

Atf İçin: Güngören, M. ve Emre, M. Y., (2024). Aspir Tohumu (*Carthamus Tinctorius L.*) ve Çörek Otu Tohumu (*Nigella Sativa L.*) Soğuk Sıkım Yağlarının Fitokimyasal Özellikleri. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(4), 1602-1614.

To Cite: Güngören, M. & Emre, M. Y., (2024). Phytochemical Properties of Safflower Seed (*Carthamus Tinctorius L.*) and Black Cumin Seed (*Nigella Sativa L.*) Cold Pressed Oils. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(4), 1602-1614.

Aspir Tohumu (*Carthamus Tinctorius L.*) ve Çörek Otu Tohumu (*Nigella Sativa L.*) Soğuk Sıkım Yağlarının Fitokimyasal Özellikleri

Muhammed GÜNGÖREN^{1*}, Mustafa Yunus EMRE²

Öne Çıkanlar:

- Soğuk sıkım aspir ve çörek otu tohumları incelenerek karşılaştırılmıştır
- Antioksidan ve yağ asitleri oranları iyi düzeydedir
- Serbest asitlik ve uçucu bileşenleri iyileştirilmelidir

Anahtar Kelimeler:

- Aspir tohumu yağı
- Çörek otu tohumu yağı
- Antioksidan
- Yağ asitleri
- Uçucu bileşenler

ÖZET:

İçerdikleri yağ asitleri, fenolik maddeler ve uçucu bileşenler başta olmak üzere birçok özelliklerinden ötürü yemeklik yağlar lezzet ve sağlık açısından oldukça önemlidir. Bunlar arasında doymamış yağ asidi oranı yüksek bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada doymuş yağ oranı düşük, doymamış yağ oranı yüksek, antioksidan özellikteki aspir ve çörek otu tohumları soğuk sıkım yağlarının kalite parametreleri, antioksidan özellikleri, yağ asidi kompozisyonu ve uçucu bileşenleri literatüre uygun yöntemlerle analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Yağların peroksit değerleri $7.23 \pm 0.46 - 6.45 \pm 0.51$ meq O_2/kg yağ, serbest yağ asidi değerleri $3.75 \pm 0.11 - 7.11 \pm 0.50$ oleik asit aralıklarında tespit edilmiştir. Aspir ve çörek otu tohumu yağlarının toplam fenolik bileşimleri sırasıyla $149.50 \pm 3.47 - 274.47 \pm 15.04$ mg gallik asit/kg yağ ve toplam antioksidan kapasiteleri sırasıyla $28.57 \pm 0.62 - 68.35 \pm 0.39$ mg troloks/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Linoleik asit ($70.458 \pm 0.70 - 56.313 \pm 1.13$) ve oleik asit ($16.972 \pm 0.17 - 24.780 \pm 0.50$) yüzdeleri toplamı 80 'in üzerinde ölçülmüştür. Aspir tohumu yağında 11 aldehit, 4 terpen, 2 alkol, 1 keton, 5 asit-ester bulunan 27 uçucu bileşen; çörek otu tohumu yağında 6 aldehit, 14 terpen, 3 alkol, 1 keton, 5 asit-ester bulunan 38 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Çörek otu tohumu yağının serbest asitlik değeri, karakteri dahilinde olmakla beraber, biraz yüksek bir değerde bulunmuştur. Buna karşılık daha iyi antioksidan özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Her iki yağın yapısında, özelliklerini olumlu etkileyecek, kendine özgü uçucu bileşenleri yanında istenmeyecek duyuşsal etkilere sahip bazı asitler de bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, her iki yağın da içeriğindeki doymamış yağ asidi kompozisyonu ve antioksidan özellikleri için tüketici tarafından tercih edilebilecek olduğunu göstermiştir. Bunun yanında, tüketiciye ulaşmaya kadarki aşamaların iyileştirilmesiyle bu özelliklere çok daha olumlu nitelik kazandırılabilir.

Phytochemical Properties of Safflower Seed (*Carthamus Tinctorius L.*) and Black Cumin Seed (*Nigella Sativa L.*) Cold Pressed Oils

Highlights:

- Cold-pressed safflower and black cumin seeds were examined and compared.
- Antioxidant and fatty acid rates are good levels
- Free acidity and volatile components should be improved

Keywords:

- Safflower seed oil
- Black cumin seed oil
- Antioxidant
- Fatty acids volatile components

ABSTRACT:

Edible oils are very important in terms of taste and health due to their many properties, especially the fatty acids, phenolic substances and volatile compounds they contain. Among these, vegetable oils with high ratio unsaturated fatty acids attract attention. In this study, the quality parameters, antioxidant properties, fatty acid composition and volatile components of cold-pressed oils of safflower seeds and black cumin seeds, which have antioxidant properties and are low in saturated fat and high in unsaturated fat, were analyzed and compared using methods in accordance with the literature. Peroxide values of oils ($7.23 \pm 0.46 - 6.45 \pm 0.51$ meq O_2/kg oil) gave better results than free fatty acid values ($3.75 \pm 0.11 - 7.11 \pm 0.50$ % oleic acid). Total phenolic compositions of safflower and black cumin seed oils were determined as $149.50 \pm 3.47 - 274.47 \pm 15.04$ mg gallic acid/kg oil, respectively, and total antioxidant capacities were determined as $28.57 \pm 0.62 - 68.35 \pm 0.39$ mg trolox/kg oil, respectively. The sum of the percentages of linoleic acid ($70.458 \pm 0.70 - 56.313 \pm 1.13$) and oleic acid ($16.972 \pm 0.17 - 24.780 \pm 0.50$) was measured to be over 80 . 27 volatile components in safflower seed oil, including 11 aldehydes, 4 terpenes, 2 alcohols, 1 ketone, 5 acid-esters; 38 volatile compounds, including 6 aldehydes, 14 terpenes, 3 alcohols, 1 ketone, and 5 acid-esters, were detected in black cumin seed oil. The free acidity value of black cumin seed oil was found to be slightly high, although it was within its character. On the other hand, it has been seen to have better antioxidant properties. In the structure of both oils, there are some volatile acids that have undesirable sensory effects as well as volatile components that will positively affect their properties. The results showed that the antioxidant and unsaturated fatty acid properties of both oils were at preferable levels. In addition, much more positive features can be gained by improving the stages until it reaches the end user.

^{1*} Muhammed GÜNGÖREN (Orcid ID: 0000-0002-3122-7086), Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Mardin, Türkiye

² Mustafa Yunus EMRE (Orcid ID: 0000-0001-6602-8872), Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Mardin, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muhammed GÜNGÖREN, e-mail: muhammedgungoren@artuklu.edu.tr

GİRİŞ

Yemeklik yağlar, insan diyetinde besleyici ve fonksiyonel bileşikler sağlar ve günlük hayatımızda enerji üretiminde ve depolanmasında önemli bir rol oynar (Castro, Ribeiro, Santos, & Páscoa, 2021). Düşük doymuş yağ asidi (SFA) ve yeterli oranda tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış (PUFA) yağ asitleri içeren dengeli bir yağ alımı, sağlığın iyileştirilmesi ve kronik bozukluklara karşı koruma için önemlidir (Kaur, Singh, Kaur, & Singh, 2019). Yemeklik bitkisel yağların üretimi için bahsedilen özelliklere sahip, aspir tohumu yağı (ATY) ve çörek otu tohumu yağı (ÇTY) gibi birçok farklı yağlı tohum mevcuttur.

