

ID: 606

Cloud Point Extraction for the Recovery of Bioactive Compounds from Peanut ShellsEbru Akgül¹, Tülin Eker², Haşim Kelebek¹, Pınar Kadiroğlu^{1*}¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Türkiye ¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0882-2538>, eakgule@gmail.com,²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye, Türkiye, ²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-160X>, tulinsahin@osmaniye.edu.tr¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Türkiye, ¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8419-3019>, hkelebek@atu.edu.tr¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Türkiye, ¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6979-8389>, pkadiroglu@atu.edu.tr

*Corresponding author

Abstract

Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) belong to the legume family and originated in South America. Over time, they have spread to various parts of the world, especially China, India, the United States, and Türkiye. According to 2019 data, about 48 million tons of peanuts are produced worldwide, with Turkey producing 169 thousand tons of this amount. Anatomically, peanuts consist of three parts: the shell, membrane, and kernel. These components differ in the bioactive compounds they contain. During processing, these parts are separated at various stages in the factory. However, these by-products are often not sufficiently valorized, leading to underutilization of their potential. In recent years, waste valorization has gained significant attention in the peanut industry. Peanut shells highlight their potential as a valuable and sustainable resource. Moreover, extracting bioactive compounds from these by-products using innovative methods has become a key focus of recent research. The aim of this study was to recover the bioactive potential of peanut shell waste using a cloud point extraction technique, employing lecithin as a surfactant. Different parameters were tested through single-factor analysis, one at a time. An increase in the bioactive potential of peanut shells was recorded when the surfactant concentration was 10% w/v, the phase separation temperature was 90 °C for 40 minutes, the salt concentration was 10% w/v, and the pH was 2. The cloud point extraction method is regarded as an advantageous technique for recovering the total phenolic content potential of peanut shell waste.

Keywords: Peanut shell, bioactive compounds, cloud point extraction**Yer Fıstığı Kabuklarından Bulutlanma Noktası Ekstraksiyon ile Biyoaktif Bileşiklerin Geri Kazanımı****Özet**

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) baklagiller familyasına aittir ve Güney Amerika kökenlidir. Zamanla dünyanın farklı bölgelerine yayılarak, özellikle Çin, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri ve Türkiye gibi birçok ülkede yetiştirilmiştir. 2019 yılı verilerine göre dünyada yaklaşık 48 milyon ton yer fıstığı üretilirken, Türkiye'de bu miktar 169 bin ton olarak kaydedilmiştir. Yer fıstığı anatomik olarak üç bölümden oluşur: kabuk, zar ve tohum. Bu kısımlar, içerdiği biyoaktif bileşenler açısından farklılık göstermekle birlikte yer fıstığı işlenirken, fabrikada çeşitli aşamalarda ayrılmaktadırlar. Ancak, bu yan ürünler genellikle yeterince değerlendirilmemekte ve potansiyelleri yeterince bilinmemektedir. Son yıllarda, atık değerlendirme yer fıstığı endüstrisinde de önemli derecede dikkat çekmiştir. Yer fıstığı kabuklarının, değerli ve sürdürülebilir bir kaynak olarak potansiyeli vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu yan ürünlerden yenilikçi yöntemler kullanarak biyoaktif bileşenlerin çıkarılması son araştırmalarda önemli bir odak haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, yer fıstığı kabuğu atığının biyoaktif potansiyelini bulutlanma noktası ekstraksiyon tekniği ile geri kazanmaktır. Bu süreçte, lesitin yüzey aktif madde olarak kullanılmıştır. Farklı parametreler için, tek faktörlü analiz yöntemi kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Yer fıstığı kabuklarının biyoaktivite potansiyelindeki artış, yüzey aktif madde konsantrasyonunun %10 w/v, faz ayrışma sıcaklığının 90 °C'de 40 dakika, tuz konsantrasyonunun %10 w/v ve pH'nın 2 olduğu durumlarda kaydedilmiştir. Bulutlanma noktası ekstraksiyon yönteminin, yer fıstığı kabuğu atıklarının toplam fenolik ve flavonoid potansiyelinin geri kazanımı için son derece avantajlı bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yer fıstığı kabuğu, biyoaktif bileşikler, bulutlanma noktası ekstraksiyonu**Giriş**

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.), dünya genelinde esas olarak tohumu ve yağı için yetiştirilen, protein açısından zengin bir baklagil bitkisidir (Bertioli ve vd., 2011). Yer fıstığı, çok yönlü kullanım alanları nedeniyle küresel ölçekte önemli bir endüstriyel üründür (Sorita vd., 2020). Besin açısından zengin içeriği, sağlığa faydalı özellikleri ve kendine özgü aroması sayesinde dünya genelinde yaygın olarak tüketilmektedir.



2019 yılında dünya genelinde 30 milyon hektar alanda 49 milyon ton kabuklu yer fıstığı üretilmiş, üretimin büyük kısmı Çin, Hindistan ve Nijerya'dan sağlanmıştır. Son 60 yılda dünyada ve Türkiye'de yer fıstığı ekim alanları artarken, tarım teknolojilerindeki ilerlemelerle birim alandaki verimlilik de yükselmiştir. Türkiye'de 2020 yılında 215 bin hektar alanda 55 bin ton yer fıstığı üretilmiş olup, üretimin büyük bölümü Çukurova bölgesinde, özellikle Adana ve Osmaniye illerinde gerçekleşmektedir. Türkiye, yer fıstığı üretiminde genellikle kendi ihtiyacını karşılamakta olup, zaman zaman küçük oranlarda ithalat gerçekleştirmektedir (FAOSTAT, 2020).

