

ID: 587

Comparison of Composition and Bioactive Properties of Garlic from Gaziantep and Kahramanmaraş

Hatice Kubra SASMAZ¹, Turkan UZLASIR¹, Pınar KADIROGLU¹, Hasim KELEBEK*¹

¹ *Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, 01250 Adana/ Türkiye

Abstract

Garlic (*Allium sativum* L.) belongs to the Liliaceae family and is a vegetable of global economic importance due to its distinctive flavour and positive health effects. It is utilised as an essential component in both traditional and modern medicine. In this study, garlic cultivated in the Gaziantep and Kahramanmaraş regions was analysed. There is a lack of detailed studies in the literature comparing the general composition and bioactive properties of garlic from these two regions. The analyses encompassed moisture and protein content, colour characteristics, antioxidant capacity (measured through DPPH, ABTS, CUPRAC, and iron ion chelating capacity), and total phenolic content. Additionally, the sugar profile was assessed via the HPLC-RID method, the amino acid profile using HPLC-PDA, and total sulfur compounds along with allicin content were analysed. The amino acids identified in garlic samples included aspartic acid, glutamic acid, asparagine, serine, glutamine, histidine, glycine, threonine, arginine, tyrosine, cysteine, valine, methionine, tryptophan, phenylalanine, isoleucine, leucine, and proline. The total amino acid content was found to be 488.81 mg/100 g in Gaziantep garlic, whereas it was 417.34 mg/100 g in Kahramanmaraş garlic. In both regions, arginine was identified as the dominant amino acid. The amount of allicin in garlic grown in the Gaziantep region was measured at 2.51 mg/g, with a total sulfur compound amount of 7.84 mg/g. In garlic from the Kahramanmaraş region, the allicin content was measured at 2.37 mg/g, while the total sulfur compound amount was 6.58 mg/g. The findings provide vital insights into the nutritional and functional value of garlic by highlighting the differences in composition and bioactive properties of garlic cultivated in different regions.

Key Words: *Allium sativum* L., bioactive properties, antioxidant capacity, allicin, HPLC

Gaziantep ve Kahramanmaraş Sarımsağının Bileşim ve Biyoaktif Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özet

Liliaceae familyasına ait olan sarımsak (*Allium sativum* L.), kendine özgü aroması ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle dünya çapında ekonomik öneme sahip bir sebzedir. Geleneksel ve modern tıpta önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinde yetişen sarımsaklar incelenmiş olup, literatürde bu iki yöreye ait sarımsakların genel bileşimi ve biyoaktif özelliklerini karşılaştıran ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla kapsamlı analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler kapsamında; nem ve protein miktarı, renk özellikleri, antioksidan kapasitesi (DPPH, ABTS, CUPRAC ve demir iyonlarını şelatlama kapasitesi ile ölçülmüştür), toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Ayrıca, HPLC-RID yöntemi ile şeker profili, HPLC-PDA yöntemi ile amino asit profili, toplam sülfürlü bileşik ve allisin miktarı analiz edilmiştir. Sarımsak örneklerinde aspartik asit, glutamik asit, asparajin, serin, glutamin, histidin, glisin, treonin, arjinin, tirozin, sistein, valin, metiyonin, triptofan, fenilalanin, izölösün, lösün ve prolin amino asitleri belirlenmiştir. Toplam amino asit miktarı Gaziantep sarımsağında 488,81 mg/100 g, Kahramanmaraş sarımsağında ise 417,34 mg/100 g olarak saptanmıştır. Her iki yörede de baskın amino asidin arjinin olduğu tespit edilmiştir. Gaziantep yöresinde yetişen sarımsaklarda allisin miktarı 2,51 mg/g, toplam sülfürlü bileşik miktarı ise 7,84 mg/g olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş yöresinde yetişen sarımsaklarda ise allisin miktarı 2,37 mg/g, toplam sülfürlü bileşik miktarı 6,58 mg/g olarak saptanmıştır. Elde edilen bulgular, farklı bölgelerde yetişen sarımsakların bileşimi ve biyoaktif özellikleri açısından farklılıklarını ortaya koyarak, sarımsağın besinsel ve fonksiyonel değerine yönelik önemli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Allium sativum* L., biyoaktif özellikler, antioksidan kapasite, allisin, HPLC

Bu çalışma “1230720” proje numaralı 1001 projesi kapsamında TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK’a teşekkürlerimizi sunarız.



Giriş

Sarımsak (*Allium sativum* L.), *Allium* cinsine ait bir türdür. Bu cins, fizyolojik olarak aktif sekonder metabolitler içeren sarımsak, soğan, arpacık soğanı, pırasa ve frenk soğanı gibi yüzlerce türü kapsamaktadır. Sarımsak tarih boyunca “Rus penisilini”, “doğal antibiyotik” ve “bitkisel tılsım” gibi çeşitli unvanlarla anılmıştır (Lidiková ve ark., 2023). Sarımsak, içerdiği biyoaktif bileşenler nedeniyle hem geleneksel tıpta hem de modern tıbbi araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar, sarımsağın güçlü antikanser, antimikrobiyal, antialerjik ve antioksidan özellikler taşıdığını ortaya koymuştur (Iciek ve Kwiecień, 2009; Rana ve ark., 2011). Sarımsağın farmakolojik etkileri oldukça çeşitlidir. Antibakteriyel aktivitesi sayesinde patojen mikroorganizmalara karşı etkili bir koruma sağlamakta, kan lipid düzeylerini düşürerek kardiyovasküler sağlığı desteklemekte ve antiinflamatuvar etkisi ile kronik enflamasyonu azaltabilmektedir. Bunların yanı sıra, ateroskleroz gelişimini önleme potansiyeli, nöronal koruma sağlama yeteneği ve kalp sağlığı üzerindeki olumlu etkileri gibi biyolojik aktiviteleri, sarımsağı fonksiyonel bir gıda ve terapötik ajan olarak öne çıkarmaktadır (Iciek ve Kwiecień, 2009; Rana ve ark., 2011). Sahip olduğu çok sayıda biyoaktif bileşenin yanı sıra, özellikle tıbbi etkileri yüksek olan organosülfürlü bileşiklerden biri olan allisin, bu biyolojik aktivitelerin ortaya çıkmasında temel rol oynamaktadır (Mollica ve ark., 2018). Sarımsak, çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir (Jang ve ark., 2018). Bu bileşikler arasında organosülfür bileşikleri, allisin, diyalil sülfürler, diyalil disülfür, diyalil trisülfür ve S-alil-sistein sülfoksit (alliin) yer almaktadır. Ayrıca saponinler, fenolik bileşikler, amino asitler, uçucu yağlar, vitaminler, mineraller (germanyum, selenyum, kalsiyum ve demir), enzimler ve bağışıklık modüle edici polisakkaritler de sarımsakta bulunan önemli bileşenlerdendir (Qiu ve ark., 2020; Sasmaz ve ark., 2022; Shang ve ark., 2019). Türkiye’de sarımsak üretimi yıllara göre değişiklik göstermekle birlikte, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2023 verilerine göre, en fazla sarımsak üretimi sırasıyla Kastamonu, Gaziantep, Kahramanmaraş, Aksaray ve Tokat illerinde gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinde yetişen sarımsakların bileşimleri ve biyoaktif özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmemiştir. Bu çalışmada, her iki yöreye ait sarımsakların nem ve protein içeriği, renk özellikleri, antioksidan kapasiteleri (DPPH, ABTS, CUPRAC, demir iyonlarını şelatlama), toplam fenolik madde miktarı, şeker ve amino asit profilleri (HPLC-RID ve HPLC-PDA), toplam sülfürlü bileşik ve allisin içerikleri analiz edilerek kapsamlı bir karakterizasyon yapılmıştır. Bu sayede, bölgesel farklılıkların sarımsağın biyoaktif özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Kimyasallar