Aspir, Compositae familyası içerisinde yer alan ve tür ismi *Carthamus tinctorius L.* olan bir bitki türüdür. *Carthamus* cinsine ait 25 türün var olduğu bilinmektedir. Yayılış gösterdiği alanlar genellikle Batı Asya-Kuzey Afrika olup İspanya'dan Hindistan'a kadar görülür. Çin, Japonya ve Hindistan'da çok eskiden beri yetiştirildiği bilirse de ana vatanları Afganistan'ın kuzeyi, Hindistan ve Orta Aysa bölgeleridir (Turan & Göksoy, 1998). Aspir bitkisi ülkemizde zerdeçal veya bazı bölgelerde dikenli ayçiçeği olarak adlandırılır. Aspir sarı, turuncu, kırmızı, beyaz ve krem renkli çiçeklere sahip, geniş yapraklı ve dikenli, dikensiz formları olan bir bitkidir (Şekil 1) (Rahamatalla, Babiker, Krishna, & El Tinay, 1998; Wang, Ou, & Peilin, 1999).



Şekil 1. Aspir bitkisi ve çay olarak da kullanılan yaprakları

Aspir bitkisi boy uzunluğu 80-100 cm arasında değişen, tek yıllık ve tohumları yağlı içeriğe sahip bir bitkidir. Tohumlarında %35-45 oranında yağ bulundurur ve kıraç arazi koşullarında rahatça yetişir (Singh & Nimbkar, 2006). Soğuğa ve sıcağa karşı toleransı yüksek, yabancı otlara karşı dirençli ve tuzluluğa karşı dayanıklıdır (Hasan BAYDAR & TURGUT, 1993; Francois & Bernstein, 1964). *Ranunculaceae*'nin (Buttercup ailesinin) bir üyesi olan *Nigella sativa L.*'nin tohumu (Şekil 2), siyah veya koyu kahverengi renklidir ve hafif acı cevizli biberli bir tada ve güçlü bir aromaya sahip, kendine özgü bir açısız veya huni şekline sahiptir (Sharma & Longvah, 2021). *N. sativa L.*, zengin bir tarihi ve dini geçmişe sahiptir. Tohumun elde edildiği bitki, Orta Avrupa'ya (Bulgaristan, Kıbrıs ve Romanya) ve Yakın Doğu'nun bir kısmına (İran, Irak ve Türkiye) özgüdür ve Fas'tan kuzey Hindistan ve Bangladeş'e, Çin'e, Pasifik'e bakan ülkelere, Doğu Afrika'ya ve Rusya'ya kadar baharat olarak kullanılmak üzere yaygın olarak yetiştirilmektedir. *N. sativa* ayrıca Kuzey Amerika, Avrupa ve Güneydoğu Asya'da tıbbi amaçlar için küçük bir ölçekte yetiştirilmektedir. Çörek otu olarak *N. sativa*, ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından gıda kullanımı için onaylanmıştır (Burdock, 2022).



Şekil 2. Çörek otu tohumu (solda) ve aspir tohumu (sağda)

Aspir bitkisi yağ sanayisinde kullanımının yanı sıra, yem sanayisinde, boya sanayisinde ve çiçekçilik sektöründe de kullanılır (İlkdoğan, 2012). Ayrıca yağı çıkarılan aspir tohumlarından geriye kalan posa (küspe) kısmı %22-24 oranında ham protein ihtiva ettiğinden hayvanlar için kaliteli bir yem kaynağıdır. Aspir tohumları yaklaşık olarak %25-40 oranlarında yağ içermektedir ve bu yağın yaklaşık %90'ı oleik ve linoleik asitten oluşan doymamış yağ asitleridir (Beyyavas, Haliloglu, Copur, & Yılmaz, 2011). Aspir yağı yaklaşık olarak %78 civarında linoleik asit (omega-6) içerir ve bu içerik damar sertliği tedavisi ve yüksek kan kolesterolünün düşürülmesinde diyet olarak kullanılabilir yağlardan biri olmasını sağlar (H Baydar & Erbaş, 2007). Aspir bitkisinin çiçekli kısımlarında mineral maddeler, aminoasitler ve bazı vitaminlerin (B1, B2, B12, C, E) bulunması çayının da tıbbi bitki olarak tüketilmesini sağlamıştır (Şekil 1) (Rahamatalla et al., 1998; Wang et al., 1999). Doymamış yağ asidi içeriği yüksek olan aspir tohumu yağı, yüksek linoleik asit içermesi bakımından diğer yağlardan ön plana çıkmaktadır. Aspir bitkisinden elde edilen oleik formundaki yağlar zeytinyağı ile eşdeğer kaliteye sahip olup, Ayçiçek yağı ile de koku, tat ve görüntü olarak benzer özelliktedir (Öztürk, Akınerdem, Bayraktar, & Ada, 2007). Aspir bitkisinin taç yapraklarında bazıları renk verici özelliğe de sahip olan gallik asit, klorojenik asit, şiringik asit, kuarsetin ve epikateşin gibi fenolik bileşikler ve flavonoid yapıdaki glikozil-qinokalkonların bulunduğu bilinmektedir (Salem, Msaada, Hamdaoui, Limam, & Marzouk, 2011). Bu nedenle aspir bitkisinin ilaç sanayisinde güçlü antioksidan olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir (Kim et al., 2015; Roh, Han, Kim, & Hwang, 2004). Çörek otu tohumlarından elde edilen yağ (ÇTY), biyoaktif bileşikler, esansiyel yağ asitleri bakımından zengindir ve birçok besin ve sağlık yararına sahiptir. Antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, gastro-koruyucu ve anti-inflamatuar özellikleri nedeniyle nispeten stabildir ve besin takviyesi olarak kullanılır (Suri, Singh, Kaur, Yadav, & Singh, 2019). Sabit yağ oranı %22-38, uçucu yağ oranı %0.4-2.5 arasındadır (Burdock, 2022). Yapısında oleik asit, linoleik asit, eikosadienoik asit gibi doymamış ve stearik asit, palmitik asit gibi doymuş yağ asitleri bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca timokinon, p-simen, pinen, karvakrol, karvon, limonen, 4-terpineol, α -tujen, anetol gibi terpenler baskındır (Ahmad et al., 2021; Naz, 2011).