Türkiye'de Virginia tipi yer fıstıkları, nispeten düşük yağ içeriği ve iri taneli yapıları nedeniyle üretim ve ithalatta tercih edilmekte; genellikle atıştırılabilir gıda olarak tüketilmektedir. (Şahin, 2014). Osmaniye'de yetiştirilen yer fıstığı, 2002 yılında Türk Patent ve Marka Kurumu'ndan 54 numaralı tescil belgesi ile coğrafi işaret almıştır. Türkiye'deki yer fıstığı verimi dünya ortalamasının iki katından fazladır (Çiftçi, 2022).

Yer fıstığı kabuk, zar ve tohum (tane) olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Win vd., 2011). Biyoaktif bileşenlerin bileşimi ve miktarı yer fıstığının farklı kısımlarında değişiklik göstermektedir (Zhao vd., 2012). Örneğin çiğ yer fıstığı tanesi; *p*-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, *p*-kumarik asit, kuersetin ve kaempferol polifenollerini içermektedir. Yer fıstığında fenolik bileşikler açısından en zengin bölüm zardır; bu kısım özellikle epikateşin ve kateşin gibi bileşenleri içermektedir. Luteolin ise yer fıstığı kabuğunda en fazla bulunan bileşik olarak rapor edilmiştir (Win vd., 2011, Liu vd., 2022).

Biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için yeni teknolojilerin kullanılması ile ekstraksiyon veriminin ve elde edilen bileşiklerin fonksiyonel ve besinsel özelliklerinin iyileştirilebileceği bilinmektedir (Imran vd., 2022). Yer fıstığı kabuğundan fenoliklerinin ekstraksiyonunda çoğunlukla Sokshalet, katı-sıvı ekstraksiyonu veya sıvı-sıvı ekstraksiyonu gibi geleneksel yöntemler çözücü olarak ise metanol, etanol, aseton, dietil eter ve etil asetat kullanılmıştır. Bu yöntemler yüksek verimli ve biyoaktif özellikleri korunmuş ekstraktlar elde edilmesine imkan sağlasa da uzun ekstraksiyon süreleri, fazla çözücü kullanılması ve çoğu toksik olan çözücülerin ekstraktta kalıntı bırakması gibi nedenlerle yerini son yıllarda yenilikçi ekstraksiyon tekniklerine bırakmaktadır. Bulutlanma noktası ekstraksiyon (BNE), biyoaktif bileşiklerin karmaşık matrislerden etkili bir şekilde ayrıştırılması ve konsantre edilmesine olanak tanıyan yenilikçi bir ekstraksiyon tekniğidir. Ayrıca, geleneksel çözücü bazlı yöntemlere kıyasla daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir süreç sunmasıyla öne çıkmaktadır. (Motikar vd., 2021). Bu yöntem, hedef moleküllerin yüzey aktif maddeler aracılığıyla karmaşık materyallerden seçici olarak ayrılması ve izole edilmesine dayanmaktadır (More vd., 2022). BNE işleminde, hedef molekül ve yüzey aktif madde içeren sulu çözelti, bulutlanma noktası sıcaklığının üzerine ısıtıldığında, yüzey aktif madde hedef molekülleri kapsülleyerek misel yapıları oluşturur. Bunun sonucunda, yoğunluk farkları nedeniyle sulu faz ve miseller iki farklı faza ayrılmaktadır (More vd., 2019). BNE, düşük çözücü tüketimi, ekonomik oluşu, çevre dostu yapısı ve enstrümantasyon açısından sağladığı kolaylıklar gibi çeşitli avantajlara sahip bir ayırma yöntemidir (Katsoyannos vd., 2006). Bu yöntemin etkinliği; kullanılan yüzey aktif maddenin türü ve miktarı, inkübasyon sıcaklığı (Melnik vd., 2015), ortamın pH değeri (Sun vd., 2006), inkübasyon süresi (Gökkaya, 2014) ile tuz konsantrasyonu (Ulusoy vd., 2013) gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.

Son yıllarda, tarımsal atıklardan biyoaktif bileşenlerin yenilikçi ekstraksiyon teknikleriyle geri kazanılması, bilimsel çalışmaların odak noktalarından biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı; yer fıstığı kabuğu atığındaki biyoaktif potansiyelin, çevre dostu ve seçici bir yöntem olan BNE kullanılarak geri kazanılmasını sağlamaktır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan yer fıstığı kabukları (Virginia market tipi), Osmaniye'de faaliyet gösteren ve bölgedeki önemli yer fıstığı işleme tesislerinden 2024 yılında temin edilmiştir. Kabuğun elde edildiği işlem aşaması, ticari üretim sürecinde uygulanan ıslak kırım yöntemidir. Bu yöntemde, yer fıstıkları mekanik kırma işleminden önce su ile nemlendirilerek kabukların yumuşaması sağlanmakta ve böylece çekirdeğin kabuktan daha kolay ayrılması hedeflenmektedir. Çalışmada kullanılan yer fıstığı kabukları, ıslak kırım sonrası elde edilen kabuk atığıdır. Atık, fabrikada üretim hattından çıktıktan hemen sonra toplanmış ve olası mikrobiyal bozulmaların önlenmesi amacıyla açık havada 2 gün boyunca kurutularak stabilize edilmiş ve ondan sonra laboratuvara getirilmiştir. Fıstık kabukları 500'er gramlık porsiyonlar halinde vakumlanarak oda sıcaklığında depolanmıştır. Bu depolama yöntemi, numunelerin tazeliğini ve özelliklerini korumak amacıyla uygulanmıştır.