Metanol (HPLC grade) ve sodyum karbonat Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından; psülfürlü bileşikler (L-(+)-alliin, allisin, SAC ve GSAC), şekerler (sakkaroz, glikoz, fruktoz), Sigma Chemical Co. (St. Louis, ABD) firmasından temin edilmiştir. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), ABTS [2,2-azinobis-(3-etil-benzotiazolin-6-sülfonik asit)], 3-MPA (3-merkaptopropionik asit), FMOAC (9-Florenilmetoksikarbonil), OPA(o-fitalaldehit) ve Trolon ((+/-)-6-hidroksi-2, 5, 7, 8-tetrametil-kroman-2-karboksilik asit) Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, ABD) firmasından ve etanol Riedel de Haen Co. (Seelze, Almanya) firmasından temin edilmiştir. HPLC analizlerinde mobil fazların hazırlanmasında Elga Purelab Option-Q marka saf su cihazından sağlanan 18.2 MΩ-cm ultra saf su kullanılmıştır. Standart çözeltiler ve diğer hassas çözeltiler günlük olarak hazırlanmıştır.

Materyal

Çalışmada kullanılan sarımsak (*Allium sativum* L.) örnekleri, Türkiye’nin önemli sarımsak üretim bölgelerinden olan Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinden temin edilmiştir. Kahramanmaraş örnekleri, Kahramanmaraş ilinin Pazarcık ilçesindeki yerel bir pazardan; Gaziantep örnekleri ise Gaziantep ilinin Araban ilçesinden sağlanmıştır.

Nem ve kuru madde miktarı

Örneklerin nem oranları AOAC (1997)’de belirtilen metoda göre yapılmıştır. Kısaca darası alınan bir petri kutusuna yaklaşık 5 g ± 0,1 ağırlığında örnek tartılmış ve 105 ± 2°C’deki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

Renk özelliklerinin belirlenmesi

Renk ölçümlerinde Hunter Lab Scan (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA) cihazı kullanılarak L*, a*, b* değerleri kaydedilmiştir (Hojjati ve ark., 2012). ‘L*’ değeri parlaklığı (beyazlık veya açıklık koyuluk); ‘+a*’ değeri kırmızı; ‘-a*’ değeri yeşil; ‘+b*’ değeri sarı ve ‘-b*’ değeri mavi renkleri temsil etmektedir. Bu değerlere bağlı olarak aşağıdaki formüllere göre renk berraklığı (Chroma) ve renk tonu (Hue) değerleri de hesaplanmıştır.

Renk berraklığı = $(a^2 + b^2)^{1/2}$

Renk tonu = $\text{Arctan}(b^*/a^*)$.



Protein tayini

Ham protein içeriği otomatik yakma, damıtma ve titrasyon ünitesi (Vapodest 45s Gerhardt) kullanılarak Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Titrasyon işleminde harcanan 0.1 N HCl miktarı saptanarak elde edilen değerler kullanılıp örneklerdeki protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC International. 2007).

Antioksidan Kapasitenin ve Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi Antioksidan aktivite analizleri

Sarımsak örneklerinin antioksidan aktiviteleri dört farklı yöntemle değerlendirilmiştir. Serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2, difenil 1-pikri hidrazil) kullanılarak ve metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişiminin 515 nm’de (Agilent –Cary 60) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995; Sanchez-Moreno ve ark. 1998; Kelebek ve ark. 2009).

ABTS yöntemi Saafi ve ark. (2009)’nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2’-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılmıştır karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir ve daha sonra bu solüsyon sodium asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.70 ± 0.01 absorbans olacak şekilde seyreltilmiştir. Daha sonra 20 µL örnek 2.98 mL hazırlanan tampon ile karıştırılmıştır. Absorbans 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanmıştır. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10-100 µmol/L) standart eğim çizgisi ile hesaplanmıştır.

CUPRAC yöntemi Apak ve ark. (2004),’nin metoduna göre yapılacaktır. Bu yöntem için 1.0×10^{-2} M Bakır (II) klorür çözeltisi ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 1 M (pH=7) Amonyum asetat tamponu ve 7.5×10^{-3} M Neokuproin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin) çözeltisi hazırlanacaktır. Troloks antioksidan bileşiğinin stok çözeltisi ise 1.0×10^{-3} M konsantrasyonda olacak şekilde hazırlanacaktır. Bir cam tüp içerisine bakır (II) çözeltisi, neokuproin çözeltisi ve amonyum asetat tamponundan sırasıyla 1’er ml eklenecektir. Üzerine örneğin katı veya sıvı olma durumuna (x) göre (katı ise 0.5 ml, sıvı ise 0.3 ml) antioksidan çözeltisi ve (1.1-x) mL distile su ilave edilip tüpler iyice çalkalanacaktır. Toplam hacim 4.1 ml olacak şekilde hazırlanan çözeltiler oda koşullarında ağız kapalı olarak 30 dakika boyunca bekletilecek ve süre sonunda içinde örnek bulunmayan referans çözeltiliye karşı 450 nm’de absorbans değerleri ölçülecektir. Elde edilen absorbans değerleri Trolox standart eğim tablosu ile hesaplanarak sonuçlar mmol trolox/g cinsinden ifade edilecektir.

Örneklerin demir iyonlarını şelatlama kapasiteleri, analizi için öncelikle 2 mL örnek çözeltisi ile 0.1 mL 1 mmol/L $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi karıştırılarak 30 dakika süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra karışıma 0.1 mL 5 mmol/L ferrozin çözeltisi ilave edilerek homojen bir şekilde karıştırılmış ve 10 dakika daha inkübasyon işlemi uygulanmıştır. İnkübasyon sonucunda örnek absorbansı, 562 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde analizi, Singleton ve ark. (1999) yöntemine göre yapılmıştır. 100 µl ekstrakt üzerine 7.5 ml distile su ilave edilmiş, 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiş 3 dakika bekletilerek üzerine 1 ml %20’lik sodyum karbonat çözeltisi eklenmiştir ve daha sonra 0.9 ml distile su eklenmiş ve karıştırılmıştır. 1 saat oda koşullarında karanlıkta bekletilmiş ve UV spektrofotometre (Agilent Carry 60) ile 765 nm’de absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit (31.25–500 ppm) standart eğim çizgisi ile hesaplanmış sonuçlar mg /100 gram TPC gallik asit eşdeğerleri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir.