Piyasada bulunan yağların birçoğunun çeşitli ticari gereklilikleri yerine getirmesi için fizikokimyasal özelliklerine, yağ asidi bileşimine ve beslenme profiline göre modifikasyona ihtiyacı vardır (Hashempour-Baltork, Torbati, Azadmard-Damirchi, & Savage, 2018). Bunun için de soğuk sıkım olarak, özellikle sağlık üzerindeki olumlu etkilerine dikkat çekilerek, tüketiciye sunulan bitkisel yağların yağ asitleri, antioksidan özellikleri ve uçucu bileşenlerinin karakterizasyonu önemlidir. Bu yağlar tüketiciye ulaştırılırken farklı bölgelerden veya yıllardan hasat edilmiş tohumlar karıştırılabilmektedir. Ayrıca soğuk sıkım yöntemin yararlı bazı bileşenlerin korunmasını sağlaması yanında, olumsuz şartların varlığı durumunda, istenmeyen özelliklerin ortaya çıkması da olasıdır. Bu durumların aydınlatılması açısından yöresel olarak hazırlanarak tüketiciye sunulan bu iki yağın ticari olarak tohum eldesi, seçimi, yağ hazırlanması gibi safhalarına fazla müdahale etmeden araştırılmasının gerekli olduğu düşünülmüştür. Böylece tüketicinin yoğun olarak kullanma eğilimi olan bu türdeki sağlığı

destekleyici gıdalar hakkında daha fazla bilgi sahibi olması, bilinçli tüketilmesi ve olumlu özelliklerde iyileştirmeler sağlanabilecektir. Literatürde benzer karşılaştırmaya rastlanılmamış olan bu çalışmada; aspir ve çörek otu tohumlarının soğuk sıkım yağlarının, tüketiciye sağlanan şartlar gözetilerek hazırlanmış numunelerinin, fitokimyasal özellikleri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan yağların serbest asitlik değeri, peroksit değeri (PV), özgül absorbans, renk pigmentleri (karotenoid ve klorofil), toplam fenolik içerik, toplam antioksidan kapasite, yağ asitleri ve uçucu bileşenleri araştırılmıştır.

Materyal

Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar Sigma Aldrich/Merck markasına aittir ve Almanya'dan Türkiye ithalatı ile alınmıştır. Aspir ve çörek otu tohumlarının sistematik tür çalışmasından ziyade tüketiciye sunulduğu şekilde araştırılması hedeflenmiştir. Güneydoğu bölgesinde, tohumların karışık hasatlarından yağ üretimi ile yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Bu amaçla, çörek otu (*Nigella sativa L.*) tohumları Diyarbakır ve Şanlıurfa, aspir (*Carthamus tinctorius L.*) tohumları Adıyaman ve Şanlıurfa hasatlarının karıştırılarak, pazarda tüketiciye sunulduğu haliyle temin edilmiştir. Tohumların yağları Mardin'de soğuk sıkım yağ makinesi kullanılarak hazırlanmıştır. Bunun için makinenin sızma ünitesi sıcaklığı 35-40 °C, sürücü hızı 18 Hz ve posa uzunluğu 7 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Tohumlar giriş ünitesine yerleştirilerek 1 litre yağ elde edilene kadar sıkım gerçekleştirilmiştir. Yağlar analiz edilinceye kadar 50 mL'lik koyu renkli cam şişelerde 4°C'de muhafaza edilmiş ve analizden önce filtrelenmiştir.

Kalite Parametreleri

Yağların kalite parametreleri Türk Gıda Kodeksi'nin (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017) zeytinyağı için tanımlamış olduğu yöntem kullanılarak araştırıldı.

Serbest yağ asitleri (FFA), % oleik asit olarak belirlendi. Bunun için yaklaşık 10 g yağ tartıldı ve yaklaşık 60 ml etanol-dietileter (V 1:1) çözeltisi ilave edildi. 1 dakika karıştırıldı, fenolftalein (%1'lik-etanolde) ilave edildi ve son karışım 0.1N KOH (etanolde) ile titre edildi.

Yağların PV ile potasyum iyodürü oksitleyen bir kilogram yağdaki aktif oksijenin mili eşdeğer ağırlığı belirlenir. Yaklaşık 1.5 g zeytinyağı tartılarak not edildi ve 10 mL kloroform eklenip çalkalandı. Ardından 15 mL asetik asit ilave edildi ve tekrar çalkalandı. 1 mL potasyum iyodürün doygun haldeki sulu solüsyonu eklenerek 1 dk vortekslenildi ve karanlıkta 10 dakika bekletildi. Çözeltiye 75 ml saf su ilave edilip karıştırıldıktan sonra 1 ml nişasta (%1) indikatörü ilave edildi ve 0,01 N sodyum tiyosülfat ile titre edildi.

Özgül absorbans değerlerinin bulunması için 0.25 g yağ 25 mL sikloheksan içerisinde çözündürülüp 232 nm ve 270 nm dalga boylarında UV spektrofotometre (Biochrom Libra S70) ile absorbans değerleri ölçüldü. Renk pigmentleri analizi için 7.5 g yağ 25 mL sikloheksanda çözündürülerek 470 nm (karotenoid) ve 670 nm (klorofil) dalga boylarında absorbansları ölçüldü. Karotenoid miktarı feofitin, klorofil miktarı lutein olarak (mg/kg yağ) Türk Gıda Kodeksinde yazdığı şekliyle birimlendirilmiştir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017; Isabel Minguez-Mosquera, Rejano-Navarro, Gandul-Rojas, SanchezGomez, & Garrido-Fernandez, 1991).

Antioksidan Özellikler

Yağların antioksidan özelliklerinin tespiti için toplam fenolik içerik (TPC) ve toplam antioksidan kapasite (TAC) değerleri ölçülmüştür. Analizler, yağların fenolik ekstraktları ile gerçekleştirildi (De

Leonardis, Macciola, & Di Rocco, 2003; Zemour et al., 2019). Kısaca, 3 g yağ 1.5 mL n-hekzan içerisinde çözüldürüldü ve 3 mL metanol-su (hacimce 4:1) eklenerek vortekslendi. Tüpler 4°C'de santrifüjlenerek metanollü faz alındı. İşlem 2 kez tekrarlandı ve ekstrakt hekzan ile yıkandı.

Örneklerin TPC değerleri literatüre uygun olarak Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlendi (Capanoglu, De Vos, Hall, Boyacioglu, & Beekwilder, 2013). Kısaca, 100µL ekstrakta 900µL deiyonize su ve 5mL 0.2N Folin-ciocalteu reaktifi eklendi. 8 dakika bekledikten sonra karışıma 5 mL Na₂CO₃ solüsyonu eklenerek vortekslendi ve 2 saat karanlıkta bekletildi. Karışımın UV absorbans değerleri 765 nm'de (Biochrom Libra S70 Dual) ölçüldü ve gallik asit standardının farklı konsantrasyonlardaki UV absorbans değerleriyle karşılaştırıldı.