Bulutlanma Noktası Ekstraksiyon Yöntemi

Ekstraksiyon için (0,05, 0,1 ve 0,15 gram) öğütülmüş yer fıstığı kabuğu 50 mL distile su içeren bir Falcon tüpüne alınarak süspanse edilmiştir. Karışım, oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 1 saat bekletilmiştir. Ardından katı-sıvı ayrımı için süspansiyon, 10000 rpm'de 10 dakika boyunca oda sıcaklığında santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant, kaba partiküllerin uzaklaştırılması amacıyla Büchner hunisi ve kaba gözenekli filtre kağıdı kullanılarak süzölmüştür. Berraklaştırılan sıvı faza, belirlenen konsantrasyonda yüzey aktif madde (%10) eklenmiş ve vorteks karıştırıcı ile homojen karışım elde edilmiştir. Çözeltilerin pH değeri (2-4-6), pH metre ile ayarlanmıştır. Ardından belirli miktarda sodyum klorür (NaCl) (%8, %10, %15) eklenmiş ve tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Karışım, (70-80-90°C) belirli bir sıcaklık değerlerine ayarlanan su banyosuna bırakılmıştır. Faz ayrımını



netleştirmek amacıyla karışım, 7500 rpm'de 10 dakika süreyle tekrar santrifüjlenmiştir. Santrifüjleme işlemi sonucunda, biri yüzey aktif maddece zengin, jelatinöz yapıda ve fenolik ile flavonoid bileşikler içerdiği düşünülen; diğeri ise sulu faz olmak üzere iki ayrı faz elde edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Analizi

Ekstraktların toplam fenolik bileşik miktarı Shahidi ve Ambigaipalan, (2015)'e göre yapılmıştır. Bir deney tüpü içerisine uygun oranda seyreltilen örneklerden 0.2 mL ve 1.5 mL 10 kat seyreltilmiş 2 N Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Tüp vortekste iyice karıştırılıp beş dakika bekledikten sonra üzerine 1.5 mL sodyum karbonat (%6, ağırlık/hacim (a/h)) eklenmiş ve tüpler yeniden vortekslenmiştir. Kör çözelti ise ekstrakt yerine tüpe aynı miktarda saf su ilave edilerek, diğer işlemler aynı olacak şekilde hazırlanmıştır. 1,5 saat oda koşullarında ve karanlık bir ortamda bekletilen örnekler 765 nm'de spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Sonuçlar ise oluşturulan standart eğri kullanılarak gallik asit cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam Flavonoid Madde Analizi

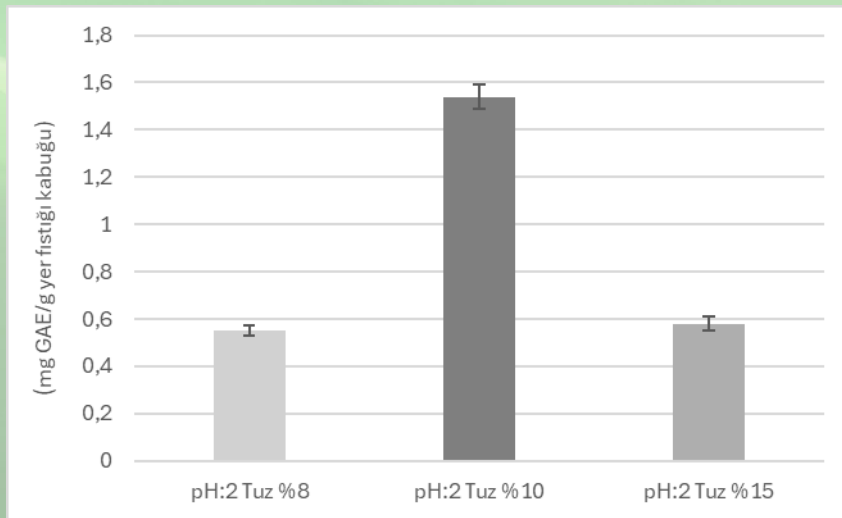
Ekstraktların toplam flavonoid bileşik miktarı Zhishen vd., (1999)'e göre yapılmıştır. Bir deney tüpü içerisine uygun oranda seyreltilen örneklerden 2 mL ve 150 µL sodyum nitrit (%5 a/v) eklenip, tüp vortekste iyice karıştırılıp beş dakika bekledikten sonra üzerine 150 µL alüminyum klorür (%6, a/v) eklenerek tüpler yeniden vortekslenmiştir. Üzerine 1 mL sodyum hidroksit eklenip vortekslenildikten sonra 1,2 mL saf su eklenerek hazırlanmıştır. Kör çözelti ise ekstrakt yerine tüpe aynı miktarda saf su ilave edilerek, diğer işlemler aynı olacak şekilde hazırlanmıştır. 10 dakika oda koşullarında ve karanlık bir ortamda bekletilen örnekler, 510 nm'de spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Sonuçlar, oluşturulan standart eğri kullanılarak luteolin cinsinden ifade edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bulutlanma noktası ekstraksiyonu üzerine pH, tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve örnek madde miktarının etkileri incelenmiş olup bu parametrelerin, biyoaktif bileşiklerin geri kazanım verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, en yüksek verimle biyoaktif bileşiklerin elde edilmesini sağlayan koşullar belirlenmeye çalışılmıştır.

pH ve Tuz Etkisi

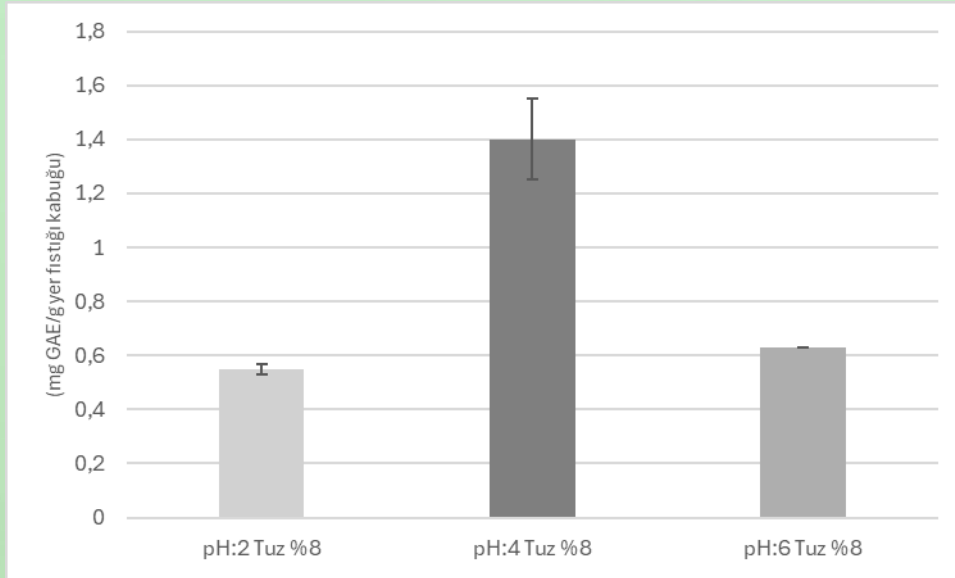
Şekil 1'de, farklı tuz konsantrasyonlarının (%8, %10 ve %15) toplam fenolik bileşik miktarı üzerine etkisi, pH 2 koşullarında sabit tutulmak suretiyle değerlendirilmiştir. Deneysel bulgular, en yüksek toplam fenolik bileşik kazanımının %10 tuz konsantrasyonunda gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, tuz konsantrasyonu %10'u geçtiğinde, toplam fenolik madde miktarında belirgin şekilde azalma olmuştur. Benzer şekilde Ji vd. (2021) yaptıkları çalışmada tuz konsantrasyonunun %5'ten %10'a yükseltilmesiyle BNE veriminin iyileştiğini, ancak tuz konsantrasyonunun %10'u geçtikten sonra verimin anlamlı değişiklikler göstermediğini bildirmiştir. Bu artışın, NaCl gibi elektrolitlerin misel sistemindeki misel sayısını artırarak faz ayrımını kolaylaştırmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (El-Abbasi vd., 2014; Ji vd., 2021). More ve Arya (2019) ise tuzun düşük konsantrasyonlarda (%4-6) salting-out etkisiyle verimi artırırken, yüksek tuz konsantrasyonunun (>%8) kritik faz ayrım sıcaklığını düşürerek biyoaktif bozunmaya ve verim kaybına yol açtığını rapor etmiştir. Araştırmacılar optimum performans için %6-8 NaCl aralığını önermiştir.



Şekil 1. Sabit pH'da tuz konsantrasyonunun toplam fenolik madde miktarına etkisi

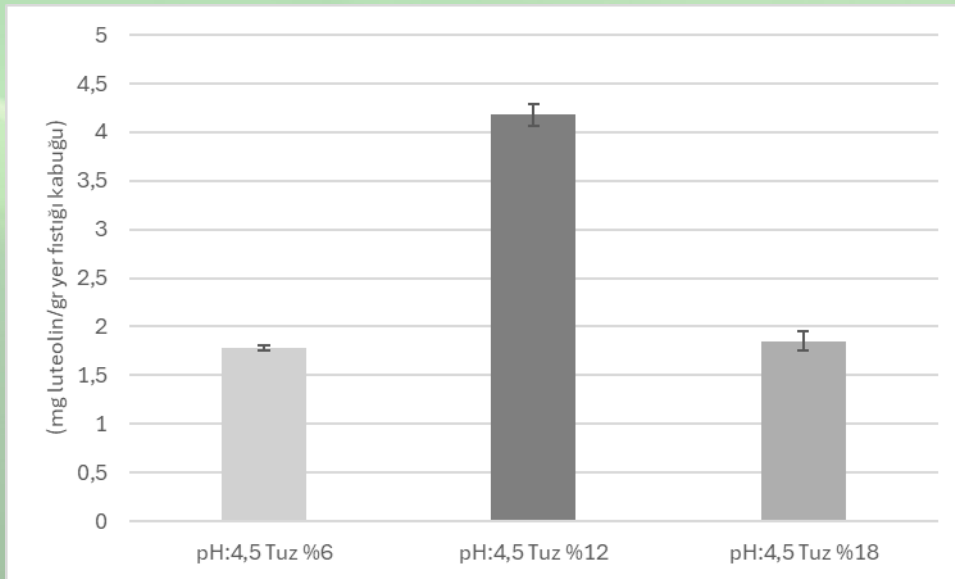


Şekil 2’de, pH parametresinin (pH 2, 4 ve 6) toplam fenolik bileşik miktarı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş; bu süreçte tuz konsantrasyonu %8’de sabit tutulmuştur. Yapılan analizler, sabit tuz konsantrasyonunda en yüksek toplam fenolik bileşik kazanımının pH 4 koşulunda gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde More ve Arya (2019) pH 4’te toplam fenolik madde için %95 verim sağladığını bildirmiştir. pH değeri, BNE yönteminde önemli bir rol oynar. Düşük pH (asidik koşullar), fenolik ve flavonoid bileşiklerin yüksüz formda kalmasını sağlayarak surfaktan miselleri tarafından daha kolay tutulmalarına yardımcı olur. Benzer şekilde More ve Arya (2019), pH 4 gibi asidik koşullarda hem toplam fenolik madde hem de toplam flavonoid için yüksek geri kazanım oranları elde etmiştir. pH’nın 6’ya çıkarılmasıyla toplam fenolik madde miktarında belirgin bir azalma gerçekleştirmiştir. Bu durum Kiai vd. (2018) ile El-Abbassi vd. (2014)’nin de bildirdiği gibi, çözeltinin pH’nın artmasının fenollerin yüzey aktif madde fazından ayrışmasını artırarak biyoaktif bileşik kaybına yol açması ile açıklanabilir. Sonuç olarak, pH kontrolü, hedef bileşiklerin kimyasal stabilitesi ve surfaktan-misellerle etkileşimi açısından kritiktir ve yer fıstığı kabuklarının BNE’unda en yüksek verim ve en düşük kayıp için asidik pH aralığı daha etkili olmuştur.



Şekil 2. Sabit tuz konsantrasyonunda pH’nın toplam fenolik madde miktarına etkisi

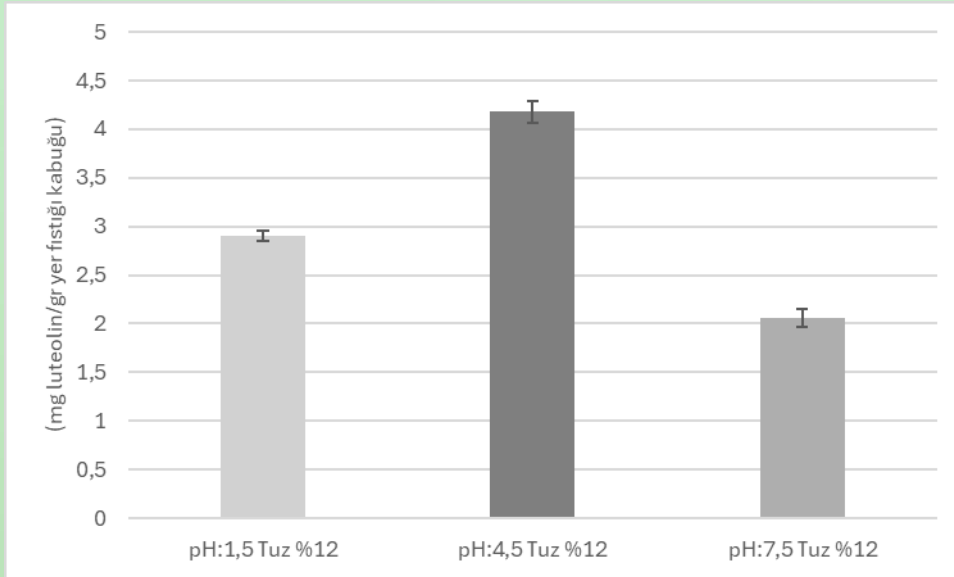
Şekil 3’de, farklı tuz konsantrasyonlarının (%6, %12 ve %18) toplam flavonoid bileşik miktarı üzerine etkisi, pH 4,5 koşullarında sabit tutulmak suretiyle değerlendirilmiştir. DeneySEL bulgular, en yüksek toplam flavonoid bileşik kazanımının %12 tuz konsantrasyonunda gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, tuz konsantrasyonu %12’yi geçtiğinde, toplam flavonoid madde miktarında belirgin şekilde azalma olmuştur.