Şeker Bileşimi Analizi

Şeker bileşiminin belirlenmesi amacıyla, sarımsak örneklerinden 2 g alınarak üzerine 20 mL saf su ilave edilmiş ve 30 dakika süreyle ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır (Sasmaz ve ark., 2022). Örnekler Shimadzu Prominence-i model HPLC cihazına enjekte edilerek analiz edilmiştir. Analizlerde, Bio-Rad firmasına ait Aminex HPX-87H (300 × 7.8 mm) kolonu kullanılmıştır. Taşıyıcı faz olarak 5 mM sülfürik asit çözeltisi kullanılmış ve fazın akış hızı 0.5 mL/dakika olarak ayarlanmıştır. Ayırma işlemi izokratik modda gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki sakkaroz, glikoz ve fruktoz miktarlarının belirlenmesi için refraktif indeks dedektörü (RID) kullanılmış ve kantitatif analizler dış standart yöntemi ile yapılmıştır. Bu kapsamda, her bir şeker bileşiği için beş farklı konsantrasyonda kalibrasyon çözeltileri hazırlanarak standart eğriler oluşturulmuştur.

Amino Asit Analizi

Amino asit analizleri için sarımsak örneklerinden 0.5 g tartılarak, üzerine 10 mL %0.1 N HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler, geri soğutucu altında 110 °C’de 24 saat süreyle hidrolize edilmiştir. Hidroliz sonrasında elde edilen sıvı fazdan 2 mL alınarak 0.45 µm’lik membran filtreden geçirilmiş ve analiz için hazırlanmıştır. Filtre edilen örnekler, Shimadzu Prominence-i model HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Analiz öncesinde, amino asitler 3-merkaptopropiyonik asit (3-MPA), ortoftalaldehit (OPA) ve 9-fluorenylmethyl kloroformiat (FMOC) reaktifleri ile türevlendirilmiştir. Türevlendirilen örnekler, Shimadzu marka Shim-pack XR-ODS II kolonuna (2 µL enjeksiyon hacmi) enjekte edilerek amino asit miktarı saptanmıştır (Sasmaz ve ark., 2022).



Toplam sülfürlü Bileşiklerin ve Allisin Miktarının Analizi

Örnek ekstraksiyonu için Sasmaz ve ark. (2023) tarafından yürütülen yöntem uygulanmıştır. Analizler, Agilent 1260 LC sistemi ile entegre çalışan bir diyot dizin dedektörü (DAD) ve Agilent 6460 üçlü kuadropol kütle spektrometresi (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sülfürlü bileşiklerinin tayininde, Phenomenex Luna C18 kolon (250 x 4.6 mm, 5 µm; Torrance, Kaliforniya, ABD) kullanılarak pozitif iyon modunda LC-DAD-ESI-MS/MS tekniği uygulanmıştır. Kromatografik ayırma işlemi için kolon sıcaklığı 25°C'de sabit tutulmuş ve 5 µL'lik enjeksiyon hacmi uygulanmıştır. Mobil faz olarak iki çözelti kullanılmıştır: çözücü A, su ve formik asit karışımından (99:1, v/v); çözücü B ise asetronitril ile çözücü A'nın 60:40 (v/v) oranında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır analizde, gradient sistemi kullanılmıştır. Kütle spektrometresi analizlerinde elektrosprey iyonizasyon (ESI) kaynağı kullanılmış olup, nebulizör gaz basıncı 45 psi, kuru gaz akış hızı 15 L/dakika ve kuru gaz sıcaklığı 400°C olarak ayarlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma**Kuru madde ve nem miktarının belirlenmesi**

Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinden temin edilen taze sarımsaklarda yapılan analizler sonucunda, kuru madde miktarları sırasıyla %28,93 ve %29,09, nem içerikleri ise %71,06 ve %70,91 olarak saptanmıştır (Tablo 1). Sasmaz ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada Gaziantep ve Kastamonu taze sarımsaklarının nem içeriğini %60,3 ve %65,4 olarak belirlemişlerdir. Kutlu ve ark. (2018) Tunceli dağ sarımsağının özelliklerini araştırdıkları çalışmada, sarımsağın kuru madde miktarını %38,08 olarak saptamışlardır. Taze ve siyah sarımsağın fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, taze sarımsağın nem miktarı %64,21 olarak belirlenmiştir (Choi ve ark., 2014). Yapılan diğer çalışmalarda taze sarımsakların nem içeriklerinin %62,31 ile %72,42 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kang ve ark., 2016, Resende Nassur ve ark., 2018).

Tablo 1. Sarımsakların genel bileşimleri

	Gaziantep	Kahramanmaraş
Nem (%)	71,06±0,57	70,91±0,41
Kuru madde(%)	28,93±0,57	29,09±0,41
Protein (%)	6,78±0,10	6,36±0,17
Renk Parametreleri		
L*	82,71±0,21	77,45±1,72
a*	1,7±0,06	2,32±0,15
b*	14,32±0,73	15,78±1,91
C	14,75±0,15	15,95±1,87
h*	96,90±0,09	98,49±1,08
Şeker Bileşimi (mg/kg)		
Sakkaroz	1276,51±1,32	938,61±1,85
Glikoz	1055,70±0,83	895,58±3,62
Fruktoz	477,17±0,12	463,00±2,53
Toplam şeker	2809,39±2,28	2298,15±5,01

Protein miktarı

Gaziantep ve Kahramanmaraş taze sarımsaklarının protein miktarı Tablo 1'de verilmiş ve protein içerikleri sırasıyla %6,78 ve %6,36 olarak saptanmıştır. Sasmaz ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada Gaziantep ve Kastamonu taze sarımsaklarının protein miktarını %7,5 ve %6,8 olarak belirlemişlerdir. Sasaki ve ark. (2007) taze sarımsağın protein miktarını %8,4 olarak, Liu ve ark. (2018) ise %5,32 olarak bildirmiştir. Sarımsakların protein içerikleri genel olarak değerlendirildiğinde Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerine ait sarımsakların protein içeriklerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu ve Gaziantep yöresinin protein içeriğinin Kahramanmaraş yöresine kıyasla yüksek olduğu saptanmıştır.