Yağların antioksidan özelliklerinin belirlenmesinde ekstraktın DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) giderim aktivitesi literatüre uygun olarak UV spektrometre (Biochrom Libra S70 Dual) ile belirlenmiştir (Osei et al., 2022). Çeşitli ön çalışmalardan sonra troloks'un ve yağların farklı konsantrasyonları hazırlandı. Analiz edilecek her numuneden 1 mL alındı ve 0,1 mM DPPH (metanol içinde) çözeltisi ilave edildi. Vortekslenip oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda absorbansları okundu. Kontrol olarak ekstrakt yerine çözücü kullanıldı ve saf çözücü ile referans alındı (Blois, 1958). Troloks absorbans değerleri kullanılarak kalibrasyon grafiği çizildi ve DPPH giderim aktivitesi yüzde olarak hesaplandı.

Yağ Asitleri Analizi

Bu analizde zeytinyağındaki yağ asitleri metil ester (FAME) türevlerine dönüştürülerek ekstrakt edildi. Kısaca, 0.1 g yağa 10 mL n-hekzan ve 0.5 mL 2N KOH (metanol içinde) çözeltisi ilave edildi. Karanlıkta yaklaşık 1 saat bekletildikten sonra karışımın berraklaşan üst fazı gaz kromatografisi (GC) şişesine aktarıldı (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017; Nakagava, 2020-rev.2022).

Analizde Shimadzu GC/GCMS-QP2010 cihazı ve Rtx-2330 RESTEK (60 m x 0.25 mm x 0.2 µm) kolonu kullanıldı. Cihaz, enjeksiyon portu ve alevli iyonlaştırma dedektörü (FID) sıcaklığı 250°C, enjeksiyon hacmi 1 µl, split mod (100) ve 100 kPa basınç koşulları altında çalıştırıldı. Fırın sıcaklığı 140°C'de 5 dakika çalıştırıldı ve 4°C/dk artırılarak 240°C'ye kadar artırıldı ve 15 dakika bu sıcaklıkta tutuldu. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanıldı ve sonuçlar cihazın programı (GCsolution 4.20+) aracılığıyla % olarak belirlendi. Kullanılan yöntem, Shimadzu markasının önerisi ve literatür araştırması sonucu AOAC Yöntemi 2012.13: Yağ Asitlerinin GC Analizi yönteminden modifiye edilmiştir (Al-Owaisi, Al-Hadiwi, & Khan, 2014; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017; Nakagava, 2020-rev.2022).

Uçucu Bileşen Analizi

Numunelerin uçucu bileşenleri Shimadzu QP-2020 GC-MS cihazında Head Space-Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (HS-SPME) yöntemiyle tespit edildi. Bunun için numune tartılarak izobutilasetat iç standardı eklendi. Adsorpsiyon 40°C'de SPME fiber üzerinde gerçekleştirildi. 40 dakika sonra cihazın enjeksiyon portunda 250°C'de 5 dakika süreyle desorpsiyon gerçekleştirildi.

Analizde Agilent J&W DB-HeavyWAX Polietilen Glikol (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kolonu ve Supelco SPME fiber düzeneği (50/30 µm DVB/CAR/PDMS) kullanıldı. Helyum gazı 1.05 ml/dk akış hızında taşımayı sağladı. Cihazın fırın sıcaklık programı 40°C'de başlatıldı, 4°C/dk artırılarak 240°C'ye çıkarıldı ve 3 dakika bu sıcaklıkta tutuldu (Genovese, Caporaso, & Sacchi, 2015; Korkmaz, 2023).

İstatistiksel Çalışma

Anlamlı farklılıklar IBM SPSS istatistik Ver.27'deki Analyse / CompareMeans / One-WayANOVA işlevinde PostHoc / Tukey seçilerek hesaplandı.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kalite ve Antioksidan Özellikler

Yağlarda kalite özellikleri genel olarak doğallığı hakkında bilgi verir ancak bazı doğal uygulamalar bile (sulama yöntemi, toprak içeriği, temizleme, soğuk sıkım, kurutma gibi) PV veya serbest asitlik değerlerinin yüksek olması gibi istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne göre soğuk sıkım yağlarda PV en çok 15 meq O₂/kg yağ'dır (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012). Buna göre çalışmamızdaki yağlar için PV'nin oldukça iyi seviyelerde olduğu görülmektedir. Serbest yağ asitlerinde ise özellikle, soğuk sıkımını bizim yapmış olduğumuz, ÇTY sonuçlarının mevzuattaki soğuk sıkım bazı bitkisel yağlara göre yüksek olduğu söylenebilir. Ancak literatürde bu değerlere benzer sonuçlar söz konusudur (Kıralan, Özkan, Bayrak, & Ramadan, 2014). Bu yağlara ait bazı kalite özellikleri, TPC ve TAC değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. ATY ve ÇTY'nin bazı kalite ve antioksidan değerleri

Parametre	Aspir tohumu	Çörek otu tohumu
Serbest Asitlik (% oleik asit)	3.75±0.11	7.11±0.50**
PV (meq O ₂ /kg yağ)	7.23±0.46	6.45±0.51
Özgül Absorbans (K ₂₃₂)	3.21±0.13	3.24±0.12
Özgül Absorbans (K ₂₇₀)	2.81±0.05	1.65±0.03**
Karotenoid (mg feofitin/kg yağ)	0.56±0.01	1.26±0.01**
Klorofil (mg lutein/kg yağ)	2.26±0.11	1.89±0.30*
TPC (mg gallik asit/kg yağ)	149.50±3.47	274.47±15.04**
TAC (mg troloks/kg yağ)	28.57±0.62	68.35±0.39**

*p<0.05, **p<0.001

Aydeniz ve ark. (2013) soğuk sıkım aspir tohumu yağında TPC değerini 26.16 mg GA/kg yağ, TAC değerini 309.33 µmol troloks/g yağ, serbest yağ asidi değerini 0.47 % oleik asit olarak bulmuştur (Aydeniz, Güneşer, & Yılmaz, 2014). Başka bir çalışmada aspir yağının renk değişimi 420 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülüp bu dalga boyundaki absorbans değerinin 0.093 olduğunu ve sıcaklığa maruz kalması sonucu 0.332'ye kadar çıktığı bildirilmiştir. Rengin ise açık sarıdan koyu kahverengiye doğru değiştiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada kızartma öncesi PV değerinin yaklaşık 20 meq O₂/kg yağ olduğu grafikte ifade edilmiştir (Lee, Oh, Chang, & Kim, 2004). ATY ile ilgili PV değeri 3.78-4.5 meq O₂/kg, asitlik değeri %0.9 oleik asit değerleri de rapor edilmektedir (Al Surmi, El Dengawi, Khalefa, & Yahia, 2015). TPC ve TAC ile ilgili yapılan bir çalışmada farklı yıllarda ve farklı ülkelerden araştırılan ATY'nin TPC değerleri 140.9 ile 412.8 mg gallik asit/kg yağ, TAC değerleri %20.6 ile 68.9 arasında hesaplanmıştır (Zemour et al., 2019). Hagr ve ark. (2021) antioksidan aktivitesini (DPPH) %23.05 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda 470 nm'de yapılan ölçümlerin ortalama absorbans değeri 0.113 olarak okunmuş ve literatürdeki değere yakın olduğu bulunmuştur. Serbest asitlik değeri literatürdeki değerlerden daha yüksek ölçülmüştür. Özgül absorbans ve pigment ölçümleri literatür ile paraleldir. TPC değerleri literatürdeki birçok değere göre daha yüksek olmakla beraber TAC değerleri daha düşük bulunmuştur.