Şekil 3. Sabit pH’da tuz konsantrasyonunun toplam flavonoid madde miktarına etkisi



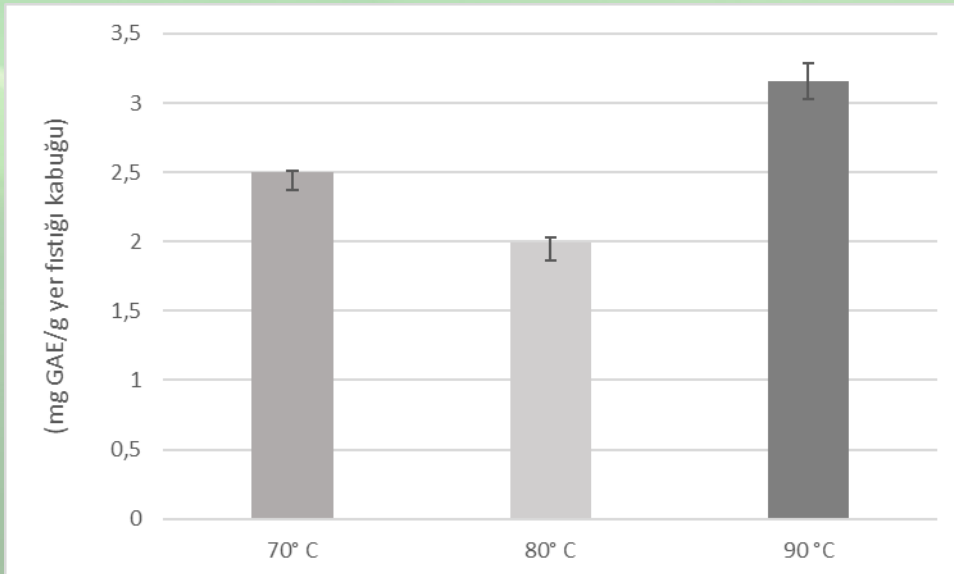
Şekil 4’de, pH parametresinin (pH 1,5 , 4,5 ve 7,5) toplam flavonoid bileşik miktarı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir; bu süreçte tuz konsantrasyonu %12’de sabit tutulmuştur. Yapılan analizler, sabit tuz konsantrasyonunda en yüksek toplam flavonoid bileşik kazanımının pH 4,5 koşulunda gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde De Araújo Padilha ve arkadaşları camu-camu meyve atıklarından polifenol geri kazanımında bulutlanma noktası ekstraksiyonu yöntemini kullanmıştır. Çalışmada pH ve sodyum klorürün ekstraksiyon üzerindeki etkileri detaylı şekilde incelenerek, pH değeri 2–10 aralığında test edilmiş ve ekstraksiyon için en uygun pH aralığı araştırılmıştır. Ayrıca, %0–10 aralığında sodyum klorür konsantrasyonları değerlendirilmiş ve tuz ilavesinin toplam polifenol geri kazanımını anlamlı düzeyde azalttığı görülmüştür. Sonuç olarak, pH ayarlaması yapılmaksızın, %80 camu-camu ekstraktı, %7 Triton X-114 ve sodyum klorür içeren sistemle, 30 °C’de 3 saat süren ekstraksiyon sonucunda %95,71 oranında polifenol geri kazanımı elde edilmiştir.



Şekil 4. Sabit tuz konsantrasyonunda pH’nın toplam flavonoid madde miktarına etkisi

Sıcaklık Etkisi

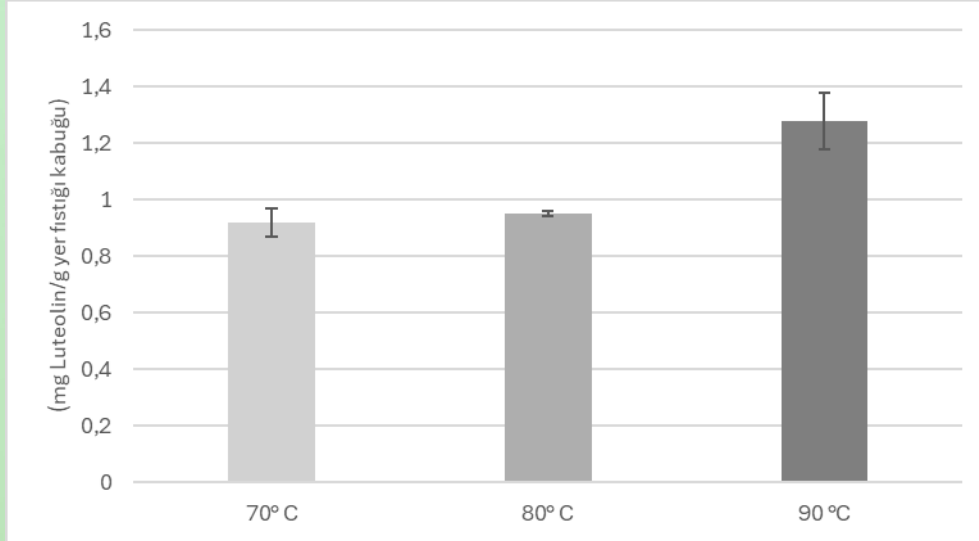
Şekil 5’te sıcaklık parametresi 70, 80 ve 90 °C olarak değerlendirilmiş; tuz konsantrasyonu ve pH sabit tutulmuştur. Yapılan analizler, en yüksek toplam fenolik madde miktarının 90 °C’de elde edildiğini göstermektedir. El-Abbassi ve arkadaşları (2014), yaptıkları çalışmada zeytin işleme atık suyundan polifenol elde etmek için bulutlanma noktası ekstraksiyonu yöntemini kullanmıştır. Ultrafiltrasyon ile berraklaştırılan örneklerde, %10 Triton X-100 ile 90 °C’de 30 dakikalık bulutlanma noktası ekstraksiyon işlemi sonucunda %66,5 verim elde edilmiştir. CPE yöntemi, düşük yüzey aktif madde tüketimi ve gıdalara doğrudan entegrasyon imkânı gibi avantajlarıyla öne çıkmaktadır.



Şekil 5. Sıcaklığın toplam fenolik madde miktarına etkisi



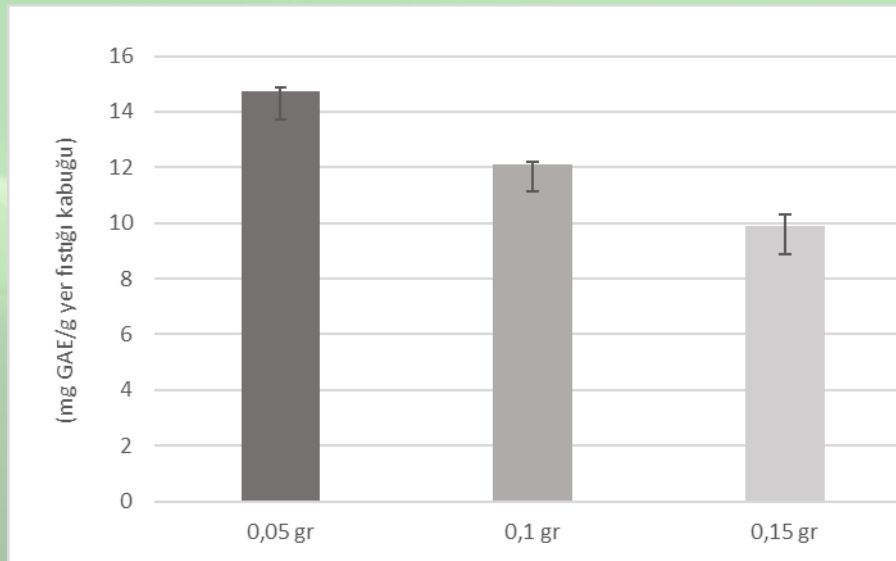
Şekil 6'da sıcaklık parametresi 70, 80 ve 90 °C olarak değerlendirilmiş; tuz konsantrasyonu ve pH sabit tutulmuştur. Yapılan analizler, en yüksek toplam fenolik madde miktarının 90 °C'de elde edildiğini göstermektedir. Benzer şekilde Mai ve arkadaşları(2020) yaptıkları çalışmada flavonoidlerin ekstraksiyon verimini etkileyen başlıca parametreler olan ekstraksiyon sıcaklığı (35–95 °C) ve süresi (5–25 dakika) incelenmiştir. Elde edilen bulgular, ekstraksiyon sıcaklığı 95 °C'ye ve süre 15 dakikaya kadar artırıldığında flavonoid veriminin anlamlı şekilde yükseldiğini göstermektedir. Ancak, daha uzun süreli ve yüksek sıcaklıklardaki ekstraksiyonlar, flavonoidlerin bozunmasına veya yapısal dönüşümüne neden olabileceğinden, optimum ekstraksiyon süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir. Cihazın teknik sınırlamaları ve aşırı ısınmanın yol açabileceği zararlar göz önüne alınarak, sonraki deneylerde ekstraksiyon sıcaklığı 90 °C olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Sıcaklığın toplam flavonoid madde miktarına etkisi

Örnek Miktarının Etkisi

Şekil 7'de, örnek miktarının (0,05; 0,10 ve 0,15 g) biyoaktif bileşik kazanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş; bu süreçte tuz konsantrasyonu ve pH değeri sabit tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, en yüksek biyoaktif bileşik kazanımının 0,05 gram örnek miktarında elde edildiği belirlenmiştir. Bu durum, örnek miktarının artmasıyla birlikte sistemdeki çözünürlüğün sınırlanması ve kütle transferinin olumsuz etkilenmesi ile ilişkilendirilebilir. Katı/sıvı oranı arttıkça yer fıstığı kabuğundan su içerisinde fenolik madde çözünürlüğü doygunluğa ulaşır ve ekstraksiyon oranında düşüş meydana gelmektedir.



Şekil 7. Örnek miktarının toplam fenolik madde miktarına etkisi



Sonuç

Bu çalışmada yer fıstığı kabuğundan fenolik ve flavonoid bileşiklerin BNE yöntemi ile ekstraksiyonunda en yüksek fenolik bileşik miktarı %10 tuz konsantrasyonu ve pH 4 koşullarında elde edilirken en yüksek flavonoid bileşik miktarı %12 tuz konsantrasyonu ve pH 4,5 koşullarında elde edilmiştir. Sıcaklık parametresi için ise, 90 °C’de en yüksek fenolik ve flavonoid madde kazanımı sağlanmıştır. Örnek miktarı açısından ise, uygulanan BNE koşullarında 0,05 gram örnekle en fazla biyoaktif bileşik elde edilmiştir. Bu sonuçlar, BNE yöntemiyle yer fıstığı kabuğundan fenolik ve flavonoid bileşiklerin verimli bir şekilde elde edilebilmesi için işlem koşullarının dikkatle seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Bulutlanma noktası ekstraksiyonu, yer fıstığı kabuklarından fenolik ve flavonoid bileşiklerin geri kazanımında etkili, düşük enerji tüketimli ve çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, yer fıstığı kabuklarının değerlendirilerek hem ekonomik katma değer yaratılmasına hem de sürdürülebilir ve çevreye duyarlı üretim süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Teşekkür

Çalışmanın yürütülmesinde desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) teşekkür ederiz (Proje No: 223O393).