Renk özellikleri

Renk, gıda seçimi ve kabul edilebilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve genellikle gıda kalitesinin bir göstergesi olarak lezzet, güvenlik ve besin değeri ile ilişkilendirilmektedir (Andrés-Bello ve ark., 2013; Hutchings, 2016). Bir nesnenin kabul/reddinin %62-90 oranında renge bağlı olduğu ve tüketicilerin satın alma kararlarını bir ürünle temasın ilk 90 saniyesinde oluşan izlenimlere dayandığı bildirilmiştir (Brennan, 2006). Taze sarımsakların L*, a*, b*, C ve h değerleri Tablo 1'de verilmiştir. L* değeri parlaklığı (beyazlık veya koyuluk); +a* değeri kırmızı; -a* yeşil; +b* değeri sarı ve -b* değeri mavi renkleri temsil etmektedir. Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinden temin edilen taze sarımsakların renk parametrelerinden L* değeri sırasıyla 82,71 ve 77,45 olarak belirlenmiştir. Renkteki kırmızılığın göstergesi olan a* değeri 1,70 ve 2,32 sarılığın göstergesi olan b* değeri, 14,75 ve 15,95, C değeri 14,75 ve 15,95, h değeri ise 96,9 ve 98,49 olarak tespit edilmiştir (Tablo 1).



Antioksidan aktivite

Gıdalardaki doğal bileşiklerin antioksidan aktivitelerini belirlemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Kim, Jung ve ark., 2012). Gaziantep ve Kahramanmaraş taze sarımsaklarının antioksidan kapasitesi DPPH, ABTS, CUPRAC ve demir iyonlarını şelatlama kapasitesi olmak üzere dört farklı yöntemle belirlenmiş ve elde edilen veriler Tablo 2’de verilmiştir.

Bitkilerin ve ekstraktların radikal temizleme kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) analizidir. Bu yöntem, uygulanması kolay, tekrarlanabilirliğinin yüksek ve ekonomik olmasıyla bilinmektedir. DPPH yöntemi, DPPH radikalının antioksidanlar tarafından bir redoks reaksiyonuna bağlı olarak süpürülmesi temeline dayanmaktadır (Carmona-Jiménez ve ark., 2014). Gaziantep taze sarımsağının DPPH yöntemiyle saptanan antioksidan kapasitesi 174,54 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g KA}$, Kahramanmaraş taze sarımsağının ise 146,91 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g KA}$ olarak saptanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Sarımsak örneklerinin antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarı sonuçları

	Gaziantep	Kahramanmaraş
Toplam Fenolik Madde ¹	276,97 $\pm$ 3,86	252,91 $\pm$ 1,79
DPPH ²	174,54 $\pm$ 3,09	146,70 $\pm$ 3,12
ABTS ²	312,15 $\pm$ 5,32	307,62 $\pm$ 5,02
CUPRAC ³	62,85 $\pm$ 0,81	58,81 $\pm$ 1,16
Demir İyonlarını Şelatlama Kapasitesi ⁴	63,22 $\pm$ 0,02	62,54 $\pm$ 0,17

¹ mg GAE /100 g KA, ² $\mu\text{mol Trolox} /100\text{ g KA}$, ³ mmol Trolox/100 g KA, ⁴mg EDTA/100 g KA

ABTS (2,2’-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) yöntemi, ilk olarak Miller ve arkadaşları (1993) tarafından bildirilmiş olup, ABTS'nin hidrojen persülfat ile oksidasyonu ile oluşturulan, ABTS+ radikalının, bir antioksidanı stabilize etme yeteneğine dayanmaktadır (Londoño, 2012). ABTS yöntemiyle saptanan Gaziantep taze sarımsağının antioksidan kapasitesi 312,15 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g KA}$, Kahramanmaraş taze sarımsağının ise 307,62 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g KA}$ olarak belirlenmiştir. CUPRAC (Bakır II iyonu indirgeme esaslı antioksidan kapasite) yönteminde, 2,9-dimetil-1,10- fenantrolin (Neokuproin-Nc)’in Cu(II) ile oluşturduğu bakır(II)-neokuproin kompleksinin (Cu(II)-Nc) antioksidan bileşikler varlığında 450 nm’de maksimum absorbans veren bakır(I)-neokuproin [Cu(I)-Nc] şelatına indirgenme yeteneğinden yararlanılarak bileşiklerin antioksidan kapasiteleri ölçülmektedir (Apak ve ark., 2014). Gaziantep taze sarımsağında CUPRAC yöntemiyle saptanan antioksidan kapasite 62,85 mmol Trolox/100 g KA, Kahramanmaraş taze sarımsağının ise 58,81 mmol Trolox/100 g KA olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Demir iyonlarını şelatlama yöntemiyle saptanan antioksidan kapasite ise Gaziantep yöresinde yetişen sarımsaklarda 63,22 mg EDTA/100 g KA, Kahramanmaraş yöresinde yetişen sarımsakların ise 62,54 mg EDTA/100 g KA olarak saptanmıştır (Tablo 2).