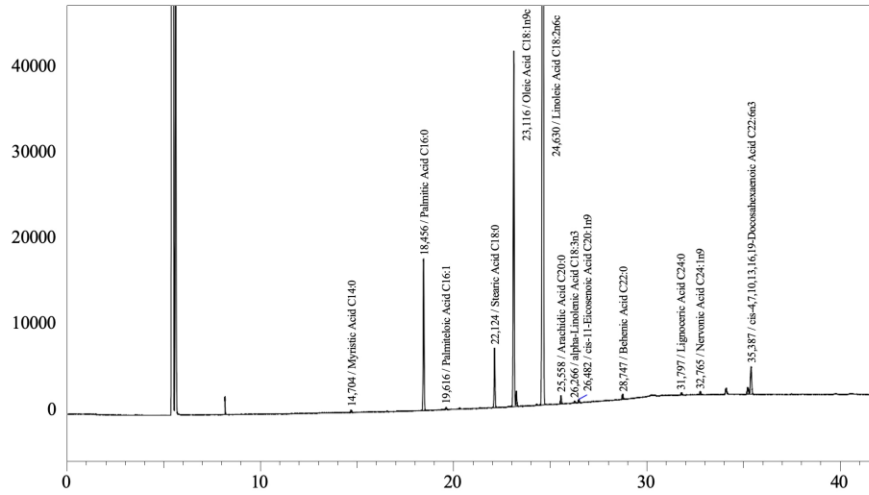
Bir çalışmada çörek otu yağının toplam fenolik içeriği 36.05±0.50 mg gallik asit/kg oil olarak bildirilmiştir (Kıralan et al., 2014). Başka bir çalışmada PV 11.88 meq O₂/kg ve TAC analizinde IC₅₀ değeri 104.76 mg/ml bulunmuştur. Bizim çalışmamızda kullandığımız ÇTY'nin IC₅₀ değeri daha yüksek bulunmuştur (263.04±1.48) ve bu sonuç antioksidan kapasitesinin düşük olduğunu göstermektedir (Soleimanifar, Niazmand, & Jafari, 2019). Sultan ve ark. (2009) K₂₃₂:1.323, K₂₇₀:0.389, FA:%0.67, PV:5.70 meq O₂/kg ve TPC=450 mg/kg oil sonuçlarını bildirmiştir (Sultan et al., 2009). Çalışmamızın sonuçlarına en yakın değerlerin olduğu Kıraman ve ark.'nın (2014) yaptıkları çalışmada; soğuk sıkım

çörek otu yağının serbest yağ asidi değeri 7.49 ± 0.96 % oleik asit, PV ise 31.32 ± 0.74 meq O_2/kg oil olarak bildirmiştir. Ayrıca K_{232} , K_{270} , karotenoid ve klorofil değerlerini sırasıyla 3.71 ± 0.12 , 0.66 ± 0.05 , 0.18 ± 0.00 , 0.30 ± 0.00 olarak ölçmüştür. Farklı ekstraksiyon yöntemlerine göre soğuk sıkımın daha yüksek PV ve daha düşük serbest asitlik değerine sahip olduğunu göstermiştir (Kıralan et al., 2014).

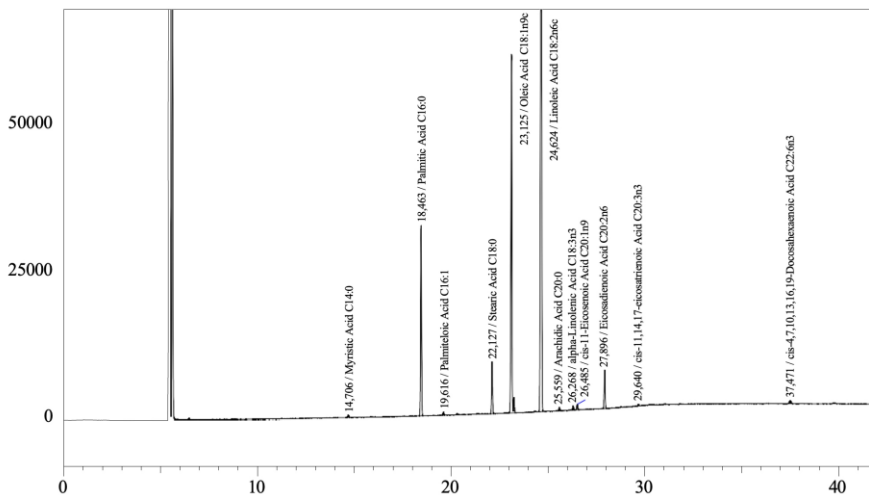
Sonuç olarak çalışmamızda kullandığımız yağlar için ATY'nın serbest asitlik değerinin, ÇTY'nın ise antioksidan özelliklerinin daha iyi olduğu söylenebilir. Her iki yağ da, çok yüksek seviyelerde olduğu söylenemese dahi, antioksidan özellik göstermektedir. Ülkemizde sağlık açısından oldukça önemsenen ve özellikle antioksidan değerleri açısından tüketilen bu gibi yağların literatürde çok daha yüksek antioksidan ve kalite değerlerine sahip örnekleri bulunmaktadır. Bu açıdan üretim safhasında daha fazla özen gösterilmesi gerektiği açıktır.

Yağ Asitleri

Örneklerin yağ asitleri, metil esterlerine dönüştürülerek (FAME) GC-FID ile ölçülmüştür. Elde edilen pikler cihazın programı kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 3-4).



Şekil 3. Aspir tohumu yağının GC-FID ile tespit edilmiş FAME pikleri



Şekil 4. Çörek otu tohumu yağının GC-FID ile tespit edilmiş FAME pikleri

Piklerin alanlarının oranlanması ile yüzdelik değerler hesaplanmıştır (Çizelge 2.). ATY ve ÇTY yağ asidi değerlerinin tümü arasında anlamlı farklılık söz konusudur ($p < 0.001$).

ATY yaklaşık %90 doymamış yağ asitleri, %10 ise doymuş yağ asitleri içerir. Standart yapıdaki ATY yapısında %6-8 palmitik asit, %2-3 stearik asit, %16-20 oleik asit ve %71-75 linoleik asit bulunur

(Velasco & Fernandez-Martinez, 2001). Geniş kapsamlı bir çalışmada; palmitik asit %4.04-7.86, stearik asit % 1.5-2.75, oleik asit %7.9-32.99 ve linoleik asit %62.7-83.74 aralıklarının ölçüldüğü yayınlanmıştır (Guan, Wu, & Zheng, 2008).

