

Atf İçin: Erdemir, E. (2023). Ağrı ve Erzurum İllerinde Satılan Buy Otu Tohumu Unlarının Bazı Özelliklerinin Araştırılması. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 352-361.

To Cite: Erdemir, E. (2023). Researches of Some Properties of The Flours of Fenugreek Seed Sold in Ağrı and Erzurum Cities. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 352-361.

Ağrı ve Erzurum İllerinde Satılan Buy Otu Tohumu Unlarının Bazı Özelliklerinin Araştırılması

Ebru ERDEMİR^{1*}

Öne Çıkanlar:

- Örneklerde en fazla miktarda bulunan makro mineral madde fosfordur.
- BOTU'larda tespit edilen en yüksek mikro mineral madde sodyumdur.
- Örneklerin serbest radikal giderme aktivitesi değeri ortalama 76.20 IC₅₀ mg mL⁻¹ olarak belirlenmiştir

Anahtar Kelimeler:

- *Trigonella foenum-graecum* L.
- Çemen otu
- Mineral
- Antioksidan

ÖZET:

Latince adı *Trigonella foenum-graecum* L. olan buy otu halk arasında genellikle çemen otu olarak bilinmektedir. Buy otu birçok alanda kullanılmakla birlikte gıda sanayinde gıdaları lezzetlendirmek, bozucu ya da patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek ve gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır. Araştırmada, Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan 13 adet buy otu tohum ununda (BOTU) mineral madde, toplam fenolik madde (TFM), serbest radikal giderme aktivitesi ve renk analizleri yapılmıştır. Örneklerde en fazla miktarda bulunan makro mineral madde fosfor (P) iken miktar olarak tespit edilen en yüksek mikro mineral madde sodyum (Na)'dur. BOTU'larda TFM değerleri en yüksek 426.71 mg GAE /100 g ve en düşük 137.30 mg GAE /100 g olarak belirlenmiştir. Bulunan en yüksek serbest radikal giderme aktivitesi değeri 100.11 IC₅₀ mg mL⁻¹ iken en düşük ise 31.67 IC₅₀ mg mL⁻¹'dir. L*, a* ve b* renk değerleri ise sırasıyla ortalama 73.70, 0.63 ve 27.37 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak farklı marketlerden alınan örneklerin mineral madde, TFM, antioksidan ve renk özelliklerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Researches of Some Properties of The Flours of Fenugreek Seed Sold in Ağrı and Erzurum Cities

Highlights:

- Phosphorus is the most abundant macro mineral substance in the samples.
- The highest micro mineral substance detected in BOTUs is sodium.
- The average free radical scavenging activity value of the samples was determined as 76.20 IC₅₀ mg mL⁻¹.

ABSTRACT:

Buy grass, whose Latin name is *Trigonella foenum-graecum* L., is generally known as fenugreek among the people. Although it is used in many areas, it is used in the food industry to flavor foods, prevent the development of spoilage or pathogenic microorganisms, and extend the shelf life of foods. In this research, the analysis of mineral substance, total phenolic substance, free radical scavenging activity, and colour performed for 13 the samples of buy grass seed flour bought from Ağrı and Erzurum cities. While the most abundant macro mineral substance in the samples was phosphorus (P), the highest micro mineral substance was sodium (Na). The TFM values in the BOTUs were determined as the highest 426.71 mg GAE /100 g and the lowest 137.30 mg GAE /100 g. The highest free radical scavenging activity value found was 100.11 IC₅₀ mg mL⁻¹, while the lowest value was 31.67 IC₅₀ mg mL⁻¹. L*, a*, and b* color values were determined as the means 73.70, 0.63, and 27.37, respectively. As a result, it was observed that the mineral substance, TFM, antioxidant, and colour properties of the samples bought from different markets were different from each other.

Keywords:

- *Trigonella foenum-graecum* L.
- Fenugreek
- Mineral
- Antioxidant

¹ Ebru ERDEMİR (Orcid ID: 0000-0001-5001-8151), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ağrı, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ebru ERDEMİR, e-mail: eerdemir@agri.edu.tr

GİRİŞ

Buy otu, Fabales takımının, Fabaceae (Baklagiller) familyasının, *Trigonella* cinsinde yer almaktadır. Buy otunun Latince adı *Trigonella foenum-graecum* L.'dir. Kuzey Afrika ve Hindistan'a özgü yıllık, üç yapraklı, otsu ve 10-50 cm boyunda bir bitkidir. Özellikle ılıman iklimin hâkim olduğu birçok ülkede üretilen bu bitki Ülkemizde Kayseri, Konya, Ankara, Çankırı, Afyon, Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa ve Hatay gibi illerde de yetiştirilmektedir. Buy otu bitkisi Türkiye'de yaygın olarak yetişen, iyi bilinen bir bitki olup genellikle çemen otu olarak adlandırılmaktadır (Gökçe ve Efe 2016; Erdemir, 2022a). Buy otu tohumları, düzensiz olarak eşkenar dörtgen, dikdörtgen veya kare şekline ve sarı, zeytin yeşili veya sarımsı-kahverengi ile koyu kahverengi renklere sahip olabilmektedir (Kan ve ark., 2005).