Acknowledgment: We would like to thank TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Türkiye) for their support in carrying out this study (Project No: 223O393)

Kaynaklar

- Arya, S. S., Salve, A. R., & Chauhan, S. (2016). Peanuts as functional food: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 31-41.
- Bertioli, D. J., Seijo, G., Freitas, F. O., Valls, J. F., Leal-Bertioli, S. C., & Moretzsohn, M. C. (2011). An overview of peanut and its wild relatives. *Plant Genetic Resources*, 9(1), 134-149.
- Çiftçi, S., & Suna, G. Ü. L. E. N. (2022). Functional components of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and health benefits: A review. *Future foods*, 5, 100140.
- de Araújo Padilha, C. E., de Azevedo, J. C. S., de Sousa Júnior, F. C., de Oliveira Júnior, S. D., de Santana Souza, D. F., de Oliveira, J. A., ... & dos Santos, E. S. (2018). Recovery of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) depulping residue by cloud point extraction. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(12), 2471-2476.
- El-Abbassi, A., Kiai, H., Raiti, J., & Hafidi, A. (2014). Cloud point extraction of phenolic compounds from pretreated olive mill wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1480-1486.
- FAOSTAT, (2020). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, Erişim tarihi: 12.02.2025
- Gökkaya, N. (2014). Bazı Eser Metallerin Bulutlanma Noktası Ekstraksiyonu İle Tayini (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Ji, Y., Wu, L., Lv, R., Wang, H., Song, S., & Cao, M. (2021). Facile cloud point extraction for the separation and determination of phenolic acids from dandelion. *ACS omega*, 6(20), 13508-13515.
- Katsoyannos, E., Chatzilazarou, A., Gortzi, O., Lalas, S., Konteles, S., & Tataridis, P. (2006). Application of cloud point extraction using surfactants in the isolation of physical antioxidants (phenols) from olive mill wastewater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(9), 1122-1125.
- Kiai, H., Raiti, J., El-Abbassi, A., & Hafidi, A. (2018). Recovery of phenolic compounds from table olive processing wastewaters using cloud point extraction method. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(1), 1569-1575.
- Liu, W., Wang, L., & Zhang, J. (2022). Peanut Shell extract and Luteolin regulate lipid metabolism and induce Browning in 3T3-L1 adipocytes. *Foods*, 11(17), 2696.
- Mai, X., Liu, Y., Tang, X., Wang, L., Lin, Y., Zeng, H., ... & Li, P. (2020). Sequential extraction and enrichment of flavonoids from *Euonymus alatus* by ultrasonic-assisted polyethylene glycol-based extraction coupled to temperature-induced cloud point extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 66, 105073.
- Melnyk, A., & Namies, J. (2015). Theory and recent applications of coacervate-based extraction techniques. *Trends in Analytical Chemistry*, 71, 282-292.
- Mohammadifard, N., Salehi-Abargouei, A., Salas-Salvadó, J., Guasch-Ferré, M., Humphries, K., & Sarrafzadegan, N. (2015). The effect of tree nut, peanut, and soy nut consumption on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(5), 966-982.
- More, P. R., & Arya, S. S. (2019). A novel, green cloud point extraction and separation of phenols and flavonoids from pomegranate peel: An optimization study using RCCD. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103306.
- More, P. R., Jambrak, A. R., & Arya, S. S. (2022). Green, environment-friendly and sustainable techniques for extraction of food bioactive compounds and waste valorization. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 296-315.



- Motikar, P. D., More, P. R., & Arya, S. S. (2021). A novel, green environment-friendly cloud point extraction of polyphenols from pomegranate peels: A comparative assessment with ultrasound and microwave-assisted extraction. *Separation Science and Technology*, 56(6), 1014-1025.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897.
- Sorita, G. D., Leimann, F. V., & Ferreira, S. R. S. (2020). Biorefinery approach: is it an upgrade opportunity for peanut by-products? *Trends in Food Science & Technology*, 105, 56-69.
- Sun, Z., Liang, P., Ding, Q., & Cao, J. (2006). Cloud point extraction preconcentration of manganese(II) from natural water samples using 1-phenyl-3-methyl-4-benzoyl-5-pyrazolone and triton X-100 and determination by flame atomic absorption spectrometry. *Analytical Sciences*, 22(6), 911-913.
- Şahin, G. (2014). Türkiye'de Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) Yetiştiriciliği ve Bir Coğrafi İşaret Olarak Osmaniye Yerfıstığı. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 13(3).
- Ulusoy, H. I., Yılmaz, Ö., & Gürkan, R. (2013). A micellar improved method for trace levels selenium quantification in food samples, alcoholic and nonalcoholic beverages through CPE/FAAS. *Food Chemistry*, 139(1-4), 1008-1014.
- Win, M. M., Abdul-Hamid, A., Baharin, B. S., Anwar, F., Sabu, M. C., & Pak-Dek, M. S. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of peanut's skin, hull, raw kernel and roasted kernel flour. *Pak. J. Bot*, 43(3), 1635-1642.
- Zhao, X., Chen, J., & Du, F. (2012). Potential use of peanut by-products in food processing: a review. *Journal of food science and technology*, 49, 521-529.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.