Toplam fenolik madde miktarı

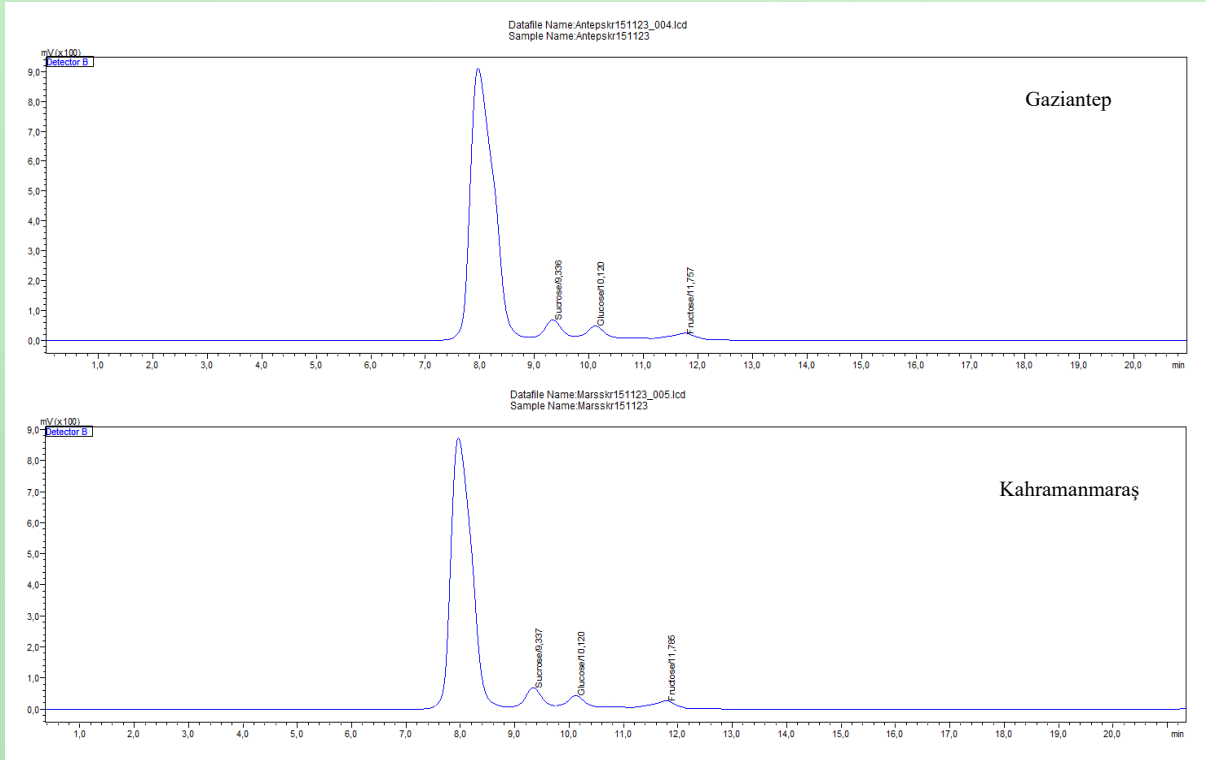
Fenolik bileşikler, bitkilerde bulunan ve sağlık için faydalı olan doğal bileşiklerdir (Amoako ve Awika, 2016). Bu bileşiklerin, antioksidan ve antiinflamatuvar gibi birçok biyolojik fonksiyona sahip olduğu bilinmektedir (Tavan ve ark., 2023). Fenolik bileşiklerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel faydaları göz önüne alındığında, bu bileşiklerin gıda maddeleri ve ilaç ürünlerinde biyoaktif bileşen olarak kullanımı büyük ilgi görmüştür (Tavan ve ark., 2023). Gaziantep sarımsaklarının toplam fenolik madde miktarı 276,97 mg GAE/100 g KA, Kahramanmaraş sarımsaklarında ise 252,91 mg GAE/100 g KA olarak tespit edilmiştir (Tablo 2, Şekil 4). Yapılan bir çalışmada sarımsakta fenolik bileşiklerin toplam miktarının 3,4 ile 10,8 mg GAE/g arasında değiştiği ve ortalama 6,5 mg GAE/g olduğu bildirilmiştir (Qiu ve ark., 2020). Bir diğer çalışmada ise farklı solventler (metanol, hekzan ve etil asetat) ve farklı sürelerde (35, 50 ve 65 dakika) yapılan ekstraksiyonlar ile taze sarımsaklardaki toplam fenolik madde içeriğinin 38,57 ile 60,38 mg GAE/100g arasında değiştiği ve en yüksek içeriğe 50 dakikalık ekstraksiyon süresinde ve metanol kullanılarak ulaşıldığı bildirilmiştir (Awan ve ark., 2019). Bir diğer çalışmada ise taze sarımsaklardaki toplam fenolik madde miktarı 98 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir (Bozin ve ark., 2008). Elde edilen veriler doğrultusunda çalışmamızda belirlenen TFM miktarının Qiu ve ark. (2020)’nin tespit ettiği TFM miktarından düşük, Awan ve ark., (2019) ve Bozin ve ark., (2008)’in çalışma verilerinden ise yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin sarımsakların çeşidine, yetiştirilme yörelerine, mevsim koşullarına ve yetiştirme koşullarından (toprak, gübreleme ve sulama vb.) kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Şeker profili

Taze sarımsağın %26-30’unu karbonhidratlar oluşturmaktadır (Darbyshire ve Henry, 1981). Polisakkaritler, sarımsağın ana bileşenlerindendir ve son yıllarda yapılan klinik çalışmalar, sarımsak polisakkaritlerinin antibakteriyel, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antitümör ve antiaging (yaşlanmayı engelleyici) potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Li ve ark., 2017). Tablo 1’de her Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinden temin edilen taze sarımsaklarda belirlenen sakkaroz, glikoz ve fruktoz miktarları verilmiştir. Şekil 1’de belirlenen bileşiklere ait HPLC-RID kromatogramı, verilmiştir. İki yöreden de temin edilen taze sarımsaklarda baskın şeker



sakkaroz olarak saptanmış ve bunu miktarsal olarak fruktoz ve glikozun izlediği tespit edilmiştir. Gaziantep yöresinden temin edilen taze sarımsağın toplam şeker içeriği 2809,39 mg/kg, Kahramanmaraş yöresinden temin edilen taze sarımsağın ise 2298,15 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu bulgular, Gaziantep yöresi sarımsaklarının, Kahramanmaraş yöresi sarımsaklarına göre daha yüksek toplam şeker içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Gaziantep ve Kahramanmaraş yöresi taze sarımsaklarının sırasıyla sakkaroz miktarı 1276,51 mg/kg ve 938,61 mg/kg, glikoz miktarı 1055,70 ve 895,58 mg/kg ve fruktoz miktarı ise 477,14 ve 463,00 mg/kg olarak belirlenmiştir. Gaziantep yöresine ait sarımsakların şeker içeriklerinin Kahramanmaraş yöresi sarımsaklarından yaklaşık 1,2 kat yüksek olduğu tespit edilmiştir. Petropoulos ve ark. (2018), Yunanistan'da yetiştirilen sarımsaklarda sakkarozun baskın şeker olduğunu ve miktarının 1,99 ile 3,29 g/100 g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, toplam şeker içeriğinin %97'sini sakkaroz oluştururken, fruktoz daha düşük seviyelerde bulunmuştur. Ayrıca, incelenen genotiplerin sadece üçünde glikoz tespit edilmiştir. Sasmaz ve ark. (2022), taze sarımsaklarda toplam şeker miktarının 1519-1856 mg/100g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 1. Gaziantep ve Kahramanmaraş yöresi taze sarımsakların şeker kromatogramı

Amino asit profili

Sarımsak, antimikrobiyal özellikleri (Lanzotti ve ark., 2014), kanser önleyici potansiyeli (Dong ve ark., 2014), kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisi (Katsuki, ve ark., 2006) ve antioksidan özellikleri (Fratianini ve ark., 2016) gibi sağlık yararları nedeniyle her geçen gün daha fazla ilgi görmektedir. Amino asitler insan vücudundaki en önemli bileşikler olarak kabul edilmektedir. Bu bileşikler yalnızca proteinlerin temel yapısal birimleri ve bir enerji kaynağı olmakla kalmaz, aynı zamanda nörotransmitterlerin, porfirinlerin, poliaminlerin ve nitrik oksitlerin biyosentezinde de önemli bir rol oynamaktadır (Guo ve ark., 2013). Sarımsaktaki amino asitlerin miktarı ve bileşimi, sarımsağın kalitesi ve besin değeri hakkında bilgiler sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, sarımsağın serbest amino asitler açısından zengin ve amino asit takviyesi için sağlıklı bir besin kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır (Yongdoo ve ark., 2005; Lee ve Harnly 2005). Yapılan çalışmalarda sarımsakta baskın amino asitin arjinin olduğu bildirilmiştir (Liu, ve ark., 2018). Arjinin, tüm hücreler tarafından kullanılan yarı esansiyel bir amino asittir. Bu amino asit, ortalama olarak, normal insan diyetindeki toplam amino asitlerin %5-7'sini oluşturmaktadır (Pahlavani ve ark., 2017). Sarımsağın çeşidine ve yetiştirilme koşullarına bağlı olarak amino asit miktarı değişmektedir (Lee ve Harnly, 2005).