Buy otunun tohumları öğütülerek unu elde edilmektedir ve bu un gıdaları lezzetlendirmek, gelişmesi istenmeyen mikroorganizmaları inhibe etmek ve raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır. Buy otu gıda sanayinde daha çok pastırma, sucuk gibi et ürünlerinde, kahvaltılık soslarda ve yemeklerde kullanılmaktadır. Buy otu tohum unu, pastırmaya kendine has koku ve tadı kazandıran çemenin esas bileşenidir. Pastırma çemeni, buy otu tohum unu, sarımsak, acı ve tatlı toz biberlerin su ile macun kıvamına getirilmesiyle yapılmaktadır. Pastırma bloklarını kaplayan çemen, hem lezzette önemli bir faktördür, hem de etin hava ile temas ederek kurummasını ve bozulmasını önlemektedir. (Kan ve ark., 2005; Aksu ve ark., 2020a; Aksu ve ark., 2020b; Dhawi ve ark., 2020)

Zorunlu ya da makro bitki besin öğeleri, yokluğunda bitki yaşamının söz konusu olmadığı elementler olarak tanımlanırken mikro/minör/iz besin öğeleri ise çoğu bitkinin yapısında belirli oranlarda yaygın bir şekilde bulunan fakat bitkinin büyüme ve gelişmesinde zorunlu olmayan elementler olarak tanımlanmaktadır. Kısaca makro besin öğeleri (N, P, K, Mg, Ca, S vb.) mikro besin öğelerine (Fe, Zn, Mn, Cu, Na vb.) kıyasla bitkiler tarafından daha fazla ihtiyaç duyulan elementlerdir (Bolat ve Kara, 2017; Polat, 2022).

Çeşitli abiyotik stresler, bitkilerde ve hayvanlarda yüksek derecede reaktif ve toksik olan reaktif oksijen türlerinin (ROT) aşırı üretimine yol açarak proteinlere, lipitlere, karbonhidratlara ve DNA'ya zarar vererek oksidatif strese yol açmaktadır. Bu oksidatif stres dokulara zarar vermekte ve çok sayıda hastalığa neden olmaktadır. Antioksidanlar, ROT'un etkilerini nötralize ederek hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Antioksidanlar doğal veya sentetik olabilmektedir. Doğal antioksidanlar meyve, sebze ve baharatlarda bulunduğu diyet yoluyla alınabilmektedir. BHT ve BHA gibi oksidasyonu engelleyen bazı sentetik antioksidanlar da vardır. Bu sentetik antioksidanların insanlar için tehlikeli olduğu bildirildiğinden dolayı son yıllarda toksik olmayan antioksidan arayışları yoğunlaşmıştır (Sindhi ve ark., 2013). Tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer alan buy otunun sağlığın korunması, hastalıkların önlenmesi ve tedavi edilmesinde diğer bitkiler gibi içerdiği bioaktif bileşikler (mineral, fenolik bileşikler gibi) vb. kaynaklı antioksidan özelliklerinden dolayı etkili oldukları çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Shakuntala ve ark., 2011; Ojha ve ark., 2018; Erdemir, 2022a).

Dhawi ve ark. (2020) fonksiyonel yoğurt üretiminde *Trigonella foenum-graecum* tohum unu (%0.1 ve %0.2 oranlarında) kullanmış ve eklenen tohum unları miktarı arttıkça mineral madde miktarının arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, tohum unlarının çeşitli besin maddeleri ve biyoaktif bileşenler açısından zengin olmaları nedeniyle besin ve fonksiyonel değerleri iyileştirmek için fermente süt ürünlerine kolaylıkla ilave edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Pastırma üretiminde çemenleme aşamasında önemli miktarda buy otu tohumu unu kullanılmaktadır. Çemenleme aşamasında, et ile çemen hamuru arasında su-tuz dengesini sağlamakta

ve tuzlanan ette bulunan tuz miktarı azalmaktadır. Pastırma kalitesinin oluşmasındaki en önemli adımlardan biri olan çemenleme işlemiyle pastırmaya özgü tipik tat/aroma oluşumu sağlanmakta, pastırmanın renk kalitesi ve lezzeti iyileştirilmektedir. Ayrıca çemen pastırmanın serbest amino asit bileşimini de etkilemektedir (Ceylan ve Aksu, 2011; Aksu ve ark., 2020a).

Çalışmanın amacı, Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların mineral madde, serbest radikal giderme aktivitesi ve renk özelliklerini belirleyerek BOTU kullanılarak üretilen ürünlere olabilecek etkileri konusunda veri sağlamaktır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada kullanılan 13 adet BOTU Ağrı (6 adet) ve Erzurum (7 adet) piyasasından toplanmış olup, satış yapılan dükkânlardan aynı zamanlarda toplanabilen tüm örnekler iki paralelli olarak analize tabi tutulmuştur. Ağrı ilinden toplanan örnekleri ifade etmek üzere A harfi (A1, A2, A3, A4, A5 ve A6) ve Erzurum ilinden toplanan örnekleri ifade etmek üzere E harfi (E1, E2, E3, E4, E5, E6 ve E7) kullanılmıştır. Analizler yapıncaya kadar BOTU'lar oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir.