Çizelge 2. Aspir ve çörek otu tohumlarının yağlarında tespit edilen yağ asitlerinin % değerleri

Yağ asidi	Aspir tohumu yağı	Çörek otu tohumu yağı
Miristik Asit C14:0	0.099±0.00	0.145±0.00
Palmitik Asit C16:0	6.695±0.07	11.678±0.23
Palmitoleik Asit C16:1	0.045±0.00	0.190±0.00
Stearik Asit C18:0	2.625±0.03	3.221±0.05
Oleik Asit C18:1	16.972±0.17	24.780±0.50
Linoleik Asit C18:2	70.458±0.70	56.313±1.13
Araşidik Asit C20:0	0.366±0.00	0.214±0.00
alfa-Linolenik Asit C18:3	0.046±0.00	0.274±0.01
cis-11-Eikosenoik Asit C20:1	0.152±0.00	0.358±0.01
Eikosadienoik Asit C20:2	t.e.	2.412±0.05
Behenik Asit C22:0	0.226±0.00	t.e.
cis-11,14,17-Eikosatrienoik Asit C20:3	t.e.	0.106±0.00
Lignoserik Asit C24:0	0.113±0.00	t.e.
Nervonik Asit C24:1	0.149±0.00	t.e.
cis-4,7,10,13,16,19- Dokosaheksaenoik Asit C22:6	2.054±0.02	0.309±0.01
Toplam Doymuş Yağ Asidi Yüzdesi (SFA)	10.124±0.10	15.258±0.28
Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi Yüzdesi (MUFA)	17.318±0.17	25.328±0.51
Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi Yüzdesi (PUFA)	72.558±0.70	59.414±1.20

t.e.: tespit edilemedi

Sultan ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarında oleik asit %19.65, linoleik asit %57.38, palmitik asit %12.07, stearik asit %2.35 değerlerini bulduklarını bildirmiştir (Sultan et al., 2009). Başka bir çalışmada da benzer şekilde oleik, linoleik, palmitik ve stearik asit yüzdeleri sırasıyla 23.95, 57.49, 12.01 ve 2.77 değerlerinde ve en baskın yağ asitleri olarak verilmiştir (Kıralan et al., 2014). Soleimanifar ve ark. (2019) kantitatif bir çalışma yaparak ÇTY için oleik asit miktarını 294.3 g/kg yağ, linoleik asit 427.8 g/kg yağ, palmitik asit 83.8 g/kg yağ, stearik asit 22.6 g/kg yağ, Eikosadienoik asit 6.2 g/kg yağ olarak rapor etmiştir (Soleimanifar et al., 2019).

Çalışmamızda elde edilen FAME yüzdeleri standartlara uygundur. ATY ve ÇTY yüksek doymamış asit (oleik ve linoleik asit) içeriği sayesinde çok tercih edilen yağlardır. Bu yağ asitlerinin sistemik kronik hastalıklar ve kanser üzerine etkileri oldukça önemlidir. Bu yönden özellikle yüksek sıcaklıklara çıkarılmadan, dozunda tüketilmesi oldukça faydalı olabilecek gıdalardır.

Uçucu Bileşenler

Analiz ile ATY'de 11 aldehit, 4 terpen, 2 alkol, 1 keton, 5 asit-ester ve 4 çeşitli; ÇTY'de 6 aldehit, 14 terpen, 3 alkol, 1 keton, 5 asit-ester, 9 çeşitli uçucu aromatik tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Aydeniz ve ark. (2013) ATY analizinde; pentenal, etilbenzen, 2-hekzenal, heptanal, hekzanoik asit- metil ester, alfa.pinen, d-limonen, oktadien, 2-oktenal, nonanal, nonenal... gibi benzer uçucu bileşenleri tespit etmiştir (Aydeniz et al., 2014). Başka bir çalışmada soğuk sıkım aspir yağında önemli uçucu maddeler arasından asaron, 1-metil-4-(2-propenil)-benzen, dietenil-benzen, asetoin, metil benzen, hekzenal, p-ksilen, heptanal ve 2-oktenal tespit edilmiştir (Günç Ergönül & Aksoylu Özbek, 2020). Sultan ve ark. (2009) ÇTY analizinde; tujen, alfa.pinen, başta olmak üzere birçok uçucu madde rapor etmiştir (Sultan et al., 2009). Farklı bir çalışma hekzenal, alpha.pinen, Furan, 2-pentil-, alfa. Terpinen, tujan, 2-Heptenal, gama.-Terpinen, Limonen, 2-Oktenal, nonanal, gibi çalışmamızla birçok ortak uçucu madde bildirmiştir (Kıralan, 2014). Bu bileşenlerin gıda aromasına önemli katkıları bulunmaktadır. Bunlar arasında önemli olanlardan; hekzenal yeşil/yaprak/sebze, limonen narenciye/tatlı, nonanal yağ,

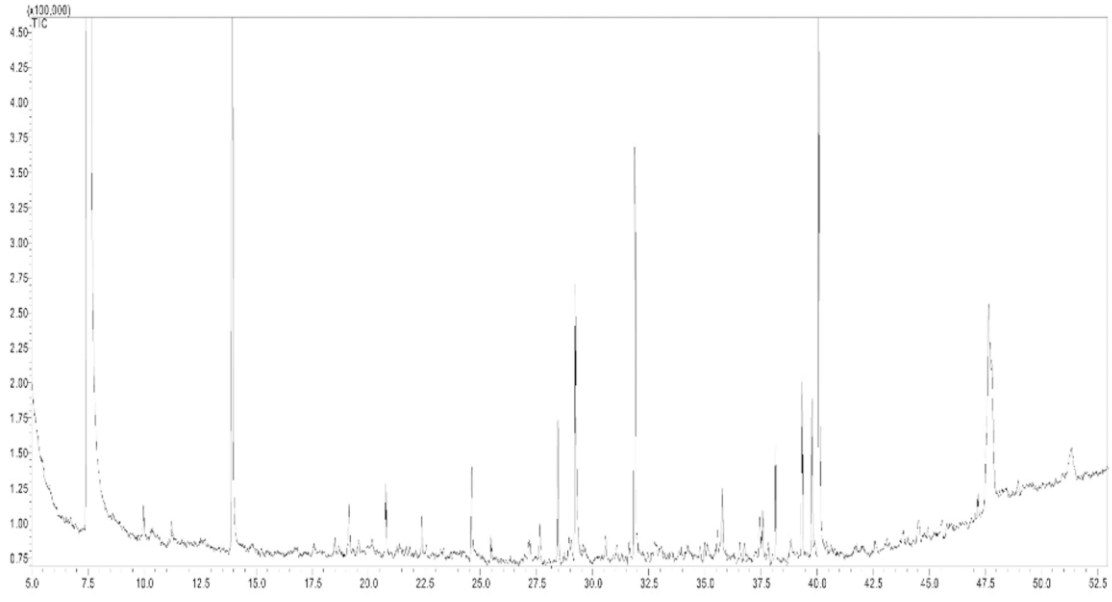
2-nonenal saman/salatalık, oktadien alkoller mantar/sardunya, asitler mumsu/kokuşmuş ve terpenler terpenik aromaya sahiptir (Aydeniz et al., 2014).

