

## Bazı Endemik ve Doğal *Isatis* L. Türlerine Ait Kök ve Gövde Ekstraktlarının Biyoaktivitesi ile Tohum Yağlarının Analizi

Nazan ÇÖMLEKÇİOĞLU

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0001-7729-5271>

✉: noktem80@gmail.com

### ÖZET

Bu çalışmada, HPLC analizleri sonucunda bitkilerde doğal glukozinolatlardan progoitrin, epiprogoitrin, glukonapin, glucoerusin, glukobrassisin olmak üzere beş farklı glukozinolat farklı miktarlarda belirlenmiştir. *I. tinctoria* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa*'da köklerinde ana bileşenler progoitrin ve glukobrassisin iken, diğer üç türde glukonapin ve glukobrassisin olarak bulunmuştur. Gövdeye oranla kökte daha yüksek oranda glukozinolat, fenolik, flavonoid madde ve protein miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca kök ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin gövdeye oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bitkilerin kök ve gövde ekstraktlarının her ikisi de gram pozitif bakterilerin büyümesini inhibe ederken, gram negatif bakterilerin büyümesini yalnızca kök ekstraktlarının inhibe ettiği görülmüştür. *I. aucherii*, *I. buschiana*, *I. candolleana*, *I. tinctoria* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa* tohumlarının yağ içerikleri sırasıyla % 30.41, 37.55, 38.43, 28.79 ve 36.45 olarak elde edilmiştir. Çalışılan tüm türlerde yağın önemli bir kısmının doymamış yağ asitlerinden (oleik, linoleik, alfa-linolenik, cis-11 eikosenoik ve erusik asit) oluştuğu belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 09.12.2019

Kabul Tarihi : 13.03.2020

#### Anahtar Kelimeler

*Isatis*

Glukozinolat

Antioksidan

Antimikrobiyal

Yağ asitleri

## The Analysis of Seed Oil with Bioactivity of Root and Stem Extracts of some Endemic and Native *Isatis* L. Species

### ABSTRACT

In this study, five different glucosinolates including progoitrin, epiprogoitrin, gluconapine, glucoerucine, glucobrassicin were determined in different plant species by using HPLC. The main constituents of *I. tinctoria* and *I. tinctoria* subsp. *corymbosa* roots were progoitrin and glucobrassicin, while the other three species contained gluconapine and glucobrassicin. A higher amount of glucosinolate, phenolic, flavonoid substance and protein were detected in the plant roots than in the stems. The antioxidant activity of root extracts was found higher than the stem. The root and stem extracts of plants showed significant inhibition on gram positive bacteria, but the only root extracts showed inhibition on gram negative bacteria. The oil content of *I. aucherii*, *I. buschiana*, *I. candolleana*, *I. tinctoria* and *I. tinctoria* subsp. *Corymbosa* seeds were 30.41%, 37.55%, 38.43%, 28.79% and 36.45%, respectively. Major fatty acid component of the all plant species studied were the unsaturated fats like oleic, linoleic, alpha-linolenic, cis-11 eicosenoic and erucic acid.

### Research Article

#### Article History

Received : 09.12.2019

Accepted : 13.03.2020

#### Keywords

*Isatis*

Glucosinolate

Antioxidant

Antimicrobial

Fatty acid

**To Cite** : Çömlekçioğlu N 2020. Bazı Endemik ve Doğal *Isatis* Türlerine Ait Kök ve Gövde Ekstraktlarının Biyoaktivitesi ile Tohum Yağlarının Analizi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23 (4): 860-869. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.657322.

### GİRİŞ

Bitkiler 200.000'den fazla farklı tipte kimyasal bileşik üretmekte olup çok azı, bitkilerin büyümesini ve üremesini sağlayan primer metabolitler iken; bu

bileşiklerin çoğu, tozlayıcıları çeken veya patojen ve herbivorlara karşı bitkiyi savunan, bitkilerin hayatta kalması ve çoğalması için kritik rol oynayan sekonder metabolitlerdir (Grosser ve Van dam, 2017). Önemli

sekonder metabolitlerden biri olan glukozinolatlarla (GLs) ilgili ilk gözlem 17. yy'ın başlarında yapılmış olsa da, 1956'da Ettliger ve Lundeen, glukozinolatların günümüzde kabul edilen yapısını ilk kez önermişler ve daha sonra GLs'ların ilk kimyasal sentezini tanımlamışlardır. Son 40 yılda GLs'ların biyolojisi ve kimyası ve onların bitkiler arasındaki dağılımları üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Fahey ve ark., 2001; Wittstock ve Halkier, 2002; Steinbrecher ve ark., 2009; Arora ve ark., 2016).

Brassica bitkilerinin önemli ikincil metabolitlerini oluşturan glukozinolatların konsantrasyonu ve bileşimi; sıcaklık, hidrasyon, demir varlığı, böcekler ve toprak pH'sı gibi birçok çevresel faktörden etkilenmekte ve aynı bitki içindeki farklı dokular arasında bile büyük ölçüde farklılık göstermektedir (Navarro ve ark., 2012; Sun ve ark., 2018). Fakat bir türün hangi GLs tipini sentezleyeceği genetik yapıya bağlı olarak gelişmektedir (Sarıkamış ve ark., 2008). Şuana kadar, 140'dan fazla farklı glikozinolat tanımlanmıştır (Kumar, 2017). GLs'lar farklı aminoasit öncüllerinin yapılarına bağlı olarak (i) metionin, izolösin, lösin veya valin'den türevlenen alifatik GLs'lar, (ii) fenilalanin veya tirozin'den türevlenen aromatik GLs'lar, (iii) triptofandan türevlenen indol GLs'lar, olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Redovnikovic ve ark., 2008).

Glikozinolatların ve bunların parçalanma ürünlerinin hepsinin güçlü biyolojik aktivite sergilediği yaygın olarak kabul edilmektedir (Cartea ve Velasco, 2008). Crucifer bitki dokuları mekanik hasara uğradığında, glukozinolatlar, özellikle prostat, kolon ve akciğer kanseri riskini azaltmada etkili olduğu kanıtlanan izotiyosiyanatları stabilize etmek için myrosinaz ile reaksiyona girer (Mewis ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2018; Núñez-Iglesias ve ark., 2019). Glikozinolatlara ek olarak, Brassica sebzeleri askorbik asit, karotenoidler ve çeşitli fenolikler dahil olmak üzere sağlığı teşvik eden birçok bileşik içerir (Sun ve ark., 2018). Sebzeler insan beslenmesinde vazgeçilmezdir ve besinsel özellikleri için değerlidir.

Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta doğal olarak yetişen *Isatis buschiana*, *Isatis candoleana* (endemik), *Isatis tinctoria* subsp. *corymbosa* ve *Isatis aucherii* (endemik) ve bir kültür formu olan *Isatis tinctoria* üzerine yapılmıştır. Glukozinolatlarla ilgili yapılan çalışmalar genelde günlük yaşantıda tüketilen brokoli, tere, lahanaya gibi bitkiler üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan literatür taramasında *I. tinctoria* üzerinde çalışmalar varken, diğer türler üzerinde çok az çalışma bulunmaktadır. Ayrıca bitkinin boya elde edilen ve ekonomik değeri yüksek yaprakları üzerine yoğunlaşıldığı, diğer organlarının besleyici bileşimi ile ilgili çok az çalışma yapıldığı görülmüştür. Böylece bu çalışmanın amacı, çeşitli çiviotu türlerinin farklı organlarındaki sağlığı teşvik

eden ana bileşiklerin ve antioksidan aktivitelerin içeriğini ve bileşimini tespit etmektir. Bu bulgular insan beslenmesi için bir rehber sağlayacaktır. Bu çalışmayla adı geçen çiviotu türlerinin kök ve gövdelerindeki doğal (intakt) glukozinolat, toplam fenolik ve flavonoid içerik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite ve protein-kül miktarları ile *Isatis* tohumlarının yağ içeriği araştırılmış ve yağ asidi kompozisyonunun analizi GC-MS'te yapılmıştır.

## MATERYAL ve METOD

### Bitki Materyali

*I. aucherii* (endemik) ve *I. candolleana* (endemik) bitkileri Kahramanmaraş şehir merkezindeki Ahırdağı'ndan (960 m) Haziran ayında toplanmıştır. *I. tinctoria* subsp. *corymbosa* Püren Geçidi-Göksun/Kahramanmaraş ve *I. buschiana* bitkileri Çardak Köyü-Göksun/Kahramanmaraş'taki yetiştiği doğal alanlardan (sırasıyla 1300-1400 m ve 1200-1250 m) toplanmıştır. Bitkiler Flora of Turkey'e göre, Prof. Dr. Ahmet İLÇİM tarafından teşhis edilmiştir (Davis, 1965). *I. aucherii* (1782), *I. buschiana* (1735), *I. candolleana* (1737) ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa*'ya (1786) ait herbaryum örnekleri KSÜ-Biyoloji Bölümü'ne ait herbaryumda saklanmaktadır. *I. tinctoria*'nın tohumları, IPK-Institute for Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Almanya'dan temin edilmiş ve Kahramanmaraş/Türkiye'de yetiştirilmiştir.

### Örnek Hazırlığı

Bitkiler toplandıktan sonra oda sıcaklığında, rutubetsiz bir ortamda kurutulmuştur. Kurutulan örnekler laboratuvar öğütücüsünde (Waring Commercial) öğütülerek toz haline getirilip, deneyde kullanılmak üzere ışık ve nemden korunarak cam şişelerde saklanmıştır.

### Kül ve Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Bitki örneklerin kül içeriği, Avrupa standardı UNIEN 1477527 yöntemi kullanılarak, protein içeriği ise AOAC28 yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 1990; En, 2009). Analizler, sırasıyla kül ve protein metotları için 5 g ve 2 g bitki numuneleri kullanılarak yapılmıştır. Tüm deneyler üç kez tekrar edilmiştir.

### Tohum Yağ İçeriği ve Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Tohumlardan sokslet metoduyla elde edilen sabit yağ içerisindeki yağ asitlerinin analizi GC-MS ile Li ve ark. (2012)'a göre yapılmıştır. GC-MS analizleri Shimadzu GC 2025 sistemi ® ile gerçekleştirilmiştir. TRCN-100 (60m x 0,25 mm x 0,20 µm film thickness) SE-54 fused silika kapiler kolon kullanılmıştır. Elektron enerjisi 70 eV'tur. Enjeksiyon miktarı 1 µl'dir. Örnekler 80 °C'de 2 dakika bekletildikten sonra

sıcaklık dakikada 5°C artırılıp 140 °C'de 2 dakika tutulmuştur. Bu işlemi takiben, dakikada 3°C'lık bir artışla 240 °C'da 5 dakika daha bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 61 dakika olarak ayarlanmıştır. Enjeksiyonlar split modda (1:50) 240 °C ısıda gerçekleştirilmiştir ve dedektör sıcaklığı 250 °C'dir. Helyum taşıyıcı gaz olarak kullanılıp ve akış hızı 30ml/ dk'ya ayarlanmıştır. Kullanılan gaz akışları H<sub>2</sub>= 40ml/dk ve kuru hava =400 ml/dk olarak belirlenmiştir.

### İntakt Glukozinolatların Ekstraksiyonu ve HPLC Analizi

Bitki ekstraktlarının intakt glukozinolat içerikleri Mohn ve ark. (2007)'nin metoduna göre bazı modifikasyonlar yapılarak HPLC'de analiz edilmiştir. Analiz C18 kolonda (Nucleosil 100-5 C18, 250 × 4.6 mm), DAD detektörlü HPLC'de (Shimadzu, Kyoto, Japan) yapılmıştır. Mobil Faz A: 10mM amonyum format ve B: asetonitril olmak üzere iki çözücünden oluşan taşıyıcı faz ile 1 ml/dk'lık akış hızında analiz edilmiştir. Analiz UV dedektör ile linear gradient programda 229 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Kolon sıcaklığı 25 °C'dir. Glukozinolatların miktarının µmol/g kuru ağırlık cinsinden hesaplanmıştır. Sinigrin, progoitrin, epiprogoitrin, glukonapin, glukoverosin ve glukobrassinin glukozinolat standartları olarak kullanılmıştır. Tüm ölçümler 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve ortalama değerler kullanılmıştır.

### Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerikleri ile Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Toplam fenolik içerik tayini: Örneklerin toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu Reaktif (FCR) metodu kullanılarak Obanda ve ark. (1997)'in metodu modifiye edilerek yapılmıştır. Standart olarak gallik asit (Sigma) kullanılmıştır. Hazırlanan solüsyonlar spektrofotometrede (Perkin-Elmer Lambda EZ 150, USA) 750 nm'de okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru örnek ağırlığı cinsinden verilmiştir.

Toplam flavonoid içerik tayini: Bitki ekstraktlarındaki toplam flavonoid içeriği Chang ve ark. (2002)'a göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Standart solüsyon farklı konsantrasyonlarda (25-200 µg/mL) yukarıdaki metoda göre hazırlanan quercetin (Sigma) ile hesaplanmıştır. Absorbans 415 nm'de spektrofotometrede okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri µg quercetin eşdeğeri/g kuru örnek ağırlığına dönüştürülmüştür.

### Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu: Antioksidan kapasite (serbest radikallerin indirgenme kapasitesi) Brand-Williams ve ark. (1995)

tarafından tanımlanan DPPH metodu modifiye edilerek belirlenmiştir. Her bitki ekstraktından seyreltilerek beş farklı konsantrasyonda solüsyon hazırlanmıştır. Askorbik asit pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, DPPH serbest radikallerinin %50'sini indirgemek için gereken konsantrasyon değeri olan IC<sub>50</sub> olarak gösterilmiştir.

FRAP (ferric reducing antioxidant power) metodu: Demir iyonu indirgeyici antioksidan gücün (FRAP) belirlenmesi Benzie ve Strain (1996)'a göre yapılmıştır. Bitki ekstraktlarından 50 µl, 2ml'lik ependorf tüplerine aktarılmış ve üzerine 600 µl FRAP ajanı eklenmiştir. Absorbans 593 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar askorbik asit (100-1000 µmol/L) kalibrasyon grafiği kullanılarak µmol askorbik asit eşdeğeri/g kuru bitki ağırlığı olarak hesaplanmıştır.

### Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi

Bitki ekstraktlarının antibakteriyel aktivitesi, Klinik Laboratuvar Standartları Ulusal Komitesi'ne (NCCLS) göre oyuk agar difüzyon metodu ile belirlenmiştir (NCCLS, 1993). Testlerde Gram negatif bakterilerden (*Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*) ve Gram pozitif bakterilerden (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) kullanılmıştır. Bakteriler Mueller Hinton Agar'da 37 °C'de aktive olmaları için kültüre alınmıştır. DMSO (dimetil sülfoksit) içerisinde çözülen bitkisel ekstraktlar (16 mg/ml), 6 mm çapında aseptik koşullara uyularak açılan oyuklara 50 µl ilave edilmiş ve 0,5 McFarland turbiditesine serum fizyolojik ile sulandırılan (10<sup>8</sup> hücre/ml) kültürden 100 µl bakteri aşılama petri kutuları 37 °C'de 24 saat, (2.1x10<sup>3</sup> hücre/ml) maya aşılama petri kutuları da 30 °C'de 24-48 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, inhibisyon zonları mm olarak ölçülmüştür. Ayrıca DMSO (50 µl) çözücü kontrolü olarak kullanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### *Isatis* Türlerinin Protein, Kül, Tohum Yağ İçeriği ve Yağ Asidi Kompozisyonuna Ait Bulgular

Bu çalışmada incelenen *Isatis* türlerinin kök ve gövdelerindeki protein ve kül miktarı ile tohumlardaki yağ miktarı sonuçları Çizelge 1'de, tohum yağlarının yağ asidi kompozisyonlarına ait sonuçlar ise Çizelge 2'de verilmiştir. Kök ve gövdelerin ortalama protein miktarı sırasıyla, % 6.16-13.1 ve % 1.83-4.46 arasında değişmektedir. Kök ve gövdelerin ortalama kül miktarlarının ise % 3.2-4.91 ve % 2.07-2.54 arasında değiştiği görülmüştür. (Çizelge 1). *Isatis* türlerine ait tohumların yağ miktarları ise % 28.79 ile 38.43 arasında değişmiştir. Kök ve gövdedeki en yüksek protein içeriği, sırasıyla % 13.1 ve % 4.46 ile *I. tinctoria*'da gözlenmiştir. *I. candolleana* (% 38.43) ve *I. buschiana* tohumlarının (% 37.55) yağ içeriklerinin diğer türlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Kök ve gövdelerin protein ve kül miktarları ile tohumlarının yağ içeriği (%)  
Table 1. Root and stem protein and ash content and oil content of seeds (%)

	Kök / Root		Gövde / Stem		Tohum / Seed Yağ miktarı The Amount of Oil
	Protein Miktarı The Amount of Protein	Kül Miktarı The Amount of Ash	Protein Miktarı The Amount of Protein	Kül Miktarı The Amount of Ash	
<i>I. aucherii</i>	7.13 ± 0.86	4.25 ± 0.67	2.34 ± 0.34	2.14 ± 0.26	30.41 ± 0.33
<i>I. buschiana</i>	9.73 ± 0.42	3.98 ± 0.56	3.23 ± 0.61	2.07 ± 0.34	37.55 ± 0.19
<i>I. candoleana</i>	6.16 ± 0.38	4.91 ± 0.37	1.83 ± 0.19	2.45 ± 0.15	38.43 ± 0.34
<i>I. tinctoria</i>	13.1 ± 0.75	3.2 ± 0.75	4.46 ± 0.34	2.25 ± 0.74	28.79 ± 0.66
<i>I. tinctoria</i> subsp. <i>corymbosa</i>	8.32 ± 0.27	4.53 ± 0.35	3.12 ± 0.11	2.54 ± 0.44	36.45 ± 0.38

Çizelge 2. *Isatis* türlerine ait tohumların yağ asidi kompozisyonları (%)  
Table 2. Fatty acid compositions of seeds of *Isatis* species (%)

	<i>I. aucherii</i>	<i>I. buschiana</i>	<i>I. candolleana</i>	<i>I. tinctoria</i>	<i>I. tinctoria</i> subsp. <i>corymbosa</i>
C12:0 Lauric Acid	0.05	0.02	0.01	0.35	0.04
C14:0 Myristic Acid	0.24	0.10	0.07	1.38	0.06
C15:0 Pentadecanoic Acid	0.07	0.04	0.04	0.19	0.04
C16:0 Palmitic Acid	5.62	4.93	3.81	8.52	4.59
C17:0 Heptadecanoic Acid	0.09	0.10	0.04	0.15	0.06
C18:0 Stearic Acid	2.14	1.49	1.14	3.37	1.37
C20:0 Arachidic Acid	0.86	1.07	0.97	1.10	0.76
C24:0 Lignoceric Acid	0.36	0.29	0.32	0.45	0.50
C17:1 Cis-10-Heptadecanoic Acid	0.10	0.12	0.08	0.10	0.10
C14:1 Myristoleic Acid	0.04	0.01	0.01	0.20	0.04
C16:1 Palmitoleic Acid	0.29	0.28	0.21	0.44	0.22
C18:1 Oleic Acid	20.44	17.26	17.22	20.90	16.18
C20:1 Cis-11-Eicosenoic Acid	8.71	9.46	7.45	8.00	8.89
C22:1 Erucic Acid	21.48	21.68	26.45	17.36	24.89
C24:1 Nervonic Acid	3.55	2.47	1.83	2.28	2.88
C18:2 Linoleic Acid	10.60	10.81	12.58	10.25	8.21
C18:3 gama-Linolenic Acid	0.10	0.02	0.11	0.10	1.15
C18:3 alfa-Linolenic Acid	22.86	27.27	24.73	23.05	28.18
C20:2 Cis-11,14-Eicosadienoic Acid	0.55	0.79	0.76	0.38	0.62
C20:3 Cis-8,11,14-Eicosatrienoic Acid	0.04	0.05	-	-	-
C20:3 cis-11,14,17-Eicosatrienoic Acid	0.59	0.68	1.46	0.57	0.72
C20:5 cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid	0.07	0.20	0.32	0.08	0.09
C22:2 cis-13,16-Docosadienoic Acid	-	-	0.05	0.11	0.18
C22:6 cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic Acid	1.16	0.85	0.35	0.69	0.24
Doymuş Yağ asidi Oranı (SFA) <i>Saturated Fatty Acid Ratio</i>	9.42	8.04	6.39	15.49	7.42
Tekli Doymamış Yağ Asidi Oranı (MUFA) <i>Monounsaturated Fatty Acid Ratio</i>	54.62	51.29	53.25	49.28	53.20
Çoklu Doymamış Yağ Asidi Oranı (PUFA) <i>Polyunsaturated Fatty Acid Ratio</i>	35.97	40.68	40.36	35.23	39.37

*Isatis* tohum yağlarının GC-MS analizi sonucunda 23 farklı yağ asidi içerdiği görülmüştür. *Isatis* tohumlarının major yağ asitlerinin oleik, linoleik, alfa- linoleik, cis-11-eikosenoik ve erusik asitler olduğu bulunmuştur. Kızıl ve ark. (2009), Türkiye'den aralarında *I. aucherii* ve *I. tinctoria*'nın da bulunduğu 7 farklı *Isatis* türüne ait tohumların yağ asidi bileşimini araştırmışlardır. Bu çalışmayla karşılaştırıldığında bazı farklılıklar dikkat

çekmektedir. Tohumlardaki yağ içeriklerinin %4-10 arasında değiştiğini; ayrıca *I. aucherii*'de %4 iken, *I. tinctoria*'da %10 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise tohumların yağ içeriği %28.79-38.43 arasında değişmekte olup, *I. aucherii*'de %30.41 iken, *I. tinctoria*'da %28.79 olarak bulunmuştur. Her iki çalışmada türlerdeki major yağ asidi profili benzer bulunmuştur. *I. aucherii*'nin yağ asidi bileşimi karşılaştırıldığında erusik asit miktarları (%21.84)



benzer, palmitik asit (%8.74) ve oleik asit (%24.91) bu çalışmaya göre daha yüksek, fakat linoleik asit (%5.93), linolenik asit (%18.65) ve cis-11-eikosenoik asit miktarlarının (%6.51) bu çalışmadan daha düşük olduğu görülmektedir. Kızıl ve ark. (2009), *I. tinctoria*'nın palmitik asit (%11.18), cis-11-eikosenoik asit (%10.40) ve erusik asit (%26.48) miktarlarını daha yüksek; fakat linoleik (%2.74), oleik (%14.64) ve linolenik asit (%14.05) miktarlarını ise daha düşük bulmuşlardır. Bağcı ve Özçelik (2009), *I. candolleana*'nın dahil olduğu 6 *Isatis* türüne ait tohumların yağ asidi bileşimini araştırdıkları çalışmalarında, *I. candolleana*'nın tohum yağ miktarını %26.1 bulmuşlardır ki bu bizim sonuçlarımıza (%38.43) göre oldukça düşüktür. Major yağ asidi profili, doymamış yağ asidi (%87.2) ve doymuş yağ asidi (%8.31) oranları da oldukça benzer bulunmuştur. Oleik asit (%14.5), cis-11-eikosenoik asit (%7.56) ve linoleik asit (%15.86) oranları benzer iken, bu çalışmaya göre erusik asiti (%14.2) düşük, alfa-linolenik asiti (%31.2) ise daha yüksek bulmuşlardır. Yağ asidi içeriği ve kompozisyonunun sıcaklık, lokasyon, güneş ışığı gibi çevresel koşulların yanı sıra toplanma zamanından etkilendiği bilinmekte olup, farklılıkların sebebi bunlardan biri olabilir (Karaca ve Aytaç, 2007).

Lipid profillemesi ve lipidomiklere gösterilen ilgi, diyabet, obezite, Alzheimer gibi birçok insan hastalıklarında lipidlerin iyi tanınan rolleri nedeniyle artmaktadır. Lipid profillerinin incelenmesi, lipid moleküler türlerinin sağlık ve hastalıklardaki spesifik rolleri hakkında bilgi verir, aynı zamanda potansiyel koruyucu veya terapötik biyolojik belirteçlerin belirlenmesine yardımcı olabilir (Mohanty ve ark., 2013). İnsan vücudu uygun enzimlerin bulunmaması nedeniyle PUFA'ları (çoklu doymamış yağ asitleri) sentezleyemez dolayısıyla, bu yağlı asitlerin besin yoluyla dışarıdan alınması zorunludur (Orsavova ve ark., 2015). Oleik asit en iyi bilinen tekli doymamış yağ asididir ve kolesterol seviyelerinde, kan basıncında ve çeşitli insan kanserlerinde azalmaya neden olduğu bilinmektedir (Sakamoto ve ark., 2017). Ayrıca oleik ve alfa-linolenik asitlerin, kalbi koruduğu, kan basıncını düzenlediği ve tip-2 diyabet riskini azalttığı bilinmektedir. Farklı konsantrasyonlarda oleik, linoleik ve alfa-linolenik asitlerin bulunması, yağın değerini artırır (Sharma ve ark., 2016). Çalışılan tüm *Isatis* tohumlarında bu 3 yağ asidi major yağ asitleri olarak bulunmaktadır. Doymamış yağların (MUFA'lar ve PUFA'lar) uzun ömürlü ve sağlıklı bir yaşam için hayati olduğu kanıtlanmıştır (Sharma ve ark., 2016). Erusik asit bakımından zengin yağlar besinsel açıdan uygun bulunmaz ve kalp kasında önemli miktarda yağ birikmesiyle kalp hastalıklarından neden olabileceği bildirilmektedir ki (Sharif ve ark., 2019), bu durum erusik asit içeren

*Isatis* tohumları için bir dezavantaj olarak görülebilir. Ancak polietilen filmlerde anti-blokaj ajanları ve çelik sac endüstrisinde antikorozyf malzemeler olarak, yumuşatıcı endüstrisinde yağlayıcı, yapıştırıcı, biyolojik olarak bozunabilir plastik ürünlerin üretiminin yanısıra kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır (Cartea ve ark., 2019). Ayrıca sinir sistemine zarar veren ve çok uzun zincirli yağ asitlerinin birikimi ile ilişkili bir genetik bozukluk olan adrenolökodistrofiyi (X-ALD) tedavi etmek için terapötik dozlarda uygulanan erusik asit için tıbbi bir uygulama da bulunmuştur (Moser ve ark., 2007). Bu nedenle, *Isatis* tohum yağlarının yağ asidi bileşimleri tıpkı kanolada olduğu gibi, geleneksel ve moleküler ıslah yoluyla spesifik amaçlara göre modifiye edilebilir. Çivitotu türlerinin tamamında yağın büyük bir oranda tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu görülmektedir. Doymamış yağ asitlerinin oranı ise oldukça düşüktür, yalnızca *I. tinctoria* tohumlarında diğer türlere nazaran biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca *I. tinctoria* tohumlarının tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı diğer türlere nazaran biraz daha düşüktür. Tekli doymamış yağ asitlerince zengin diyetin karbonhidratça zengin diyetle karşılaştırıldığı bilimsel raporlarda, açlık kan şekerinde, trigliseritlerde, vücut ağırlığında ve sistolik kan basıncında önemli düşüşler görülürken, yalnızca HDL kolesterolünde artış görülmüştür (Qian ve ark., 2016). PUFA, MUFA ve SFA ile kolorektal kanser riski arasındaki ilişkinin değerlendirildiği başka bir çalışmada, oleik, palmitoleik ve linoleik asitlerin kolorektal kanser riskini azaltırken, doymuş bir yağ asidi olan stearik asitin bu riski arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır (May-Vilson ve ark., 2017). Bu çalışmada *Isatis* tohum yağlarının bu riski azaltan oleik ve linoleik asitleri yüksek miktarda içerirken, riski arttıran stearik asiti ise oldukça düşük miktarlarda içerdiği görülmüştür.

### ***Isatis* Türlerinin Kök ve Gövdelerinde İntakt Glukozinolat Analizine Ait Bulgular**

*Isatis* türlerinin kurutulmuş kök ve gövdelerindeki intakt glukozinolatların ekstraksiyonunu takiben yapılan HPLC-DAD analizi sonucunda elde edilen, glukozinolat içeriklerine ait ortalama değerler Çizelge 3'te gösterilmiştir. Çizelge 3'te de görüldüğü gibi, dördü alifatik biri indol grubundan olmak üzere beş adet glukozinolatın tayini yapılabilmektedir. *Isatis* türleri arasında glukozinolatların dağılımı ve miktarlarında farklılık gözlenmiştir. Progoitrin yalnızca *I. tinctoria* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa*'da varken; diğer dört glukozinolat, tüm türlerde değişen miktarlarda bulunmaktadır. *I. tinctoria* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa*'da progoitrin ve glukobrassisin, diğer üç türde ise glukonapin ve glukobrassisin başlıca glukozinolatlar

olarak tespit edilmiştir. Kökle karşılaştırıldığında gövdenin glukozinolat içeriği daha düşük olarak bulunmuştur.

Epiprogoitrin ve progoitrinin parçalanma ürünleri olan -goitrinin, Çin Farmakopesinin 2010 baskısında temel biyoaktif bileşenlerden biri olduğu belirtilmiştir (Xie ve ark., 2011). Başlıca glukozinolatları progoitrin ve glukobrassisin olan *I. tinctoria* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa* kökleri bu bakımdan öne çıkmaktadır. Glukozinolatların içeriği ve bileşimi, incelenen türlere, çeşitlere, lokalitelere, aynı bitki içindeki bitki kısımlarına, agronomik uygulamalara

ve iklim koşullarına bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Kumar, 2017). Bu çalışmada da glukozinolat içerik ve miktarlarının, türlere ve incelenen organa göre değiştiği görülmüştür. Glukonapin ve glukobrassisin hidroliz ürünleri, indol-3 karbinol, izotiyosiyanatlar, nitriller ve epitiyonitrillerin, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri vardır (Padilla ve ark., 2007). Bu nedenle, gelecekteki ıslah amaçları için en umut verici türler, glukonapin bakımından zengin olan *I. buschiana* ve glukobrassisin bakımından zengin olan *I. tinctoria*'dır.

Çizelge 3. *Isatis* kök ve gövde ekstraktlarının glukozinolat içerikleri

Table 3. Glucosinolate contents of *Isatis* root and stem extracts

		Alifatik GLs (µmol/g)			Indol GLs (µmol/g)	
		Progoitrin	Epiprogoitrin	Glukonapin	Glukoauricin	Glukobrassicin
<i>I. aucherii</i>	Kök / Root	-	0.24 ± 0.01	2.84 ± 0.34	0.16 ± 0.04	1.32 ± 0.23
	Gövde/ Stem	-	0.21 ± 0.02	0.014 ± 0.01	0.032 ± 0.01	0.13 ± 0.03
<i>I. buschiana</i>	Kök / Root	-	0.44 ± 0.02	12.97 ± 0.51	0.28 ± 0.14	1.45 ± 0.34
	Gövde/ Stem	-	0.15 ± 0.01	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.02	0.14 ± 0.06
<i>I. candolleana</i>	Kök / Root	-	0.94 ± 0.12	1.35 ± 0.23	0.11 ± 0.01	1.03 ± 0.14
	Gövde/ Stem	-	0.17 ± 0.04	0.09 ± 0.04	0.09 ± 0.03	-
<i>I. tinctoria</i>	Kök / Root	8.58 ± 0.35	0.24 ± 0.08	2.02 ± 0.13	1.12 ± 0.06	4.31 ± 0.19
	Gövde/ Stem	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.17 ± 0.03
<i>I. tinctoria</i> subsp. <i>corymbosa</i>	Kök / Root	5.66 ± 0.21	0.34 ± 0.07	2.14 ± 0.23	0.31 ± 0.06	1.86 ± 0.31
	Gövde/ Stem	1.21 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.15 ± 0.04

### Isatis Türlerinin Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerikleri İle Antioksidan Aktivitesine Ait Bulgular

Bitki materyallerinden çeşitli çözücüler yardımıyla antioksidan bileşiklerin izole edilmesi için çeşitli ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir. Su, etanol, metanol, aseton ve etil asetat en yaygın kullanılan ekstraksiyon solventleri arasındadır. Solvent tipi, bitkilerde var olan antioksidan bileşiklerin ekstraktlara geçirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, çözücünün seçimi/optimizasyonu, antioksidan aktivitenin belirlenmesi için çok önemlidir (Koçak ve ark., 2017). Birçok araştırmacı antioksidan aktivite etkinliği üzerinde metanolün olumlu etkisini belirttiği için (Şerbetçi ve ark., 2012; Fazio ve ark., 2013), bu çalışmada çözücü olarak metanol seçilmiştir.

*Isatis* türlerinin kök ve gövdelerinde, DPPH ve FRAP yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite sonuçları ile toplam fenolik ve flavonoid içerikleri Çizelge 4'te listelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda *Isatis* ekstraktlarındaki toplam fenol miktarının 1.56 ile 5.51 mg GAE g<sup>-1</sup> ve flavonoid miktarının ise 0.12-1.31 mg QE g<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmüştür. Tüm türlerde köklerin gövdeye oranla fenol ve flavonoid miktarı açısından daha zengin olduğu görülmektedir. *I. candolleana* kök ve gövdeleri en yüksek toplam fenolik içeriğine sahipken, flavonoid içeriği tüm türlerde benzer miktarlarda olmuştur.

Antioksidan aktivite, fenolik ve flavonoid içeriği ile

uyumlu olduğu görülmüştür, *I. candolleana*'da yüksek antioksidan aktivite gözlenirken, diğer türlerde benzer değerler kaydedilmiştir.

Bitkiler, tokoferoller ve fenoliklerin de dahil olduğu, doğal antioksidanların zengin kaynaklarıdır. İnsanlara besin bileşenleri veya spesifik koruyucu ilaçlar olarak tedarik edilen antioksidan özellikler sergileyen bitkilere artan bir ilgi vardır. Antioksidanlar, insan vücudunu, kanser, iltihaplanma, diyabet, romatoid artrit ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) biyolojik moleküllerle reaksiyonu sonucu oluşan kardiyovasküler problemler gibi çeşitli hastalıklardan koruyabilir (Gai ve ark., 2013). Doğal antioksidanlar bakımından zengin çeşitli bitkisel gıdalar, potansiyel antioksidan aktiviteleri nedeniyle diyet yiyecekleri için daha iyi bir seçimdir. Bununla birlikte, çalışılan *Isatis* türlerine ait kök ve gövdelerin antioksidan etkinliği hakkında bilgi bulunmamaktadır. Cai ve ark. (2004), *I. indigotica* kökünün toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesini sırasıyla 4.5 mg GAE g<sup>-1</sup> ve 0.6 µmol Trolox g<sup>-1</sup> olarak bildirmiştir ki, bu çalışmada elde edilen değerlerden daha düşüktür. Karakoca ve ark. (2013), *I. floribunda*'nın kök metanolik ekstraktlarının fenol içeriğini 98.23 mg GAE g<sup>-1</sup> ve antioksidan aktivitesini 123.38 mg AAE g<sup>-1</sup> olarak elde etmişlerdir fakat bu değerler bu çalışmada elde edilen değerlerin oldukça üzerindedir. Genetik, agronomik, çevresel faktörler, ekstraksiyon

prosedürleri bitkilerin biyoaktif bileşenlerinin seviyelerini etkiler (Yang ve ark., 2013; Filipiak-Szok ve ark., 2014).

### **Isatis Türlerinin Antimikrobiyal Aktivitesine Ait Bulgular**

Bitkilerin kök ve gövdelerinden elde edilen ekstraktlarının gram pozitif bakteriler üzerinde belirgin bir inhibisyon gözlenirken gram negatifler de sadece kök ekstraktlarında inhibisyon görülmüştür (Çizelge 5.). Kontrol antibiyotiği ile kıyaslandığında ve kullanılan ekstraktların düşük oranı göz önüne alındığında bitki ekstraktlarının antimikrobiyal potansiyeli görülmektedir. *I. candolleana*'nın gövde ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi yüksek

bulunurken, kök ekstraktları bakımından *I. buschiana*'nın antimikrobiyal aktivitesi diğerlerinden yüksek bulunmuştur. *I. aucherii*, *I. buschiana*, *I. candolleana* ve *I. tinctoria* subsp. *corymbosa* bitkilerinin antimikrobiyal aktiviteleri ilk defa bu çalışmada araştırılmıştır. Ullah ve ark. (2017)'nin yaptıkları çalışmada *I. tinctoria*'nın çiçek kısımlarının daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilirken, ekstraktların gram pozitiflere karşı daha etkili olduğu görülmüştür. Heo ve ark. (2012) ise *I. tinctoria*'nın kök ekstraktlarının sadece *Staphylococcus aureus* üzerinde gövde ekstraktlarının ise *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* üzerinde aktif olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4. *Isatis* ekstraktlarındaki toplam fenolik ve flavonoid içerik ile antioksidan aktivitesi  
Table 4. Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity in *Isatis* extracts

		<i>I. aucherii</i>	<i>I. buschiana</i>	<i>I. candolleana</i>	<i>I. tinctoria</i>	<i>I. tinctoria</i> subsp. <i>corymbosa</i>
Fenolik Bileşen (mg GAE g <sup>-1</sup> )	Kök / Root	3.14 ± 0.12	3.03 ± 0.18	5.51 ± 0.94	3.06 ± 0.11	3.42 ± 0.14
	Gövde / Stem	1.56 ± 0.24	1.68 ± 0.81	2.54 ± 0.41	1.71 ± 0.82	1.84 ± 0.36
Flavonoid (µg QE g <sup>-1</sup> )	Kök / Root	1.31 ± 0.03	1.13 ± 0.21	1.25 ± 0.07	1.17 ± 0.16	1.10 ± 0.22
	Gövde / Stem	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.012	0.14 ± 0.013	0.13 ± 0.007	0.12 ± 0.025
DPPH (mg dw mL <sup>-1</sup> )	Kök / Root	2.64 ± 0.14	2.98 ± 0.11	2.02 ± 0.02	2.14 ± 0.04	2.69 ± 0.12
	Gövde / Stem	9.35 ± 0.56	12.76 ± 0.65	7.76 ± 0.81	12.59 ± 0.74	10.46 ± 0.35
FRAP (µg AAE g <sup>-1</sup> )	Kök / Root	3.14 ± 0.31	3.20 ± 0.22	3.79 ± 0.19	3.29 ± 0.13	3.16 ± 0.27
	Gövde / Stem	1.04 ± 0.11	1.12 ± 0.04	1.52 ± 0.05	0.97 ± 0.02	1.02 ± 0.09

Çizelge 5. *Isatis* kök ve gövde ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi  
Table 5. Antimicrobial activity of *Isatis* root and stem extracts

	<i>E.cloaca</i>		<i>E.coli</i>		<i>B.subtilus</i>		<i>S.aureus</i>	
	Kök / Root	Gövde / Stem	Kök / Root	Gövde / Stem	Kök / Root	Gövde / Stem	Kök / Root	Gövde / Stem
<i>I. aucherii</i>	8	-	11	-	10	8	9	10
<i>I. buschiana</i>	15	-	13	-	13	11	13	9
<i>I. candolleana</i>	9	-	8	-	12	15	11	14
<i>I. tinctoria</i>	10	-	10	-	9	10	11	11
<i>I. tinctoria</i> subsp. <i>corymbosa</i>	11	-	10	-	11	9	10	8
Gentamicin	18	18	20	20	20	20	20	20

### **SONUÇ**

Biyoaktif maddelerin sağlığımıza faydalı olabilmesi için, beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesi ve koruyucu, önlem alıcı beslenmenin bir yaşam tarzı haline getirilmesi gerekmektedir. Biyoaktif bileşiklerce zengin bitkilerin çok az veya hastalandıktan sonra tüketilmesi ile koruma etkisi yahut tedavi edici ortaya çıkmayacaktır. Glukozinolatlardan türetilen izotiyosiyanatlar, insanlarda bazı kanser riskindeki bir azalmaya bağlı olarak kemoprotektif bir etkiye sahiptir. Bu çalışma, ikisi endemik olmak üzere beş çiviotu türünün kök ve gövdelerinin glukozinolat, fenolik ve flavonoid içerik, antioksidan aktivite ile protein-kül bakımından değerlendirildiği ilk çalışmadır. *I.*

*tinctoria*'nın kökleri uzak doğu ülkelerinde çay olarak tüketilmektedir. Buna karşın diğer dört türe ait kök ve gövdelerin bilinen kullanım alanı yoktur. Yüksek biyoaktif içeriğe ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olan bu türlerin sağlık açısından potansiyel faydaları bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, incelenen türlerin tamamında köklerin gövdeye oranla daha yüksek biyoaktif içeriğe ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu, doğadan toplanan türlerin biyoaktif bileşen ve biyoaktivite bakımından hâlihazırda kullanılan *I. tinctoria*'dan daha düşük olmadığı hatta bazı verilerin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca bu türlerin tohumlarının *I. tinctoria*'ya nazaran doymamış yağ asitleri bakımından daha zengin olduğu bulunmuştur. Ayrıca, içerdiği erusik asitten dolayı yenilenebilir

enerji, kimyasal yem stokları, endüstriyel yağlar ve sürekli büyüyen biyoekonomiye yapılan vurgu, endüstriyel *Isatis* yağları için önemli büyüme fırsatları sağlayacaktır. Bu çalışma bir ön çalışma olup, türlerin sağlık açısından potansiyel faydalarını ortaya çıkartmak için daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma KSÜ tarafından desteklenmiştir (Proje No:2012/3-23M).

## Çıkar çatışması beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

## Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- AOAC 1990. Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th.edition, p. 66-88.
- Arora R, Kumar R, Mahajan J, Vig AP, Singh B, Singh B, Arora S 2016. 3-Butenyl isothiocyanate: a hydrolytic product of glucosinolate as a potential cytotoxic agent against human cancer cell lines. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9): 3437-3445.
- Bagci E, Özçelik H 2009. Fatty acid and tocopherol patterns of some *Isatis* L. (Brassicaceae) species from Turkey. *Pakistan J Bot*, 41(2): 639-646.
- Benzie IF, Strain JJ 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239(1): 70-76.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset CLWT 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol*, 28(1): 25-30.
- Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Science*, 74(17): 2157-2184.
- Cartea ME, Velasco P 2008. Glucosinolates in Brassica foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochemistry reviews*, 7(2): 213-229.
- Cartea E, Haro-Bailón D, Padilla G, Obregón-Cano S, del Rio-Celestino M, Ordás A 2019. Seed Oil Quality of Brassica napus and Brassica rapa Germplasm from Northwestern Spain. *Foods*, 8(8): 292.
- Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal*, 10(3): 178-182.
- Davis PH 1965. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 10). Edinburgh University Press, England.
- En B 2009. 14775: 2009. Solid biofuels—determination of ash content. British Standards Institution, London.
- Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56: 5-51.
- Fazio A, Plastina P, Meijerink J, Witkamp RF, Gabriele B 2013. Comparative analyses of seeds of wild fruits of Rubus and Sambucus species from Southern Italy: Fatty acid composition of the oil, total phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory properties of the methanolic extracts. *Food chemistry*, 140(4): 817-824.
- Filipiak-Szok A, Kurzawa M, Szlyk E 2014. Evaluation of antioxidants in Dong quai (*Angelica sinensis*) and its dietary supplements. *Chemical Papers*, 68(4): 493-503.
- Gai QY, Jiao J, Mu PS, Wang W, Luo M, Li CY, ... Fu YJ 2013. Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from *Isatis indigotica* seeds and its evaluation of physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 45: 303-311.
- Grosser K, Van Dam NM 2017. A straightforward method for glucosinolate extraction and analysis with high-pressure liquid chromatography (HPLC). *Journal of Visualized Experiments*, 121: e55425.
- Heo BG, Park YJ, Lee SJ, Kim KS, Cho JY, Boo HO 2012. Antioxidant enzyme activity and antimicrobial activity of *Isatis tinctoria* extract. *Korean Journal of Plant Resources*, 25(5): 543-549.
- Karaca E, Aytaç S 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1): 123-131.
- Karakoca K, Ozusaglam MA, Cakmak YS, Erkul SK 2013. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic properties of *Isatis floribunda* Boiss. Bornm extracts. *EXCLI Journal*, 12:150-167.
- Kizil S, Turk M, Cakmak O, Ozguven M, Khawar KM 2009. Microelement Contents and Fatty Acid Compositions of some *Isatis* Species Seeds. *Not Bot Horti Agrobo*, 37(1): 175.
- Kocak MS, Uren MC, Calapoglu M, Tepe AS, Mocan A, Rengasamy KRR, Sarikurkcu C 2017. Phenolic profile, antioxidant and enzyme inhibitory activities of *Stachys annua* subsp. *annua* var. *annua*. *South African journal of botany*, 113: 128-132.



- Kumar S 2017. Plant secondary metabolites (PSMs) of Brassicaceae and their role in plant defense against insect herbivores -“A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(1): 508-519.
- Li T, Qu XY, Zhang QA, Wang ZZ 2012. Ultrasound-assisted extraction and profile characteristics of seed oil from *Isatis indigotica* Fort. *Industrial Crops and Products*, 35(1): 98-104.
- May-Wilson S, Sud A, Law PJ, Palin K, Tuupanen S, Gylfe A, ... Kaasinen E 2017. Pro-inflammatory fatty acid profile and colorectal cancer risk: A Mendelian randomisation analysis. *European Journal of Cancer*, 84: 228-238.
- Mewis I, Glatt H, Brigelius-Flohe R, Blaut M, Rohn S, Kroh L, ... Schreiner M 2016. Improving dietary glucosinolate production, processing and characterization of potential health effects for the prevention of colon cancer. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 183: 36.
- Mohanty BP, Bhattacharjee S, Paria P, Mahanty A, Sharma AP 2013. Lipid biomarkers of lens aging. *Applied biochemistry and biotechnology*, 169(1): 192-200.
- Mohn T, Cutting B, Ernst B, Hamburger M 2007. Extraction and analysis of intact glucosinolates—A validated pressurized liquid extraction/liquid chromatography–mass spectrometry protocol for *Isatis tinctoria* and qualitative analysis of other cruciferous plants. *J Chromatogr A*, 1166(1): 142-151.
- Moser HW, Moser AB, Hollandsworth K, Breerton NH, Raymond GV 2007. “Lorenzo’s oil” therapy for X-linked adrenoleukodystrophy: rationale and current assessment of efficacy. *Journal of Molecular Neuroscience*, 33(1): 105-113.
- Navarro SL, Li F, Lampe W 2011. Mechanisms of action of isothiocyanates in cancer chemoprevention: an update. *Food & Function*, 2: 579-587.
- NCCLS 1993. Performance Standards for Antimicrobial Disc Susceptibility Tests. Approved Standard NCCLS Publication M2-A5, Villanova, PA, USA.
- Núñez-Iglesias MJ, Novío S, García C, Pérez-Muñuzuri E, Soengas P, Cartea E, ... Freire-Garabal M 2019. Glucosinolate-Degradation Products as Co-Adjuvant Therapy on Prostate Cancer in Vitro. *International journal of molecular sciences*, 20(20): 4977.
- Obanda M, Owuor PO, Taylor SJ 1997. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(2): 209-215.
- Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek J 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6): 12871-12890.
- Padilla G, Cartea ME, Velasco P, de Haro A, Ordás A 2007. Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa*. *Phytochemistry*, 68(4): 536-545.
- Qian F, Korat AA, Malik V, Hu FB 2016. Metabolic effects of monounsaturated fatty acid–enriched diets compared with carbohydrate or polyunsaturated fatty acid–enriched diets in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes care*, 39(8): 1448-1457.
- Redovnikovic IR, Gliveti T, Delonga K, Fura JV 2008. Glucosinolates and their potential role in plant. *Periodicum Biologorum*, 110(4): 297-309.
- Sakamoto T, Sakuradani E, Okuda T, Kikukawa H, Ando A, Kishino S, ... Ogawa J 2017. Metabolic engineering of oleaginous fungus *Mortierella alpina* for high production of oleic and linoleic acids. *Bioresource technology*, 245: 1610-1615.
- Sarıkamış G, Yanmaz R, Balkaya A 2008. Ülkemize Özgü Bazı Beyaz Baş Lahana (*B.oleracea var. capitata*) ve Yaprak Lahana (*B.oleracea var. acephala*) Genotiplerinin Glukozinolat İçeriklerinin İncelenmesi. Tübitak Proje Sonuç Raporu. Proje No: 106O318.
- Sharma M, Khurana SM, Kansal R 2016. Choosing quality oil for good health and long life. *Indian Journal of Health & Wellbeing*, 7(2): 254-258.
- Steinbrecher A, Nimptsch K, Hüsing A, Rohrmann S, Linseisen J 2009. Dietary glucosinolate intake and risk of prostate cancer in the EPIC-Heidelberg cohort study. *International Journal of Cancer*, 125(9): 2179-2186.
- Sun B, Tian YX, Jiang M, Yuan Q, Chen Q, Zhang Y, ... Tang HR 2018. Variation in the main health-promoting compounds and antioxidant activity of whole and individual edible parts of baby mustard (*Brassica juncea var. gemmifera*). *RSC advances*, 8(59): 33845-33854.
- Şerbetçi T, Özsoy N, Demirci B, Can A, Kültür Ş, Başer KC 2012. Chemical composition of the essential oil and antioxidant activity of methanolic extracts from fruits and flowers of *Hypericum lydium* Boiss. *Industrial crops and products*, 36(1): 599-606.
- Ullah I, Wakeel A, Shinwari ZK, Jan SA, Khalil AT, Ali M 2017. Antibacterial and antifungal activity of *Isatis tinctoria* L.(Brassicaceae) using the micro-plate method. *Pakistan Journal of Botany*, 49(5): 1949-1957.
- Xie Z, Shi Y, Wang Z, Wang R, Li Y 2011. Biotransformation of glucosinolates epiprogoitrin and progoitrin to (R)-and (S)-goitrin in *Radix isatidis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(23): 12467-12472.
- Wittstock U, Halkier BA 2002. Glucosinolate research

- in the Arabidopsis era. Trends in plant science, 7(6): 263-270.
- Yang M, Zheng C, Zhou Q, Huang F, Liu C, Wang H 2013. Minor components and oxidative stability of cold-pressed oil from rapeseed cultivars in China. J Food Comp Anal, 29(1): 1-9.
- Zhang NQ, Ho SC, Mo XF, Lin FY, Huang WQ, Luo H, ... Zhang CX 2018. Glucosinolate and isothiocyanate intakes are inversely associated with breast cancer risk: A case-control study in China. British Journal of Nutrition, 119(8): 957-964.