Mineral Madde Kompozisyonunun Belirlenmesi

XSERIES 2 (Thermo Scientific) ICP-MS cihazı ile Na (sodyum), Mg (magnezyum), Al (alüminyum), P (fosfor), S (kükürt), K (potasyum), Ca (kalsiyum), Cr (krom), Mn (mangan), Fe (demir), Co (kobalt), Ni (nikel), Cu (bakır), Zn (çinko), Se (selenyum), Sr (stronsiyum) ve Cd (kadmiyum) elementlerinin tespiti yapılmıştır. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometresi (MS) olmak üzere iki ünitenin bileşiminden oluşan bu sistemde; numunedeki elementler ICP'de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine (MS) gönderilmekte ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçümler yapılmaktadır. Yakma işlemi için ilk olarak 0.5 g örnek tartılarak üzerine 7 mL %65'lik HNO₃ ve 1 mL %30'luk H₂O₂ eklendikten sonra 15-20 dk bekletilmiştir. Bu şekilde hazırlanan numunelerin yakma işlemi mikrodalga cihazı (Milestone) yakma prosedürüne göre; 10 dk süre ve 15 dk'lık süre ile 2 adımda; her adımda 180 °C ve 1500 W uygulamak koşuluyla yapılmıştır. Yakılan numuneler uygun konsantrasyonlarda seyreltilerek analiz edilmiş ve sonuçlar ppm veya ppb olarak tespit edilmiştir (Zor ve ark., 2022).

Örneklerin Ekstraksiyonu

Örneklerin ekstraksiyonu Turan ve Simsek (2022) ve Zor ve Sengul (2022)'un önerdikleri metotta bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. 1 g numune bir santrifüj tüpüne tartılarak üzerine 20 mL %80'lik metanol:su (v/v) çözeltisinden eklenmiştir. Karışım vortekslelendikten (Velp Scientifica, İtalya) sonra bir ultrasonik banyoda (Ultrasonic Cleaner, WF-UD10) 50 °C'de 15 dk ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Tüpler, soğutulduktan sonra 5000-6000 rpm de 10 dk boyunca santrifüjlenmiştir (Thermo Fisher Scientific, Almanya). Süpernatant kısmı başka bir tüpe toplanmıştır. Toplam fenolik içerik için numune özütleri doğrudan kullanılmış ancak serbest radikal giderme aktivite analizi için metanol ile 1:5 oranında seyreltilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Tayini

Buy otu tohum unlarının toplam fenolik içeriği (100 mg mL⁻¹) Turan ve Simsek (2022) tarafından önerilen metotta bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Buna göre, 1 mL örnek ekstraktı üzerine 500 µL Folin çözeltisi ve 2 dk sonra 250 µL Na₂CO₃ (%20, w/v) çözeltisi ilave edilmiştir. Toplam karışım hacmi saf su ile 10 mL'ye ayarlanmış ve karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra, özüt yerine damıtılmış su içeren bir

köre karşı spektrofotometre (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis, ABD) ile 760 nm'de absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri (GAE) /100 g olarak verilmiştir.

Serbest Radikal Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi

Örnek ekstraktlarının DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal giderme aktivitesi Turan ve Simsek (2022)'e göre belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki numune ekstraktları (10, 20, 30 µg/µl) test tüplerine aktarılarak toplam hacim 3 mL olacak şekilde metanol ve DPPH çözeltisi (0,1 nM) ilave edilmiştir. Karışım vortekslenmiş (Velp Scientifica, İtalya) ve karanlıkta, oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. Absorbans değerleri, spektrofotometre (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis, ABD) ile 517 nm'de ölçülmüştür.

Renk Analizi

Buy otu tohumu örneklerinin renk yoğunlukları (L^* , a^* ve b^*) Minolta (CR-400, Minolta Co, Osaka, Japan) kolorimetre cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Renk yoğunlukları üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de l'e Clairage) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır. Buna göre; L^* ; $L^*=0$, siyah; $L^*=100$, beyaz (koyuluk/açıklık); a^* ; $+a^*$ = kırmızı, $-a^*$ = yeşil ve b^* ; $+b^*$ = sarı, $-b^*$ = mavi renk yoğunluklarını göstermektedir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmeler tam şansa bağlı bir deneme planı ile SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilere Varyans Analizi uygulanmış, önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizlerin sonuçları çizelgelerde ortalama değerler ve standart sapmalar olarak gösterilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mineral Madde Kompozisyonu