Çizelge 3. ATY ve ÇTY uçucu bileşenleri (mg/kg yağ)

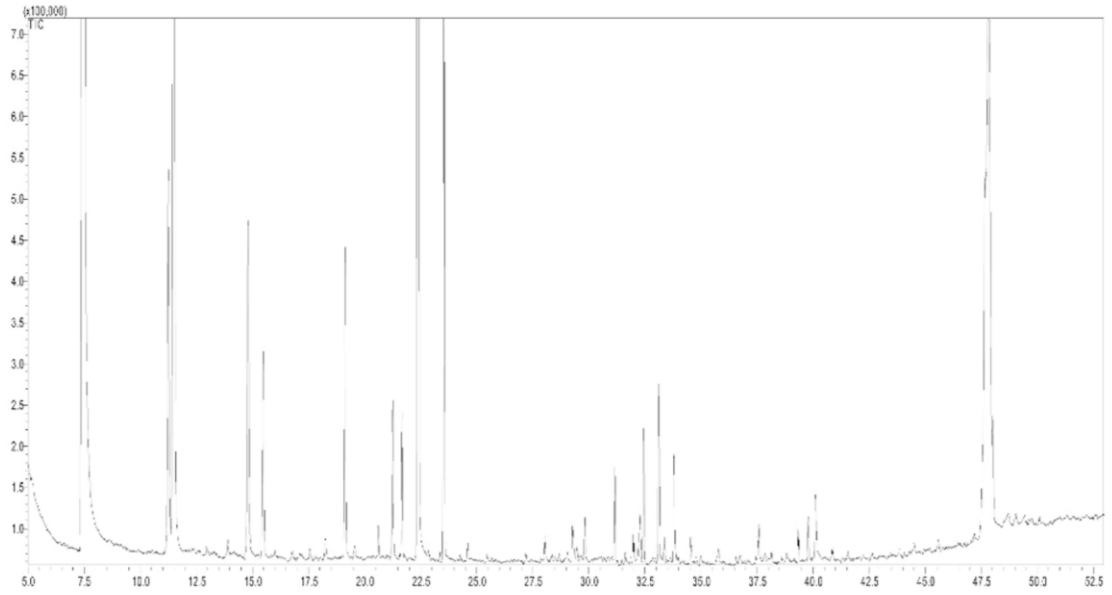
Uçucu Bileşenler	Retention Time	Retention Index	ATY	ÇTY
Pentanal (CAS)	9.975	1028	0.253	t.e.
alfa Pinen, (-)-	11.255	1058	t.e.	0.265
Hekzanal (CAS)	13.910	1116	6.628	0.009
Bisiklo[3.1.1]heptan, 6,6-dimetil-2-metilen-, (1S)-	14.805	1133	t.e.	0.239
beta Felandren	15.480	1146	t.e.	0.127
alfa Terpinen	18.250	1199	t.e.	0.013
DL-Limonen	19.130	1218	0.337	0.173
Okaliptol	19.550	1226	t.e.	0.008
1-Desin	20.625	1249	t.e.	0.015
Furan. 2-pentil-	20.780	1252	0.587	t.e.
gama-Terpinen	21.260	1262	t.e.	0.080
cis-4-metoksi tujane	21.670	1271	t.e.	0.075
Benzen, metil(1-metiletil)- (CAS)	22.400	1286	0.277	2.422
Pentadekan (CAS)	23.360	1308	t.e.	0.005
trans-4-metoksi tujane	23.540	1312	t.e.	0.403
2-Heptenal, (Z)- (CAS)	24.595	1339	0.732	0.010
1-Hekzanol (CAS)	25.475	1361	0.178	0.003
Nonanal	27.205	1405	0.263	0.004
3-Okten-2-on	27.650	1418	0.316	t.e.
Tujol	28.040	1430	t.e.	0.010
3,8-Dimetilene-1-Siklookten	28.345	1439	t.e.	0.005
2-Oktenal, (E)-	28.450	1442	1.150	t.e.
1-Okten-3-ol	28.945	1456	0.323	t.e.
Asetik asit (CAS)	29.275	1466	3.096	0.029
alfa-Longipinen (CAS)	29.825	1482	t.e.	0.021
Kopaen	30.570	1505	0.181	t.e.
3-Isopropiliden-5-metil-hex-4-en-2-on	31.160	1524	t.e.	0.045
Benzaldehit	31.630	1540	0.137	0.006
2-Nonenal (E)-	31.875	1548	4.677	t.e.
1,6-Oktadien-3-ol, 3,7-dimetil-	31.985	1552	t.e.	0.013
delta.3-Karen	32.180	1558	t.e.	0.005
Longifolen	33.125	1589	t.e.	0.089
alfa-Fençil asetat	33.370	1597	t.e.	0.012
Bütanoik asit (CAS)	34.540	1640	t.e.	0.018
2-Dekenal, (E)- (CAS)	34.990	1656	0.125	t.e.
n-Kaproik asit vinil ester	35.560	1677	0.197	t.e.
Estrajol	35.780	1685	0.477	0.007
Izobornil format	36.560	1714	t.e.	0.003
2,4-Nonadienal, (E,E)-	36.565	1715	0.120	t.e.
Pentanoik asit	37.465	1750	0.380	0.004
(-)-Karvon	37.575	1754	0.429	0.022
E.E-2,4-dodekadienal	38.155	1777	0.885	0.004
2,4-Dekadienal, (E,E)-	39.340	1825	1.412	0.017
Anason	39.780	1843	1.231	0.023
Hekzanoik asit	40.110	1857	5.712	0.038
Askaridol	40.860	1889	t.e.	0.005
Nonanoik asit (CAS)	47.185	2167	0.198	t.e.
Skualen	47.820	2195	4.631	1.219
Fenol, 5-metil-2-(1-metiletil)- (CAS)	48.020	2204	t.e.	0.063

t.e.: tespit edilemedi

ATY daha yoğun uçucu bileşen miktarı sergilerken ÇTY uçucu bileşenleri daha zengin çeşitliliğe sahipti. Uçucu bileşenler her iki yağ için de oldukça keskin ve belirgin pikler ile ayırt edilebilecek özellikteydi (Şekil 5). Her iki yağın içinde de asidik ve yüksek karbon sayılı aldehit oluşumu söz konusudur. Bu maddeler yağlarda koku ve tat için tercih edilmeyen bileşenlerdir. Ancak yağların yapısındaki hoş koku ve tat verici 6-7 karbonlu bileşenlerin ve terpenlerin, özellikle ÇTY'de, daha baskın olduğu söylenebilir.