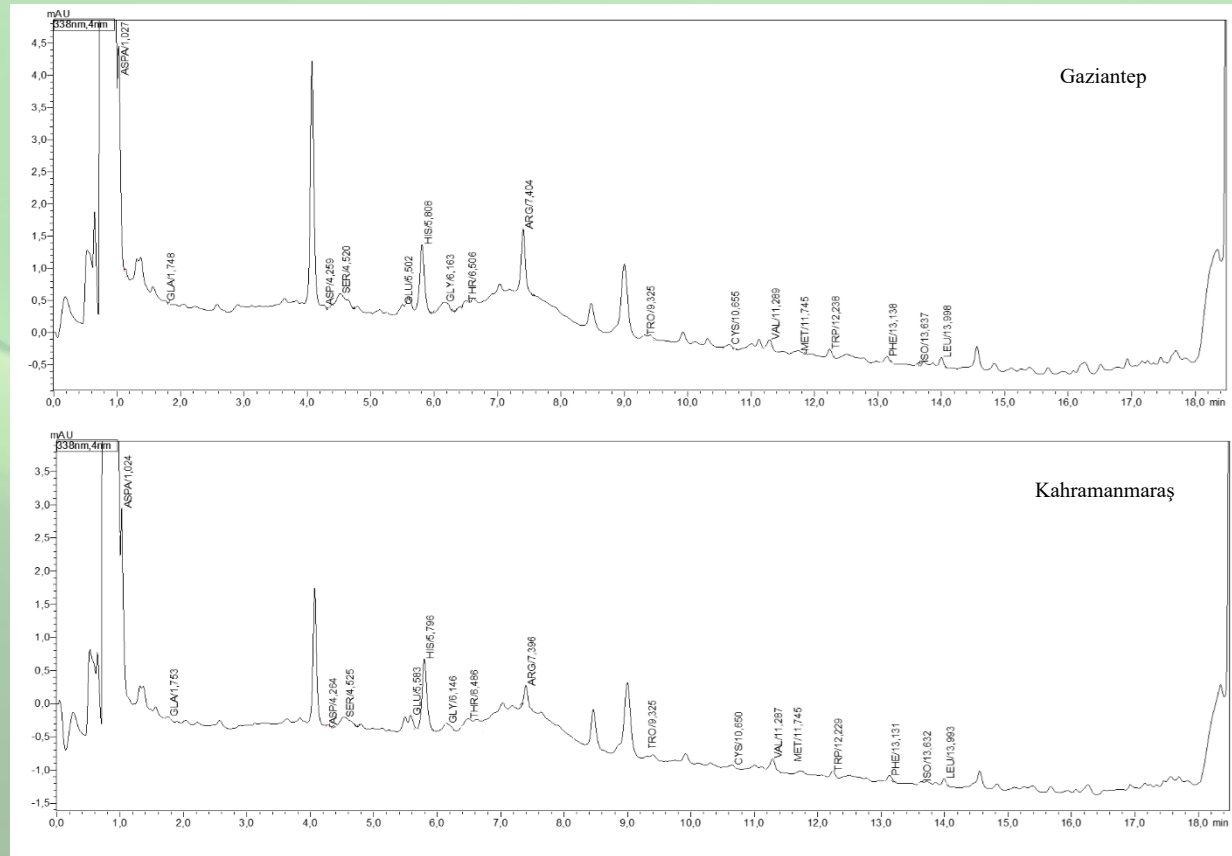
Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinden temin edilen taze sarımsakların aminoasit profili ve miktarlarına ait veriler Tablo 3'de sunulmuştur. Her iki yörenin sarımsaklarında da 18 adet amino asit bileşiği saptanmıştır. Sarımsaklarda aspartik asit, glutamik asit, asparajin, serin, glutamin, histidin, glisin, treonin, arjinin, tirozin, sistein, valin, metiyonin, triptofan, fenilalanin, izolösin, lösin, prolin amino asitleri belirlenmiştir. Toplam amino asit miktarı Gaziantep sarımsağında 488,81 mg/100g, Kahramanmaraş sarımsağında ise 417,34 mg/100g olarak saptanmıştır. Gaziantep ve Kahramanmaraş sarımsaklarında baskın aminoasitin arjinin olduğu saptanmıştır. Gaziantep yöresi sarımsakların arjinin miktarı Kahramanmaraş yöresine göre yaklaşık 1,34 kat daha yüksek



içeriktedir. Arjinin sonrasında aspartik asit, glutamik asit, histidin ve tirozinin baskın amino asitler olduğu saptanmıştır. Bunlar dışında Gaziantep yöresi sarımsağının Kahramanmaraş taze sarımsağına göre asparajin miktarı 1,52 kat, glisin miktarı 1,45 kat, treonin miktarı 1,41 kat, tirozin miktarı 2,59 kat ve sistein miktarı ise 1,76 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Sarımsak örneklerine ait aminoasit miktarları

Alınma (dk)	zamanı (nm)	Aminoasitler (mg/100 g)	Kısaltm a	Gaziantep	Kahramanmar aş
1,02	338	Aspartik asit	ASPA	36,58±0,14	36,19±0,15
1,75	338	Glutamik asit	GLA	36,10±0,08	30,71±0,22
4,26	338	Asparajin	ASP	29,16±0,32	19,24±0,09
4,53	338	Serin	SER	19,17±0,11	22,77±0,16
5,58	338	Glutamin	GLU	26,30±0,17	21,37±0,18
5,80	338	Histidin	HIS	33,30±0,39	31,78±0,26
6,15	338	Glisin	GLY	21,95±0,21	15,11±0,04
6,18	338	Treonin	THR	22,92±0,31	16,26±0,10
7,64	338	Arjinin	ARG	100,67±0,0	8
				8	74,89±0,04
9,40	338	Tirozin	TRO	42,22±0,13	16,27±0,19
10,65	338	Sistein	CYS	10,55±0,37	6,00±0,03
11,29	338	Valin	VAL	18,34±0,21	20,45±0,21
11,74	338	Metiyonin	MET	19,74±0,14	23,07±0,27
12,77	338	Triptofan	TRP	20,00±0,18	20,25±0,07
13,13	338	Fenilalanin	PHE	17,95±0,11	26,95±0,17
13,63	338	Izolösin	ISO	15,73±0,02	17,38±0,09
13,99	338	Lösin	LEU	14,70±0,15	15,07±0,09
17,55	262	Prolin	PRO	3,42±0,01	3,58±0,09
Toplam				488,81±1,1	417,34±0,95
				6	6



Şekil 2. Gaziantep ve Kahramanmaraş taze sarımsaklarına ait aminoasit kromatogramı



Kang (2016) yaptığı çalışmada, sarımsaklarda aspartik asit (23,64 mg/100 g), glutamik asit (17,35 mg/100 g), sistein (2,51 mg/100 g), histidin (111,46 mg/100 g), glisin (157,75 mg/100 g), treonin (2,17 mg/100 g), lizin (3,37mg/100 g), arjinin (30,78 mg/100 g), valin (216,47 mg/100 g), triptofan (203,03 mg/100 g) ve lösin (18,08 mg/100 g) amino asitlerini belirlemişlerdir. Liu ve ark. (2018) tarafından bir diğer çalışmada sarımsaklardaki lösin miktarı 9,2 mg/100 g, izolösin miktarı 14,08 mg/100 g, aspartik asit miktarı 14,66 mg/100 g, glutamik asit miktarı 60,5 mg/100 g, sistein miktarı 3,75 mg/100 g, triptofan miktarı 23,51 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada, Liu ve ark., (2020) sarımsaktaki aspartik asit miktarını 30,9 mg/100 g kuru madde (KM), glutamik asit miktarını 32,7 mg/100 g KM, lizin miktarını 154 mg/100 g KM, arjinin miktarını 74,3 mg/100 g KM, valin miktarını 6,4 mg/100 g KM, triptofan miktarını 0,7 mg/100 g KM, lösin miktarını 2,7 mg/100 g KM olarak belirlemişlerdir. Lu, (2017) yaptığı çalışmada sarımsağın amino asit miktarını 19,43 mg/ g olarak belirlemişlerdir.

Toplam sülfürlü bileşik ve allisin miktarı

Sarımsağın insan sağlığı üzerine yararlı etkileri sülfürlü bileşiklere çoğunlukla da allisin (dialil tiyosülfinat, 3-prop-2-enylsülfinylsülfanylprop-1-ene) bileşiğine atfedilmiştir (Amagase, 2006; Okada ve ark., 2008). İnsan sağlığı için önemli bir bileşik olan allisin, sarımsağın biyoaktif ve ana fonksiyonel bileşenidir (Meriga ve ark., 2012; Liang ve ark., 2012). Sarımsaktaki allisin varlığı ve biyolojik özellikleri ilk olarak 1944'te Chester John Cavallito ve John Hays Bailey tarafından bildirilmiş ve allisin bileşiğine “sarımsağın kalbi” denilmiştir (Josling, 2007). LC/MS/MS yardımıyla toplam sülfürlü bileşik ve allisin miktarı belirlenmiştir. Gaziantep ve Kahramanmaraş sarımsakları kullanılarak en yüksek allisin içeriğine sahip taze sarımsak belirlenmiştir. Gaziantep yöresinde yetişen sarımsak örneklerinde allisin miktarı 2,51 mg/g, toplam sülfürlü bileşik miktarı ise 7,84 mg/g olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş yöresinde yetişen sarımsak örneklerinde allisin miktarı 2,37 mg/g, toplam sülfürlü bileşik miktarı ise 6,58 mg/g olarak belirlenmiştir. En yüksek allisin ve toplam sülfürlü bileşik miktarına sahip taze sarımsağın Gaziantep yöresinde yetişen taze sarımsak olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada sarımsağın gramı başına yaklaşık 2.5 ila 4.5 mg allisin içerdiği bildirilmiştir (Lawson ve Hunsaker 2018).

Tartışma

Bu çalışmada, Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinde yetiştirilen taze sarımsakların fizikokimyasal özellikleri, biyoaktif bileşen içerikleri ve antioksidan kapasiteleri kapsamlı bir şekilde karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, her iki yöre sarımsaklarının önemli besin değerlerine ve fonksiyonel özelliklere sahip olduğunu, ancak bazı parametrelerde belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Nem içerikleri açısından her iki yöre sarımsakları benzer özellikler göstermiştir. Ancak, Gaziantep sarımsaklarının protein içeriği (%6.78) Kahramanmaraş sarımsaklarına (%6.36) göre daha yüksek bulunmuştur. Antioksidan aktivite sonuçları, her iki yöre sarımsaklarının güçlü antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Şeker profili analizleri, Gaziantep sarımsaklarının toplam şeker içeriğinin (2809.39 mg/kg) Kahramanmaraş sarımsaklarından (2298.15 mg/kg) yaklaşık %22 daha yüksek olduğunu göstermiştir. Amino asit profillerinde ise her iki yöre sarımsaklarında arjininin baskın amino asit olduğu belirlenmiştir. Gaziantep sarımsaklarının toplam amino asit içeriği (488.81 mg/100g), Kahramanmaraş sarımsaklarına (417.34 mg/100g) göre belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. Sülfür bileşikler açısından yapılan analizler, Gaziantep sarımsaklarının hem allisin (2.51 mg/g) hem de toplam sülfürlü bileşik (7.84 mg/g) içeriğinin Kahramanmaraş sarımsaklarına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma Gaziantep ve Kahramanmaraş yörelerinde yetiştirilen sarımsakların besin değerleri ve biyoaktif özellikleri açısından bazı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Gaziantep sarımsakları genel olarak daha yüksek protein içeriği, antioksidan kapasite, şeker ve amino asit içeriği ve toplam sülfürlü bileşik içeriği ile dikkat çekmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma “1230720” proje numaralı 1001 projesi kapsamında TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK’a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Amagase, H. (2006). Clarifying the real bioactive constituents of garlic. *Journal of Nutrition*, 136, 716S-725S.
- Andrés-Bello, V., Barreto-Palacios, P., García-Segovia, J., Mir-Bel, J., & Martínez Monzo, J. (2013). Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 5, 158–170.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis*. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg
- AOAC. (1997). *Official methods of analysis of AOAC International* (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., Bekdeşer, B., & Bener, M. (2014). The CUPRAC methods of antioxidant measurement for beverages. In *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (pp. 235-244). Academic Press.
- Atanasova-Goranova, V. K., Dimova, P. I., & Pevicharova, G. T. (1997). Effect of food products on endogenous generation of N-nitrosamines in rats. *The British Journal of Nutrition*, 78(2), 335–345.





- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410–427.
- Awan, K. A., Butt, M. S., Ashfaq, F., Munir, H., & Suleria, H. A. (2019). Prophylactic potential of conventional and supercritical garlic extracts to alleviate diet related malfunctions. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 10(1), 34-47.
- Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., & Igic, R. (2008). Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*, 111(4), 925-929.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology*, 28*(1), 25–30.
- Brennan, L., Lilliebridge, R. A., Cheng, A. C., Giffard, P. M., Currie, B. J., & Tong, S. Y. C. (2013). Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carriage in hospitalized patients in tropical northern Australia. *Journal of Hospital Infection*, 83(3), 205-211.
- Carmona-Jiménez, Y., García-Moreno, M. V., Igartuburu, J. M., & Barroso, C. G. (2014). Simplification of the DPPH assay for estimating the antioxidant activity of wine and wine by-products. *Food Chemistry*, 165, 198-204.
- Choi, I., Cha, H., & Lee, Y. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19(10), 16811–16823.
- Fратиanni, F., Ombra, M. N., Cozzolino, A., Riccardi, R., Spigno, P., Tremonte, P., & Nazzaro, F. (2016). Phenolic constituents, antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of different endemic Italian varieties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Functional Foods*, 21, 240-248.
- Guo, H., Fan, L., Ding, L., Yang, W., Zang, C., & Guan, H. (2023). Separation and purification of antioxidant peptide from fermented whey protein by *Lactobacillus rhamnosus* B2-1. *Food Science of Animal Resources*, 43(1). <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e52>
- Guo, H., Guo, S., & Liu, H. (2020). Antioxidant activity and inhibition of ultraviolet radiation-induced skin damage of selenium-rich peptide fraction from selenium-rich yeast protein hydrolysate. *Bioorganic Chemistry*, 105, Article 104431.
- Guo, S., Duan, J., Qian, D., Tang, Y., Qian, Y., Wu, D., & Shang, E. (2013). Rapid determination of amino acids in fruits of *Ziziphus jujuba* by hydrophilic interaction ultra-high-performance liquid chromatography coupled with triple-quadrupole mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2709–2719.
- Guo, Y. (2014). Experimental study on the optimization of extraction process of garlic oil and its antibacterial effects. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11(2), 411-414.
- Hutchings, J. B. (2016). Colour in food. In J. Best (Ed.), *Colour Design: Theories and Applications* (pp. 157–168). Elsevier.
- Iciek, M., Kwiecień, I., & Włodek, L. (2009). Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 50(3), 247-265.
- Jang, H. J., Lee, H. J., Yoon, D. K., Ji, D. S., Kim, J. H., & Lee, C. H. (2018). Antioxidant and antimicrobial activities of fresh garlic and aged garlic by-products extracted with different solvents. *Food Science and Biotechnology*, 27, 219-225.
- Josling, P. (2001). Preventing the common cold with a garlic supplement: A double-blind, placebo-controlled survey. *Advances in Therapy*, 18(4), 189–193.
- Josling, P. (2007). *Allicin—The Heart of Garlic*. NWI Publishing.
- Kang, O. J. (2016). Physicochemical characteristics of black garlic after different thermal processing steps. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 348–354.
- Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A., & Cabaroğlu, T. (2009). HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, 91(2), 187–192.
- Kim, D., Jung, S. J., & Cheon, S. Y. (2013). Antioxidant activity of giant black garlic. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(Oce4), E230.
- Lawson, L. D., & Hunsaker, S. M. (2018). Allicin bioavailability and bioequivalence from garlic supplements and garlic foods. *Nutrients*, 10(7), 812. <https://doi.org/10.3390/nu10070812>
- Lee, J., & Harnly, J. M. (2005). Free amino acid and cysteine sulfoxide composition of 11 garlic (*Allium sativum* L.) cultivars by gas chromatography with flame ionization and mass selective detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9100–9104.
- Liang, G., Qiao, X., Bi, Y., Zou, B., & Zheng, Z. (2012). Studies on purification of allicin by molecular distillation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(7), 1475–1478.
- Liu, J., Zhang, G., Cong, X., & Wen, C. (2018). Black garlic improves heart function in patients with coronary heart disease by improving circulating antioxidant levels. *Frontiers in Physiology*, 9.
- Liu, X. X., Liu, H. M., Yan, Y. Y., Fan, L. Y., Yang, J. N., Wang, X. D., & Qin, G. Y. (2020). Structural characterization and antioxidant activity of polysaccharides extracted from jujube using subcritical water. *LWT*, 117, 108645.
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qiu, Z., & Liu, P. (2017). Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(2), 340-349.
- Meriga, B., Mopuri, R., & MuraliKrishna, T. (2012). Insecticidal, antimicrobial and antioxidant activities of bulb extracts of *Allium sativum*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(5), 391-395.
- Mollica, A., Zengin, G., Locatelli, M., Picot-Allain, C. M. N., & Mahomoodally, M. F. (2018). Multidirectional investigations on different parts of *Allium scorodoprasum* L. subsp. *rotundum* (L.) Stearn: Phenolic components, in vitro biological, and in silico propensities. *Food Research International*, 108, 641-649.
- Okada, Y., Tanaka, K., Fujita, I., Sato, E., & Okajima, H. (2005). Antioxidant activity of thiosulfates derived from garlic. *Redox Report*, 10(2), 96-102.



- Pahlavani, N., Entezari, M. H., Nasiri, M., Miri, A., Rezaie, M., Bagheri-Bidakhavidi, M., & Sadeghi, O. (2017). The effect of L-arginine supplementation on body composition and performance in male athletes: A double-blinded randomized clinical trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 544-548.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A.-J. (2012). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.
- Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Ntatsi, G., Petrotos, K., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Nutritional value, chemical characterization and bulb morphology of Greek garlic landraces. *Molecules*, 23(1), 1-14.
- Qiu, Z., Qiao, Y., Zhang, B., Sun-Waterhouse, D., & Zheng, Z. (2022). Bioactive polysaccharides and oligosaccharides from garlic (*Allium sativum* L.): Production, physicochemical and biological properties, and structure-function relationships. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3033-3095.
- Qiu, Z., Zheng, Z., Zhang, B., Sun-Waterhouse, D., & Qiao, X. (2020). Formation, nutritional value, and enhancement of characteristic components in black garlic: A review for maximizing the goodness to humans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 801-834.
- Rana, S. V., Pal, R., Vaiphei, K., Sharma, S. K., & Ola, R. P. (2011). Garlic in health and disease. *Nutrition Research Reviews*, 24(1), 60-71.
- Resende Nassur, R. de C., Vilas Boas, E., & Resende, F. (2018). Black garlic: Transformation effects, characterization and consumer purchase intention. *Comunicata Scientiae*, 8(3), 444-451.
- Sasaki, J.-I., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M., & Hamada, K. (2007). Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 1, 278-281.
- Sasmaz, H. K., Adal, E., Kadiroğlu, P., Selli, S., Uzlasir, T., & Kelebek, H. (2023). Optimization of complex coacervation parameters for the production of encapsulated black garlic using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 88(11), 4424-4439.
- Sasmaz, H. K., Sevindik, O., Kadiroglu, P., Adal, E., Erkin, Ö. C., Selli, S., & Kelebek, H. (2022). Comparative assessment of quality parameters and bioactive compounds of white and black garlic. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2393-2407.
- Shang, A., Cao, S. Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Tang, G. Y., Corke, H., Mavumengwana, V., & Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246.
- Tavan, M., Hanachi, P., Mirjalili, M. H., & Dashtbani-Roozbehani, A. (2023). Comparative assessment of the biological activity of the green synthesized silver nanoparticles and aqueous leaf extract of *Perilla frutescens* (L.). *Scientific Reports*, 13(1), 6391.
- Yongdoo, K., Jaesin, S., Kyungje, K., Kiman, K., Changki, H., & Inkyung, C. (2005). Component analysis by different heat treatments of garlic (*Allium sativum* L.). **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12*(2), 161-165.
- Zhang, B., Qiu, Z., Zhao, R., Zheng, Z., Lu, X., & Qiao, X. (2021). Effect of blanching and freezing on the physical properties, bioactive compounds, and microstructure of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Science*, 86(1), 31-39.
- Zhang, Z., Lei, M., Liu, R., Gao, Y., Xu, M., & Zhang, M. (2014). Evaluation of alliin, saccharide contents and antioxidant activities of black garlic during thermal processing. *Journal of Food Biochemistry*, 39(1), 39-47.