Buy otu tohumu örneklerinin makro ve mikro mineral içeriklerine ait sonuçlar Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgelerden de görüldüğü gibi tespit edilen en yüksek makro mineral ortalama 3374.96 mg kg⁻¹ ile P'dir. En düşük ise ortalama 654.96 mg kg⁻¹ ile Ca'dır. Kan ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, farklı şartlarda kültüre alınmış *Trigonella foenum-graecum* bitkisinin tohumlarında Ca miktarının 2030.7 ile 2695.6 µg g⁻¹ ve Mg miktarının ise 1235.323-1521.036 µg g⁻¹ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise farklı dükkânlardan alınan BOTU'ların Ca miktarları 117.61-544.51 mg kg⁻¹ aralığında, Mg miktarları ise 995.06-2020.66 mg kg⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Çalışmamızda ortalama 436.8 mg kg⁻¹ ile belirlenen en yüksek mikro mineral miktarı Na'ya aitken, en düşük miktar ortalama 63.8 µg kg⁻¹ ile Se'ye aittir. Mg hariç Çizelge 1'de verilen ortalama mineral madde miktarları Erzurum ilinden toplanan BOTU'larda daha yüksek belirlenmiştir. Çizelge 2'de verilen ortalama mineral madde miktarlarının ise K, Cu, Zn ve Sr hariç Ağrı ilinden toplanan örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar (Kan ve ark., 2005) çalışmalarında, Al miktarını 14.574-33.440 µg g⁻¹, Cr miktarını 0.292-1.406 µg g⁻¹, Co miktarını 0.317-0.520 µg g⁻¹, Cu miktarını 7.572-11.570 µg g⁻¹, Fe miktarını 52.184-72.378 µg g⁻¹, Mn miktarını 13.171-7.575 µg g⁻¹ ve Zn miktarını ise 43.947-70.267 µg g⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Çizelge 2'deki sonuçlara göre, tespit ettiğimiz Al, Cr, Co, Fe ve Mn sonuçları araştırmacıların bulduğu sonuçlardan yüksekken, Cu ve Zn miktarlarında ise paralel sonuçlar belirlenmiştir. Ozcan (2004) Konya'dan topladığı farklı bitkilerin mineral madde içeriğini araştırdığı çalışmasında *Trigonella foenum-graecum* bitkisinde belirlediği sonuçlar ve araştırmamızda tespit edilen sonuçlar benzerlik ve farklılık göstermiştir. Shakuntala ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada çimlenmemiş buy otu tohum kabuğundaki

Ca, Zn, Cu, Fe, K, Mn ve Mg miktarlarını sırasıyla ortalama 525.75, 0.94, 0.45, 0.0, 121.54, 0.16 ve 82.02 mg %⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, çemenin ana mineral olarak K'yı maksimum miktarda içerdiğini, ardından S, P, Ca, Mg, Fe, Zn, B, Cu, P, Ni, Cr, Mo, Co ve Cd geldiğini ifade etmişlerdir (Bouhenni ve ark., 2019). Araştırmalar arasındaki farklılıkların tür, olgunluk durumu, toprak tipi, toprak şartları, gübreleme, sulama ve hava durumu gibi birçok faktörden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Kan ve ark., 2005).

Aksu ve Erdemir (2014) piyasadan topladıkları pastırma tiplerinde (sırt, kuşgözü, bohça ve şekerpare) en fazla bulunan mineralin Na (31.9-47.7 g kg⁻¹ kuru ağırlık) olduğunu rapor etmişlerdir. Pastırmadaki Na miktarını artıran temel faktörlerin, kurutma işleminde meydana gelen su kaybı ve kürelemede NaCl kullanılmasının olduğunu, ayrıca geleneksel kuru kür yönteminde etin yüzeyi tamamen tuzla kaplandığı için pastırmada bulunan Na miktarının arttığını ifade etmişlerdir. Piyasadan toplanan BOTU'lardaki Na miktarının fazla olmasının da, pastırmanın çemene gömme ve çemenle kurutma aşamalarında pastırmaya geçerek son ürün olan pastırmanın Na miktarının yükselmesine neden olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 1. Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların tespit edilen makro mineral madde miktarları (mg kg⁻¹)

Örnek No	Mg (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)
A1	995.06	2122.79	901.12	4784.49	117.61
A2	1824.59	3848.17	1546.92	9116.32	191.07
A3	1512.08	3660.13	1427.96	10650.04	259.67
A4	1894.45	2716.52	2625.83	13423.21	258.10
A5	1465.26	3744.78	1278.37	11519.36	240.34
A6	1587.30	3423.08	1976.22	11516.41	259.79
E1	1290.42	3232.72	1866.55	10786.31	269.208
E2	1385.44	3512.19	1529.22	10505.65	364.26
E3	1282.30	3399.86	2019.88	11140.70	351.32
E4	1326.69	3550.41	1696.50	10841.44	228.78
E5	1245.11	3324.81	1886.99	11805.10	257.25
E6	1331.52	3414.15	2047.76	11121.01	271.97
E7	2020.66	3924.91	2036.60	12305.56	544.51
Minimum değer	995.06	2122.79	901.12	4784.49	117.61
Maksimum değer	2020.66	3924.91	2625.83	13423.21	544.51
Ortalama ± Standart sapma	1473.91±290.83	3374.96±485.01	1756.92±431.39	10731.97±2051.02	277.99±101.07

A1-6: Ağrı ilinden toplanan örnekleri, E1-7: Erzurum ilinden toplanan örnekleri temsil etmektedir.

Çizelge 2. Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların tespit edilen mikro mineral madde miktarları (mg kg⁻¹ veya µg kg⁻¹)

Örnek No	Na (mg kg ⁻¹)	Al (mg kg ⁻¹)	Cr (µg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)
A1	672.59	37.81	504.84	32.10	128.95
A2	1055.43	35.63	2701.03	46.57	138.12
A3	442.72	72.02	778.10	28.38	164.41
A4	530.93	374.21	1499.58	21.45	318.62
A5	294.45	90.49	863.17	26.90	184.33
A6	383.96	52.94	301.21	25.30	132.20
E1	179.12	77.34	322.12	37.29	133.30
E2	587.38	17.95	154.62	23.89	123.48
E3	169.91	93.77	292.55	27.59	137.70
E4	444.59	31.50	101.83	25.33	152.46
E5	171.68	53.44	216.99	28.93	113.04
E6	205.78	69.86	243.49	39.19	116.09
E7	539.90	178.42	1659.89	32.67	217.86
Minimum değer	169.91	17.95	101.83	21.45	113.04
Maksimum değer	1055.43	374.21	2701.03	46.57	318.62
Ortalama ±Standart sapma	436.8±252.5	91.2±94.2	741.5±773.4	30.4±7.0	158.5±56.3

A1-6: Ağrı ilinden toplanan örnekleri, E1-7: Erzurum ilinden toplanan örnekleri temsil etmektedir.

Çizelge 2. Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların tespit edilen mikro mineral madde miktarları (mg kg^{-1} veya $\mu\text{g kg}^{-1}$) (Devamı)

Örnek No	Co ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Cu (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	Se ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Sr (mg kg^{-1})	Cd ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
A1	125.47	7.05	33.41	21.92	6.18	73.58
A2	2681.74	11.91	90.72	117.57	23.51	2585.08
A3	314.89	12.60	47.94	36.98	18.02	26.80
A4	787.97	11.56	67.37	265.25	24.67	636.87
A5	369.28	15.87	11.84	25.02	6.60	33.22
A6	145.70	15.07	73.34	9.30	68.52	43.10
E1	244.32	13.56	57.71	24.58	19.72	25.26
E2	421.60	13.60	61.28	117.35	11.70	26.14
E3	220.10	12.82	67.89	19.04	24.82	27.27
E4	361.78	13.59	53.82	107.83	13.34	52.16
E5	212.46	13.36	50.69	32.10	20.60	25.03
E6	240.08	13.42	51.86	29.23	20.03	22.58
E7	1427.12	14.62	66.89	22.81	76.23	1142.48
Minimum değer	125.47	7.05	11.84	9.30	6.18	22.58
Maksimum değer	2681.74	15.87	90.72	265.25	76.23	2585.08
Ortalama $\pm$ Standart sapma	581.0 $\pm$ 721.9	13.0 $\pm$ 2.2	56.5 $\pm$ 19.4	63.8 $\pm$ 72.3	25.7 $\pm$ 21.7	363.0 $\pm$ 747.0

A1-6: Ağrı ilinden toplanan örnekleri, E1-7: Erzurum ilinden toplanan örnekleri temsil etmektedir.

Toplam Fenolik Madde (TFM)

Fenolik madde içeriğinin belirlenmesi, fenolik maddelerin bitkilerin antioksidan aktivitelerine önemli katkıları nedeniyle antioksidan özelliklerini anlamada önemli bir adımdır (Yogesh (Ojha ve ark., 2014; Hajra ve Paul, 2018). Çizelge 3, buy otu tohumu örneklerinin TFM miktarlarını vermektedir. Örneklerin TFM miktarlarının 137.30-426.71 mg GAE /100 g aralığında ve ortalama 219.77 mg GAE /100 g olduğu tespit edilmiştir. Numunelerin TFM miktarlarının birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu bulunmuştur. Çizelge 3 sonuçlarına göre Ağrı ili örneklerinde ortalama TFM miktarları daha yüksekken tespit edilen ortalama DPPH değerleri daha düşüktür. Shakuntala ve ark. (2011) çimlenmemiş çemen tohum kabuğunun sulu etanol ekstraktlarında polifenol içeriğini %14.61 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 3. Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların tespit edilen toplam fenolik madde (TFM) ve serbest radikal giderme aktivite (DPPH) değerleri

Örnek No	TFM (mg GAE /100 g)	DPPH (IC ₅₀ mg mL ⁻¹)
A1	137.30 $\pm$ 12.18 _i	95.52 $\pm$ 0.74 _a
A2	153.63 $\pm$ 9.33 _h	96.93 $\pm$ 0.50 _a
A3	206.46 $\pm$ 1.75 _{ef}	63.96 $\pm$ 7.07 _{cd}
A4	426.71 $\pm$ 6.07 _a	31.67 $\pm$ 0.06 _e
A5	213.66 $\pm$ 4.11 _{de}	68.79 $\pm$ 0.36 _c
A6	323.25 $\pm$ 7.86 _b	60.64 $\pm$ 0.34 _d
E1	227.50 $\pm$ 0.23 _d	61.63 $\pm$ 0.54 _{cd}
E2	172.77 $\pm$ 2.19 _g	77.30 $\pm$ 6.22 _b
E3	192.55 $\pm$ 2.54 _f	68.36 $\pm$ 5.15 _c
E4	174.74 $\pm$ 8.42 _g	100.11 $\pm$ 1.92 _a
E5	169.25 $\pm$ 8.36 _g	99.62 $\pm$ 0.04 _a
E6	200.61 $\pm$ 0.42 _{ef}	83.02 $\pm$ 2.40 _b
E7	258.54 $\pm$ 8.00 _c	83.12 $\pm$ 0.05 _b
Önem seviyesi	**	**
Minimum değer	137.30	31.67
Maksimum değer	426.71	100.11
Ortalama $\pm$ Standart sapma	219.77 $\pm$ 78.73	76.20 $\pm$ 19.57

A1-6: Ağrı ilinden toplanan örnekleri, E1-7: Erzurum ilinden toplanan örnekleri temsil etmektedir. ** P<0.01

a-i: Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bazı araştırmacılar, toz haline getirilmiş kuru çemen otu tohumunun TFM içeriğini 5.68 mg GAE g⁻¹ olarak bulmuş ve ıslatma ve çimlendirme işlemlerinin tohumun TFM içeriğini önemli ölçüde artırdığını ifade etmişlerdir (Ojha ve ark., 2018). Pant ve ark. (2017) Kuzey Hindistan'da yetiştirilen 10 çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) genotipinin metanol ekstraktlarındaki polifenol içeriği ve antioksidan aktivitesini araştırdıkları çalışmalarında TFM içeriğinin 36.2-48.8 mg GAE g⁻¹ ekstrakt aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki ve söz konusu çalışmalarda sonuçlar arasındaki farklılıklar örnek hazırlama yöntemi, kullanılan bitkinin yetiştirilme koşulları gibi sebeplerden kaynaklanabilmektedir (Karadag, 2019).

Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Buy otu tohumu örneklerinin antioksidan kapasitelerine ait sonuçlar Çizelge 3'de gösterilmiştir. Ekstraktların serbest radikal giderme aktivitesini belirlemek için DPPH radikalinden yararlanılmıştır. DPPH radikali, meyveler, sebzeler ve diğer doğal kaynaklı ürünlerde bulunan antioksidanların serbest radikal giderme etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan kararlı bir serbest radikaldır (Brar ve ark., 2013). Bilindiği üzere IC₅₀ değeri, radikal (DPPH) konsantrasyonunu %50 inhibe eden ekstrakt miktarı şeklinde ifade edilmektedir. Bu değerin düşük olması söz konusu örneğin sahip olduğu antioksidan aktivitenin yüksek olduğunun göstergesidir (Karadag, 2019). Çizelge 3'e göre BOTU'ların serbest radikal giderme aktiviteleri birbirinden farklı olup, bulunan sonuçların 31.67-100.11 IC₅₀ mg mL⁻¹ aralığında değiştiği ve ortalama 76.20 IC₅₀ mg mL⁻¹ olduğu belirlenmiştir. A4 örneğinin TFM içeriği en yüksekken, IC₅₀ değeri en düşüktür. Sonuçlar birbirini destekler nitelikte olup TFM içeriği yüksek olan örneğin antioksidan kapasite değeri de yüksek çıkmıştır. Araştırmacılar, çimlenmemiş çemen tohum kabuğunun (200 ppm) %90.9 oranında antioksidan aktivite sergilediğini belirlemişlerdir (Shakuntala ve ark., 2011). Ojha ve ark. (2018) toz-kuru çemen otu tohumlarının IC₅₀ değerini 27975 µg mL⁻¹ olarak tespit etmiş ve bu değerin ıslatılmış ve çimlendirilmiş tohumların IC₅₀ değerinden istatistiksel olarak önemli oranda yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada da farklı çemen genotiplerinin fitokimyasal içerik ve karşılık gelen antioksidan aktivite açısından önemli farklılıklar gösterdiği bulunmuştur (Pant ve ark., 2017).

Sentetik antioksidanlar veya 500 ppm ile 1000 ppm çemen otu (*Trigonella foenum-graecum*) ekstraktı içeren kıyma köftesi (%75 yağsız) 70 °C'lik iç sıcaklığa kadar pişirilmiş ve 4 °C'de depolanmıştır. Araştırmada, çemen ekstraktı içeren çiğ veya pişmiş örneklerin TBA değerleri kontrollerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, çemen otu ekstraktlarının oksidatif acılaşmayı geciktirdiğini, bu ekstraktları içeren numunelerin daha iyi oksidatif stabiliteye sahip olduğunu ve çemen otunun umut verici bir doğal antioksidan kaynağı olabileceğini ifade etmişlerdir (Hettiarachchy ve ark., 1996). Erdemir (2022b) ürettiği pastırmaların ikinci kurutma aşamasından sonra gelen çemenleme aşamasında TBARS değerlerinin kısmen düştüğünü bulmuştur. Makalede atıf yapılan çalışmalar ve bulduğumuz sonuçlar göz önüne alındığında, bu düşüşün çemen yapımında kullanılan BOTU'nun antioksidan özelliğinden ileri geldiği düşünülmektedir.

Renk Değerleri

Buy otu tohumu örneklerinin renk değerlerine (*L**, *a**, *b**) ait sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. *L** değerlerinin 67.03-80.23 aralığında ve ortalama 73.70 olduğu, *a** değerlerinin (-1.63)-(+2,67) aralığında ve ortalama 0.63 olduğu, *b** değerlerinin ise 24.84-27.37 aralığında ve ortalama 27.37 olduğu tespit edilmiştir. *L**, *a** ve *b** değerlerinin farklı marketlerden toplanan BOTU'larda önemli ölçüde farklı olduğu bulunmuştur. Tespit edilen sonuçlara bakıldığında 13 örneğin 4'ünde (A1, E2, E4 ve E7) *a** değerlerinin negatif çıktığı görülmekte ve bunun yeşil rengin göstergesi olduğu bilinmektedir. Bu örneklerde tohum ununa yaprak kısımlarının da öğütülerek katıldığı

düşünülmektedir. Hettiarachchy ve ark. (1996) yaptığı çalışmada çemen otu ekstraktı içeren çiğ köftelerin daha düşük a^* ve daha yüksek b^* değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan bir araştırmada, kurutulmuş çemen otu yapraklarının L^* ve b^* değerlerinin muhtemelen, kurutma esnasında sıcaklık nedeniyle klorofil bozulmasından kaynaklı arttığı ifade edilmiştir (Naidu ve ark., 2012).

Çizelge 4. Ağrı ve Erzurum illerinden toplanan BOTU'ların tespit edilen renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri

Örnek No	L^*	a^*	b^*
A1	76.80±1.55abcd	-0.82±0.13g	27.41±0.74bc
A2	72.05±1.37def	1.38±1.02bcd	28.12±1.47abc
A3	74.05±2.51bcde	0.77±0.52cde	28.45±0.75abc
A4	73.45±5.93cde	2.67±0.88a	25.71±0.63de
A5	70.85±2.92ef	1.66±0.36bc	25.70±1.01de
A6	78.15±0.83abc	0.08±0.10ef	24.84±0.35e
E1	73.97±1.58bcde	0.93±0.41cde	28.01±0.56bc
E2	80.23±3.97a	-1.63±0.63h	29.66±1.66a
E3	67.03±1.15f	1.85±0.35b	28.64±1.44ab
E4	78.54±1.00ab	-0.19±0.30fg	28.22±0.51abc
E5	71.11±3.74ef	1.22±0.78bcd	28.71±1.20ab
E6	72.05±6.20def	0.71±0.58de	27.01±0.22cd
E7	69.77±1.12ef	-0.43±0.43fg	25.29±0.65e
Önem seviyesi	**	**	**
Minimum değer	67.03	-1.63	24.84
Maksimum değer	80.23	2.67	27.37
Ortalama ± Standart sapma	73.70±4.63	0.63±1.26	27.37±1.70

A1-6: Ağrı ilinden toplanan örnekleri, E1-7: Erzurum ilinden toplanan örnekleri temsil etmektedir. ** P<0.01

a-h: Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

SONUÇ

Buy otu birçok kullanım alanına sahip ve ülkemiz ekolojisinde kolaylıkla yetiştirilebilen, farklı kısımları kullanılan bir bitkidir. Bu çalışmada, BOTU'lar ile ilgili ileride yapılacak olan çalışmalara faydalı olabilecek bilgilerin ve verilerin bulunması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, farklı markalara ait BOTU örneklerinin mineral madde, TFM, serbest radikal giderme aktivitesi ve renk değerlerinin birbirinden önemli derecede farklılık gösterebildiği belirlenmiş ve BOTU'ların özellikleri hakkında veri oluşumuna katkı sağlanmıştır. Yapılan çalışmada örneklerin kendi içerisindeki gösterdikleri farklılıklar bitkinin yetiştirme şartları, ham madde temini ve depolanma sürelerindeki farklılıklara bağlanabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada desteklerinden dolayı Dr. Öğr. Üyesi Melek ZOR'a teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması

Yazarın, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı

Ebru ERDEMİR konunun belirlenmesini, çalışmanın kurgulanmasını ve yürütülmesini, bitkisel materyallerin teminini, analizlerin yapılmasını, sonuçların değerlendirilmesini, makale yazımını, makalenin son halinin okunmasını ve onaylanmasını yapmıştır.

KAYNAKLAR

Aksu, M. I., & Erdemir, E. (2014). A survey of selected minerals in ready-to-eat pastırma types from different regions of Turkey using ICP/OES. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38, 564-571.

- Aksu, M. I., Turan, E., & Sat, I. G. (2020). Effects of lyophilized red cabbage water extract and pH levels on the quality properties of pastirma cemen paste during chilled storage. *Journal of Stored Products Research*, 89. doi:ARTN 101696 10.1016/j.jspr.2020.101696
- Aksu, M. I., Turan, E., Sat, I. G., Erdemir, E., Oz, F., & Gurses, M. (2020). Improvement of quality properties of cemen paste of pastirma by lyophilized red cabbage water extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9). doi:ARTN e14714 10.1111/jfpp.14714
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Bouhenni, H., Doukani, K., Sekeroglu, N., Gezici, S., & Tabak, S. (2019). Comparative study on chemical composition and antibacterial activity of fenugreek (*Trigonella Foenum graecum* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Ukrainian Food Journal*, 8(4), 755-767. doi:10.24263/2304-974x-2019-8-4-7
- Brar, J. K., Rai, D. R., Singh, A., & Kaur, N. (2013). Biochemical and physiological changes in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) leaves during storage under modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 50(4), 696-704. doi:10.1007/s13197-011-0390-4
- Dhawi, F., El-Beltagi, H. S., Aly, E., & Hamed, A. M. (2020). Antioxidant, antibacterial activities and mineral content of buffalo yoghurt fortified with fenugreek and moringa oleifera seed flours. *Foods*, 9(9).
- Erdemir, E. (2022a). *Buy otu ve sağlık üzerine etkileri*. 2. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve Yenilikçi Çalışmalar Sempozyumu.
- Erdemir, E. (2022b). Free amino acids profile and quality properties of Turkish pastirma cured with potassium lactate and sodium chloride combinations. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2). doi:ARTN e16263 10.1111/jfpp.16263
- Gökçe, Z., & Efe, L. (2016). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin kullanım alanları ve tıbbi önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayı*, 355-363.
- Hajra, D., & Paul, S. (2018). Study of glucose uptake enhancing potential of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) leaves extract on 3T3 L1 cells line and evaluation of its antioxidant potential. *Pharmacognosy Research*, 10(4), 347-353. doi:10.4103/pr.pr_50_18
- Hettiarachchy, N. S., Glenn, K. C., Gnanasambandam, R., & Johnson, M. G. (1996). Natural antioxidant extract from Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) for ground beef patties. *Journal of Food Science*, 61(3), 516-519. doi:DOI 10.1111/j.1365-2621.1996.tb13146.x
- Kan, Y., Kan, A., Ceyhan, T., Sayar, E., Kartal, M., Altun, L., . . . Cevheroglu, S. (2005). Atomic absorption spectrometric analysis of *Trigonella foenum-graecum* L. seeds cultivated in Turkey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(3), 187-191.
- Karadag, A. (2019). Türkiye'deki bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan potansiyelleri ve fenolik kompozisyonları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 631-637.
- Naidu, M. M., Khanum, H., Sulochanamma, G., Sowbhagya, H. B., Hebbar, U. H., Prakash, M., & Srinivas, P. (2012). Effect of drying methods on the quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) greens. *Drying Technology*, 30(8), 808-816. doi:10.1080/07373937.2012.666607
- Ojha, P., Prajapati, P., & Karki, T. B. (2018). Soaking and germination effect on bioactive components of fenugreek seeds (*Trigonella foenum graecum* L.). *International Food Research Journal*, 25(2), 690-694.

- Ozcan, M. (2004). Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. *Food Chemistry*, 84(3), 437-440. doi:10.1016/S0308-8146(03)00263-2
- Pant, N. C., Joshi, K., Kumar, M., Singh, J. P., & Agrawal, S. (2017). Evaluation of in vitro antioxidant property and phytochemical contents in different genotypes of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Annals of Phytomedicine-an International Journal*, 6(2), 126-137. doi:10.21276/ap.2017.6.2.13
- Polat, A. A. (2022). Bazı anaçların Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinin makro ve mikro besin elementleri alımına etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 92-100.
- Shakuntala, S., Naik, J. P., Jeyarani, T., Naidu, M. M., & Srinivas, P. (2011). Characterisation of germinated fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed fractions. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(11), 2337-2343. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02754.x
- Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., & Dhaka, N. (2013). Potential applications of antioxidants-A review. *Journal of Pharmacy Research*, 7(9), 828-835.
- Turan, E., & Simsek, A. (2022). Black garlic as a substitute for fresh garlic to reduce off-flavor and enhance consumer acceptance and bioactive properties in cement paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2). doi:ARTN e16246 10.1111/jfpp.16246
- Zor, M., & Sengul, M. (2022). Possibilities of using extracts obtained from *Rosa pimpinellifolia* L. flesh and seeds in ice cream production *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), e16225. doi:10.1111/jfpp.16225
- Zor M, Sengul M, Karakütük İ.A., & Odunkıran A. (2022). Changes caused by different cooking methods in some physicochemical properties, antioxidant activity, and mineral composition of various vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*, e16960. doi: 10.1111/jfpp.16960