(a)



(b)

Şekil 5. Aspir (a) ve çörek otu (b) tohumu yağlarının GC-MS ile tespit edilmiş uçucu bileşenler kromatogramları

SONUÇ

Bitkisel yağlar, özellikle soğuk sıkım hazırlananlar, tüketiciler tarafından lezzet ve sağlık açısından oldukça önemsenmektedir. Bunun sebebi elbette soğuk sıkım üretimin önemli bileşenlerde oluşabilecek kaybı azaltmasıdır. Özellikle fenolik bileşenler, yağ asitleri ve uçucu aromatikler korunmak istenen maddelerin başında gelir. Bu maddeler aynı zamanda, sıcaklık artışı ve zamanın etkisiyle faydalarını yitirebilen, hatta kötü tat/koku ya da doymuş/trans yağ asidi oluşumu ile istenmeyen özellikler gösterebilecek bileşenler ihtiva ederler. Çalışmamızda tüketicilerin sağlık üzerindeki faydalarını ön plana alarak tercih ettikleri soğuk sıkım aspir tohumu ve çörek otu tohumu yağlarının antioksidan, yağ asitleri ve uçucu bileşenleri incelendi. Her iki soğuk sıkım tohum yağının da çok önemli doymamış yağ asitleri olan oleik ve linoleik asitler açısından oldukça zengin olduğu görülmektedir. Sağlık üzerinde çok olumlu etkileri olan ve yüksek oranda bulunan bu yağ asitlerinin varlığı dahi bir gıdanın tüketilmesine sebep olabilmektedir. Ancak yine sağlık açısından çok önemli olan antioksidan

özelliklerin varlığından bahsedilebileceği gibi bu özelliklerin düşük düzeyde olduğunu eklemek gerekir. Ayrıca bu yağların aromatik özellikleri ilk tercih sebebi olmasa da yapılarında hoş aromatik bileşenler bulunması yanında istenmeyecek lezzet etkileri de tespit edilmiştir. Yetiştirme, depolama, temizleme ve üretim gibi aşamaların optimize edilerek fenolik bileşenlerin ve uçucu aromatiklerin iyileştirilmesi beslenme açısından büyük değer katacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mardin Artuklu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (proje numarası: MAÜ.BAP.23.SHMYO.002).

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Ashraf, S. A., Saad, H. H., Wahab, S., Khan, M. I., & Athar, M. T. (2021). An updated knowledge of Black seed (*Nigella sativa* Linn.): Review of phytochemical constituents and pharmacological properties. *Journal of Herbal Medicine*, 25, 100404. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100404>
- Al Surmi, N., El Dengawi, R., Khalefa, A., & Yahia, N. (2015). Characteristics and oxidative stability of some safflower (*Carthamus Tinctorius L.*). *J Nutr Food Sci S*, 14, 2.
- Al-Owaisi, M., Al-Hadiwi, N., & Khan, S. A. (2014). GC-MS analysis, determination of total phenolics, flavonoid content and free radical scavenging activities of various crude extracts of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori leaves. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(12), 964-970. doi:<https://doi.org/10.12980/APJTB.4.201414B295>
- Aydeniz, B., Güneşer, O., & Yılmaz, E. (2014). Physico-chemical, sensory and aromatic properties of cold press produced safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(1), 99-110.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2007). Türkiye'de Yemeklik Yağ ve Biyodizel Üretimine Uygun Aspir Islahı. I. *Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28-31.
- BAYDAR, H., & TURGUT, İ. (1993). Aspir (*Carthamus tinctorius L.*)'in Antalya koşullarında kışlık olarak yetiştirme olanakları üzerine araştırmalar. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 5(1-2), 75-92.
- Beyyavas, V., Haliloglu, H., Copur, O., & Yılmaz, A. (2011). Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius L.*) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 527-534.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. doi:10.1038/1811199a0
- Burdock, G. A. (2022). Assessment of black cumin (*Nigella sativa L.*) as a food ingredient and putative therapeutic agent. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 128, 105088. doi:<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.105088>
- Capanoglu, E., De Vos, R. C., Hall, R. D., Boyacioglu, D., & Beekwilder, J. (2013). Changes in polyphenol content during production of grape juice concentrate. *Food Chemistry*, 139(1-4), 521-526.

- Castro, R. C., Ribeiro, D. S. M., Santos, J. L. M., & Páscoa, R. N. M. J. (2021). Comparison of near infrared spectroscopy and Raman spectroscopy for the identification and quantification through MCR-ALS and PLS of peanut oil adulterants. *Talanta*, 230. doi:10.1016/j.talanta.2021.122373
- De Leonardis, A., Macciola, V., & Di Rocco, A. (2003). Oxidative stabilization of cold-pressed sunflower oil using phenolic compounds of the same seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6), 523-528. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.1376>
- Francois, L., & Bernstein, L. (1964). Salt Tolerance of Safflower 1. *Agronomy Journal*, 56(1), 38-40.
- Genovese, A., Caporaso, N., & Sacchi, R. (2015). Temporal changes of virgin olive oil volatile compounds in a model system simulating domestic consumption: The role of biophenols. *Food Research International*, 77, 670-674. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.018>
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2012). TÜRK GIDA KODEKSİ BİTKİ ADI İLE ANILAN YAĞLAR TEBLİĞİ, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120412-7.htm>, Erişim Tarihi:24.08.2024.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2017). TÜRK GIDA KODEKSİ ZEYTİNYAĞI VE PİRİNA YAĞI TEBLİĞİ, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/09/20170917-9.htm>, Erişim Tarihi:12.06.2024.
- Guan, L., Wu, W., & Zheng, Y. (2008). Seed oil and fatty acids of different safflower genotypes and their correlations with agronomic traits and photosynthetic parameters.
- Günç Ergönül, P., & Aksoylu Özbek, Z. (2020). Chapter 29 - Cold pressed safflower (*Carthamus tinctorius L.*) seed oil. In M. F. Ramadan (Ed.), *Cold Pressed Oils* (pp. 323-333): Academic Press.
- Hagr, T., Adam, I., & Mohammed, E. (2021). GC/MS analysis and antioxidant activity of fixed oil from sudanese safflower (*Carthamus tinctorius L.*) seeds. *Int J Adv Biol Biomed Res*, 9(2), 138-146.
- Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G. P. (2018). Chemical, rheological and nutritional characteristics of sesame and olive oils blended with linseed oil. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 8(1), 107.
- Isabel Minguéz-Mosquera, M., Rejano-Navarro, L., Gandul-Rojas, B., SanchezGomez, A. H., & Garrido-Fernandez, J. (1991). Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68(5), 332-336.
- İlkdoğan, U. (2012). Türkiye’de aspir üretimi için gerekli koşullar ve oluşturulacak politikalar. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi*.
- Kaur, A., Singh, B., Kaur, A., & Singh, N. (2019). Chemical, thermal, rheological and FTIR studies of vegetable oils and their effect on eggless muffin characteristics. *Journal of food processing and preservation*, 43(7), e13978.
- Kim, H.-W., Hwang, K.-E., Song, D.-H., Kim, Y.-J., Ham, Y.-K., Lim, Y.-B., Kim, C.-J. (2015). Wheat fiber colored with a safflower (*Carthamus tinctorius L.*) red pigment as a natural colorant and antioxidant in cooked sausages. *LWT-Food science and Technology*, 64(1), 350-355.
- Kıralan, M. (2014). Changes in volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa L.*) seed oil during thermal oxidation. *International journal of food properties*, 17(7), 1482-1489.
- Kıralan, M., Özkan, G., