ve toprakta bu tür nedenlerden dolayı rahatlıkla bulunmaktadır. Kurşunun toksisitesi yüksek düzeyde olması nedeniyle suda yaşayan canlılarda zehirlenmeye neden olup, suda yaşayan canlılar için büyük bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Asidik alanlarda maddeye daha hızlı geçiş sağlayan kurşun elementi ekonomik bir element olmasına karşın metalik zehirlenmelere neden olmaktadır.

Kurşun elementinin buharlı hali ve oksit hali saf metal haline göre daha fazla tehlikeli olmaktadır (Batur, 2018).

2.3.2. Kadmiyum (Cd)

Çinko'nun yan ürünü olan kadmiyum elementi, gümüş beyazlığında ve yumuşakça olan yeryüzünde eser miktarda bulunmaktadır. Kadmiyum sülfat, kadmiyum oksit ve kadmiyum klorür gibi hallerde bulunurlar. Tatsız ve kokusuz olan kadmiyum elementi orman yangınları, volkanik patlamalar ve rüzgar yoluyla gelen tozun ve topağın havayla zamanla kaynaşması sonucu oluşmuştur. Gıdalardan, kirli sudan ve solunumla eser miktarlarda insan vücuduna alınımı gerçekleşmektedir. İnsan sağlığını tehdit eden toksik bir elementtir (Batur, 2018).

2.3.3. Arsenik (As)

Yeryüzünde kendiliğinden oluşan arsenik elementi minerallerin ayrışması, taşların ayrılarak ve aşınmasıyla oluşmuştur. Biyolojik yapısıyla sulu olan, atmosferde hareket eden bir elementtir. Tarımsal ilaçtan pestisit kullanımlarında ve madencilik alanı gibi pek çok çevrede kullanım alanları bulunmaktadır (Nearing ve ark., 2014).

Arsenik, bileşiklerinde +3 ve +5 oksidasyon değerlikli en bilinen arsenik türevleridir. Bu değerler çevresel unsurlarda, biyolojik doku ve hücrelerde bulunabilen bir elementtir. Klinik olarak her iki tip toksik özelliği gösterir. Redoks potansiyeli durumu ve pH gibi parametreler vasıtasıyla birbirine dönüşebilen bir elementtir (Cullen ve Reimer,1989).

2.3.4. Bakır (Cu)

Bakır elementi çok yüksek termal ve elektrik iletkenliği olan bir metaldir. Korozyona karşı dirençli olmaları, alaşımları yaygın bir alanda kullanıldığından kuyumculuk, kimya ve sanayi gibi endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer toksik elementlerle karşılaştırıldığında zehirlenmesi seyrek olarak gözlemlenen bir elementtir. Zehirlenmelerin seyri vücuda alınan toksisite değerlerine göre değişebilir. Gıdalarda karışımlarla veya bakır tuzlarını vücuda alınımı gibi kazalar sonucu zehirlenmeler ortaya çıkmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içilebilir sularda belirlenmiş olan vücuda alım miktarı 2 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çocuklarda 3 mg/gün, erkelerde bu oran 10 mg/gün ve kadınlarda 12 mg/gün olarak günlük alınabilir bakır miktarı tespit edilmiştir (Goncaoglu, 2001).

2.3.5. Civa (Hg)

Doğada oda sıcaklığında buharlaşabilen ve uçucu olan tek elementtir. Toksisitesinin artması buharlaşma işlemi nedeniyledir. Çeşitli bileşiklerden oluşan civa elementinin Hg^{+1} ve Hg^{+2} halinde çeşitli bileşikleri vardır. Başka metallerle alaşım yapabilen civa elementinin ısı iletkenliği oldukça zayıf iken elektriği iletme özelliği gelişmiştir (Soydemir, 2013).

Canlıların beslenme alışkanlıklarını yansıtan besin zinciri içinde büyüyüp birikim yapabilmesi civanın en belirleyici özelliklerindendir. Bu özelliği nedeniyle ‘ biyolojik büyüme ’ olarak adlandırılır. Elektriği oldukça iyi ileten civa pek çok farklı alanda; tarımda, elektrik sektöründe, selüloz ve kağıt endüstrisinde, boya sanayisi, çimento üretiminde gibi geniş bir kullanım yelpazesine sahip bir elementtir. Endüstriyel ortamlarda çalışan insanlarda hava yolu ile solumak ve endüstriyel atık maddelerinin olduğu ortamlarda civa zehirlenmesi gözlemlenmesi civanın sağlık açısından etkilerindendir. İnsanlar civayı; deniz ürünleri ve sularının tüketimi buna benzer çevresel ve endüstriyel ortamlardan vücuda yüksek dozda maruz kalıp civanın birikmesine sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı ciddi böbrek ve beyin hasarlarına neden olmaktadır (Seven ve ark., 2018).

2.3.6. Demir (Fe)

İnsan vücudu için önemli olan demir elementi insan sağlığının sürdürülmesinde rol oynayan enzim ve proteinlerde görev alması bakımından hayati bir öneme sahiptir. Demir elementi vücut içerisindeki oksijenin taşınması görevinde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda vücut içerisindeki hücrelerin yenilenmesini, gelişmesini, üremesini etkileyen ve düzenlenmesini sağlayan bir element olarak bilinmektedir. İnsan vücudunda demir (Fe) oranının düşük olması oksijenin taşınmasını azaltır. Bu nedenden dolayı bağışıklığın azalmasına, yorgunluk gibi fonksiyonlara sebebiyet verir. Demir miktarının vücuda fazla miktarda alınımı toksisiteye sebep olup ölüme kadar neden olabilmektedir (Özkan, 2009).

2.3.7. Kobalt (Co)

Yeryüzünde geniş bir alanda bulunan bir elementtir. Metal alaşımlarını sert bir hale getirilmesinde ve sağlamlaştırılmasında kullanılan kobalt elementi endüstriyel olarak kullanılmaktadır. İnsanlar kobaltı su, hava ve gıdalar yoluyla vücuda almaktadır. Co iz elementlerden biri olup belirli oranlarda gıdalarla birlikte alınmalıdır. B12

vitaminin üretilmesinde önemli görev almaktadır (Duran ve ark., 2014 ve Medeiros ve ark., 2012). Fazla oranda vücutta birikimi sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Geçmişte biralarda kalıcı köpük oluşturulması için Co kullanılmış ve bu içecekleri fazla miktarda tüketen insanlarda sağlık sorunlarına ve kalp krizi kaynaklı ölümlere raslanılmıştır. Kalp krizine neden olduğu kesin olarak ispatlanmasa da Co kullanımına son verilmiştir (Alexander, 1972).

2.3.8. Nikel (Ni)

Nikel'in önemli kaynaklarından rafineri atıkları, fırınlar ve maden olup elektronik, çelik, pil ve gıda sektöründe kullanılmaktadır. Çelik kaplardan veya çelik tencerelerden gıdalara 0,13-0,22 mg/kg arasında değişen miktarlarda Ni geçişi kontamine yoluyla geçmektedir. Yiyeceklerdeki Ni konsantrasyonunu artırıcı etki oluşması gıda maddelerine uygulanan ısı işlemler nedeniyledir (Duran ve ark., 2014). Pişirme işlemi Ni miktarını artırırken, Tahılların öğütülmesi ve parçalanması Ni oranını azaltmaktadır (Ahmad ve ark., 2015 ve Yaman ve ark., 2013). Vücuda sindirim sistemiyle alınan nikelin bir miktarı akciğer, bağırsak, deri gibi dokularda birikim yapılmakta, büyük bir miktarı ise emilim gerçekleşmeden dışkıyla vücut dışına atılmaktadır. Tümör hücrelerinin çoğalmasına neden olan Ni birçok mekanizma vasıtasıyla olmaktadır. Epitel ve Fibroblast hücrelerinin ölümü, hücrelerarası iletişimin engellenmesi bu sistemler arasında yer alabilir (Yaman ve ark., 2013). Vücut içerisinde biriken nikelin akciğer ve mide kanserine yakalanması riski Japonya, Rusya ve İngiltere'de işçiler üzerinde yapılan çalışmalarda artırdığı tespit edilmiştir (Duran ve ark., 2014; Vural, 1993 ve Yaman ve ark., 2013).

2.3.9. Kalay (Sn)

Varlığı insanlar tarafından en eski metal olarak bilinmektedir. Bileşikler, bazı alaşımlar, kaplamalar gibi çoğu alanda antik çağlardan bugüne kadar kullanımı yaygın bir biçimde görülmektedir. Endüstriyel sektörde az kapasitede kullanımı olmasına karşın günümüz uygulamalarında etkili bir metal olarak görülmektedir (Alaf, 2007). İnsanlar için en zararlı kalay maddelerinin, özellikle trietilkalay formu olduğu da gösterilmektedir. İnsanlar tarafından Sn alımı solunum, deri ve besinler yoluyla olmaktadır (Kurt, 2019). Gıda alanında pişirme donanımı olarak uygulanan bakır kapları ve özellikle konservelelerin kaplamasında kalay kullanımı yaygın bir biçimde görülmektedir. Ambalaj gereçleri veya bakır kapları gıda ile kontamine olmasının önüne

geçerek, muhtemel kimyasal besin zehirlenmelerini engellemek kolay kullanımının temel amaçlarındandır (Tekin, 2014).

2.3.10. Çinko (Zn)

Endüstri alanında Al, Fe ve Cu'dan sonra kullanım alanı en yaygın metal çinko elementidir. Kozmetik, pil ve boya alanında da geniş bir kullanıma sahip olmasının yanında galvenize çelik ve pirinç gibi alaşımların yapısına da katılmaktadır. Hem bitkisel hem de hayvansal besinlerde; bilhassa baklagiller, et ve deniz ürünlerinde az oranda da olsa Zn metali bulunmaktadır. Zn'nun belli miktarlarda gıda yoluyla alınmasının soğuk algınlığını önlediği ve immun sisteminin güçlenmesine olumlu yönde katkı sağladığı da ortaya çıkmıştır (Medeiros ve ark., 2012 ve Shinn ve ark., 2009). Bir iz metali olan Zn elementinin protein sentezi üretiminde görev aldığı ve kimi enzimlerin fonksiyonlarında da önemli görevleri olduğu bilinmektedir (Ahmad ve ark., 2015). Çocuklarda Zn elementinin yetersiz olduğu durumlarda gelişim bozuklukları görülmektedir. Fakat gıda yoluyla vücuda yüksek oranda Zn metalinin alınması Cu ve Fe gibi metallerin absorpsiyonunu engellediği belirlenmiştir (Shinn ve ark., 2009). Zn alındığında toksik etkiler gözlenebilmektedir. İçecek ambalajı ve galvenizli yemek kaplarında fazla miktarda Zn elementi olabilmektedir.

Avrupa'da kadın ve erkeklerde çinko için ortalama alım seviyesi sırasıyla 9 mg/gün ve 13 mg/gün olarak belirlenmiştir. Bu elementin Amerika'da ise tavsiye edilmiş günlük alım seviyesi kadınlarda 8 mg/gün ve erkeklerde 11 mg/gün'dür (EFSA, 2006).

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

Çok tercih edilen bir cihaz olan ICP-OES, çok sayıdaki örneğin, farklı elementler içerisinde olan fonksiyonlarını tespit etmekte kullanılır. Bu cihazda sıvı örnekler cihaza yerleştirildikten sonra, indüktife edilen argon plazma kısma radyofrekansla enjekte edilmesi sağlanır. Örnek hızlı bir şekilde argon plazmasına yerleştirildikten sonra kurutulup, buharlaştırma işlemi yapılır. Daha sonra, çarpışma yoluyla enerjinin ortaya çıkması yüksek sıcaklığa ulaşmasıyla olur. Eksenel ve radyal halde görünen plazma içerisindeki atomik emisyonudur. Daha sonra toplanan dalga boyları mercekler yardımıyla seçilerek cihaza yerleştirilir (Uçar, 2021).

2.4.1. ICP-OES çalışma prensibi

Yaygın şekilde kullanılan ICP-OES cihazının kullanılmasının en önemli sebebi birçok örneğin içinde eser halde bulunan elementleri tespit etmekte kullanılan bir cihaz olmasındandır. Radyo frekans alanınca uyarılan foton ve atomların emisyonuyla çalışması prensibidir. Örnekler katı halde ise başlangıçta ekstraksiyonla partiküllere dönüştürülür daha sonra asit maddesi ile yıkanır, gaz ve sıvı halinde bulunan örnekler ise doğrudan cihaza enjekte edilir. Analitler bu yöntemle çözeltiye hapsolunmaktadır. Plazmanın merkez kısmına yönlendirilmesi, örnek aerosole dönüştükten sonra olur. Aerosol halinde hızlı bir şekilde buharlaşma formuna geçmesi ICP-OES cihazında olan öz sıcaklığın yaklaşık 10.000 K'lık bir sıcaklık değerine ulaştıktan sonra olmaktadır. Gaz halinde serbest atomlara dönüşen elementler analizi yapılan elementlerdir. Enerjinin ortaya çıkması plazma içindeki çarpışma sayımıyla gerçekleşir. İyonların harekete geçmesi atomların uyarılmasıyla olur. Foton emisyonu yoluyla başlangıçtaki hale dönüşen analit türleri hem iyonik olarak hemde atomik halde uyarılır. Elementlerin tanımlanmasına fotonlar dalga boyu ile yardımcı olmaktadır. Örneğin içindeki elementin konsantrasyonu ile doğru orantılı olan toplam foton miktarıdır (Uçar, 2021).

2.5. Şalgamın Bileşimi

Brassica sebzeleri içerisinde ekonomik önemi olan sebzelerden biri olan şalgam C vitamini, B6 vitamini, diyet lif, folat ve çeşitli mineral maddelerin önemli kaynağıdır (Çizelge 2.4 ve 2.5). Günlük C vitamini ihtiyacının yaklaşık %35'ini bu besin karşılamaktadır. Şalgam, birçok amino asitin de kaynağı olmakla birlikte antioksidan özellik taşıyan selenyum, çinko gibi mineraller içeren, düşük kaloriye (29.61 Kcal/100g) sahiptir (Çizelge 2.6).

Günümüze kadar şalgamın bileşimi ve bunu etkileyen faktörler, beslenme açısından önemi araştırılmıştır. Bu bölümde genel bileşimle ilgili yapılan çalışma ve sonuçları kronolojik sıraya göre verilmiştir.

Çizelge 2.4. Şalgamın bileşimi

Bileşen	Miktar
Nem, g/100g	88.90 ^a ; 91.87 ^b
Protein, g/100g	1.17 ^b ; 0.90 ^d
Lipid, g/100g	0.21 ^a ; 0.13 ^b
Karbonhidrat, g/100g	5.81 ^a ; 6.43 ^b ; 6.43 ^d
Lif, g/100g	3.14 ^a ; 1.8 ^b
Kül, g/100g	0.82 ^a
Potasyum, mg/100g	262.85 ^c ; 322.39 ^c
Kalsiyum, mg/100 g	30 ^b ; 43.10 ^c ; 37.19 ^c ; 30-65 ^d ; 34 ^e
Sodyum, mg/100g	67 ^b ; 5.64 ^c ; 18.66 ^c ; 25 ^e
Magnezyum, mg/100g	11 ^b ; 13.08 ^c ; 13.66 ^c ; 31 ^e
Fosfor, mg/100 g	27 ^b ; 29.06 ^c ; 53.58 ^c
Demir, mg/100 g	0.3 ^b ; 0.79 ^c ; 0.64 ^c ; 0.1-0.3 ^d ; 6 ^e
Bakır, mg/100 g	0.22 ^c ; 0.11 ^c ; 0.08 ^e
Mangan, mg/100g	0.10 ^c ; 0.13 ^c ; 0.51 ^e
Çinko, mg/100g	0.27 ^b ; 0.34 ^c ; 0.25 ^c ; 0.79 ^e
Krom, mg/100g	0.06 ^e
Selenyum, mg/100g	0.7 ^b

^aSaeed ve ark. (2012), ^bSanlier ve Guler (2018), ^cHaliloğlu ve ark. (2012), ^dButt ve Sultan (2011), ^eBangash ve ark. (2011)

Çizelge 2.5. Şalgamın vitamin içeriği

Bileşen	Miktar
C vitamini, mg/100g	21 ^a ; 30 ^b ; 17-37 ^c
Tiamin, mg/100g	0.04 ^a ; 0.013 ^b ; 0.03-0.07 ^c
Riboflavin, mg/100g	0.03 ^a ; 0.017 ^b ; 0.03-0.06 ^c
Niasin, mg/100g	0.4 ^a ; 0.42 ^b ; 0.4-0.94 ^c
B6 vitamini, mg/100g	0.09 ^a
Folat, mg/100g	15 ^a
E vitamini, mg/100g	0.03 ^a
K vitamini, µg/100g	0.1 ^a

^aSanlier ve Guler (2018), ^bBangash ve ark. (2011) , ^cButt ve Sultan (2011)

Gross ve Acosta (1991), galaktoz-1 fosfat üridil transferaz eksikliğinin galaktozemi rahatsızlığına sebebiyet verildiğini belirterek, şalgamı da kapsayan 45 sebze ve meyvenin galaktoz içeriğini araştırmışlardır. Trabzon hurması (34.4 mg/100g), domates (23.0 mg/100g), papaya (28.6 mg/100g) ve hurmanın (11.5 mg/100g) galaktozca zengin olduğunu, şalgamın ise onlara göre çok daha düşük seviyelerde çözünür galaktoz (4.9 mg/100g) içerdiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 2.6. Şalgamın amino asit kompozisyonu (Li ve ark., 2018)

Aminoasit	Miktar (g/kg)*
Aspartik asit	2.20
Glutamat	3.67
Sistin	7.21
Serin	2.28
Glisin	1.59
Histidin	1.84
Arjinin	2.31
Treonin	1.36
Alanin	2.23
Prolin	1.50
Tirosin	1.42
Valin	1.92
Methionin	5.29
İzolosin	2.37
Lösin	5.79
Fenil alanin	4.56
Lisin	3.62

*Kuru maddede

Fernandes ve ark. (2007), 5 farklı lokasyonda yetişen şalgamın yaprak, yumru, sap ve çiçek kısımlarının organik asit kompozisyonu ve fenolik madde ile antioksidan aktivitesini kaydetmişlerdir. Yumrunun fenolik bileşiklerden sinapik ve ferulik asit ile onların türevlerini, organik asitlerden ise malik asit (k.m.de 18868.4-35340.8 mg/kg), akonitik asit (k.m.de 523-2819.5 mg/kg), sitrik asit+ketoglutarik asit (k.m.de 2972.1-6225.4 mg/kg) ve fumarik asit (k.m.de 537.0-1352.7 mg/kg) içerdiğini belirtmişlerdir. Şalgamın tüm kısımlarında malik asidin önem yönünden en başta olduğunu vurgulamışlardır. Yumruların şalgamın diğer kısımlarına göre daha düşük antioksidan aktivite içerdiğini kaydetmişlerdir.

Afsharypuor ve Tahmasian (2010), şalgamın (*B. rapa* L. ssp. *rapa*) farklı kısımlarındaki uçucu bileşenlerini araştırmışlardır. Yumru kısmının majör uçucu bileşenlerinin 2-feniletil isotiyosiyanat (% 32.6), 4- pentenil isotiyosiyanat (% 12.8), 5-metiltiyopentil isotiyosiyanat (% 10.0) ve 2- hekzenal (% 4.6)'dan oluştuğunu bildirmişlerdir.

Martínez ve ark. (2010), İspanya'da yetişen şalgamı da içeren bazı Brassica sebzelerinin genel bileşimlerini araştırmışlardır. Sebzelerin farklı kısımlarında yaptıkları çalışmada, şalgam yumrularında % 91.59 nem, % 5.57 çözünür kuru madde, % 0.007 titrasyon asitliği, 6.06 pH, % 1.44 protein, % 1.25 kül, 34.90 mg/100g C vitamini ve 77.56 mg/100g toplam fenolik madde belirlemişlerdir. Şalgam yumrularında, 3 farklı

fenolik asit (kuru maddede 4.07 mg/100g klorojenik asit, 1.72 mg/100g kafeik asit ve 5.42 mg/100g p-kumarik asit) tanımlamışlardır.

Yadav ve ark. (2016), şalgamı da içeren bazı meyve ve sebzelerin (kırmızı lahana, brokoli, acı kabak, parwal ve jack meyvesi) genel bileşimleri ve antioksidan özelliklerini araştırmışlardır. Şalgamda nem (% 42.75), pH (7.61), toplam çözünür kuru madde (% 6), pektin (% 0.012), toplam asitlik (% 1.13) ve askorbik asit (42.75 mg/100g) içeriklerini belirlemişlerdir.

Arias-Carmona ve ark. (2014), şalgamın yaprak ve gövdesinin organik asit kompozisyonunu araştırmışlardır. Gövde kısmında okzalik asit (83.89 mg/100), malik asit (37.12 mg/100 g), sitrik asit (101.42 mg/100 g) ve askorbik asit (63.47 mg/100 g) saptamışlardır.

Behnam ve Sani (2017), Fars-İran'da yetişen iki çeşit şalgamın (*Brassica rapa*) yumru ve yaprağının uçucu yağ kompozisyonu ile bunların antimikrobiyal aktivitesini araştırmışlardır. Hidrodestilasyon tekniği ile elde ettikleri yumruların uçucu yağlarında α -pinen (% 9.28 ve 7.64), linalool (% 15.46 ve 13.96), β -pinen (% 3.34 ve 3.88), sineol (% 1.39 ve 1.24), terpineol (% 0.8 ve 1.05), cis anetol (% 0.26 ve 0.79), α -tujon (% 6.59 ve 4.46), kamfen (% 1.32 ve 1.14), α -terpinen (% 1.43 ve 1.26), limonen (% 2.01 ve 1.83), metil kavikol (% 32.31 ve 33.59), trans anetol (% 19.58 ve 23.87), anisaldehit (% 0.93 ve 0.59), anisik asit (% 1.56 ve 0.83), kamazolen (% 0.46 ve 0.39) ve timol (% 0.18 ve 0.23) olmak üzere 16 bileşik tanımlamışlardır. Bu ekstraktların disk difüzyon ve mikro-seyreltme yöntemiyle antimikrobiyel aktivitesini de ölçmüşlerdir. Yaprakların antimikrobiyel aktivitesinin yüksek olduğunu, *S.aureus* ve *B. cereus*'un gelişimini önemli derecede önlediğini belirtmişlerdir.

Li ve ark. (2018), farklı dozda (50, 100 ve 200 mg/L) selenyum uygulamasının şalgam yumrularının bileşimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Selenyum uygulaması yumrunun selenyum içeriğini artırdığını, çalışılan yüksek doz (200 mg/L) magnezyum, fosfor, demir, çinko, manganez gibi çeşitli mineral elementlerin alımını olumlu yönde etkilediğini, amino asitlerin sentezini geliştirdiğini ortaya koymuşlardır.

2.5.1. Antioksidanlar

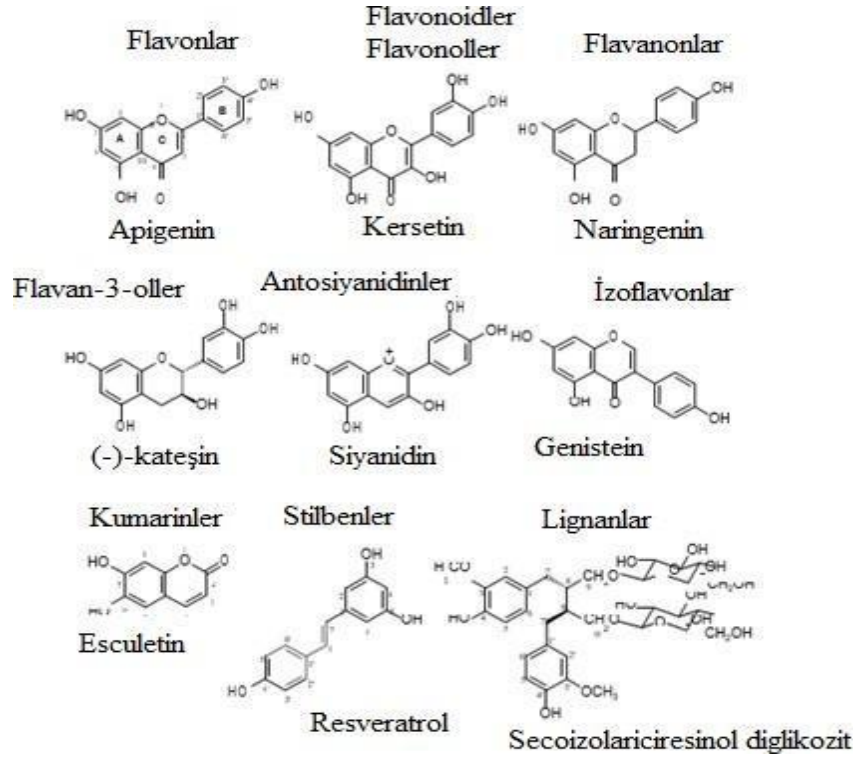
Antioksidanlar, normal hücrede solunum sırasında üretilen ürünlerin sağlığa zararlı olan Reaktif Oksijen Türlerine karşı vücudun savunma sisteminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Antioksidanlar, dejeneratif hastalıkların gelişmesi ve ilerlemesine yol açan serbest radikalleri giderir. Diyetle antioksidan alımının artırılması, antioksidan

statüsünün korunmasına yardımcı olup birçok hastalığın önlenmesinde önemli bir rol oynar (Karthiga ve Jaganathan, 2013). Bitkisel kaynaklı gıdalar antioksidan özellikte birçok madde içerir. Bunlardan *Brassica* sebzelerinde en yaygın dağılım gösteren antioksidan bileşikler glikozinolatlar ve fenolik bileşiklerdir.

2.5.1.1. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerde radyasyon, patojenler gibi dış etkilere karşı koymak amacıyla oluşturulan ikincil metabolitlerdir. Fenolik bileşikler; düşük, basit molekül ağırlıklı, tek aromatik halkalı bileşiklerden karmaşık ve büyük yapıdaki polifenollere kadar çeşitlilik gösterir. Karbon atomlarının sayısına ve düzenine göre flavonoidler (flavonoller, flavonlar, flavan-3-oller, antosiyanidinler, flavanonlar, izoflavonlar ve diğerleri) ve flavonoid olmayanlar (fenolik asitler, hidroksisinamatlar, stilbenler ve diğerleri) şeklinde sınıflandırılabilirler (Şekil 2.3). Genellikle şekerler ve organik asitlerle konjuge şeklinde bulunmaktadır (Cartea ve ark., 2011).

Fenolik bileşikler, çeşitli şekillerde antioksidanlar gibi davranabilirler. Fenolik bileşiklerin yapısında yer alan hidroksil grupları iyi hidrojen donörleridir. Reaktif oksijen ve reaktif azot türleri ile reaksiyona giren hidrojen veren antioksidanlar, yeni radikallerin oluşumunu zincir kırarak önlerler. Fenoliklerin hidroksil gruplarının benzen halkasının π -elektronları ile etkileşimi, moleküllere özel özellikler kazandırır ve delokalizasyon ile serbest radikal stabilize edilir. Antioksidan aktivite etkisini gösterip metal iyonlarını şelatlayarak serbest radikallerin üretiminde rol alırlar. Bir başka antioksidan özelliği, fenolik hidroksil grupları ve hidrofobik benzenoid halkalarının hidrojen bağlama potansiyelleri sebebiyle proteinlerle güçlü etkileşime girme potansiyeline sahip olmasına dayanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı, çeşitli sitokrom P450 izoformları, lipoksijenazlar, ksantin oksidaz ve siklooksijenaz gibi radikal oluşumuna yol açan bazı enzimleri inhibe etme yeteneğine sahiptirler. Bu mekanizmalara ek olarak, fenolik bileşiklerin askorbik asit, β -karoten ve α - tokoferol gibi diğer antioksidanlarla sinerjistik etkileri de bilinmektedir (Pereira ve ark., 2009).



Şekil 2.3. Bazı fenolik bileşiklerin yapısı (Pereira ve ark., 2009)

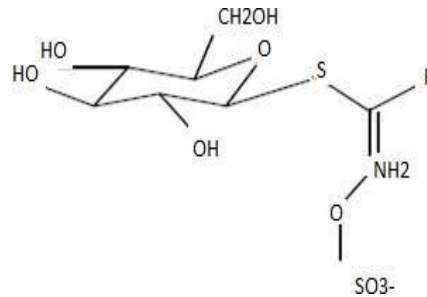
Brassica sebzelerinde en yaygın bulunan polifenoller, flavonoidler ve hidroksisünamik asitlerdir. Thompson ve ark. (2012), Brezilya'da yetişen şalgamı kapsayan 23 farklı sebzelerin antioksidan aktivitesini ve fenolik bileşiklerini araştırmışlardır. Şalgamın etil alkol ekstraktının ABTS•+ (kuru maddede 6.5 $\mu\text{mol/g}$) β -karoten ağartma aktivitesi (% 6.5) FRAP (k.m.de 15.5 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$) ve DPPH serbest radikal (k.m.de 7.1 $\mu\text{mol/g}$) aktivitesinin diğer analizi yapılan birçok sebzeden (yer elması, kuşkonmaz, brokoli, lahana, ıspanak, marul, turp, su teresi, zerdeçal, pazı, roka, kabak, maydanoz, pırasa) daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Şalgamın fenolik asit kompozisyonu belirlemede GC-MS kullanmışlar ve 3-hidroksibenzoik asit (% 0.96), p-kumarik asit (% 0.42) ile ferulik asit (% 0.78) saptamışlardır. Fenolik madde akümüülasyonunun mevsim, sıcaklık, suyun varlığı, UV radyasyonu, toprağın bileşimi, kirlilik ve patojen saldırısı gibi birçok faktörden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Ryu ve ark. (2012), şalgam yumrularından farklı çözücülerle elde ettikleri ekstraktların toplam fenolik madde içeriğini saptamışlardır. Çalışılan solventlerden en yüksek verimi % 70'lik etil alkolle (% 2.59) ekstrakte ettiklerinde saptamışlardır. Etil alkolü etil asetat (% 1.08), Kkloroform (% 0.016) ve n-hekzan (% 0.21) izlemiştir. Aynı şekilde en yüksek antioksidan aktivite de etil alkol ekstraktlarında saptanmıştır.

Karthiga ve Jaganathan (2013), Hindistan'da yaygın olarak tüketilen baklagillerle kök sebzelerin çiğ ve pişmiş halde antioksidan aktivitelerini saptamışlardır. Kök sebzelerden biri olan şalgamın ORAC (124.15 $\mu\text{mol}/100\text{g}$), FRAP (241.69 $\mu\text{mol}/100\text{g}$) ve toplam fenolik madde (167.97 $\text{mg}/100\text{g}$) içeriğinin, pişirme sonucunda sırasıyla % 28.3, 59.8 ve 26.9 oranında artış gösterdiğini raporlarında belirtmişlerdir.

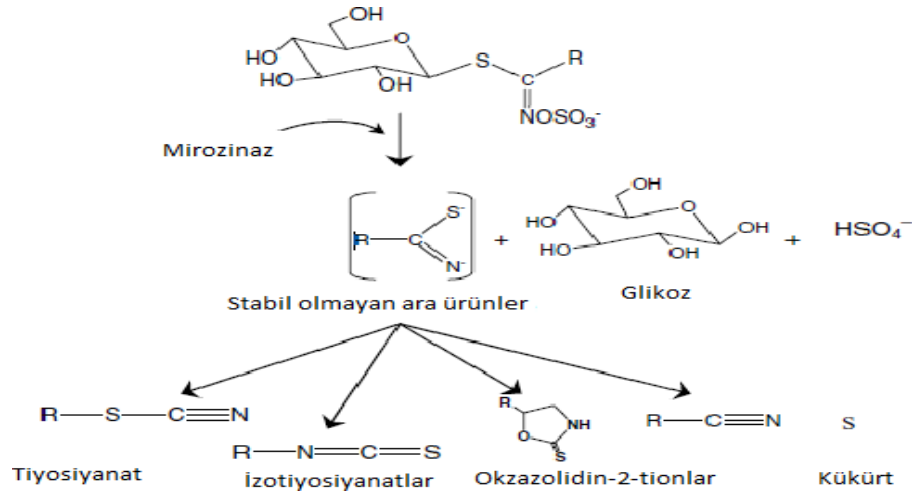
2.5.1.2. Glikozinolatlar

Glikozinolatlar kükürt içeren ikincil metabolitlerdir. Aminoasit metabolizmasından türeyen suda çözünabilir anyonlardır. Glikozinolatların yapısı sülfatlanmış tiyohidroksimata bağlı β -D glikoz kısmından oluşur (Şekil 2.4) (Kumar ve Andy, 2012). Yan zincirleri alifatik (alanin, lösin, isolösin, metiyonin veya valinden türeyenler), aromatik (fenil alanin veya tirozinden türeyenler) ve indolik (triptofandan türeyen) yapıda olabilirler (Avato ve Argentieri, 2015). Glikozinolat içeren sebzeler kesildiğinde veya çiğnendiğinde mirozinaz enziminin etkisiyle yapıda açılma olur ve biyoaktif özellikte, stabil olmayan hidroliz ürünleri (izotiyosiyanatlar, tiyosiyanatlar, indoller vb.) oluşur (Şekil 2.5) (Jahangir ve ark., 2009).



Şekil 2. 4. Glikozinolatların genel yapısı (Kumar ve Andy, 2012)

Mirosinaz enzimi, glikozinolat içeren tüm bitkilerde bulunur. Bunun dışında, gastrointestinaldeki bazı konukçular (*Escheria coli*, *Bacteroides vulgatus* gibi) tarafından da oluşturulur (Klopsch ve ark., 2017). Bu enzim sıcaklığa karşı oldukça hassastır. Isıtıldığı zaman hızla kayba uğrar. Bu enzimin aktivitesine pH, ortamda bulunan askorbik asit, tuz ve basınç da etki etmektedir (Nugraheddi, 2015).



Şekil 2.5. Glikozinolatların hidrolitik ürünleri (Jahangir ve ark., 2009)

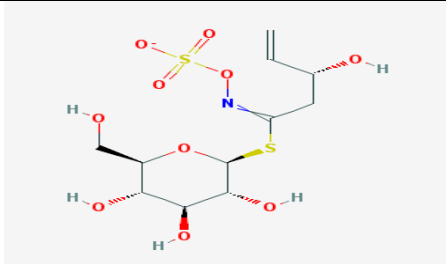
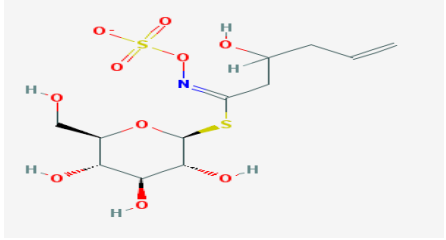
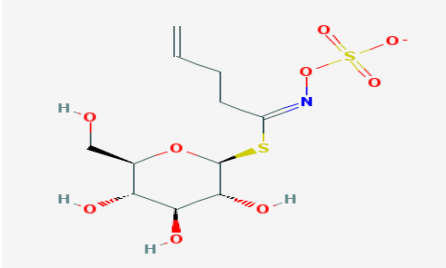
Günümüze kadar, birçok Brassica sebzelerinde oluşan izotiyosiyanatların diyabet, nörodejenerasyon, kardiyovasküler hastalıklar ve kanseri içeren kronik-dejeneratif hastalıkları önlediği bildirilmiştir (Fimognari ve ark., 2012). İzotiyosiyanitlerin Faz I enzimleri inhibe ederken Faz II enzimleri aktive ettiği ve böylece kanser oluşumunu önlediği rapor edilmiştir (Klopsch ve ark., 2017). Kinon redüktaz, glutatyon- S-transferaz, UDP-glukuronil transferaz ve NADPH redüktaz gibi Faz II enzimleri aktif kanserojenlerle birleşip onları suda çözünür etkisiz bileşikler haline getirirler. Böylece, memeliler için potansiyel kanserojen maddeler nötralize edildikten sonra idrarla atılırlar. Sitokrom P450 gibi Faz I enzimleri ise insan ve hayvan hücrelerinde kanser hücrelerini uyarırlar (Cartea ve Velasco, 2007). Şalgamında dahil olduğu Brassica sebzelerinde bulunan biyoaktif glikozinolatlar akciğer, kolokteral, meme, pankreas, prostat ve mide gibi bazı kanser tiplerinin oluşumunu önlerler (Nugrahed, 2015).

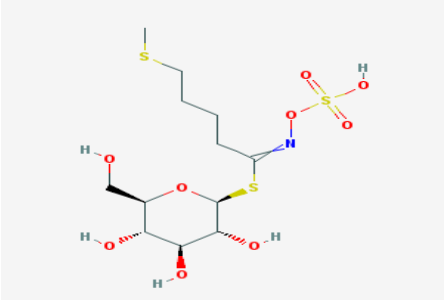
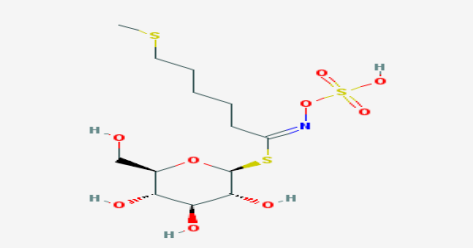
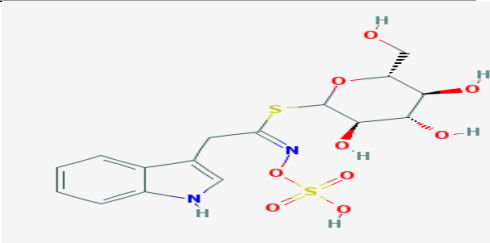
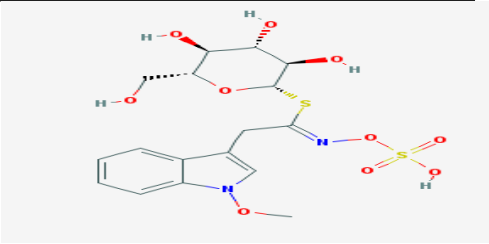
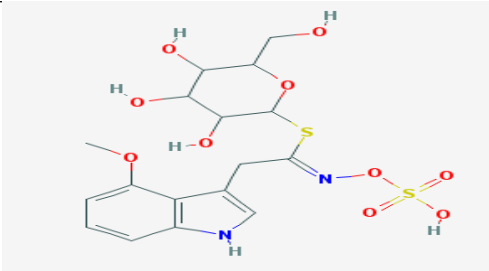
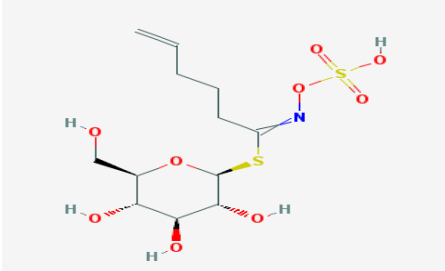
Şalgamın glikozinolat miktar ve kompozisyonuna çeşit, tür, genotip, iklim koşulları, toprak özellikleri, işleme koşulları, depolanma şartları vb. etki etmektedir (Björkman ve ark., 2011; Prá ve ark., 2013). Şalgamda belirlenen glikozinolat ve parçalanma ürünleri ile bunların yapıları Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.8'de görülmektedir.

Çizelge 2.7. Şalgamda belirlenen glikozinolat ve parçalanma ürünleri (Klopsch ve ark., 2017)

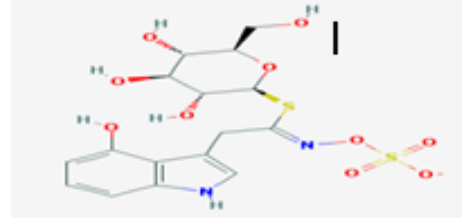
Glikozinolatlar		Glikozinolatların Parçalanma Ürünleri		
		İzotiyosiyanat	Nitril	Epitiyonitril
Alifatik	1-metilpropil (glucocochlearin)	Sec-bütil izotiyosiyanat	-	-
	2-(R)-2-hidroksi-3-bütenil (progoitrin)	5-vinil-1,3-oksazolidin-2thion	3-hidroksi-pentennitril	3-hidroksi-4,5-epitiyopentan-nitril
	2-hidroksi-4-pentil (gluconapoleiferin)	-	-	3-hidroksi-5,6-epitiyohekzan-nitril
	3-bütenil (gluconapin)	3-bütenil izotiyosiyanat	4- pentennitril	4,5-epitiyo-pentannitril
	4-pentil (glucobrassicinapin)	4-pentil izotiyosiyanat	5-hekzennitril	5,6-epitiyo-hekzannitril
	4-(metilsülfanil) bütül (glucoerucin)	4-(metilsülfanil) bütül izotiyosiyanat	5-(metilsülfanil) pentannitril	
	5-(metilsülfanil) pentil (glucoberteroin)	5-(metilsülfanil) pentil izotiyosiyanat	6-(metilsülfanil) hekzannitril	
	4-(metilsülfinil) bütül (glucoraphanin)	4-(metilsülfinil) bütül izotiyosiyanat	5-(metilsülfinil) pentannitril	
	5-(metilsülfinil) pentil (glucoalyssin)	5-(metilsülfinil) pentil izotiyosiyanat	6-(metilsülfinil) hekzannitril	
İndolik	1-metoksi-3-indolilmetil (neoglucobrassicin)	1-metoksilindol-3- karbinol	1-metoksiindol-3-asetonitril	
	4-metoksi-3-indolilmetil (4-methoxyglucobrassicin)	-	4-metoksiindol-3-asetonitril	
	4-hidroksi-3-indolilmetil (4-hydroxyglucobrassicin)	-	-	
	3-indolilmetil (glucobrassicin)	-	İndol-3-asetonitril	
Aromatik	2-feniletıl (gluconasturtiin)	2-feniletıl izotiyosiyanat	3-Fenil-propannitril	

Çizelge 2.8. Şalgamda bulunan glikozinolatların moleküler yapısı (Lagarrigue, 2015)

Yaygın adı	Kimyasal adı	Yapısı
Progoitrin	2-(R)-2-hidroksi-3-bütenil	
Gluconapoleiferin	2-hidroksi-4-pentil	
Gluconapin	3-bütenil	

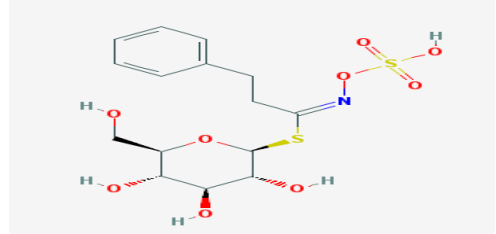
Glucoerucin	4-metil tiyobütil	
Glucoberteroin	5-(metilsülfanil) pentil	
Glucobrassicin	3-indolilmetil	
Neoglucobrassicin	1-metoksi-3-indolilmetil	
4-methoxyglucobrassicin	4-metoksi-3-indolilmetil	
Glucobrassicinapin	4-pentil	

4-hydroxyglucobrassicin 4-hidroksi-3-indolilmeti



Gluconasturtiin

2-feniletil



Mullin ve ark. (1980), 21 şalgam ve 22 rutabaga (*Brassica napobrassica* Mill.) çeşidinin glikozinolat içeriğini belirlemişlerdir. Hem toplam ve hem de bireysel glikozinolatlarda geniş varyasyonlar saptamışlardır. Şalgam örneklerinde goitrin (9- 95 µg/g), tiyosiyanat (5-38 µg/g), 1-siyano-4-metiltiyobütan (0-6.6 µg/g), 3-fenilpropionitril (0-51.2 µg/g), 1-siyano-5-metil tiyopropan (0-6.9 µg/g), 4-metiltiyobütil izotiyosiyanat (0.0-8.7 µg/g), 2-feniletil izotiyosiyanat (1.7-107.1 µg/g) ve 5-metiltiyopentil izotiyosiyanatın (0.0-17.7 µg/g) varlığını tespit etmişlerdir.

Bradshaw ve ark. (1984), hayvan yemi olarak kullanılan şalgamı da kapsayan *B. oleracea*, *B. campestris* ve *B. napus* L.'a ait farklı sebzelerin glikozinolat içeriğini inceleyerek, bunların guatrojenik özelliklerini tartışmışlardır. Çalışma sonunda; şalgam yumrularında glikozinolat olarak kuru madde de 3.06 mmol/kg 3-bütenil, 4.09 mmol/kg 4-pentenil, 9.97 mmol/kg 2-hidroksi-3-bütenil, 2.81 mmol/kg 2- hidroksi-4- pentenil, 3.08 mmol/kg 2-peniletil, 1.07 mmol/kg 3-indolmetil ve 2.52 mmol/kg 1- metoksi-3-indolilmetil'i saptamışlardır.

Carlson ve ark. (1987), şalgam yumru ve tohumlarının glikozinolat içeriğini araştırmışlardır. Yumrulara 1-metilpropil (26-29 µmol/100g), 3-bütenil (13-76 µmol/100g), 2-hidroksi-3 bütenil (12-22 µmol/100g), 4-pentenil (68-207 µmol/100g), 2-hidroksi-4-pentil (11-15 µmol/100g), 5-metiltiyo-4-pentil (0.5-1 µmol/100g), 5-metilsülfinilpentil (1-3 µmol/100g), 2-fenil etil (25-37 µmol/100g) ve 3-indolilmetilin (4-7 µmol/100g) varlığını belirlemişlerdir.

Shattuck ve ark. (1991), sera ve açık alanda yetişmiş kabuğu soyulmuş şalgamların soğukta depolanması (0 °C'de) sırasında şeker ve glikozinolatlarındaki değişimleri incelemişlerdir. Açık alanda yetişen şalgamların karbonhidrat içeriğinin (kuru maddede % 2.39 nişasta, % 27.7 glikoz, % 20.4 fruktoz ve % 3.6 sakaroz) 4 hafta soğukta depolamayla önemli derecede azaldığını (kuru maddede % 2.08 nişasta, % 24.3 glikoz, % 17.6 fruktoz ve % 4.4 sakaroz) kaydetmişlerdir. Serada yetişen sebzelerin karbonhidrat içeriğinin (kuru maddede % 2.50 nişasta, % 24.8 glikoz, % 14.2 fruktoz ve % 2.5 sakaroz) 11 gün soğukta (2 gece 12 °C, 3 gece 4 °C ve 6 gece 0 °C'de) depolamayla azaldığını (kuru maddede % 1.70 nişasta, % 24.1 glikoz, % 18.8 fruktoz ve % 3.2 sakaroz) saptamışlardır. Açık alanda yetişen kabuğu soyulmuş şalgamların glikozinolat içeriğinin (kuru maddede 4.48 µmol/g 2-hidroksi-3-bütenil, 1.92 µmol/g 3-hidroksi-4-pentil, 0.57 µmol/g 5-metilsülfinilpentil, 0.35 µmol/g 3- bütenil, 0.36 µmol/g 4-hidroksi-3-indolilmetil, 2.92 µmol/g 4-pentil, 1.93 µmol/g 2- feniletil ve 0.48 µmol/g 1-metoksi-3-indolilmetil) 4 hafta depolamayla bir kısmının arttığı (kuru maddede 6.0 µmol/g 2-hidroksi-3-bütenil, 1.94 µmol/g 3- hidroksi-4- pentil, 0.73 µmol/g 5-metilsülfinil pentil, 0.36 µmol/g 3-bütenil, 0.40 µmol/g 4- hidroksi-3-indolilmetil) bir kısmının azaldığını (2.51 µmol/g 4-pentil, 1.80 µmol/g 2- feniletil ve 0.45 µmol/g 1-metoksi-3-indolilmetil) kaydetmişlerdir. Serada yetişen sebzelerin glikozinolat içeriğinin (kuru maddede 3.0 µmol/g 2-hidroksi-3-bütenil, 0.80 µmol/g 3- hidroksi-4-pentil, 0.26 µmol/g 5-metilsülfinilpentil, 0.67 µmol/g 3-bütenil, 0.29 µmol/g 4-hidroksi-3-indolilmetil, 2.36 µmol/g 4-pentil, 0.16 µmol/g 2-feniletil ve 0.47 µmol/g 1-metoksi-3-indolilmetil) 11 gün depolama sonunda bir kısmının azaldığı (kuru maddede 1.70 µmol/g 2-hidroksi-3-bütenil, 0.40 µmol/g 3- hidroksi-4-pentil ve 0.21 µmol/g 5-metilsülfinil pentil) bir kısmının arttığı (kuru maddede 1.44 µmol/g 3- bütenil, 0.74 µmol/g 4-hidroksi-3-indolilmetil, 2.24 µmol/g 4-pentil, 0.67 µmol/g 2- feniletil ve 1.11 µmol/g 1-metoksi-3-indolilmetil) belirlemişlerdir.

Bellostas ve ark. (2004), şalgamı da içeren 4 *Brassica* türünün (*B.carinata*, *B. rapa*, *B. nigra*, *B.juncea*) 4 farklı kısmında (tohum zarfı, yaprak, gövde ve yumru) 4 farklı gelişme süresinde glikozinolatlardaki değişimi incelemişlerdir. İncelenen sebzelerden en düşük glikozinolat içeriğini *B.rapa*'da kaydetmişlerdir. Diğer *Brassica* türlerinde olduğu gibi en yüksek glikozinolat (12.37 µmol) birikimi şalgam yumrularında 4. olgunlaşma evresinde gerçekleşmiştir. Araştırmacılar, bitkilerde glikozinolat birikiminin bitkinin türü, kısımları olgunlaşma zamanlarına bağlı olarak değiştiğini vurgulamışlardır.

Hong ve Kim (2008), şalgamın farklı kısımlarının (kabuksuz yumru, kabuk ve yaprak) glikozinolat ve şeker kompozisyonu incelemişlerdir. Tüm kısımlarda glikoz ve fruktoz miktarının sakkaroz içeriğinden daha yüksek olduğunu, kabuksuz yumrunun şeker miktarının daha fazla olduğunu kaydetmişlerdir. Toplam glikozinolat içeriği (147-151 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$) açısından şalgamın farklı kısımları arasında önemli bir fark olmadığını, yaprak kısmında 3-bütenil ve 4-pentenil izotiyosiyanat, kabukta β -feniletil izotiyosiyanat içeriğinin yüksek olduğunu saptamışlardır. β -feniletil izotiyosiyanatın, konsantrasyona bağlı olarak insan kaynaklı hepatoma hücre hattının (HepG2) büyümesini inhibe ettiğini, ayrıca gıda kaynaklı patojenlere (*Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*) karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiğini kaydetmişlerdir.

Francisco ve ark. (2009), toplam glikozinolat içeriği, şalgam yapraklar ve yumrularında sırasıyla kuru maddede 26.84 $\mu\text{mol}/\text{g}$ ve 29.11 $\mu\text{mol}/\text{g}$ bulmuşlar, glukonapinin başat glikozinolat olduğunu bildirmişlerdir. Fenolik bileşiklerin şalgam yapraklarında (51.71 $\mu\text{mol k.mde}$), yumrulardan (38.99 $\mu\text{mol}/\text{g k.m.de}$) daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir.

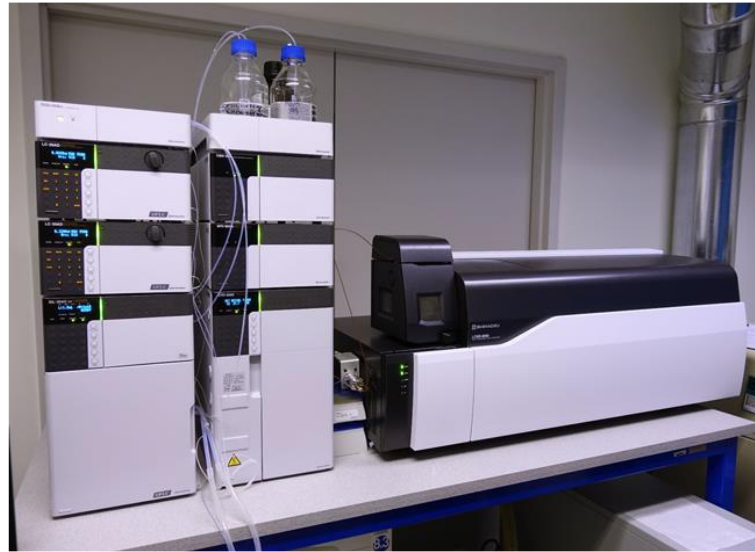
Klopsch ve ark. (2017), farklı coğrafik orjinlere sahip şalgamın yumru ve yapraklarının glikozinolat ve hidroliz ürünlerini araştırmışlardır. Toplam glikozinolat içeriğini yapraklarda 7.31-36.1g, yumrularda 2.32-31.42 g aralığında belirlemişlerdir. 8 alifatik, 4 indolik ve 1 aromatik olmak üzere 13 glikozinolat varlığını saptamışlardır. Hem yaprak, hem yumru da 3-bütenil'in baskın olduğunu; yumruda 2-hidroksi-3-bütenil ve 2-feniletil'in yaygın olduğunu tespit etmişlerdir. Yumrularda 24, yaprakta 16 glikozinolat parçalanma ürünü olduğunu saptamışlar ve epitionitrillerin her iki kısımda da ana hidroliz ürünleri olduğunu bildirmişlerdir.

2.6. LC-MS/MS (Sıvı Kromatografisi – Kütle Spektrometresi) Teknikleri

İyonları kütle/yük oranına göre hesaplayan cihaz olan MS dedektörleri elektrik veya manyetik kuvvetinin olduğu alanları kullanır. İlk önce kullanılan örneğin iyonlarını oluşturan MS cihazı, daha sonra iyonların içeriğine göre ölçüm kütle/yük oranına göre hesaplayıp yapılmaktadır. Nötr moleküllerin kütlesini doğrudan ölçmemektedir çünkü kütle spektrometresinde iyon oluşumu oldukça önemli bir rol oynar. Ayırıştırma işlemi en başta iyonlarla olur. Daha sonra ölçüm kütle/yük oranına göre olmaktadır. Kalitatif deneylerde de kütle spektrometresi kullanılmaktadır. Çalışma prensibi 3 aşamaya ayrılmaktadır; birinci aşamada iyon kaynağının oluşması örneğin

kendisinde bulunan molekülleri gaz fazındaki iyonlara çevrilmesiyle olmaktadır. İkinci aşamada kütle oranlarına göre ayrıştırılması elektromanyetik alan oluşturulmasıyla gerçekleşmektedir. Üçüncü aşamada ise iyonun miktarını belirleyici unsur haline gelmesi ayrışan iyonların kütle / yük oranına göre hesaplanmasıyla gerçekleşir (Yılmaz, 2015).

Bütün organik bileşik ve bitkilerdeki sekonder metabolitlerin kantitatif ve kalitatif analizinde en fazla kullanılan LC-MS/MS cihazının, HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) ile birleşim sonucudur. Yaygın bir şekilde tercih edilen bir cihaz olan LC-MS/MS cihazı, hem işlemlerin kolaylığı hem kullanım koşulları açısından uygun bir cihazdır. Kalitatif ve kantitatif analiz özelliklerini belirleyerek moleküllerin iyonlarını ayrıştırılmasını gerçekleştirir. Fenolik bileşiklerin molekül ağırlıkları birbirine yakın olduğundan örneklerin ölçümü yapıldığı zaman kütle/yük (m/z) oranı çoğunlukla aynı sonuçları verdiğini kütle spektrometresi (LC-MS) cihazıyla gözlemlenmektedir. Kütle spektrometresi cihazlarına göre LC-MS/MS cihazı ise çok daha geliştirilmiş bir cihazdır.



Şekil 2.6. LC-MS/MS cihazının görseli

2.7. Şalgamın Sağlık Üzerine Etkisi

Tıp biliminin hızla ilerlemesine rağmen, halen insanlar birçok hastalığın tedavisiyle uğraşmaktadır. Bitkiler çok eski tarihi çağlardan beri ilaç olarak kullanılmıştır. Günümüzde de bu bitkiler, yeni ilaç keşfinde çok büyük bir potansiyel oluşturmaktadırlar. Yaygın olarak şalgam olarak bilinen *Brassica rapa L.*, dünyanın en eski sebzelerinden biridir. Şalgam, baş ağrısı, göğüs şikayetleri, romatizmalar, ödemler,

bel soğukluğu, frengi ve kuduz tedavisinde de geleneksel bir ilaç olarak kullanılmaktadır. Kansere karşı koruyucu etkili glikozinolatlar ve izotiyosiyanatlar şalgamların ana bileşenleridir. Ayrıca flavonoidler, fenolik bileşikler, indoller ve uçucular da içerirler. Şalgamda bulunan bir indol türevi olan arvelexin, antiinflamatuvar, antihipertansif ve hipolipidemik potansiyele sahiptir. Farmakolojik incelemeler şalgamın, antitümör, antihipertansif, antidiyabetik, antioksidan, antiinflamatuvar, karaciğer ve böbrek koruyucu etkilerini ortaya koymuştur (Paul ve ark., 2019).

2.7.1. Kolesterol düşürücü etkisi

Safra asitleri karaciğerde kolesterol tarafından sentezlenen asidik steroidlerdir. İnce barsakta yağların sindirimine yardımcı olurlar. Glisin veya taurin ile konjugasyondan sonra duodenuma salgılanırlar. Safra asitleri, terminal ileum tarafından aktif olarak absorbe edilir ve enterohepatik dolaşıma geçer. Gıdalardaki diyet liflerin safra asitlerini bağlayarak ve fekal atılımlarının artmasını sağladığı, böylece plazma ve karaciğerdeki kolesterol miktarını azaltıcı etkisi olduğu bilinmektedir (Kahlon ve ark., 2007). Kolesterolü vücuttan uzaklaştırmak için safra asitleri atılması gerekir. Sekonder safra asitlerinin kanser gelişimine etki ettiği bilinmektedir. Bu şekilde toksik metabolitlerin atılımı sağlandığı gibi sekonder safra asitlerinin emilimi önlenecektir (Kahlon ve ark., 2018).

Kahlon ve ark. (2007), şalgamı da (*Brassica rapa rapifera*) kapsayan çeşitli sebzelerin (bamya, kırmızı pancar, kuşkonmaz, patlıcan, yeşil fasulye, havuç ve karnabahar) safra asitleri bağlama kapasitelerini araştırmışlardır. Karşılaştırmada safra asitlerini bağlayan kolesterol düşürücü aktivitesi olan kolestiraminin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Hem kuru madde hem de diyet lif bazında yapılan safra asitlerini bağlama yeteneği sonuçları değerlendirildiğinde; sağlık açısından yararlı sebzeleri bamya>kırmızı pancar> kuşkonmaz > patlıcan=şalgam=fasulye= karnabar şeklinde sıralamışlardır.

Mirzaie ve ark. (2012), hiperkolestrolemik tavşanların lipit profili üzerine şalgam ekstraktlarının etkilerini incelemişlerdir. Şalgam veriler grubun kontrol grubuna göre, daha yüksek HDL ve daha düşük LDL seviyelerine sahip olduklarını ve ateroskleroz riskini önleyebileceğini kaydetmişlerdir.

Kahlon ve ark. (2018), çeşitli sebzelerin sağlık açısından teşvik edici potansiyelini (kolesterol düşürücü ve kanser riskinin azaltılması) ve safra asidi bağlama kapasitelerini araştırmışlardır. 16 sebzenin ve çeşitli pişirme yöntemlerinin

(kaynatılmış, buğulanmış, sote edilmiş, mikrodalga, su ile mikrodalga fırın) kolestimaminine göre safra asidi bağlama kapasitesini karşılaştırmışlardır. Buharda pişirmenin fitokimyasal içeriğini koruduğu en az kaybın bu işleme tekniğinde olduğunu saptamışlardır. Şalgamın safra asidi bağlama yeteneğinin araştırılan diğer sebzelere (ıspanak, kara lahana, brokoli, brüksel lahanası, beyaz lahana, biber, bamya, kırmızı pancar, kuşkonmaz ve patlıcan) göre daha düşük (% 1) olduğunu, buharda pişirmeyle de fazla değişmediğini (% 1.2) saptamışlardır.

2.7.2. Diyabet üzerine etkisi

Jung ve ark. (2008), şalgam ekstraktının farelerde, glikoz ve insülin toleransını iyileştirdiğini ve kandaki glikozile olmuş hemoglobin, plazma insülini, C-peptid ve glukagon seviyelerini düşürdüğünü ve hepatik glikoz düzenleyici enzim aktivitelerini düzenlediğini bildirmişlerdir. Şalgam ekstraktının ayrıca insülin/glukagon oranını ve hepatik glikojen içeriğini artırdığını kaydetmişlerdir. Şalgam ekstraktının, glikoz ve lipid metabolizmasını artırarak Tip 2 diyabetik farelerde antidiyabetik bir etki gösterebileceğini rapor etmişlerdir.

Mohajeri ve ark. (2011), şalgam yumrusunun etil alkol ekstraktının alloksan kaynaklı diyabetik sıçanlarda erken karaciğer hasarları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 80 erkek Wistar sıçanını (i) kontrol, (ii) şalgam ekstraktı verilen, (iii) diyabetik kontrol, (iv) şalgam ekstraktı verilen diyabetik olanlar şeklinde 4 eşit gruba ayırmışlardır. Diyabetik sıçanlarda, şalgam ekstraktının karaciğer hasarını ve lipid peroksidasyonunu önemli ölçüde azalttığı, azalmış antioksidan enzim seviyelerini yükselttiğini belirlemişlerdir.

Abo-youssef ve Mohammed (2013), fazla fruktoz tüketimiyle metabolik sendrom (MS) insidansı arasında güçlü bir ilişki olduğunu, metabolik sendromun prevalansının dünya çapında arttığını ve küresel sağlık için artan bir tehdit oluşturduğunu, metabolik sendromu olan kişilerin, kalp krizi veya felçten ölme olasılığının diğer insanlara kıyasla iki kat, Tip 2 diyabet gelişme riskinin ise beş kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Şalgam yumrularından elde edilen ekstraktların fruktoz kaynaklı metabolik sendrom üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Bunun için 4 gruba ayırdıkları 8 hafta boyunca % 10'luk fruktoz çözeltisi verilerek (kontrol grubu hariç) metabolik sendrom indüklenmiştir. Grubun birine 2 hafta metformin (10 mg/kg/gün), diğerine ise şalgam ekstraktı (400 mg/kg/gün) verilmiştir. Fruktoz verilen gruptakilerin vücut ağırlığında artış kaydedilmiş ve kan şekeri, MDA, nitrik oksit, total

trigliseritler ve toplam kolesterol değerleri önemli derecede yüksek bulunurken şalgam ekstraktı verilenlerde kilo kaybı ve diğer parametrelerde düşüş kaydetmişlerdir.

Hassanzadeh-Taher ve ark. (2016), şalgam yaprak ve yumrusunun alloksan kaynaklı diyabetik sıçanlar üzerindeki koruyucu rolünü incelemişlerdir. Diyabetik sıçanlara 8 hafta boyunca 2 farklı dozda (200 ve 400 mg /kg /gün) şalgam ekstraktları vermişler, kan şekeri ile böbrek fonksiyonunu izlemişlerdir. Çalışma sonunda, yaprak ekstraktlarının diyabetik nöfropati hastaları için yararlı olacağını ancak yumru ekstraktlarının çok etkili olmadığını rapor etmişlerdir.

2.7.3. Ağrı kesici

Uzun süre sentetik analjezikler kullanıldığında mide problemlerine ve böbrek yetmezliğine neden olabilir. Bu nedenle doğal ağrı giderici ajanların keşfi, özellikle yenilebilir bitkilerden elde edilenler son derece önemlidir. Şalgam halk hekimliğinde baş ağrısının giderilmesinde kullanılmaktadır (Paul ve ark., 2019).

Hosseini ve ark. (2013), şalgam yumrusunun formalinle indüklenen erkek fareler üzerinde ağrı kesici etkisini araştırmışlardır. Çalışmada toplam 40 fare ve 3 farklı dozda (50, 100 ve 200 mg/kg) şalgam yumrularının etil alkol ekstraktlarını kullanmışlardır. Sonuçları, kontrol grubu ile karşılaştırdığında 100 ve 200 mg/kg şalgam ekstraktının hem akut hem de kronik fazlarda belirgin ağrı hafiflemesi sağladığını saptamışlardır.

2.7.4. Diğer etkileri

Ali ve ark. (2010), şalgam yumrularının sulu ekstraktının üç tip kanser hücresi (Hep-2, AMN-3 ve Hela) hattı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ekstraktın sitotoksik etkisinin hücre tipine, doz miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olduğunu belirlemişlerdir. 1250 µg/ml konsantrasyonunda şalgam ekstraktıyla 24 saat uygulama sonrasında kontrol grubuyla karşılaştırıldığında; ANM-3'ün % 63 ve Hep-2'nin % 42 büyümesinin inhibe edildiğini saptamışlardır. Ancak düşük konsantrasyonların ise hatlarda çoğalmaya yol açtığını rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada elde edilen şalgam, Batman'ın merkez köy ve ilçe köylerinden temin edilmiştir. Laboravtuara getirilen ayıklanıp işlemeye hazırlanmıştır.

3.1.1. Kullanılan kimyasallar

Bu çalışmada kullanılan kimyasal maddeler aşağıda belirtilmiştir.

- Nitrik Asit (HNO_3)
- Etanol
- Folin-Ciocalteu Fenol Reaktifi (FCR)
- Hidrojen Peroksit (H_2O_2)
- Potasyum Asetat CH_3COOK
- Aliminyum - Nitrat [$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$]
- Sodyum Karbonat (Na_2CO_3)
- Gallik asit
- Kersetin

3.1.2. Kullanılan cihazlar

Bu çalışmada kullanılan cihazlar aşağıda belirtilmiştir.

Cihaz Adı	Markası
Hassas Terazı	SHİMADZU
Rotaroy evaporator	Heidolph Heizbad Hei-VAP
ICP-OES	Perkin Elmer 7000DV
UV spektrofotometre	SHİMADZU
Etüv	WiseVen
Isıtıcı-karıştırıcı	Heidolph MR Hei-Standart
Laboratuvar Blenderı	Waring
Mikro dalga	Milestone START D
Saf Su Cihazı	PureLab
Otomatik mikropipet	Eppendorf
LC-MS/MS	Shimadzu LCMS 8040

3.2. Yöntem

3.2.1. Şalgam örneklerinin analiz aşamaları

Batman yöresine ait merkez köy ve ilçe köylerden Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyü ve Dere köyü, Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyü, Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyü, Bağlıca köyü ve Boğaz köyü ve merkez ilçeye bağlı Balpınar köyünden getirilen şalgam örnekleri 2021 yılında elde edilip, öncelikle blenderla parçalara ayrıldıktan sonra süzdürme işlemine tabi tutulmuştur. Raf ömrü artması için süzdürülen sebze süzüntüleri dondurucuda dondurulma işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de şalgam örneklerinin rendelenmiş ve partikül halindeki görselleri verilmiştir.



Şekil 3.1. Şalgam örneklerinin rendelenmiş görseli



Şekil 3.2. Şalgam örneklerinin partikül halindeki görseli

Çizelge 3.1. Şalgam örneklerinin alındığı merkezler ve numaralandırılması

Numune sırası	Şalgam örneklerinin alındığı merkezler
1	Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyünde yetişen şalgam
2	Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyünde yetişen şalgam
3	Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyünde yetişen şalgam
4	Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyünde yetişen şalgam
5	Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyünde yetişen şalgam
6	Kozluk ilçesine bağlı Dere köyünde yetişen şalgam
7	Merkez ilçeye bağlı Balpınar köyünde yetişen şalgam

3.2.2. Şalgam örneklerinin ekstraksiyonu

Kurutma kağıtlarına konulan şalgam örnekleri 24 saat kurutma işlemine tabi tutulup, kurutulmuş büyük boyuttaki şalgam örnekleri blender yardımıyla küçük toz parçacıklarına dönüştürülmüştür. Toz halindeki şalgam örnekleri 24 saate kadar kurutulmuştur. Örneklerden 10 gram alınarak 100 ml etanol ilave edilmiştir. Polar özellikte ve çözücülüğü fazla olan etanol kullanılmıştır. 48 saat boyunca oda sıcaklığında çözünmesi beklenip, manyetik karıştırıcı da karıştırılmaya bırakılmıştır. Örnekler numaralandırılıp, süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler Rotary Evaparetöründe etanol uçurulma işlemine tabi tutulup, daha önce tartımı yapılmış olan 250 ml 'lık balon jojeyle sabit tartımı yapıldıktan sonra, kuru maddelerin miktarı

hesaplanmış ve Şekil 3.3'te şalgam örneklerinin ekstraksiyon aşamasındaki görseli verilmiştir.



Şekil 3.3. Şalgam örneklerinin ekstraksiyon aşamasındaki görseli

3.3. Ağır Metal Tayini

3.3.1. Mikrodalga fırında yakma işlemi

Şekil 3.4'te Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesinde örneklerin yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle çözünme işlemi gerçekleştirilip, şalgam örnekleri 45 dk zamana ayarlandıktan sonra, 15 dk soğutulmaya tabi tutulmuştur. Bu işlemi yapmadan evvel hazneler asitle yakılıp temiz hale getirilmiştir. Örnekler sıvı durumuna geçtikten sonra yaklaşık 1 ml hidrojen peroksit ve 7 ml nitrik asit alındıktan sonra üstüne diyeonize su ilavesi yapıp ölçüsünün 15 ml yapılacak biçimde yapılmıştır. Örnekler hazırlanmış olup 24 saat bekletilmeye bırakılmıştır. Daha sonra hazır durumda olan örnekler ICP-OES cihazıyla ölçümü yapılmıştır.



Şekil 3.4. Milestone Start D mikrodalga fırın ünitesi

3.3.2. Standart çözeltilerin hazırlanması

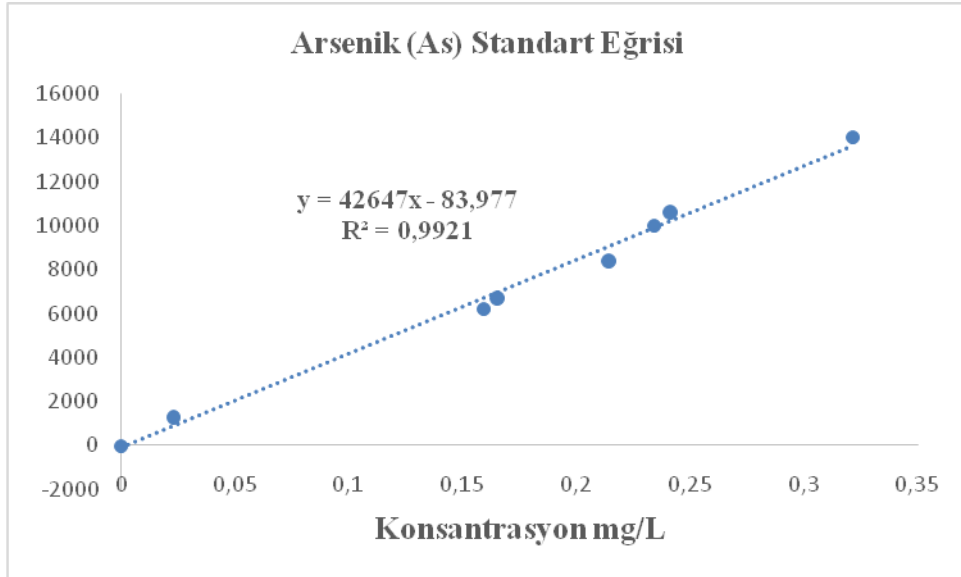
Hazırlanan standart çözeltiler Şekil 3.5'te gösterilen ICP-OES cihazıyla ölçülmüştür. 1000 ppm'lik standart çözeltiler hazır hale getirilmiştir. Ağır metallerin miktarları için kalibrasyon eğrileri Şekil 3.6'dan Şekil 3.15'e kadar çizilmiş olup, % 65 'lik nitrik asit çözeltisi ile çalışılmıştır.

3.3.3. ICP-OES cihazının analitik koşulları

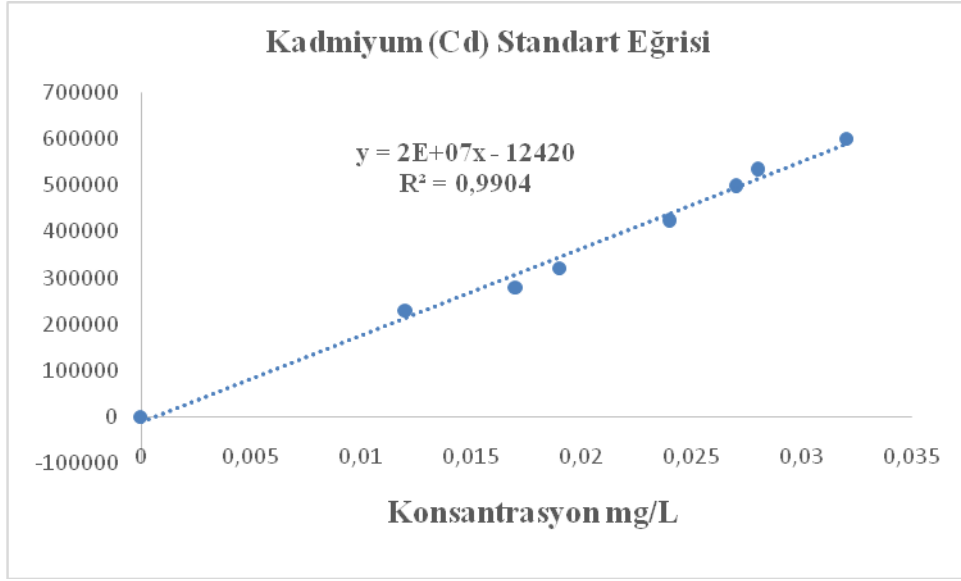
- Stabilizyon süresi 30 s
- Tekrar okuma süresi 15 s
- Plazma akışı : 15 L/dk
- Örnek alım gecikmesi 50 s
- Yıkama süresi 10 s
- Nebulizer gaz basıncı 0,8 L/dk
- Yardımcı gaz akışı 2,25 L/dk



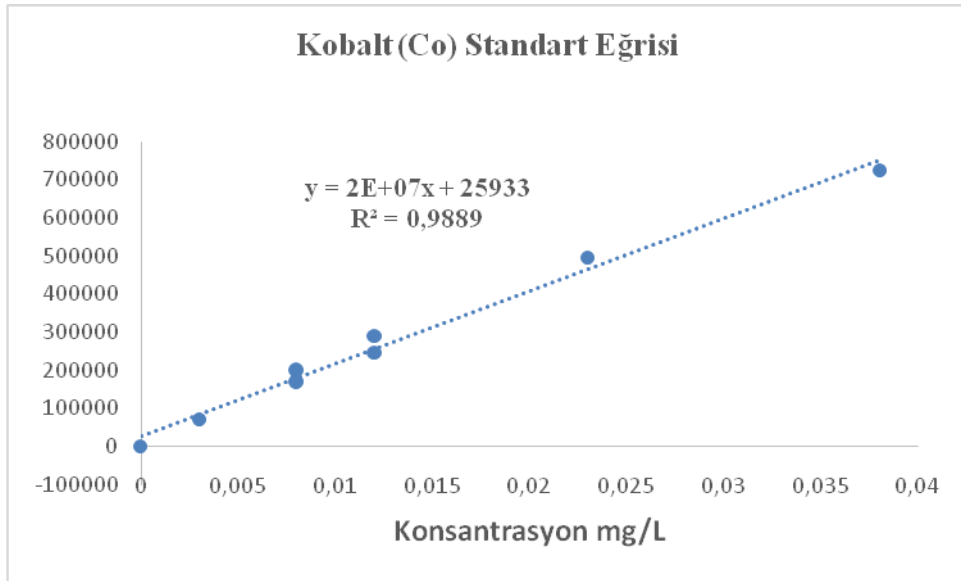
Şekil 3.5. ICP-OES cihazının görünümü



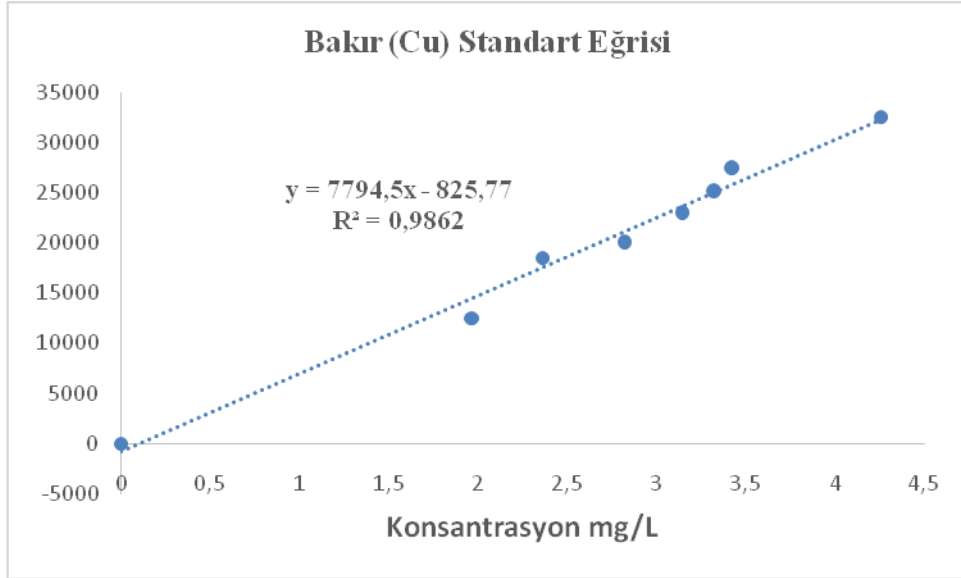
Şekil 3.6. Arsenik (As) elementinin kalibrasyon eğrisi



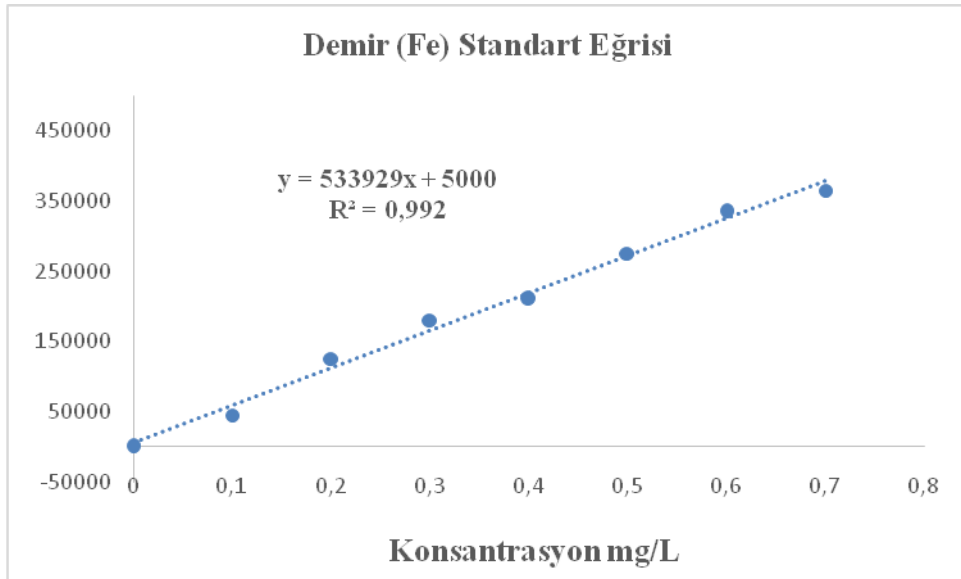
Şekil 3.7. Kadmiyum (Cd) elementinin kalibrasyon eğrisi



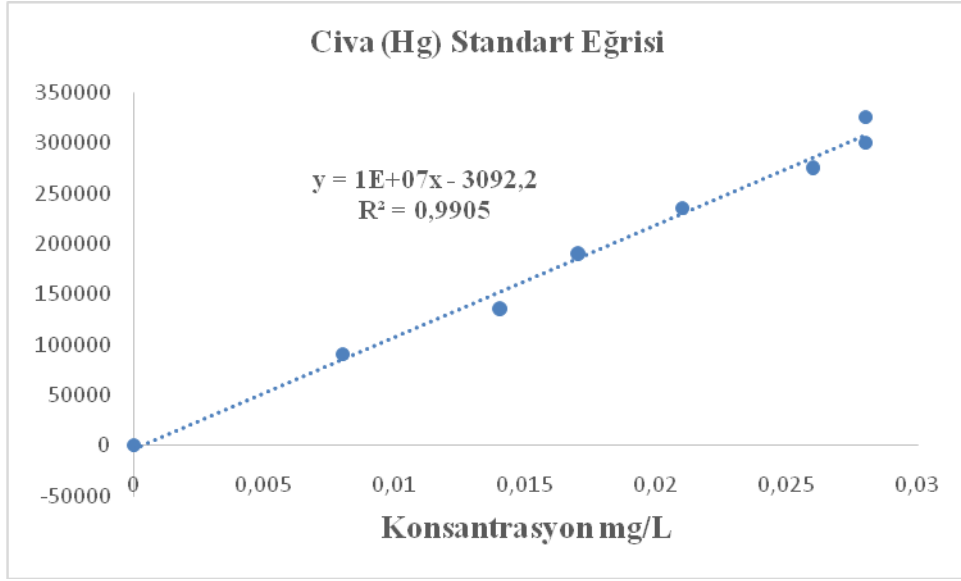
Şekil 3.8. Kobalt (Co) elementinin kalibrasyon eğrisi



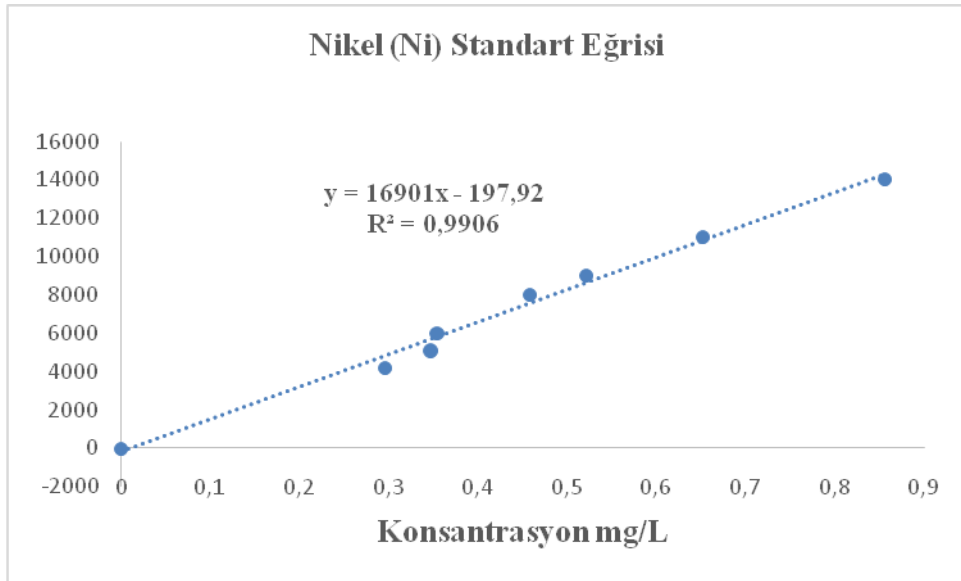
Şekil 3.9. Bakır (Cu) elementinin kalibrasyon eğrisi



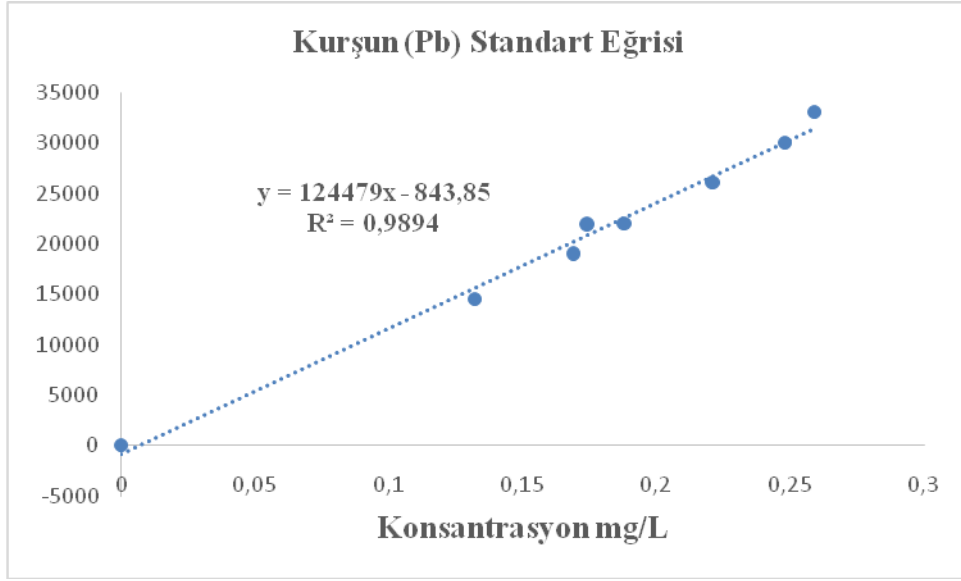
Şekil 3.10. Demir (Fe) elementinin kalibrasyon eğrisi



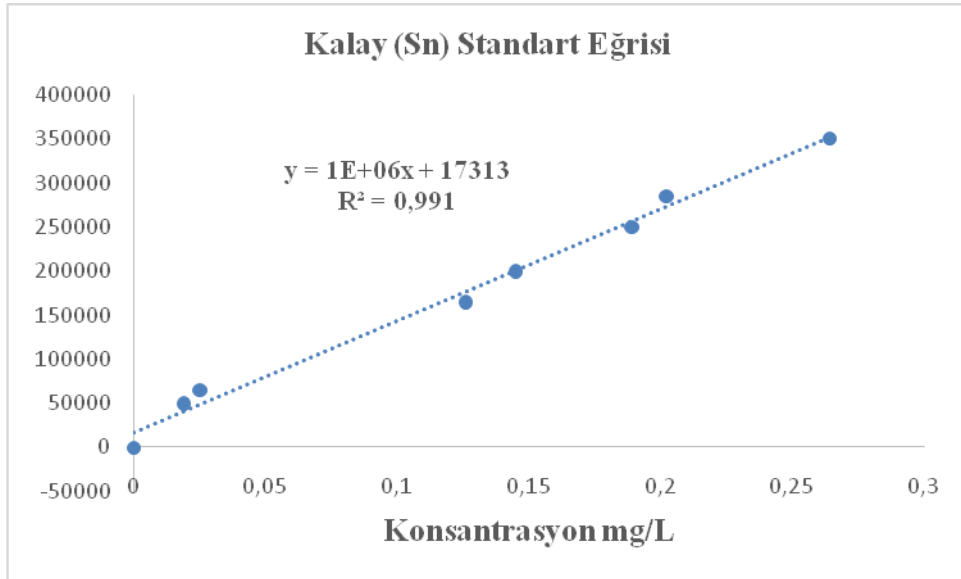
Şekil 3.11. Civa (Hg) elementinin kalibrasyon eğrisi



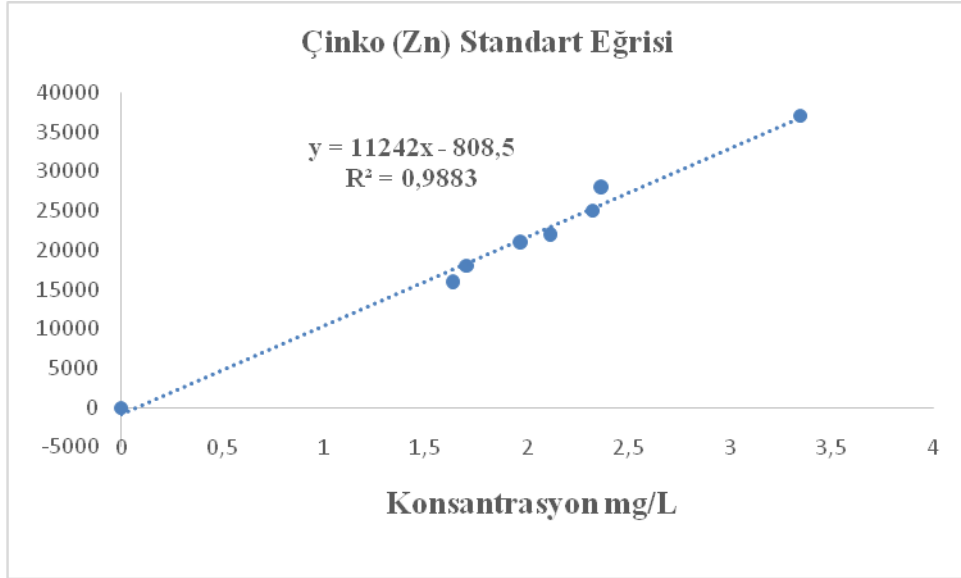
Şekil 3.12. Nikel (Ni) elementinin kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.13. Kurşun (Pb) elementinin kalibrasyon eğrisi



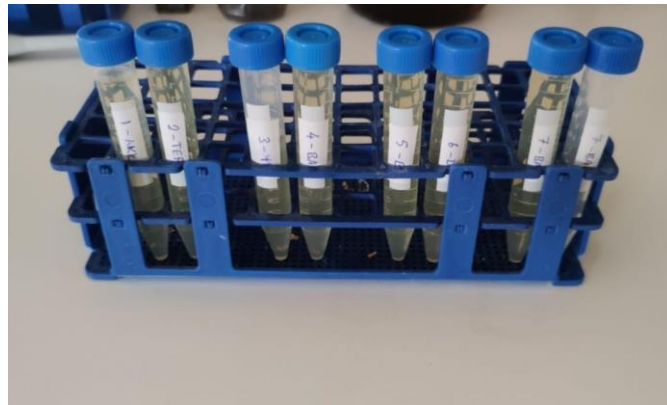
Şekil 3.14. Kalay (Sn) elementinin kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.15. Çinko (Zn) elementinin kalibrasyon eğrisi

3.4. Toplam Fenolik Madde Tayini

Alkali ortamında Folin-Ciocalteu çözeltisiyle reaksiyonu neticesinde rengin spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle tespit edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Damıtık suyla ekstrakte olan şalgam örnekleri filtre edilmiştir. Uygun düzeyde seyreltilmiş örneklerin üzerine Folin-Ciocalteu solusyonunun eklenmesiyle karanlıkta 5 dakika bekletilmiş olup karışımının doymuş Na_2CO_3 çözeltisi eklenerek karıştırılma işlemi yapıldıktan sonra karanlıkta 2 saat bekletilmeye tutulmuştur. Daha sonra 760 nm dalga boyunda ölçümü yapılmıştır. Gallik asit ile doğrusal grafiği Şekil 4.1'deki çizilerek standart kalibrasyon eğrisi grafiği yardımı ile toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir.



Şekil 3.16. Fenolik madde çözeltilerin görseli

3.5. Toplam Flavanooid Madde Tayini

- Kersetin:0,0118 g kersetin maddesi tartılarak tüpe 10 ml etanol ilavesi yapılmıştır. Tüplerin her biri vortexlenme işleminden geçmiştir.
- Alüminyum-Nitrat $[Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O]$: 0,95g tartılarak tüpe 5 ml dieyonize su ilavesi yapıp örneklerin her birine vortexlenme işlemi yapılmıştır.
- Potasyum Asetat CH_3COOK :0,98 g tartılarak tüpe 10 ml dieyonize su eklenip örnekler vortexlenme işleminden geçmiştir.

Örneklerin tümü 3 paralel şeklinde çalışılarak, %80 'lik etanol ve suyla 1000 ppm şeklinde hazırlık yapılmıştır. Tüplerin her birine ;

- ✓ 100 ml Alüminyum-Nitrat
- ✓ 100 ml Potasyum Asetat
- ✓ 4700 ml deiyonize su + etanol
- ✓ 100 ml şalgam örneği

Olarak hazırlanmış olup, Uv spektrofotometresiyle 415 nm absorbans düzeyinde ölçümü yapıp, doğrusal grafiği şekil 4.2' deki hazırlanmıştır.

$$\text{Absorbans} = 0,112(\text{mg}) - 0,0987$$

3.6. LC-MS/MS Cihazında Fitokimyasal Özelliklerin Analizi

Şalgam örneklerinin 53 adet doğal fenolik maddesinin fitokimyasal özellikleri bu çalışmayla ölçümü yapılmıştır. 1 adet biflavonoid, 14 adet Flavonoid aglikonlar, 20 adet fenolik asit, 13 adet flavanoid glikozit, 3 adet fenolik aldehit, 1 adette benzopriron ve 1 adet stibenoid glukozit olarak analizi yapılmıştır. Fenolik bileşiklerin standartı ve 1000 ppm (mg/L) 'lik ana stok çözeltileri tek tek hazırlığı yapılmıştır. LC-MS/MS cihazında hazırlanmış örnekler ve standartların analizi yapılmıştır.

Sıvı kromatogram özellikleri:

- SIL-30AC model oto örnekleyici
- LC-30 AD model gradient pompa
- Kolon fırın sıcaklığı 35°C
- CTO-10ASvp model kolon fırını
- DGU-20A3R model degazer

Kütle spektrometre özellikleri:

- Nebulizer Gaz (N₂) akışı 3 L/dk
- DL sıcaklık 250 °C
- Kurutma gazı sıcaklık 15 L/dk
- Heat Blok sıcaklık 400 °C
- Ara yüz (interface) sıcaklık 350 °C

3.7. Şalgam Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri ve Kimyasallar

BHA (Butillenmiş hidroksi anisol), BHT (Butillenmiş hidroksi tolüen), ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonikasit, diamonyumtuzu), DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), Gallik asit, FeCl₃, Etanol, Potasyum persülfat (K₂S₂O₈), Potasyum hidroksit (KOH), Potasyum ferrisiyanür [K₃Fe(CN)₆] Potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄), Sodyum karbonat (Na₂CO₃) ve Trolox kullanılarak şalgam örneklerinin antioksidan aktiviteleri spektrofotometrede belirlenmiştir.

3.7.1. ABTS^{•+} radikal giderme tayini

Serbest radikal (ABTS^{•+}) giderme aktivite Re'nin önerdiği yönteme göre yapılmıştır (Re R. vd, 1999). Serbest radikal (ABTS^{•+}) giderme aktivitesi için 2.45 mM'lık K₂S₂O₈ çözeltisi, 2mM'lık ABTS^{•+} ve 0,1 M pH'ı 7.4 olan PO₄³⁻ tamponu hazırlanmıştır. ABTS^{•+} ve K₂S₂O₈ çözeltileri (1:2) ABTS^{•+}- K₂S₂O₈ olacak şekilde karıştırılarak ve 6 saat karanlık ortamda inkübe edilmiştir. Farklı derişimlerde (10-20-40 mL) standart çözelti ve örnekleri alınıp üzerine 1 ml ABTS^{•+}- K₂S₂O₈ çözeltisiyle 4 ml olacak şekilde tamamlanmıştır. Karışım şiddetli biçimde vortekslenmiştir ve 30 dakika inkübe edilmiştir. Spektrofotometreyle ölçümü yapılarak 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).

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

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

$$Abs_{\text{numune}} = \frac{PO_4^{3-} \text{ tamponu} + ABTS^{\cdot+} - K_2S_2O_8 \text{ çözeltisi} + \text{ekstrakt}}{\text{Standart Absorbansı}}$$

$$Abs_{\text{kör}} = PO_4^{3-} \text{ tamponu}, \text{ Standart} = \text{Trolox}$$

Sonucun derişime karşı % aktivite grafiğı çizilerek, eğim denklemi yardımıyla IC_{50} hesaplanmıştır.

3.7.2. DPPH[•] serbest radikal giderme tayini

Şalgam örneklerinin DPPH radikaliyle (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) indirgenme etkisini belirlemede Brand-Williams ve ark. (1995)'ın yöntemleri modifiye edilerek kullanılmıştır. Suyula hazırlanan ekstraktan 50 µL alınarak 1 mL 100 µM DPPH çözeltisiyle karıştırılma işlemi yapılmış ve 2 saat sonradan 517 nm'de okunması yapıp absorbans değerleri ölçülmüştür. Yanı sıra kontrol örneğı hazırlanarak ve bu işlemde absorbans değeri ölçülerek aşağıdaki formülle DPPH'nin % inhibisyonu hesaplandı. Troloks ile hazırlanmış çözeltilerle kalibrasyon eğrisi grafiğı çizilmiştir. Sonuç troloks cinsinden verilmiştir.

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

3.7.3. İndirgeme gücü

İzole edilen molekülün ve ham ekstraktların indirgeme gücü Oyaizu yöntemine göre değerlendirilmiştir (Oyaizu M., 1986). Örnek ve standartların etanoldeki farklı konsantrasyonlarına (40, 80 ve 120 mg. mL⁻¹) fosfat tamponu (2.5 mL, 0.2 M, pH 6.6) ve potasyum ferrisiyanür [K₃Fe(CN)₆] (2.5 mL, %1) ilavesi yapılmıştır. Çözelti 50°C'de 20 dakika inkübe edilip daha sonra, çözeltiye TCA (2.5 mL, % 10) ilavesi yapıp ve 10 dakika 3000 rpm'de santrifüj işlemi gerçekleştirildi. Çözeltiden 2.5 mL alınıp destile su (2.5 mL) ve FeCl₃ (0.5 mL, % 0.1) ilavesi yapılarak son çözeltinin absorbansları 700 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

3.8. İstatiksel Analiz

Şalgam örneklerinin antioksidan, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin birbirine göre farklılıklarını, 3 paralel ölçümün ortalaması ve standart sapması şeklinde hesaplanmıştır. Ön işlemlerin değerlendirilmesinde t testi kullanılmıştır. Şalgam sonuçları t testiyle % 95 güven sınırları içinde ölçülmüştür. $p < 0.05$ olarak anlamlılık sınırı kabul edilmiştir. Kesişim ve eğim korelasyon katsayısı değerlendirilerek sonuç kısmında en küçük kareler yöntemi kullanılmış ve doğrusal regresyon analizinde bulunulmuştur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Ağır Metal Analiz Sonuçları

Geniş bir alanda rastlanılan ağır metaller solunan havadan, gıdalardan, endüstri alanları gibi pek çok ortamda maruz kalıp tehlikeli durumlar ortaya çıkmaktadır. Yapılan analizde şalgam örneklerinin validasyon değerleri değerlendirildiğinde demir elementi $14,32 \pm 0,045$ mg/kg olup, Aşağı Kıratlı köyündeki şalgam örneği için RSD değeri 0,003 LOD = 14,455 LOQ = 14,77 olup Çizelge 4.3'deki gibi tespit edilmiştir. Şalgam örneklerinin analiz düzeyleri JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık tolere edilebilir ağır metal miktarları esas alınıp karşılaştırıldığında şalgam örneklerinin değerleri tespit edilip, sonuçlarının tüketilebilir düzeylerde olduğu belirlenmiştir.

Şalgam bitkisinin ağır metal derişimlerini değerlendirdiğimizde, demir elementi için en düşük derişim miktarı Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyündeki şalgam örneğinde olup $9,258 \pm 0,025$ mg/kg belirlenmiştir. En fazla derişim miktarı $14,32 \pm 0,045$ mg/kg olarak Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. JECFA'nın demir elementi için belirlemiş olduğu değerler ise 0,2-25 mg/kg olarak verilmiştir. JECFA'nın değerleri ile karşılaştırıldığında çıkan sonucun iyi olduğu gözlemlenmiştir. Demir elementinin insan sağlığı üzerinde önemli elementler arasında fakat fazla miktarı toksik etki göstermektedir.

Şalgam bitkisinde kurşun elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,259 \pm 0,010$ mg/kg merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilip, en az miktar ise $0,132 \pm 0,001$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Kurşun elementi için JECFA tarafından haftalık olarak belirlenen değeri ise 0,025 mg /kg olarak verilmiştir. Bu şalgam örneğinde sonuçların biraz yüksek olmasının nedeni, cihaz ve çözücüdeki kirlilik veya laboratuvarındaki çalışma ortamı hassasiyeti olarak düşünülmektedir.

Şalgamda kadmiyum elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,032 \pm 0,0007$ mg/kg ile merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilip, en az miktarı ise $0,012 \pm 0,001$ mg/kg ile Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Kadmiyum elementi için JECFA tarafından haftalık olarak belirlenmiş değeri 0,007 mg/kg olarak verilmiştir. Bu değerler haftalık olarak tolere edilebilir seviyelerde olduğu değerlendirilmesi yapıldığında sonuçların ortalamaya yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Şalgam bitkisinde civa elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,028 \pm 0,0004$ mg/kg ve $0,028 \pm 0,0002$ mg/kg ile Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyü ile Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyündeki şalgam örneklerinde tespit edilip, en az miktarı ise $0,008 \pm 0,0001$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Civa elementi için JECFA tarafından belirlenmiş olan değer ise 1.6 µg/kg olarak verilmiştir. Sonuçların birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

Şalgamda arsenik elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,321 \pm 0,008$ mg/kg ile Kozluk ilçesine bağlı Dere köyündeki şalgam örneğinde tespit edilmiş olup, en az miktarı ise $0,023 \pm 0,0002$ mg/kg ile Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyündeki şalgam örneğinde belirlenmiştir. Arsenik elementi için JECFA'nın belirlemiş olduğu değer ise 15 µg/kg belirlenmiştir. Sonuçların arsenik elementi için belirlenmiş olan tolere edilebilir miktara yakın değerdedir.

Şalgam bitkisinde bakır elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $4,256 \pm 0,005$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Yayladüzü köyündeki şalgam örneğinde tespit edilmiş olup, en az miktarı ise $1,962 \pm 0,015$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneği olarak gözlemlenmiştir. Bakır elementi için JECFA'nın belirlemiş olduğu değer 0,5-12 mg/kg/gün olup bu değerler günlük alınabilir seviyededir. Çocuk ve yetişkinler için günlük olarak alınabilecek bakır miktarında değişim gösterir.

Şalgam bitkisinde kobalt elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,038 \pm 0,0017$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneğinde tespit edilmiş olup, en az $0,003 \pm 0,0001$ mg/kg ile Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. Kobalt elementi için JECFA'nın belirlemiş olduğu değer ise 1,4 µg /kg/gün olarak belirtilmiştir. Sonuçların kobalt elementi için haftalık alınabilir miktarlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Şalgam bitkisinde nikel elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,856 \pm 0,022$ mg/kg ile merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilip, en az $0,296 \pm 0,006$ mg/kg ile Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyündeki şalgam örneğinde belirlenmiştir. JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık olarak alınabilir miktar ise 60-260 µg /kg'dır. Bu şalgam örneğinde sonuçların biraz yüksek olmasının nedeni, cihaz ve çözücüdeki kirlilik veya laboratuvarındaki çalışma ortamı hassasiyeti olarak değerlendirilmektedir.

Şalgam bitkisinde kalay elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $0,264 \pm 0,004$ mg/kg Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneğinde tespit edilmiş olup, en az miktar ise $0,019 \pm 0,0008$ mg/kg ile Kozluk ilçesine bağlı Aşağı Kıratlı köyündeki şalgam örneğinde gözlemlenmiştir. JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık alınabilir miktarı ise 14 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde insan sağlığına risk teşkil etmeyecek değerlerdedir. Şalgam bitkisinde çinko elementinin ağır metal miktarını değerlendirdiğimizde, en fazla $3,341 \pm 0,010$ mg/kg ile merkez ilçeye bağlı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde tespit edilip, en az miktarı ise $1,632 \pm 0,007$ mg/kg ile Gercüş ilçesine bağlı Boğaz köyündeki şalgam örneğinde olduğu gözlemlenmiştir. Çinko elementi için JECFA'nın belirlemiş olduğu günlük alınabilir miktarı ise 1 mg/kg/gün'dür. Çinko elementinin insan sağlığında önemli elementler arasında yer almakta fakat fazlası toksisiteye neden olmaktadır.

Çizelge 4.3'ten başlayıp, Çizelge 4.9'a kadar şalgam örneklerinin her biri için ağır metallerinin validasyon değerleri ölçülmüştür. Örneklerin ortalama $\pm$ standart sapma değerleri 3 paralel olarak hesaplanmış olup, ölçümü yapılan ağır metal derişimlerinin bağıl standart sapmaya uygunluğu gözlemlenmiştir. 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
- RSD= Standart sapma/Ortalama
- LOD=Ortalama+3×Standart Sapma
- LOQ= Ortalama+10×Standart Sapma

Çizelge 4.1. Şalgam örneklerinin mg/kg (ppm) derişim değerleri

Numune							
Sırası	1	2	3	4	5	6	7
As	0,165±0,006	0,023±0,0002	0,241±0,004	0,159±0,005	0,234±0,007	0,321±0,008	0,214±0,005
Cd	0,024±0,0002	0,012±0,0001	0,019±0,0001	0,017±0,0002	0,027±0,0002	0,028±0,0005	0,032±0,0007
Co	0,008±0,0001	0,003±0,0001	0,012±0,0006	0,008±0,0004	0,038±0,0017	0,012±0,0011	0,023±0,0008
Cu	3,145±0,022	2,819±0,030	4,256±0,005	2,361±0,010	1,962±0,015	3,321±0,012	3,421±0,007
Fe	14,32±0,045	13,65±0,040	11,25±0,030	9,258±0,025	12,36±0,035	11,32±0,030	13,21±0,020
Hg	0,028±0,0004	0,014±0,0003	0,028±0,0002	0,026±0,0003	0,008±0,0001	0,021±0,0003	0,017±0,0002
Ni	0,354±0,007	0,296±0,006	0,521±0,010	0,347±0,015	0,652±0,020	0,458±0,009	0,856±0,022
Pb	0,248±0,004	0,169±0,003	0,174±0,003	0,132±0,001	0,188±0,007	0,221±0,012	0,259±0,010
Sn	0,019±0,0008	0,145±0,002	0,202±0,003	0,025±0,0006	0,264±0,004	0,189±0,003	0,126±0,001
Zn	1,698±0,002	2,321±0,003	2,361±0,004	1,965±0,005	1,632±0,007	2,113±0,002	3,341±0,010

Çizelge 4.2. JECFA tarafından belirlenen bazı ağır metallerin haftalık alınabilir miktarları (Jecfa ,2009).

Elementler	Haftalık Alınabilir Ağırmetal Düzeyi
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 4.3. Aşağı Kıratlı köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,165±0,006	0,036	0,183	0,022	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,024±0,0002	0,008	0,024	0,026	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,008±0,0001	0,012	0,008	0,009	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	3,145±0,022	0,006	3,211	3,365	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	14,32±0,045	0,003	14,455	14,77	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,028±0,0004	0,014	0,029	0,032	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,354±0,007	0,019	0,375	0,424	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,248±0,004	0,016	0,26	0,288	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,019±0,0008	0,042	0,021	0,027	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	1,698±0,002	0,001	1,704	1,718	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.4. Tepebaşı köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,023±0,0002	0,008	0,023	0,025	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,012±0,0001	0,008	0,012	0,013	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,003±0,0001	0,033	0,003	0,004	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	2,819±0,030	0,106	3,089	5,189	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	13,65±0,040	0,002	13,77	14,05	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,014±0,0003	0,021	0,014	0,017	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,296±0,006	0,020	0,314	0,356	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,169±0,003	0,017	0,178	0,199	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,145±0,002	0,013	0,151	0,165	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	2,321±0,003	0,001	2,33	2,351	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.5. Yayladüzü köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,241±0,004	0,016	0,253	0,281	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,019±0,0001	0,005	0,019	0,02	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,012±0,0006	0,050	0,013	0,018	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	4,256±0,005	0,001	4,271	4,306	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	11,25±0,030	0,002	11,34	11,55	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,028±0,0002	0,007	0,028	0,03	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,521±0,010	0,019	0,551	0,621	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,174±0,003	0,017	0,183	0,204	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,202±0,003	0,014	0,211	0,232	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	2,361±0,004	0,001	2,373	2,401	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.6. Bağlıca köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,159±0,005	0,031	0,174	0,209	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,017±0,0002	0,0117	0,017	0,019	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,008±0,0004	0,050	0,009	0,012	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	2,361±0,010	0,004	2,391	2,461	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	9,258±0,025	0,002	9,333	9,508	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,026±0,0003	0,011	0,0269	0,0,029	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,347±0,015	0,043	0,392	0,497	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,132±0,001	0,007	0,135	0,142	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,025±0,0006	0,024	0,0268	0,031	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	1,965±0,005	0,002	1,98	2,015	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.7. Boğaz köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,234±0,007	0,029	0,255	0,304	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,027±0,0002	0,007	0,0276	0,029	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,038±0,0017	0,0447	0,043	0,055	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	1,962±0,015	0,0076	2,007	2,112	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	12,36±0,035	0,0028	12,465	12,71	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,008±0,0001	0,0125	0,008	0,009	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,652±0,020	0,0306	0,712	0,852	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,188±0,007	0,037	0,209	0,258	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,264±0,004	0,015	0,276	0,304	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	1,632±0,007	0,004	1,653	1,702	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.8. Dere köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

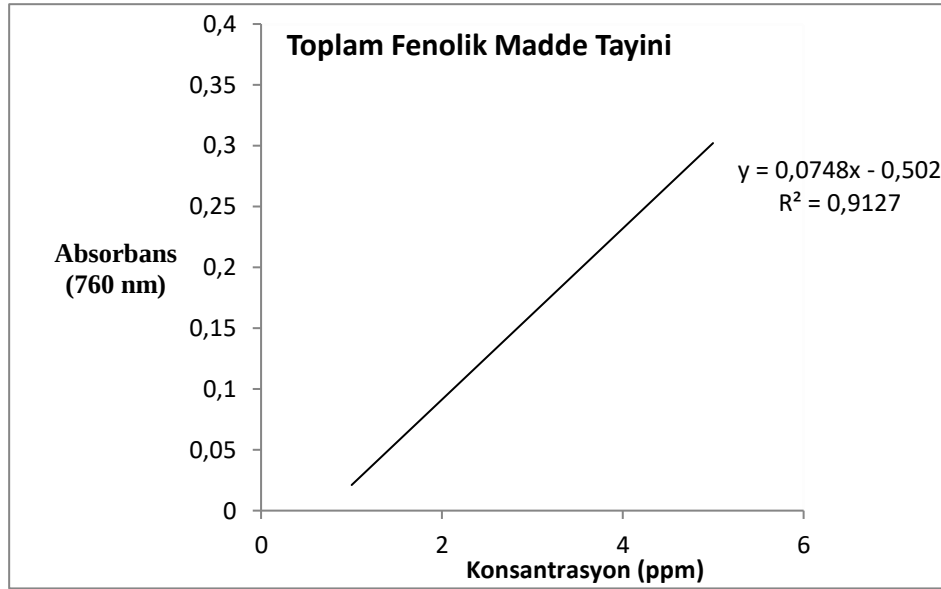
Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,321±0,008	0,0249	0,345	0,401	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,028±0,0005	0,0178	0,029	0,033	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,012±0,0011	0,0916	0,015	0,023	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	3,321±0,012	0,0036	3,357	3,441	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	11,32±0,030	0,0026	11,41	11,62	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,021±0,0003	0,014	0,0219	0,024	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,458±0,009	0,0196	0,485	0,548	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,221±0,012	0,0542	0,257	0,341	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,189±0,003	0,0158	0,189	0,219	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	2,113±0,002	0,0009	2,119	2,133	0,9883	y = 11242x - 808,5

Çizelge 4.9. Balpınar köyü şalgam örneğinin validasyon değerleri

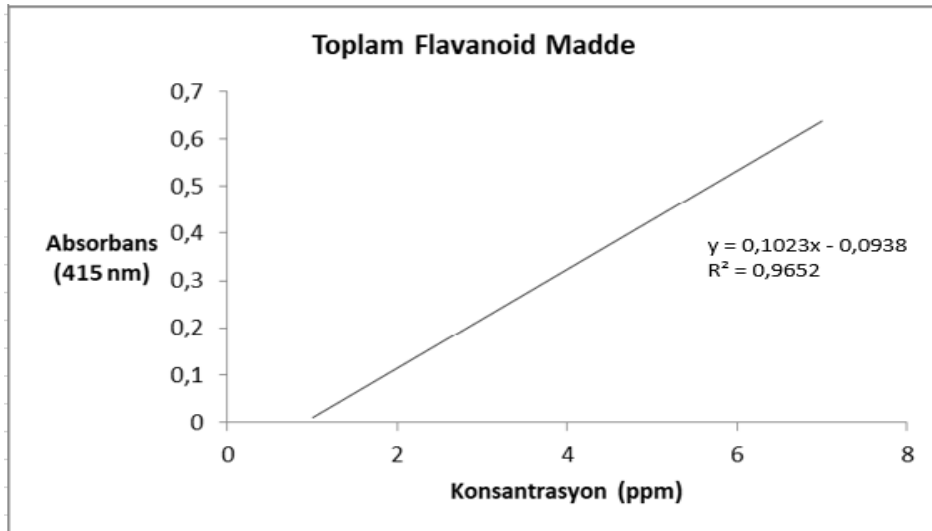
Elementler	S.D	RSD	LOD	LOQ	R ²	Denklem
As	0,214±0,005	0,0233	0,229	0,264	0,9921	y = 42647x - 83,977
Cd	0,032±0,0007	0,0218	0,034	0,039	0,9904	y = 2E+07x - 12420
Co	0,023±0,0008	0,0347	0,025	0,031	0,9889	y = 2E+07x + 25933
Cu	3,421±0,007	0,0020	3,442	3,491	0,9862	y = 7794,5x - 825,77
Fe	13,21±0,020	0,0015	13,27	13,41	0,992	y = 533929x + 5000
Hg	0,017±0,0002	0,0117	0,017	0,019	0,9905	y = 1E+07x - 3092,2
Ni	0,856±0,022	0,0257	0,922	1,076	0,9906	y = 16901x - 197,92
Pb	0,259±0,010	0,0386	0,289	0,359	0,9894	y = 124479x - 843,85
Sn	0,126±0,001	0,0079	0,129	0,136	0,991	y = 1E+06x + 17313
Zn	3,341±0,010	0,0029	3,341	3,441	0,9883	y = 11242x - 808,5

4.2. Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavanoid Madde Analizlerinin Sonuçları

Bu çalışmada LC-MS/MS cihazıyla 53 fenolik bileşiğe bakılıp ayrıca toplam flavanoid ve fenolik madde miktarlarının analizleri yapılmıştır. Toplam fenolik ve flavanoid maddelerin kalibrasyon grafiği eğrileri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Gallik asit ölçüm grafiği



Şekil 4.2. Kersetin ölçüm grafiği

4.3. 53 Adet Fitokimyasal Maddenin Tanımlanması ve Analiz Sonuçları

Bu çalışmada 7 adet şalgam sebzесinin, LC-MS/MS cihazıyla fitokimyasal özelliklerinin ölçümü yapılarak sonuçları belli olmayan madde miktarı tespiti amacı taşınmıştır. Kalitatif ve kantitatif analizlerinde yaygın bir şekilde kullanılan LC-MS/MS cihazı seçilerek, standart olarak 53 fenolik bileşik kullanılmıştır.

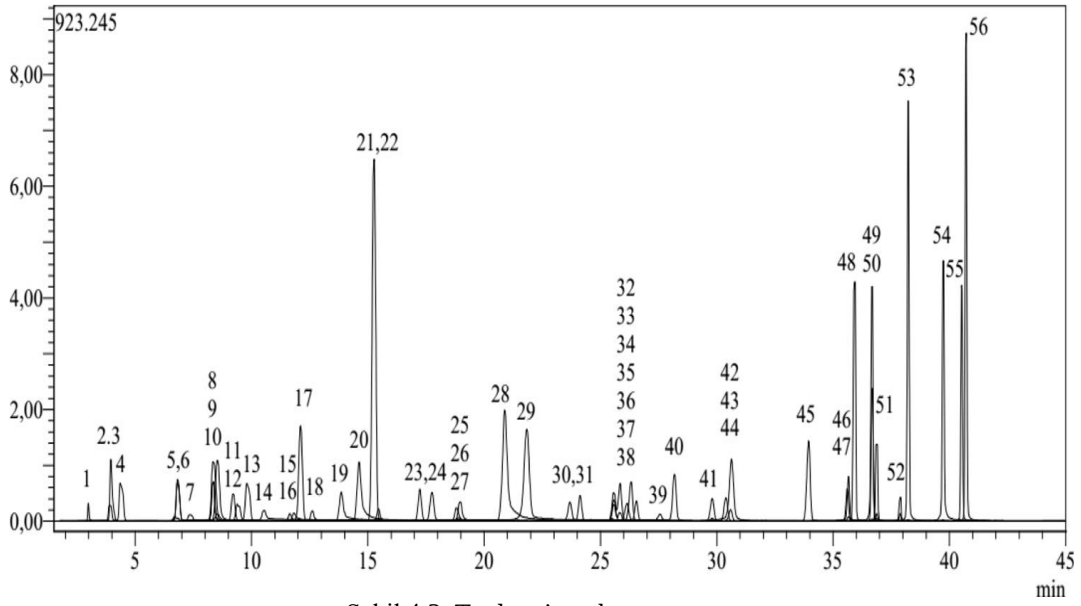
53 adet fenolik bileşikten Quinic acid, Protocatechuic acid ve Fumaric acid şalgam örneklerin tümünde belirlenirken, Protocatechuic aldehyde fenolik bileşiğı Hasankeyf ilçesine bağı Tepebaşı köyündeki şalgam örneğinde 0,008 mg analit/g ve merkez ilçeye bağı Balpınar köyündeki şalgam örneğinde ise 0,013 mg analit/g ekstrat olarak ölçülmüştür.

Coumarin fenolik bileşiğı, Gercüş ilçesine bağı Yayladüzü köyü ile Bağlıca köyündeki şalgam örneklerinde tespit edilmemiş iken diğеr tüm şalgam örneklerinde Coumarin fenolik bileşiğı gözlemlenmiştir.

Gallik asit fenolik bileşiğı ise Hasankeyf ilçesine bağı Tepebaşı Köyü, Gercüş ilçesine bağı Yayladüzü, Bağlıca ve Boğaz köyündeki şalgam örneklerinde tespit edilmemiş iken diğеr şalgam örneklerinde tespit edilmiştir.

P – kumarik asit ise Gercüş ilçesine bağı Bağlıca köyü ve Kozlık ilçesine bağı Dere köyündeki şalgam örnekleri hariç diğеr şalgam örneklerinde belirlendiğı gözlemlenmiştir.

fenolik bileşiklerin miktarları LC-MS/MS cihazıyla ölçülerek 53 Adet fenolik bileşiklerin sonuçları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Miktarlar mg analit/g ekstrat olarak ölçülmüştür. Toplam iyon kromatografisi Şekil 4.3’te belirlenerek, numaralandırılmış ve isimlendirilmiştir. Şalgam örneklerin her biri için toplam iyon kromatografilerinin çizimi verilmiştir. İsimlendirmesi toplam iyon kromatografisinde verilen pik noktalarına göre Çizelge 4.10 ‘daki gibidir.



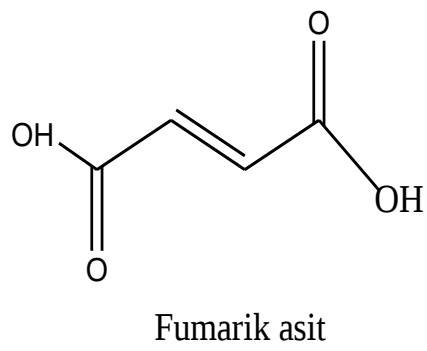
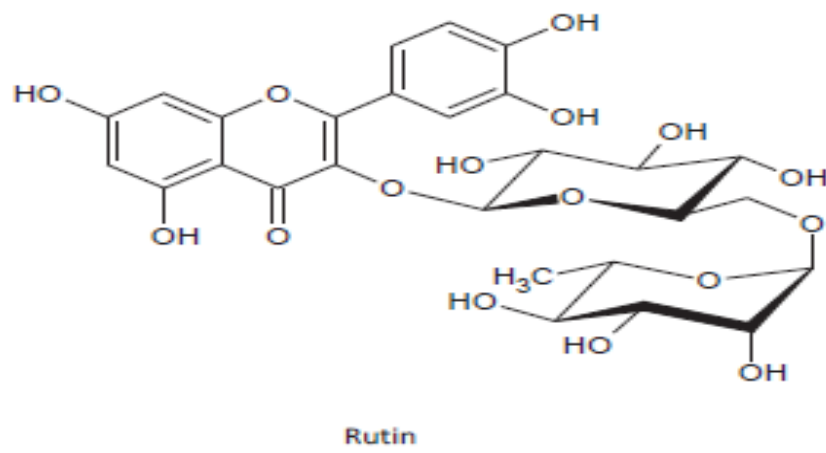
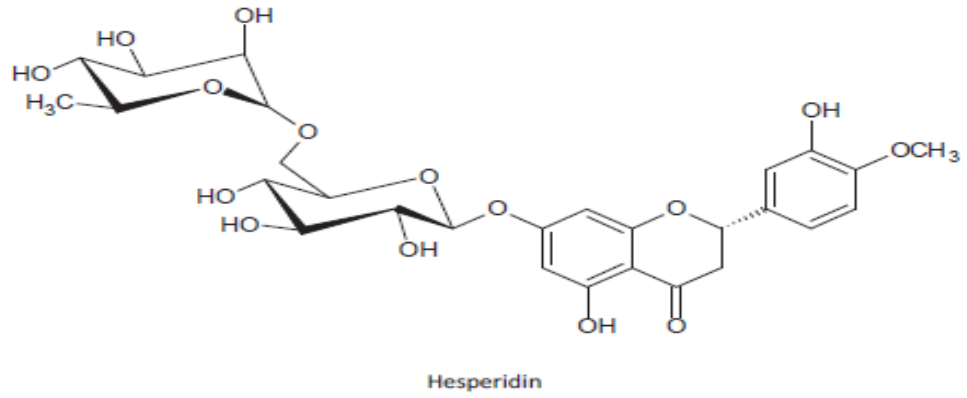
Şekil 4.3. Toplam iyon kromotogramı

Çizelge 4.10. Toplam iyon kromotogramının isimlendirmesi

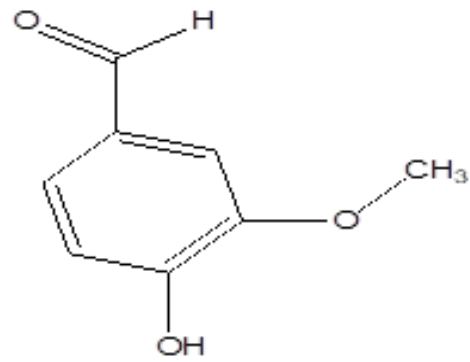
1. 1,5-dicaffeoyloguinic acid	28. Genistin
2. 4-OH Benzoic acid	29. Gentisic acid
3. Acacetin	30. Hesperetin
4. Aconitic acid	31. Hesperidin
5. Amentoflavone	32. Isoquercitrin
6. Apigenin	33. Luteolin
7. Astragalin	34. Miquelianin
8. Caffeic acid	35. Naringenin
9. Catechin	36. Nicotiflorin
10. Chlorogenic acid	37. O-Coumaric acid
11. Chrysin	38. p-Coumaric acid
12. Cosmosiin	39. Piceid
13. Coumarin	40. Protocatechuic acid
14. Cynarin	41. Protocatechuic aldehyde
15. Cyranoside	42. Quercetin
16. Daidzein	43. Quercitrin
17. Daidzin	44. Quinic acid
18. Ellagic acid	45. Rosmarinic acid
19. Epicatechin	46. Rutin
20. Epicatechin gallate	47. Salicylic acid
21. Epigallocatechin	48. Sinapic acid
22. Epigallocatechin gallate	49. Syringic acid
23. Ferulic acid	50. Syringic aldehyde
24. Fisetin	51. Tannic acid
25. Fumaric acid	52. Vanillic acid
26. Gallic acid	53. Vanillin
27. Genistein	

Çizelge 4.11. 53 Adet fenolik bileşimin sonuçları

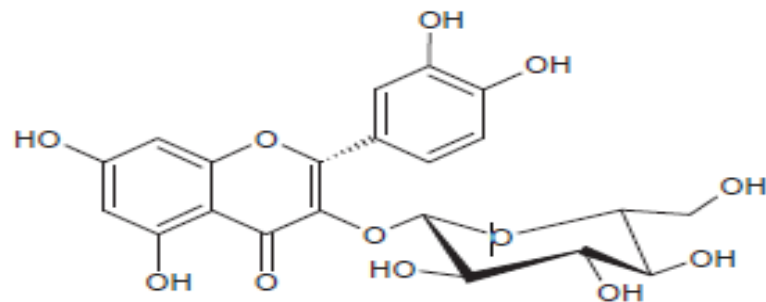
Numuneler	1	2	3	4	5	6	7
Coumarin	0,022	0,025	-----	-----	0,018	0,011	0,046
Quinic acid	0,466	0,729	0,938	0,6	0,299	0,858	0,307
Fumaric acid	1,807	0,818	0,73	1,127	0,824	1,816	2,998
Gallic acid	0,012	-----	-----	-----	-----	0,019	0,022
Protocatechuic acid	0,021	0,03	0,018	0,01	0,02	0,007	0,082
Protocatechuic aldehyde	-----	0,008	-----	-----	-----	-----	0,013
p-Coumaric acid	0,039	0,117	0,067	-----	0,025	-----	0,08



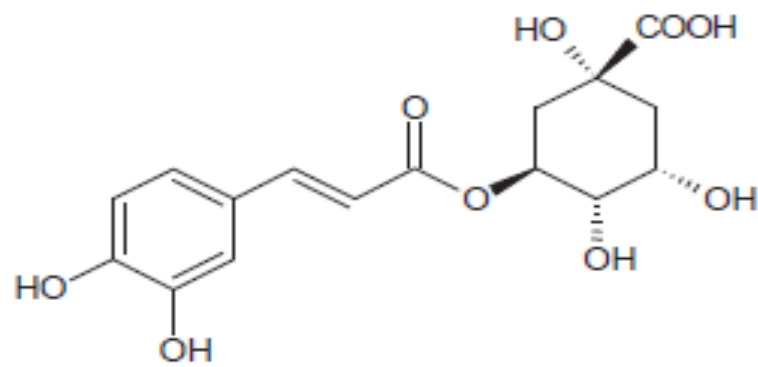
Şekil 4.4. Bazı fitokimyasalların yapısı



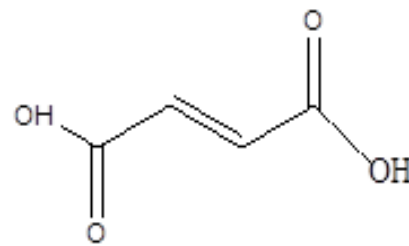
vanillin



Ixoreoside

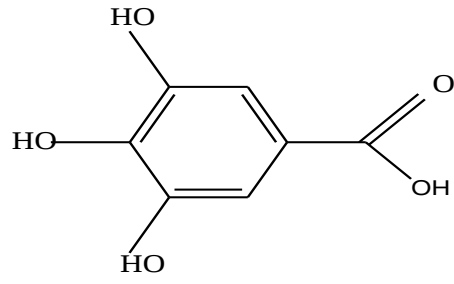


Klorojenik asit

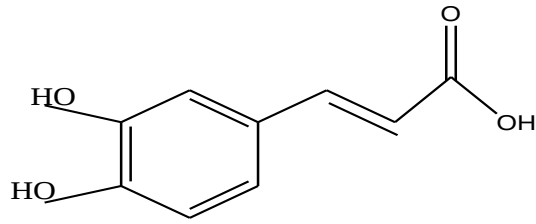


Fumarik asit

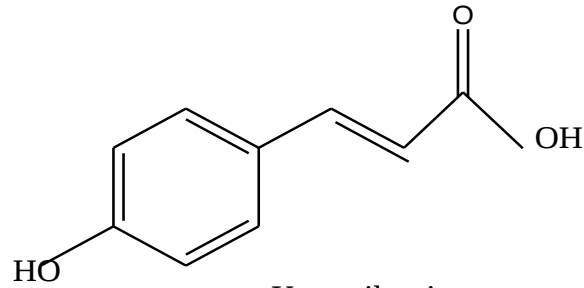
Şekil 4.5. Bazı fitokimyasalların yapısı



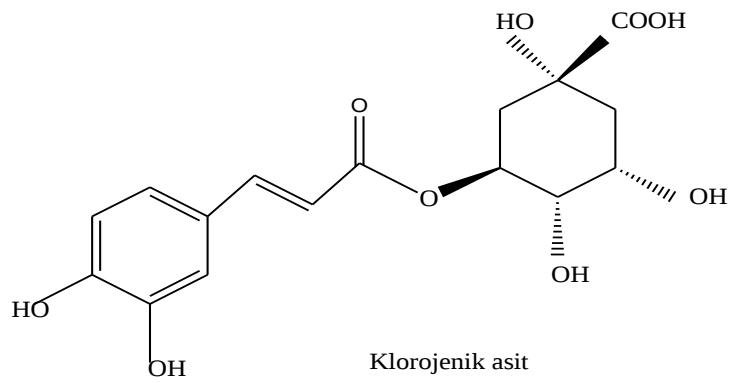
Gallik asit



Kafeik asit

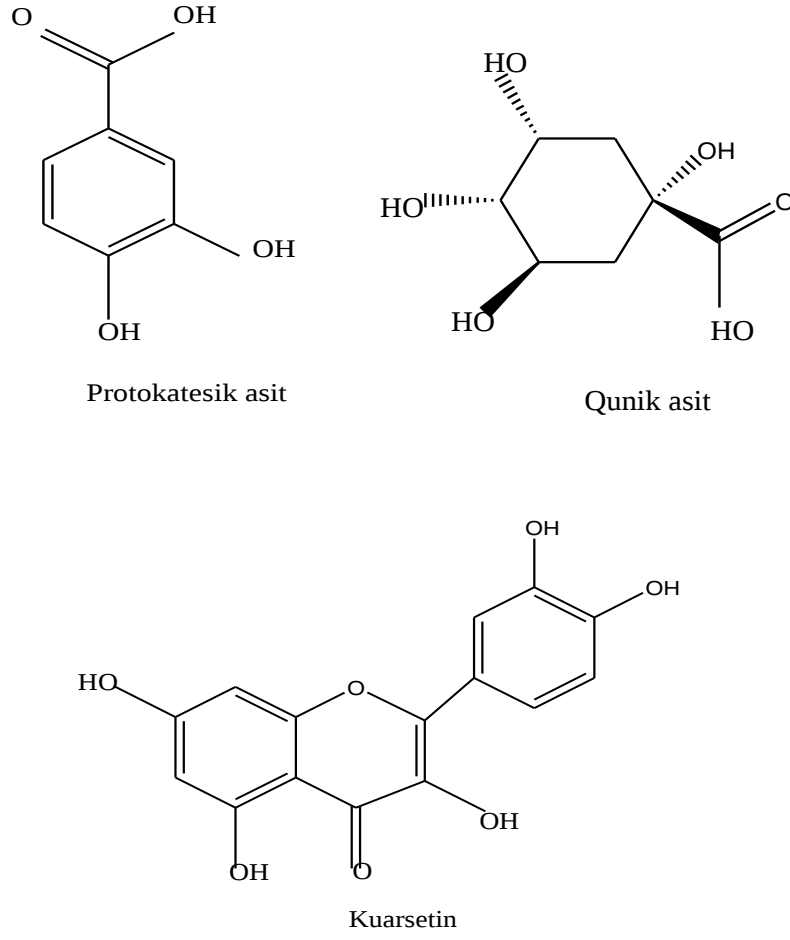


p-Kumarik asit

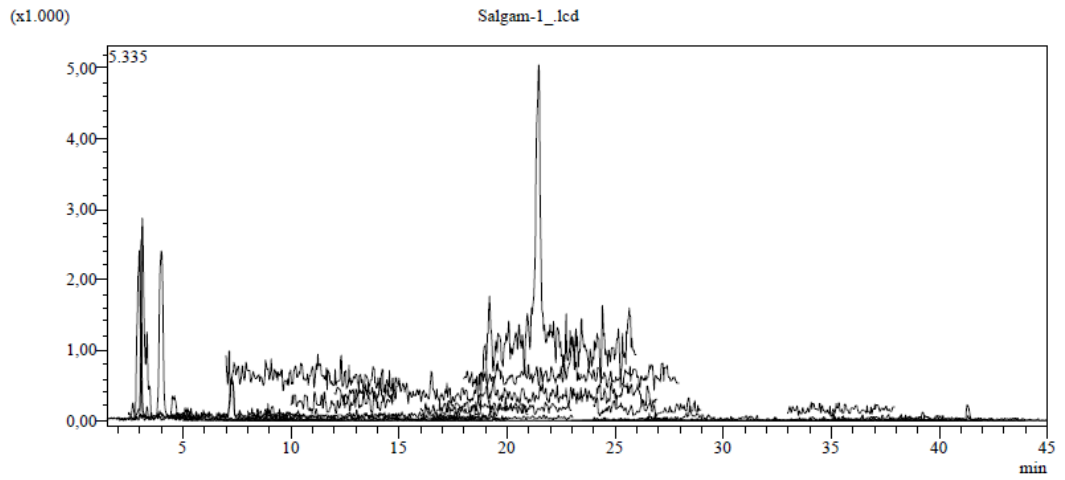


Klorojenik asit

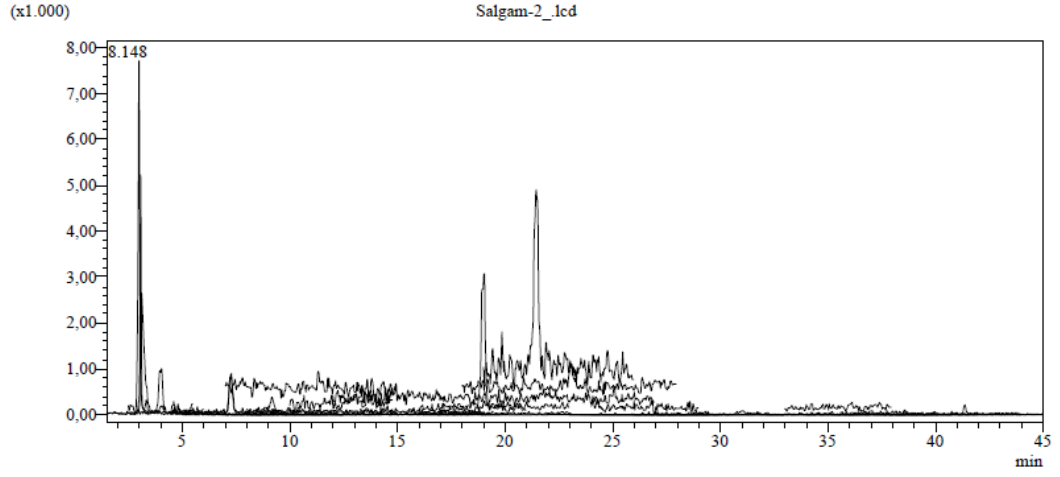
Şekil 4.6. Bazı fitokimyasalların yapısı



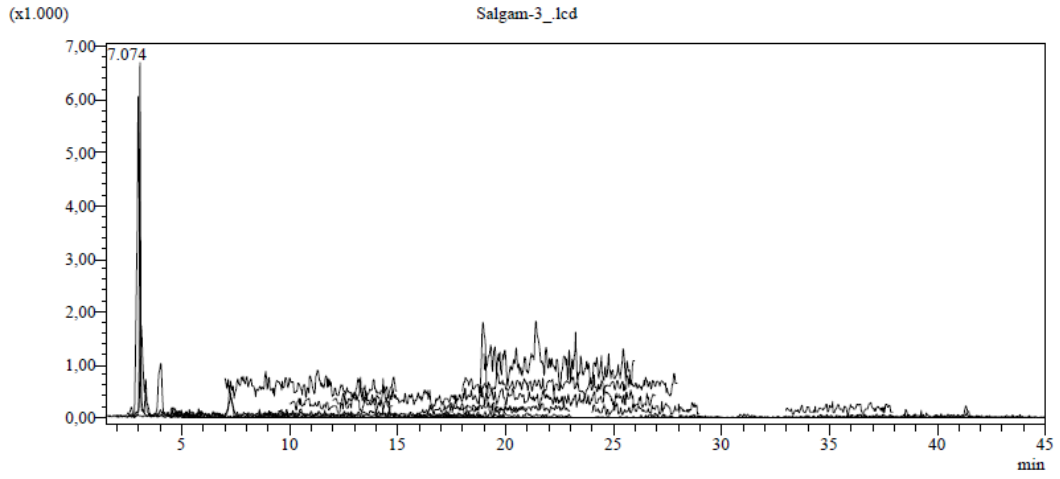
Şekil 4.7. Bazı fitokimyasalların yapısı



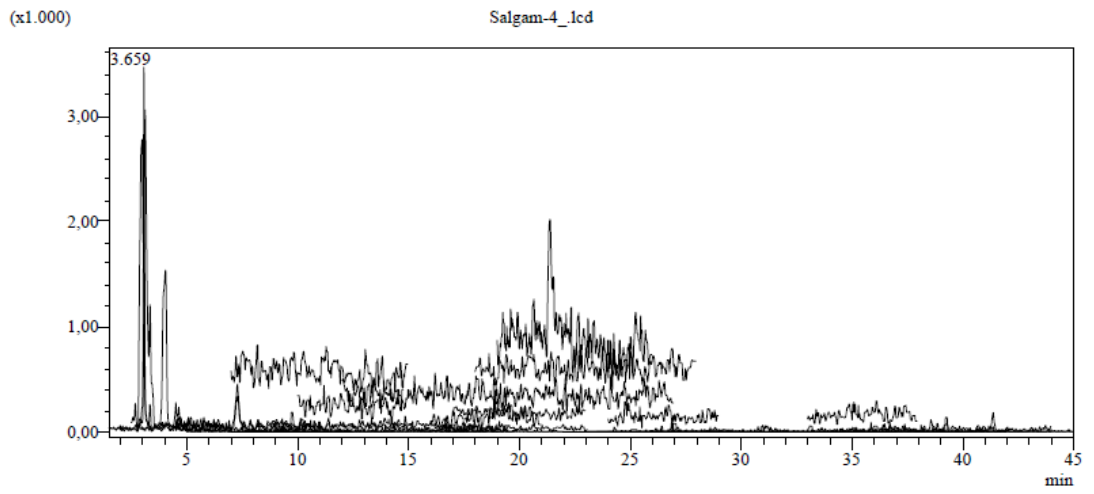
Şekil 4.8. Aşağı Kıratlı köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromatogramı



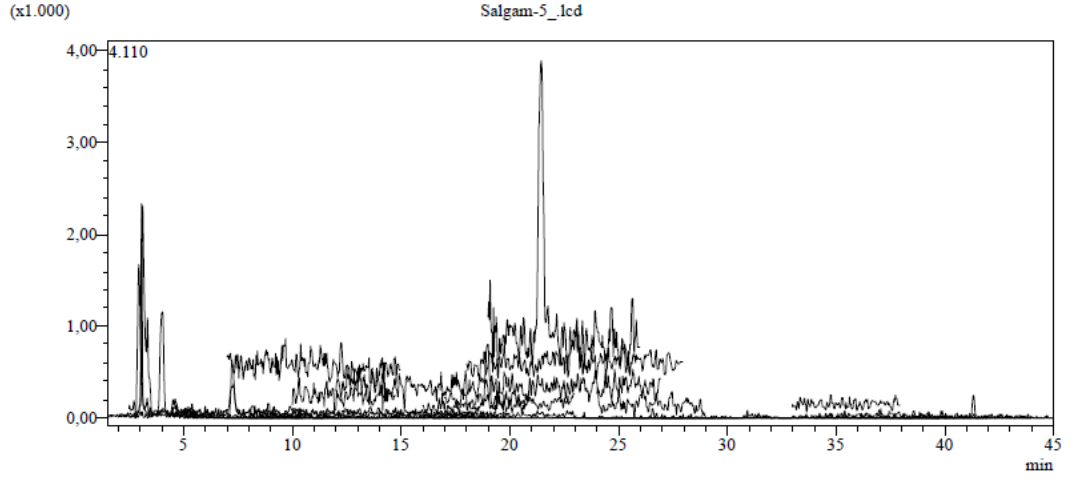
Şekil 4.9. Tepebaşı köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı



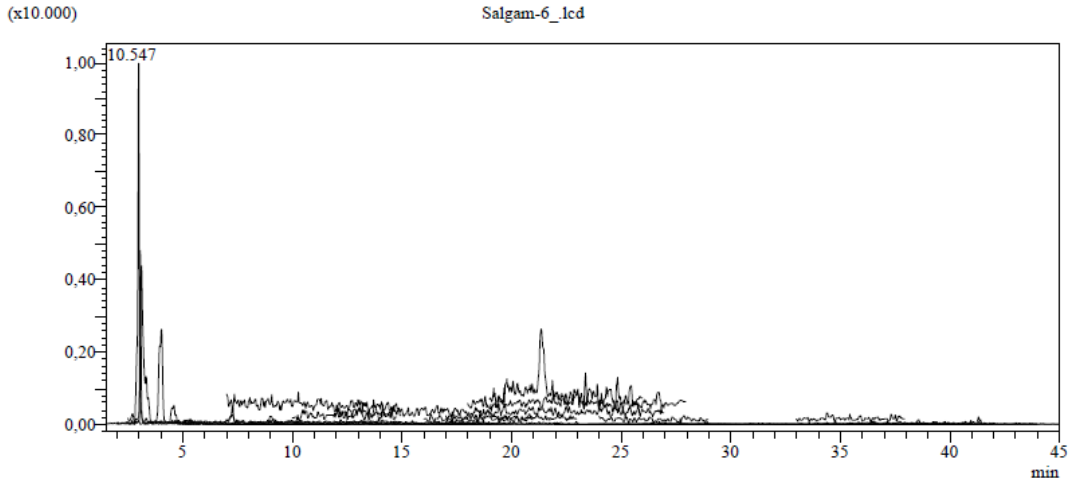
Şekil 4.10. Yayladüzü köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı



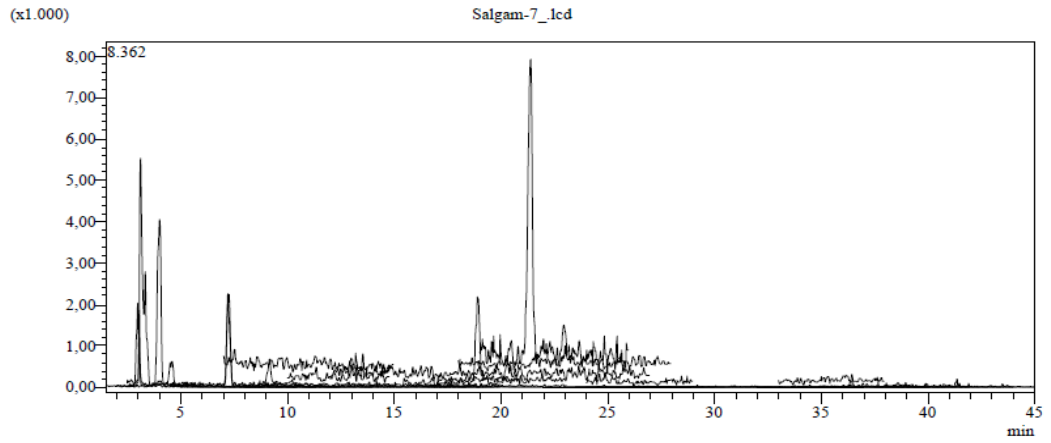
Şekil 4.11. Bağlıca köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromotogramı



Şekil 4.12. Boğaz köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromatogramı



Şekil 4.13. Dere köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromatogramı



Şekil 4.14. Balpınar köyünde yetişen şalgam örneğinin iyon kromatogramı

4.4. Şalgam örneklerinin antioksidan aktivite sonuçları

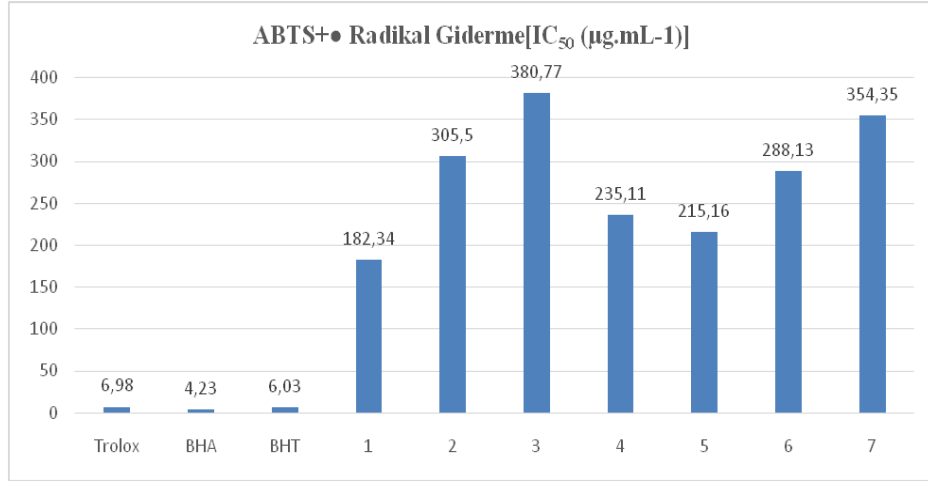
Şalgam örneklerindeki antioksidan aktivitelerinden üç farklı yöntem olan; ABTS⁺ Radikal Giderme, DPPH Serbest Radikal Giderme ve İndirgeme Gücü şeklinde analizi yapılarak çıkan değerlerin ortalama ve standart sapması Çizelge 4.12’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Bu farklı yöntemlerin her birinin değerlendirilmesi yapılarak sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Şalgam Örnekleri ve Standartlar	ABTS ⁺ Radikal Giderme[IC50(µg.mL ⁻¹)]	DPPH [•] Radikal Giderme [IC50 (µg.mL ⁻¹)]	İndirgeme Gücü (µmol TE.mL ⁻¹ ekstre)
Trolox	6.98 ± 0.18	4.83 ± 0.13	4.83 ± 0.13
BHA	4.23 ± 0.008	4.18 ± 0.09	6.51 ± 0.04
BHT	6.03 ± 0.15	11.13 ± 0.11	5.24 ± 0.08
1	182.34 ± 3.12	32.11 ± 0.15	0.26 ± 0.006
2	305.50 ± 4.46	30.24 ± 0.42	0.17 ± 0.002
3	380.77 ± 4.34	26.15 ± 0.32	0.11 ± 0.001
4	235.11 ± 2.24	27.79 ± 0.21	0.19 ± 0.002
5	215.16 ± 1.80	33.22 ± 0.25	0.23 ± 0.004
6	288.13 ± 3.57	32.45 ± 0.32	0.18 ± 0.003
7	354.35 ± 2.58	29.77 ± 0.35	0.22 ± 0.003

Çizelge 4.12. Şalgam örnekleri ve standartların antioksidan aktivite değerleri

4.4.1. ABTS⁺ radikal giderme sonuçları

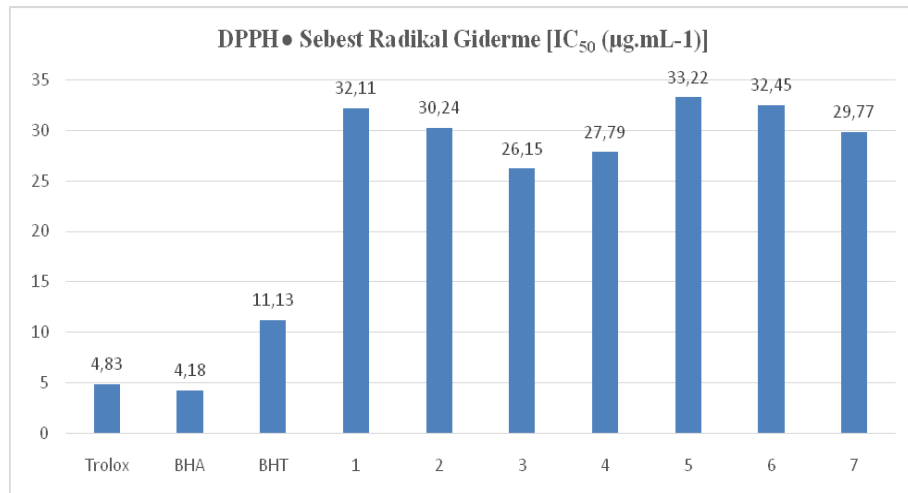
734 nm dalga boyunda UV spektrofotometresiyle ölçümler yapılarak absorbans değeriyle antioksidan gücü birbiriyle ters orantılıdır. Şalgam bitkisinin 1. örneğindeki Aşağı Kıratlı köyü ile 5. örneğindeki Boğaz köyündeki yenilebilir aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca şalgam örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında ABTS⁺ radikal giderme aktivitesi en fazla olan 1. ve 5. örnek, en az olanı ise 3. örnektir. Şekil 4.15’te olan örnekler ile standartları karşılaştırıldığında ABTS⁺ radikal giderme aktivite sıralaması BHA > BHT > Trolox > 1 > 5 > 4 > 6 > 2 > 7 > 3 şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.15. Trolox, BHT, BHA standartları ile şalgam örneklerinin ABTS radikal giderme aktiviteleri

4.4.2. DPPH• serbest radikal giderme sonuçları

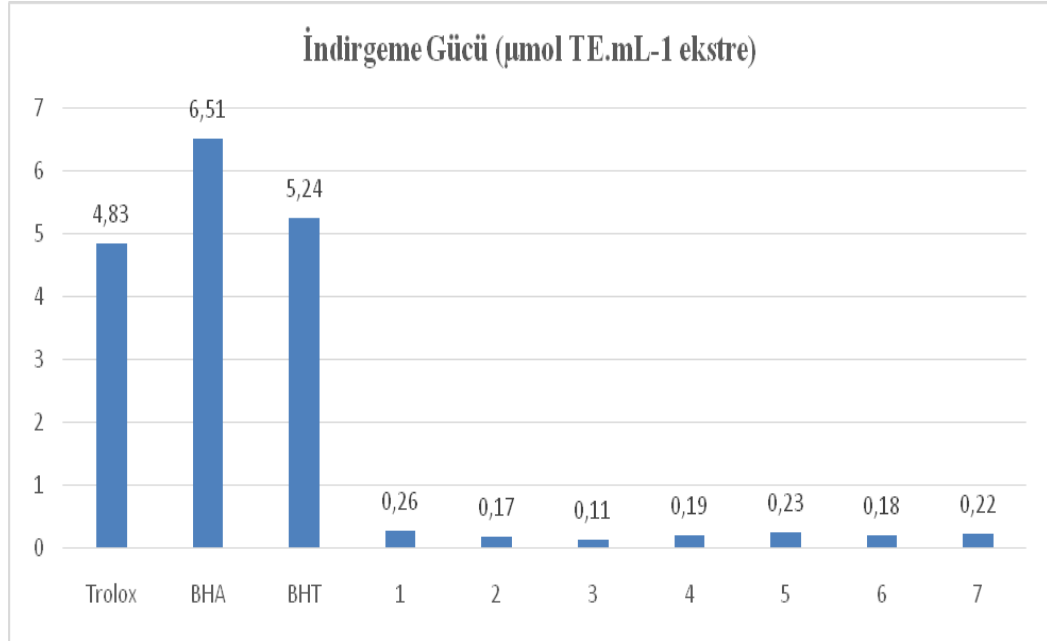
517 nm dalga boyunda UV spektrofotometresiyle yapılan ölçümde absorbans değeriyle antioksidan gücü birbiriyle ters orantılıdır. DPPH• serbest radikal giderme sonuçlarına bakıldığında şalgam bitkisinin 3. örneğindeki Yayladüzü köyü ile 4. örneğindeki Bağlıca köyündeki serbest radikal giderme aktivitesinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Şalgam örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında ABTS⁺ radikal giderme aktivitesi en fazla olan bileşik 3. ve 4. örnek, en az olanı ise 5. örnektir. Şekil 4.16'da yer alan 7 tane şalgam örneğinin serbest radikal giderme aktiviteleri arasında aşağıdaki gibi bir ilişki ve sıralama gözlemlenmiştir. Örnekler ile standartlar birbiriyle karşılaştırıldığında antioksidan aktivite gücü BHA > Trolox > BHT > 3 > 4 > 7 > 2 > 1 > 6 > 5 biçiminde olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.16. Trolox, BHT, BHA standartları ile şalgam örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri

4.4.3. İndirgeme gücü sonuçları

700 nm’de UV spektrofotometresiyle yapılan ölçümde antioksidan gücüyle ölçümü yapılan absorbans değerleri arasında doğru orantılı olan bir artış belirlenmiştir. Bu bilgiler neticesinde Şekil 4.17’de 7 tane şalgam örneği ile standartların indirgenme gücü arasındaki ilişkinin $BHA > BHT > Trolox > 1 > 5 > 7 > 4 > 6 > 2 > 3$ biçiminde olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.17. Trolox, BHT, BHA standartları ile örneklerin indirgeme gücü aktiviteleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şalgam, *Brassica* sebzelerinin önemli bir temsilcisidir. Dünyada, çiğ veya pişmiş olarak tüketilmektedir. Ülkemizde ise az kesim tarafından tüketilmekte genellikle hayvan yemi şeklinde değerlendirilmektedir. Bu çalışma, literatürde az rastlanan şalgam bitkisinin ağır metal, fenolik bileşikler ve antioksidan içeriklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Batman yöresinde yetişen şalgam örneklerine bakıldığında, merkez ilçeye bağlı Balpınar köyü ve Hasankeyf ilçesine bağlı Tepebaşı köyündeki şalgam örneklerinin aktivitelerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Gercüş ilçesine bağlı Bağlıca köyündeki şalgam örneklerinin fenolik bileşik miktarlarını değerlendirdiğimizde, diğer şalgam örneklerine göre daha düşük oranlarda içeriğe sahip oldukları saptanmıştır. Batman yöresinde yetişen şalgam örnekleri analiz edildiğinde, sonuçlarının ve fenolik madde miktarının birbirlerine yakın oldukları tespit edilmiştir. Şalgam örnekleri LC-MS/MS cihazıyla analiz edilerek 7 adet fenolik bileşik belirlenmiştir. Batman yöresinde yetişen şalgam sebzelerinin sonuçları gözden geçirildiğinde fenolik bileşik içeriği bakımından zengin olduğu gözlemlenmiştir. Bu şalgam örneklerinde fenolik bileşik içeriklerindeki değerlerin beklentinin altında olmasının nedeni, yüksek sıcaklığa maruz kalması, iyonik bağ ve çözücü olarak sadece etanol tercih edilmesi olarak değerlendirilmektedir.

Şalgam bitkisinin ağır metal derişimlerini değerlendirdiğimizde, kurşun, civa ve arsenik ağır metallerinin JECFA'nın belirlemiş olduğu haftalık olarak alınabilir miktarlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Şalgam örneklerinde kurşun, civa ve arsenik ağır metal miktarlarının biraz fazla olmasının sebebi, cihazdan ve çözücülerden gelen kirlilik ve laboratuvarında yapılan bireysel hatalar olarak değerlendirilmektedir. Şalgam örneklerinde bakır, demir, çinko ve kalay değerlerinin JECFA tarafından belirlenen haftalık kabul edilebilir değerlerde olduğu sonucuna varılmıştır. Kobalt, kadmiyum ve nikel gibi diğer ağır metallerin derişimlerini değerlendirdiğimizde ise JECFA tarafından belirlenen haftalık olarak alınabilir miktarlara yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir. Şalgam örneklerinin ağır metal miktarları değerlendirildiğinde JECFA tarafından belirlenmiş haftalık olarak alınabilir miktarlarıyla uyumlu olduğu ve bu haliyle tüketilmesinde bir olumsuzluk oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, şalgamın ağır metal değerlerinin tespit edilmesi, hem çevrede bulunan maddelerin ağır metallerle kontamine olması sebebiyle meydana gelebilecek problemlere tedbir

alınmasına, hem de toksik metallerin şalgamda olabilecek en yüksek değerlerinin belirlenmesine katkı sunabileceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada etanol çözücü olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın bundan sonra geliştirilip ilerleme sağlanması için başka çözücüler denenmeli ve neticeleri değerlendirilmelidir. Farklı ağır metal miktarlarının ölçümü yapılarak sonuçlar değerlendirilebilir. Özellikle şalgamın bulunmadığı dönemde şalgam bitkisi ve fermente salamurası iyi bir antioksidan kaynağı olabilecektir. Bitki, sebze ve meyvelerin tümünde toksik element ve besinlerin yanında fenolik bileşikler ve antioksidanların aktiviteleri son zamanlarda epeyce ilgi çekmiş ve bununla ilgili pek çok yazı çıkarılmıştır. İnsan sağlığının korunması ve sürdürülebilmesine yönelik organik besin tüketimi hayati önem taşımaktadır. Özellikle yurdumuzda üretimi ve tüketimi olan şalgam bitkisinin insan sağlığında önemli yer tutan antioksidan aktiviteye, besleyici elementlere ve fenolik bileşik içerikler belirlendiğinden buna benzer özelliklere sahip meyve ve bitkinin tüketilmesine gereksinim duyulduğu, lakin kontrollü ve ölçülü bir şekilde tüketiminin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abo-Youssef, A. M. and Mohammed, R. 2013. Effects of Brassica rapa on fructose-induced metabolic syndrome in rats: A comparative study. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 21(1), 1-5.
- Ahmad H, Yousafzai AM, Siraj M et al (2015) Pollution problem in River Kabul: accumulation estimates of heavy metals in native fish species. *BioMed Research International* 2015: 1-7.
- Afsharypuor, S. and Tahmasian, M. 2010. Volatile constituents of the tuberous tap-root, leaf and seed of Brassica rapa L. ssp. rapa cultivated in Isfahan (Iran). *Journal of Essential Oil Research*, 22(2), 173-175.
- Alaf, M. (2007). Kalay (Sn) ve kalayoksit (SnO₂) ince filmlerinin üretim ve karakterizasyonu. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*.
- Alexander CS (1972) Cobalt-beer cardiomyopathy. A clinical and pathologic study of twenty-eight cases. *The American Journal of Medicine* 53:395-417.
- Ali, A. M., Barakat, N. T., Obaid, H. H., Hassan, A. A. and Abaas, Z. A. 2010. Cytotoxicity effect of aqueous extract of Brassica rapa roots on cancer cell lines in vitro. *Iraqi Journal of Science*, 51(4), 550-560
- Arias-Carmona, M. D., Romero, M. A., Muñoz, N. and Vázquez, M. L. 2012. Sensory analysis of protected geographical indication products: An example with turnip greens and tops. *Journal of Sensory Studies*, 27(6), 482-489.
- Bangash, J. A., Arif, M., Khan, M. A., Khan, F. and Hussain, I. 2011. Proximate composition, minerals and vitamins content of selected vegetables grown in Peshawar. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 33(1), 118-122.
- 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.
- Behnam, K. and Sani, A. M. 2017. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils and extracts of two varieties of turnip (Brassica rapa) root and leaves in Fars-Iran. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 6(1), 399- 404.
- Bellostas, N., Sørensen, J. C. and Sørensen, H. 2004. Qualitative and quantitative evaluation of glucosinolates in cruciferous plants during their life cycles. *Agroindustria*, 3(3), 5-10.
- Björkman, M., Klingen, I., Birch, A. N., Bones, A. M., Bruce, T. J., Johansen, T. J. and Stewart, D. 2011. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*, 72(7), 538-556.

- Bradshaw, J. E., Heaney, R. K., Macfarlane, W. H., Gowers, S., Gemmell, D. J. and Fenwick, G. R. 1984. The glucosinolate content of some fodder Brassicas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(9), 977-981.
- 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.
- Butt, M. S. and Sultan, M. T. 2011. Nutritional profile of vegetables and its significance to human health. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, 107-123.
- Carlson, D. G., Daxenbichler, M. E., Tookey, H. L., Kwolek, W. F., Hill, C. B. and Williams, P. H. 1987. Glucosinolates in turnip tops and roots: Cultivars grown for greens and/or roots. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1), 179-183.
- Cartea, M. E., Francisco, M., Soengas, P. and Velasco, P. 2011. Phenolic compounds in brassica vegetables. *Molecules*, 16(1), 251-280.
- Cartea, M. E. and Velasco, P. 2007. Glucosinolates in Brassica foods: Bioavailability in food and significance for human health. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 213- 229.
- Cullen, W.R. and Reimer, K.J., 1989. Arsenic speciation in the environment, *Chem.Rev.*, 713-764.
- 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.
- 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 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 17.07.2022).
- Fernandes, F., Valentão, P., Sousa, C., Pereira, J. A., Seabra, R. M. and Andrade, P.B. 2007. Chemical and antioxidative assessment of dietary turnip (*Brassica rapa* var. *rapa* L.). *Food Chemistry*, 105(3), 1003-1010.
- Fimognari, C., Turrini, E., Ferruzzi, L., Lenzi, M. and Hrelia, P. 2012. Natural isothiocyanates: Genotoxic potential versus chemoprevention. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 750(2), 107-131.
- Francisco, M., Moreno, D. A., Cartea, M. E., Ferreres, F., García-Viguera, C. and Velasco, P. 2009. Simultaneous identification of glucosinolates and phenolic compounds in a representative collection of vegetable *Brassica rapa*. *Journal of Chromatography A*, 1216(38), 6611-6619.

- Goncaoglu B.İ., Yıldız Ş., Apaydın Ö., 2001. Katı Atık Depolama Sahalarında Geçirimsiz Tabaka Olarak Kil Bariyer Kullanılması ve İstanbul Depolama sahalarındandaki Uygulamalar, *10. Ulusal Kil Sempozyumu*,19-22.
- Gross, K. C. and Acosta, P. B. 1991. Fruits and vegetables are a source of galactose: Implications in planning the diets of patients with galactosaemia. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 14(2), 253-258.
- Haliloğlu, H. İ., Arslan, M., Lee, B. J. ve Dabrowski, K. 2012. The effects of dietary turnip (*Brassica rapa*) and biofuel algae on growth and chemical composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Turkish Journal of Fisheries And Aquatic Sciences*, 12(2), 323-329.
- Hassanzadeh-Taheri, M., Hosseini, M., Hassanpour-Fard, M., Ghiravani, Z., Vazifeshenas-Darmiyan, K., Yousefi, S. and Ezi, S. 2016. Effect of turnip leaf and root extracts on renal function in diabetic rats. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 16(4), 279-286
- HE, Z.L., Yang, X.E and Stoffella, P.J., 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *J Trace Elem Med Biol*. 125-140.
- Hong, E. and Kim, G. H. 2008. Anticancer and antimicrobial activities of β - phenylethyl isothiocyanate in *Brassica rapa* L. *Food Science and Technology Research*, 14(4), 377-377.
- Hosseini, S. E., Zahiri, S. and Aqababa, H. 2013. Effect of alcoholic extract of *Brassica rapa* root on formalin test pain in adult male rats. *The Horizon of Medical Sciences*, 19(3), 161-166.
- Iqbal, S., Younas, U., Chan, K. W., Saeed, Z., Shaheen, M. A., Akhtar, N. and Majeed, A. 2013. Growth and antioxidant response of *Brassica rapa* var. *rapa* L. (turnip) irrigated with different compositions of paper and board mill (pbm) effluent. *Chemosphere*, 91(8), 1196-1202.
- Jahangir, M., Kim, H. K., Choi, Y. H. and Verpoorte, R. 2009. Health affecting compounds in Brassicaceae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(2), 31-43.
- Jung, U. J., Baek, N. I., Chung, H. G., Bang, M. H., Jeong, T. S., Lee, K. T. and Choi, M. S. 2008. Effects of the ethanol extract of the roots of *brassica rapa* on glucose and lipid metabolism in C57BL/Ksj-Db/Db mice. *Clinical Nutrition*, 27(1), 158-167.
- Kahlon, T. S., Chapman, M. H. and Smith, G. E. 2007. In vitro binding of bile acids by okra, beets, asparagus, eggplant, turnips, green beans, carrots, and cauliflower. *Food Chemistry*, 103(2), 676-680.
- Kahlon, T. S., Avena-Bustillos, R. J. and Chiu, M. C. M. 2018. Whole grain gluten free high protein vegetable snacks of buckwheat peanut meal and kale. *Food and Nutrition Sciences*, 9(04), 335.

- Karthiga, S. and Jaganathan, D. 2013. Total antioxidant capacity and total phenol content of pulses and root vegetables commonly used in India. *Int. J. Food Nut. Sci*, 2, 24.
- Kayserili, A. 2011. Erzurum şehrinin kültürel coğrafyası (maddi kültür öğelerine göre). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı*, 256, Erzurum.
- 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.
- Klopsch, R., Witzel, K., Börner, A., Schreiner, M. and Hanschen, F. S. 2017. Metabolic profiling of glucosinolates and their hydrolysis products in a germplasm collection of *Brassica rapa* turnips. *Food Research International*, 100(3), 392-403.
- Kumar, S. And Andy, A. 2012. Health promoting bioactive phytochemicals from *Brassica*. *International Food Research Journal*, 19(1), 141-152.
- 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.
- Lagarigue, D. 2015. Evaluation of changes in glucosinolates profile and biosynthetic genes expression in turnip (*Brassica rapa* L.). MSc Thesis Plant Breeding - Plant Sciences - Plant Breeding - Wageningen University.
- Li, X., Li, B. and Yang, Y. 2018. Effects of foliar selenite on the nutrient components of turnip (*Brassica rapa* var. *rapa* linn.). *Frontiers in Chemistry*, 6: 42. doi: 10.3389/fchem.
- Martínez, S., Olmos, I., Carballo, J. and Franco, I. 2010. Quality parameters of *Brassica* spp. grown in northwest Spain. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(4), 776-783.
- Medeiros RJ, Santos LMG, Freire AS et al (2012) Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil. *Food Control* 23: 535-541.
- Mirzaie, H., Johari, H., Najafian, M. and Kargar, H. 2012. Effect of ethanol extract of root turnip (*Brassica rapa*) on changes in blood factors HDL, LDL, triglycerides and total cholesterol in hypercholesterolemic rabbits. *Advances in Environmental Biology*, 6(10), 2796-2801.
- Mnkeni, A. P., Gierschner, K. and Maeda, E. E. 1999. Effect of blanching time and salt concentration on pectolytic enzymes, texture and acceptability of fermented green beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 53(4), 285-296.

- Mohajeri, D., Gharamaleki, M. N., Hejazi, M. N., Sajjad, S. And Nazeri, M. 2011. Protective effect of turnip root (*Brassica rapa* L.) Ethanolic extract on early hepatic injury in alloxanized diabetic rats. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(7), 748-756.
- Mullin, W. J., Collins, M. and Proudfoot, K. G. 1980. Glucosinolate content and clubroot of rutabaga and turnip. *Canadian Journal of Plant Science*, 60(2), 605-612.
- Nearing, M.M, Koch, I., Reimer K.J., 2014. Complementary arsenic speciation methods; A review, *Spectrochimica Acta Part, B* 99, 150-162.
- Nugrahedhi, P.Y. 2015. Glucosinolates during preparation of Brassica vegetables in Indonesia. Doktora Tezi, Wageningen University, 12, Wageningen.
- Nugrahedhi, P. Y., Verkerk, R., Widianarko, B. and Dekker, M. 2015. A mechanistic perspective on process-induced changes in glucosinolate content in Brassica vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(6), 823-838. doi.org/10.1080/10408398.2012.688076
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr*, 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.
- Paul, S., Geng, C. A., Yang, T. H., Yang, Y. P. and Chen, J. J. 2019. Phytochemical and health beneficial progress of turnip (*Brassica rapa*). *Journal of Food Science*, 84(1), 19-30.
- Pereira, D., Valentão, P., Pereira, J. and Andrade, P. 2009. Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202-2211.
- Prá, V. D., Jardim, N. S., Dolwitsch, C. B., Mazutti, M. A., Viana, C., Bohrer, D., Nascimento, P. C., Carvalho, L. M., Silva, M. B., Carvalho, C. A. and Rosa, M. D. 2013. A review of influence of environment and process parameters on glucosinolate-myrosinase system from Brassica. *J. Appl Pharmac Sci*, 3(8), 121-128. doi: 10.7324/japs.2013.3922
- Raiola, A., Errico, A., Petruk, G., Monti, D., Barone, A. and Rigano, M. 2017. Bioactive compounds in Brassicaceae vegetables with a role in the prevention of chronic diseases. *Molecules*, 23(1), 15.
- 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.

- Ryu, J. P., Kim, D. C., In, M. J., Chae, H. J. and Lee, S. D. 2012. Antioxidant potential of ethanol extract of *Brassica rapa* L. root. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(9), 1581-1584.
- Saeed, M. K., Anjum, S., Ahmad, I., Nisa, A., Ali, S., Zia, A. and Ali, S. 2012. Nutritional facts and free radical scavenging activity of turnip (*Brassica rapa*) from Pakistan. *World Applied Sciences Journal*, 19(3), 370-375.
- Sanlier, N. and Guler, S. M. 2018. The benefits of brassica vegetables on human health. *Journal of Human Health Research*, 1(1), 104.
- 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.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Shattuck, V. I., Kakuda, Y., Shelp, B. J. and Kakuda, N. 1991. Chemical composition of turnip roots stored or intermittently grown at low temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(5), 818-822.
- Shinn C, Dauba F, Grenouillet G et al (2009) Temporal variation of heavy metal contamination in fish of the Lot River in southern France. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 1957-1965.
- 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.
- 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
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J., 2012. Heavy Metals Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Enviromental Toxicology*, 133-160.
- Thompson, H.C. Tiveron, A. P., Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Vieira, T. M., Regitano-d'Arce, M. A. and Alencar, S. M. 2012. Antioxidant activity of brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8943-8957.
- Tindall, H.D. 1983. *Vegetables in the Tropics*. Macmillan Press, London.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 17.07.2022).

- Uçar H., 2021. Bor Endüstri Atıklarında Bazı Elementlerin ICP-MS Yöntemiyle Tayini ve Mikroyopısal Özellikleri'nin Araştırılması, Batman Üniv., Yüksek Lisans Tezi, *Lisansüstü Eğitim Enst.*, 28-52.
- Uthpala T., Marapana R., Rathnayake A. and Maduwanthi S. 2019. Cucumber vegetable as a brine fermented pickle. *Trends and Prospects in Processing of Horticultural Crops*. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, 447-462, India.
- Vogl-Lukasser, B., Vogl, C. R. and Reiner, H. 2007. The turnip (*Brassica rapa* L. subsp. *rapa*) in eastern tyrol (Lienz District; Austria). *Ethnobotany Research and Applications*, 5, 305-317.
- Vural H (1993) Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi* 8: 3-8.
- Yadav, N., Mishra, N. and Yadav, A. 2016. Analysis of physiochemical properties and antioxidant profile of selected vegetables. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 3(2), 151-154.
- Yaman M, Bal T, Yaman İH (2013) Metal levels in *Trachurus trachurus* and *Cyprinus carpio* in Turkey. *Food Additives and Contaminants* 6: 301-306.
- Yılmaz M.A., 2015. Bazı Achille L. Türlerinin LCMS-IT/TOF ve LC-MS/MS ile Metabolik Profillerinin Çıkarılması ve Biyolojik Aktivitelerinin Belirlenmesi, *Dicle Üniv.*, Kimya Anabilim Dalı, 50-95.
- Zahoor, I. and Khan, M. A. 2017. Effect of various pretreatments on quality attributes of dried turnip slices after convective drying and during storage in various packaging materials. *International Journal of Technical Research and Science*, 2(11), 2454-2024 .
- Zhang, N., Zhao, J., Lens, F., De Visser, J., Menamo, T., Fang, W., Xiao, D., Bucher, J., Basnet, B. K., Lin, K., Ching, F., Wang, X., Lagarrigue, G. and Cheng, F. 2014. Morphology, carbohydrate composition and vernalization response in a genetically diverse collection of Asian and European turnips (*Brassica rapa* subsp. *rapa*). *Plos One*, 9(12), e114241.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İlham ASLAN

Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İl	Bitirme Yılı
Lise	Batman Lisesi/Batman	2003
Üniversite	Siirt Üniversitesi/Siirt Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Öğretmeni	2012

YABANCI DİLLER

İngilizce