



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1568999

Anatolian Bryology  
Anadolu Briyoloji  
Dergisi  
Research Article  
e-ISSN:2458-8474  
Online



## *Mnium hornum* ve *Mnium lycopodioides* Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri

Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ<sup>1</sup> , Mevlüt ALATAŞ<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tunceli, TÜRKİYE

Received: 17 October 2024

Revised: 23 October 2024

Accepted: 01 November 2024

### Öz

En eski karasal bitkiler olan briyofitler, biyoaktif bileşikleri ve terapötik potansiyelleri açısından tohumlu bitkilere göre nispeten daha az incelenmişlerdir. Bu çalışmada, akrokarp karayosunlarından *Mnium hornum* Hedw. ve *Mnium lycopodioides* Schwägr türlerinin biyoaktif bileşikleri (toplam fenolik ve flavonoid içeriği, askorbik asit içeriği, karotenoid içeriği, nitrik oksit süpürme ve deoksiriboz bozunma aktivitesi) ve antioksidan kapasiteleri (ferrik indirgeyici/antioksidan güç) araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, önemli miktarda toplam flavonoid ve fenolik içerdiği belirlenen türler, potansiyel antioksidan ajanlar olarak öngörülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan, Briyofit, Kimyasal analiz, *Mnium*

### Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of *Mnium hornum* and *Mnium lycopodioides*

#### Abstract

Bryophytes, the oldest terrestrial plants, have been studied less than seed plants in terms of their bioactive compounds and therapeutic potential. In this study, the bioactive compounds (total phenolic and flavonoid content, ascorbic acid content, carotenoid content, nitric oxide scavenging and deoxyribose degradation activity) and antioxidant capacities (ferric reducing/antioxidant power) of acrocarp mosses *Mnium hornum* Hedw. and *Mnium lycopodioides* Schwägr. were investigated. As a result of the study, the species determined to contain significant amounts of total flavonoids and phenolics were predicted to be potential antioxidant agents.

**Keywords:** Antioxidant, Bryophyte, Chemical analysis, *Mnium*

\* Corresponding author: [mevlutalatas@hotmail.com](mailto:mevlutalatas@hotmail.com)

To cite this article: Çakır Sahilli Y., Alataş M. 2024. *Mnium hornum* ve *Mnium lycopodioides* Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri. *Anatolian Bryology*. 10:2, 152-157.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License

## 1. Giriş

Briyofitler karasal bitkilerin en eski grubudur ve çeşitlilik açısından kapalı tohumlulardan sonra ikinci sırada yer alırlar (Asakawa ve ark., 2013). Morfolojik olarak daha az karmaşık olan bu organizmalar, neredeyse her yerde bulunur ve nemli yerlerde hasır oluşturarak koloniler halinde büyürler. Yaşamları boyunca biyotik stres de dahil olmak üzere olumsuz iklim koşullarına maruz kalmalarına rağmen hayatta kalabilmektedirler. (Whitehead ve ark., 2018). Bu etkileşimler, hayatta kalma stratejisi olarak çeşitli ikincil metabolitlerin üretiminde/evriminde ayrılmaz bir rol oynamış olmalıdır (Chen ve ark., 2018; Alataş ve Ursavaş, 2019).

Briyofit biyokimyası ile ilgili yapılan çalışmalarda, bu bitkilerin yapılarında; çeşitli terpenoidler, flavonoidler, fenolik türevler, asetojeninler, vitaminler, lipidler, bazı azot içeren aromatik bileşikler ve alkaloidlerin varlığına dair raporlar bulunmaktadır (Elibol ve ark., 1998; Marko ve ark., 2001; Asakawa ve ark., 2013; Çöteli ve ark., 2017; Martínez-Abaigar ve Núñez-Olivera, 2021; Marques ve ark., 2021; Demirbağ ve ark., 2022; Çakır Sahilli ve Alataş, 2024). Briyofitlerde, yüksek oranda bulunan doymamış yağ asitleri insan vücudunda antioksidan olarak önemli rol oynayabilir (Ichikawa ve ark., 1983; Tedone ve ark., 2011). Dahası, karayosunlarının antioksidan kapasitesinin bazı yüksek bitkilerden daha fazla olduğu bilinmektedir (Türker ve Ünal, 2020).

Dünya genelinde, özellikle gelişmiş ülkelerde ve Türkiye'de antioksidan değeri yüksek bitkilere giderek artan ilgiden (Okan ve ark., 2019) yola çıkarak yaptığımız bu çalışmada, akrokarp karayosunlarından *Mnium hornum* Hedw. ve *Mnium lycopodioides* Schwägr. türlerinin biyoaktif bileşikleri ve antioksidan potansiyelleri araştırılmıştır.

## 2. Materyaller ve Metodlar

### 2.1. Bitki materyali ve ekstraksiyon işlemi

Araştırma materyalleri, Henderson (1961) kareleme sistemine göre Türkiye'de A4-A5 kareleri içerisinde bulunan Karçal Dağları (Artvin)'ndan toplanmıştır. Genellikle nemli ve gölgeli ormanlık alanlarda yayılış gösteren (Smith,

2004) bu türlerden; *M. hornum* nemli kaya ve toprak (2 ve 3. lokalite), *M. lycopodioides* ise toprak (1. lokalite) üzerinden alınmıştır (Tablo 1).

Ekstraksiyon işlemi için iyice yıkanan örnekler, kurutulup ve ince toz haline getirilmiştir. Her bir örnek (1 g) havan ve havaneli kullanılarak %95 metanol ile homojenize edilmiş ve 48 saat boyunca orbital çalkalayıcıda tutulmuştur. Daha sonra, her bir ekstrakt 10000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Bu işlemi takiben her bir örneğin süpernatantı toplanmış ve daha sonra kullanılmak üzere 4 °C'de saklanmıştır.

### 2.2. Toplam fenolik içerik

Toplam fenolik içerik (TPC) Vats (2016) tarafından tarif edildiği şekilde değerlendirilmiştir. Metanolik ekstrakt (0,125 ml) aynı miktarda Folin-Ciocalteu reaktifi ile karıştırılmıştır. Daha sonra sodyum karbonat (%7) eklenmiş ve reaksiyon karışımı distile su ile seyreltilmiştir. Test tüpleri daha sonra 90 dakika inkübe edilmiş ve absorbans 760 nm'de kaydedilmiştir. Sonuç, mg Gallik asit eşdeğeri GAE/g numunenin kuru ağırlığı olarak ifade edilmiştir.

### 2.3. Toplam flavonoid içeriği

Toplam flavonoid içeriği (TFC) alüminyum klorür yöntemine göre belirlenmiştir (Vats 2016). Bitki ekstraktına sırayla etanol (%95), alüminyum klorür (%10), potasyum asetat (1 M) ve damıtılmış su eklenmiştir. Reaksiyon karışımı oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiş ve 415 nm'de absorbans alınmıştır. Sonuç, Quercetin eşdeğerleri olarak mg QE/g numunenin kuru ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

### 2.4. Askorbik asit içeriği

Kurutulmuş ve ince toz haline getirilmiş örnekler 10 ml ekstraksiyon çözeltisinde (1,39 N asetik asit içinde %3 metafosforik asit) 5 dakika boyunca maserasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra, çözeltiler santrifüjlenmiş ve her bir tüpteki süpernatantlar, belirgin bir pembe renk 5 dakikadan daha uzun süre devam edene kadar indofenol çözeltisine karşı ayrı ayrı titre edilmiş ve kör ile karşılaştırılmıştır. Askorbik asit içeriği AOAC yönteminde tarif edildiği şekilde hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

Tablo 1. Lokalite Bilgileri

Lokalite No	Yükseklik (m)	Tarih	GPS Kaydı	Lokalite
1	846	27.05.2022	(37T) 0735981D, 4569823K	Bakırköy
2	1750	29.05.2022	(37T) 0745812D, 4579477K	Balcı Köyü Girişi
3	1550	29.05.2022	(37T) 0744667D, 4579143K	Çermik Balcı Yaylası Arası

### 2.5. Karotenoid içeriği

Metanolik bitki ekstraktı bir ayırma hunisinde petrol ile karıştırılmıştır. Eter tabakası toplandı ve vakumda buharlaştırıldı. Kalıntı etanolde çözüldü ve % 60 sulu KOH ile karıştırıldı ve bir gece bekletildi. Ayrıca, eşit miktarda su ilave edildi ve petrol eteri ile iki kez bölündü. Faz toplandı ve buharlaştırıldı. Kalıntı 450 nm'de spektrofotometrik tahmin için etanol içinde çözüldü. Karotenoid içeriği de De Carvalho ve ark. (2012) tarafından önerildiği şekilde hesaplanmıştır.

### 2.6. Ferrik indirgeyici/antioksidan güç deneyi

Ferrik indirgeyici/antioksidan güç (FRAP) testi Vats ve Gupta'nın (2017) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Frap reaktifi 20 ml asetat tamponu (300 mM; pH3.6), 2,5 ml TPTZ (40 mM HCl içinde 10 mM 2, 4, 6-tripiridilstriazin) ve 2,5 ml FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O karıştırılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, 50 µl ekstrakt 1,5 ml FRAP reaktifi ile karıştırıldı. Absorbans 5 dakika sonra 593 nm'de ölçüldü. Kalibrasyon için bilinen Fe (II) konsantrasyonunun sulu çözeltisi kullanılmıştır.

### 2.7. Nitrik oksit süpürme deneyi

Nitrik oksit temizleme deneyi (NOSA) Badami ve ark. (2003) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir. Sodyum nitroprussid (10 mM) 0,5 ml fosfat tampon salin (1 M; pH 7,4) içinde 0,5 ml ekstrakt ile karıştırılmıştır. Karışım 25 °C'de 150 dakika boyunca inkübe edildi. Reaksiyon karışımına (0,5 ml) sülfanilik asit reaktifi (1 ml) ve ardından %0,1 naftiletilediamindihidroklörür (1 ml) eklenmiş ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiştir. Absorbans 540 nm'de ölçülmüştür. Nitrik oksit radikal süpürme aktivitesi hesaplanmış ve IC50 (µg/ml) olarak ifade edilmiştir.

### 2.8. Deoksiriboz bozunma aktivitesi

Deoksiriboz parçalanma aktivitesi (DDA) Halliwell ve ark. (1987) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. 100 µL 2-deoksi-2-riboz (28 mM), 200 µl EDTA (1,04 mM) ve FeCl<sub>3</sub> (200 µM) çözeltisi (1:1 v/v) ve 100 µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1 mM) ve 100 µl askorbik asit (1 mM), test numunesinin çeşitli konsantrasyonlarının potasyum fosfat tamponundaki (50 mM; pH=7,4) 500 µL çözeltisi ile karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı 1 saat boyunca 37 °C'de tutulmuştur. Ayrıca, 1 ml TBA (%1) ve 1 ml TCA (%2,8) test tüplerine eklenmiş ve 20 dakika boyunca 100 °C'de inkübe edilmiştir. Son olarak absorbans, deoksiriboz ve tampon

içeren bir köre karşı 532 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar IC50 (µg/ml) olarak ifade edilmiştir.

## 3. Sonuçlar ve Tartışma

### 3.1. TPC ve TFC

Fenolik bileşiklerin antioksidan potansiyeli nörodejeneratif, peptik ülser, diyabet, inflamasyon, kanser, kardiyak bozukluklar ve yaşlanma gibi çok çeşitli hastalıklara karşı iyi bir şekilde araştırılmıştır. Fenoliklerin insan sağlığı üzerindeki çeşitli etkileri temel olarak serbest radikalleri temizleme, redoks aktif metal iyonlarını şelatlama, gen ekspresyonunu düzenleme ve sinyal iletim yollarını modüle etme yeteneklerine bağlanmaktadır (Soobrattee ve ark., 2005). Çalışmamızda, TPC değerleri birbirine yakın bulunmuştur ~12 mg GAE/g KA (Tablo 2). TFC örneklerde 0,56ve 0,88 mg QE/g KA olarak bulunmuştur (Tablo 2). Chobot ve ark. (2006) *D. scoparium* Hedw. 'da oldukça düşük bir TPC seviyesi (%3,8) bildirmiştir. *Bryum capillare* Hedw.'de TPC 23,26 mg/g olarak bulunmuştur (Onbasli ve Yuvali 2021). Bazı raporlar karayosunlarında mevcut çalışmaya kıyasla daha yüksek (Wang ve ark., 2017) ve diğerleri daha düşük TFC (Karim ve ark., 2014) bildirilmiştir.

### 3.2. Askorbik asit ve karotenoid içerikleri

Askorbik asit içeriği *M. hornum* 'da (21 µg/g), *M. lycopodioides* 'da (19 µg/g) gözlenmiştir (Tablo 2). *B. capillare*'de 1.87 µg/ml askorbik asit bildirmiştir. *B. moravicum* Podp. 'da ise askorbik asit içeriği mg ekstrakt başına 84,56 µg olarak değerlendirilmiştir (Pejin ve ark., 2013). Askorbik asit temel bir vitamindir ve bu nedenle dışarıdan takviyesi kaçınılmaz hale gelir. Aynı zamanda birçok enzim için kofaktör görevi görür ve kolajen sentezinde, karaciğerdeki detoksifikasyon sürecinde önemli bir rol oynar ve bağışıklık sistemini tetikler. Serbest radikalleri nötralize etmede etkilidir ve E vitaminini yeniden üretir, böylece singlet (tekli) oksijen ve peroksil radikalini temizler (Percival, 1998). Dahası, askorbik asit diferansiyel gen ifadesini etkileyerek DNA ve proteinlerin oksidasyon aracılı hasarını önlemeye yardımcı olur (Granger ve Eck., 2018). COVID-19'un yönetiminde C vitamininin olası kullanımı da bildirilmiştir (Quiles ve ark., 2020). Karotenoid içeriği *M. hornum* 'da 5.12 *M. lycopodioides* 'de 4.96 µg/g KA olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. *M. hornum*, *M. lycopodioides* türlerindeki çeşitli fitometabolitlerin miktarları (a TPC ve TFC değerleri mg/g ± SD cinsinden ortalama değer, b Askorbik asit ve karotenoid içeriği değerleri ise ortalama değer µg/g ± SD olarak verilmiştir).

Briyofitler	TCP <sup>a</sup>	TFC <sup>a</sup>	Askorbik asit <sup>b</sup>	Karotenoid <sup>b</sup>
<i>M. hornum</i>	11,82± 0,26	0,88±0,05	21±0,54	5,12±0,07
<i>M. lycopodioides</i>	11,46± 0,21	0,56±0,05	19±0,32	4,96±0,05

*Fontinalis antipyretica* Hedw. bitkisinde karotenoid içeriği 2,2 mg/g olarak bulunmuştur (Cruz De Carvalho ve ark., 2019). Karotenoidlerin A vitamininden daha iyi antioksidanlar olduğu bildirilmiştir. Kardiyovasküler ve nörolojik bozukluklar, kanser ve gözle ilgili bozukluklar gibi hastalıkların önlenmesinde oldukça etkilidirler (Rao ve Rao, 2007). Tekli oksijenin en etkili temizleyicilerinden biri olan karotenoidler, DNA, protein ve lipitleri reaktif oksijen türlerinin olumsuz etkilerinden korur (Edge ve ark., 1997; Vats ve Gupta, 2017).

### 3.3. Antioksidan testleri

NOSA *M. hornum* 'da (IC50: 768 µg/ml) ve *M. lycopodioides* 'de (IC50: 735 µg/ml; Tablo 3) gözlenmiştir. NOSA'da nitrit iyonları nitrik oksit oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşur (Badami ve ark. 2003). NO önemli bir sinyal molekülüdür, ancak aşırı üretimi inflamasyon ve kanser gibi hastalıkların oluşumunda rol oynar (Ricciardolo ve ark., 2004). Ayrıca, NO'nun süperoksit anyonu ile reaksiyonu peroksinitrit üretir ve bu da doku sistemleri üzerinde kötü etkiye sahiptir (Halliwell, 1997).

FRAP değeri *M. hornum* 'da 946 µM, *M. lycopodioides* 'de 954 µM olarak gözlenmiş olması türlerin güçlü bir antioksidan aktivite sergilediklerini göstermektedir (Tablo 3). Manoj ve Murugan (2012) *Psychotria beddomei* Deb & M.G.Gangop. ekstraktının FRAP değerini 496,8 ± 0,26 µmol FeSO<sub>4</sub>/g kuru ağırlık olarak bildirmiştir. FRAP değerleri, ekstrakttaki biyoaktiflerin ferrik iyonları etkili bir şekilde azalttığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu bileşikler serbest radikallerin kararlı ürünlere dönüştürülmesine yardımcı olacak ve aynı zamanda serbest radikaller tarafından başlatılan zincirleme reaksiyonları engelleyecek potansiyel antioksidanlar olarak hizmet edebilir (Mitra, 2020).

DDA antioksidan potansiyel *M. hornum* 'da ve *M. lycopodioides* 'de sırasıyla (IC50: 805 ve 758

µg/ml) tespit edilmiştir (Tablo 3). Hidroksil radikalleri belirli proteinlerdeki disülfid bağlarını azaltarak genel yapılarını olumsuz yönde etkiler. Bu durum kanser, nörolojik hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların patojenitesini etkiler (Lipinski, 2011). Askorbik asidin hidroksil radikallerini inhibe ettiği bildirilmiştir (Noda ve ark., 1997).

Mevcut araştırmada kullanılan metanolik ekstraktın flavonoidler, askorbat, pigmentler ve fenolik asitler gibi düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar içerdiği bilinmektedir (Vats, 2016). Bu düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar serbest radikallerin potansiyel temizleyicileridir, reaktif oksijen türlerinin (ROS) olumsuz etkisini nötralize eder ve dolaylı olarak metalleri şelatlayarak oksidatif stresi önler. Ayrıca, enzimatik antioksidanların aksine, küçük boyutlu olan düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar, hedeflerinin yakınında olmak için hücre zarından geçebilir. Flavonoidlerin antioksidan potansiyeli temel olarak serbest radikalleri stabilize etmeye yardımcı olan aromatik hidroksil grubu ve C-H bağından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, flavonoidler geçiş metal iyonlarını şelatlayabilir ve lipoksigenaz reaksiyonunun ilerlemesini engelleyebilir (Ross ve Kasum, 2002). Karotenoidler bir dizi konjuge çift bağa sahip bir polien omurgasına sahiptir. Bu karakteristik özellik, tekli moleküler oksijen ve peroksil radikallerini temizlemede yardımcı olan antioksidan potansiyeli kazandırır (Young ve Lowe, 2018). Askorbik asit, lipid radikaline bir elektron bağışlayarak hidrojen peroksit kaynaklı lipid peroksidasyonunu önler. Ayrıca, hücre membranlarında E vitamininin yenilenmesine yardımcı olur ve oksidan kaynaklı sitotoksitesiyi önler (Yen ve ark., 2002).

Sonuç olarak, bu çalışmadaki *Mnium hornum* ve *Mnium lycopodioides* ekstraktları antioksidan ajan olarak önemli bir potansiyel göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılabilir biyoaktif bileşiklerin daha fazla araştırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Tablo 3. *M. hornum*, *M. lycopodioides* türlerinin antioksidan potansiyelleri (Değerler ortalama ± SD olarak verilmiştir).

Briyofitler	NOSA (µg/ml)	DDA (µg/ml)	FRAP (µM)
<i>M. hornum</i>	768±6,01	805±4,00	946±10,26
<i>M. lycopodioides</i>	735±5,12	758±2,00	954±12,41

**Deklarasyon****Yazar katkıları**

Fikir/Kavram: MA, YÇS; Tasarım ve dizayn: YÇS, MA; Denetleme danışmanlık: MA, YÇS; Kaynaklar: YÇS, MA; Malzemeler: MA, YÇS; Ver toplama ve/veya işleme: MA, YÇS; Analiz ve/veya yorum: YÇS, MA; Literatür taraması: YÇS, MA; Yazım aşaması: YÇS, MA; Eleştirel inceleme: MA, YÇS.

**Çıkar çatışması**

Yazarların bu yazının içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir rekabet çıkarı yoktur.

**Finansman**

Yazarlar, bu yazının hazırlanması sırasında herhangi bir fon, hibe veya başka bir destek alınmadığını beyan ederler.

**Etik onay**

Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir

**Kaynaklar**

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 15., Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

Alataş M. Ursavaş S. 2019. Palu İlçesi (Elazığ/Türkiye) briyofit florası. *Biological Diversity and Conservation*. 12:1, 81-88.

Asakawa Y. Ludwiczuk A. Nagashima F. 2013. Chemical constituents of bryophytes: bio- and chemical diversity, biological activity, and chemosystematics. Springer-Verlag. Vienna.

Badami S. Moorkoth S. Rai S.R. Kannan E. Bhojraj S. 2003. Antioxidant activity of *Caesalpinia sappan* heartwood. *Biol Pharm Bull*. 26:11, 1534-1537.

Chen F. Ludwiczuk A. Wei G. Chen X. Crandall-Stotler B. Bowman JL. 2018. Terpenoid secondary metabolites in bryophytes: chemical diversity, biosynthesis and biological functions. *Crit Rev Plant Sci*. 37:2-3, 210-231.

Chobot V. Kubicová L. Nabbout S. Jahodár L. Vytlačilová J. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activities of five moss species. *Fitoterapia*. 77:7-8, 598-600.

Cruz De Carvalho R. Branquinho C. Marques Da Silva J. 2019. Desiccation rate affects chlorophyll and carotenoid content and the recovery of the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* (Fontinalaceae). *Hattoria*. 10: 53-60.

Çakır Sahilli Y. Alataş M. 2024. Antioxidant Activity and Some Chemical Composition of *Polytrichum piliferum* Hedw. Extracts. *Anatolian Bryology*. 10:1, 58-66.

Çötel E. Alataş M. Batan N. Hazer Y. 2017. Comparing of Glutathione Ingredients of Some Species in Bryaceae Family. *Anatolian Bryology*. 5: 15-21.

De Carvalho L.M.J. Gomes P.B. de Oliveira Godoy R.L. Pacheco S. do Monte P.H.F. de Carvalho J.L.V. Nutti M.R. Neves A.C.L. Vieira A.C.R.A. Ramos S.R.R. 2012. Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. *Food Res Int*. 47:2, 337-340.

Demirbağ M. Yıldırım M. Batan N. Yılmaz Ö. Emre İ. Alataş M. 2022. The Biochemical Properties of Some Species of *Dicranum* Hedw. *Anatolian Bryology*. 8:2, 140-148

Edge R. McGarvey D.J. Truscott TG. 1997. The carotenoids as anti-oxidants-a review. *J Photochem Photobiol B*. 41:3, 189-200.

Elibol B. Ezer T. Kara R. Yuvalı Çelik G. Çolak E. 1998. Antifungal and antibacterial effects of some acrocarpic mosses. *Afr J Biotechnol*. 10: 986-989.

Granger M. Eck P. 2018. Dietary vitamin C in human health. *Adv Food Nutr Res*. 83, 281-310.

Halliwell B. 1997. Antioxidants and human disease: a general introduction. *Nutr Rev*. 55, 44-49.

Halliwell B. Gutteridge J.M.C. Aruoma OI. 1987. The deoxyribose methods: a simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Anal Biochem*. 165:1, 215-215.

Henderson D.M. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23: 263-278.

Ichikawa T. Namikawa M. Yamada K. Sakai K. Kondo K. 1983. Novel cyclopentenonyl fatty acids from mosses, *Dicranum scoparium* and *Dicranum japonicum*. *Tetrahedron Letter*. 24, 3337-3340.

Karim F.A. Suleiman M. Rahmat A.S. Bakar M.A. 2014. Phytochemicals, antioxidant and antiproliferative properties of five moss species from Sabah, Malaysia. *Int J Pharm Pharm Sci*. 6:2 92-297.

Lipinski B. 2011. Hydroxyl radical and its scavengers in health and disease. *Oxid Med Cell Longev*. 2011, 809696.

Manoj G.S. Murugan K. 2012. Phenolic profiles, antimicrobial and antioxidant potentiality of methanolic extract of a liverwort,

- Plagiochila beddomei Steph. Ind J Nat Prod Resour. 3:2, 173-183.
- Marko S. Aneta B. Dragoljub G. 2001. Bryophytes as a potential source of medicinal compounds. Pregledni Clanak. 21: 17-29.
- Marques R.V. Guillaumin A. Abdelwahab A.B. Salwinski A. Gotfredsen C.H. Bourgaud F. Enemark-Rasmussen K. Miguel S. Simonsen H.T. 2021. Collagenase and tyrosinase inhibitory effect of isolated constituents from the moss *Polytrichum formosum*. Plants. 10:7, 1271.
- Martínez-Abaiagar J. Núñez-Olivera E. 2021. Novel biotechnological substances from bryophytes. In: Sinha R.P. Häder D.P. eds. Natural bioactive compounds. Academic Press. Cambridge. pp. 233-248.
- Mitra A.K. 2020. Antioxidants: a masterpiece of mother nature to prevent illness. J Chem Rev. 2:4, 243-256.
- Noda Y. Anzai K. Mori A. Kohno M. Shinmei M. Packer L. 1997. Hydroxyl and superoxide anion radical scavenging activities of natural source antioxidants using the computerized JES-FR30 ESR spectrometer system. TBMB. 42:1, 35-44.
- Okan O.T. Serencam H. Baltaş N. Can Z. 2019. Some edible forest fruits their in vitro antioxidant activities, phenolic compounds and some enzyme inhibition effects. Fresenius Environmental Bulletin. 28:8, 6090-6098.
- Onbasli D. Yuvali G. 2021. In vitro medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. Saudi J Biol Sci. 28:1, 478-483.
- Pejin B. Bogdanovic-Pristov J. Pejin I. Sabovljevic M. 2013. Potential antioxidant activity of the moss *Bryum moravicum*. Nat Prod Res. 27:10, 900-902.
- Percival M. 1998. Antioxidants. Clin Nutr Insights. 1098, 54-58.
- Quiles J.L. Rivas-García L. Varela-López A. Llopis J. Battino M. Sánchez-González C. 2020. Do nutrients and other bioactive molecules from foods have anything to say in the treatment against COVID-19? Environ Res. 191: 110053.
- Rao A.V. Rao L.G. 2007. Carotenoids and human health. Pharmacol Res. 55:3, 207-216.
- Ricciardolo F.L. Sterk P.J. Gaston B. Folkerts G. 2004. Nitric oxide in health and disease of the respiratory system. Physiol Rev. 84:3, 731-765.
- Ross J.A. Kasum C.M. 2002. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. Annu Rev Nutr. 22, 19-34.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Soobrattee M.A. Neergheen V.S. Luximon-Ramma A. Aruoma O.I. Bahorun T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. Mutat Res. 579:1-2, 200-213.
- Tedone L. Komala I. Ludwiczuk A. Nagashima F. Ito T. Mondero L. Asakawa Y. 2011. Volatile components of selected Japanese and Indonesian liverworts. 55th Symposium on the Chemistry of Terpenes; Essential Oils and Aromatics. Tsukuba, Japan, p. 272-274.
- Türker H. Ünal B.T. 2020. Bryophytes as the potential source of antioxidant. Anatolian Bryology. 6:2, 129-137.
- Vats S. 2016. Effect of initial temperature treatment on phytochemicals and antioxidant activity of *Azadirachta indica* A. Juss. Appl Biochem Biotechnol. 178:3, 504-512.
- Vats S. Gupta T. 2017. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan, India. Physiol Mol Biol Plants. 23:1, 239-248.
- Wang X. Cao J. Dai X. Xiao J. Wu Y. Wang Q. 2017. Total flavonoid concentrations of bryophytes from Tianmu Mountain, Zhejiang Province (China): phylogeny and ecological factors. PloS One. 12:3, e0173003.
- Whitehead J. Wittemann M. Cronberg N. 2018. Allelopathy in bryophytes-a review. Lindbergia. 41:1, 01097.
- Yen G.C. Duh P.D. Tsai H.L. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. Food Chem. 79:3, 307-313.
- Young A. Lowe G.L. 2018. Carotenoids-antioxidant properties. Antioxidants (Basel). 7:2, 28-31.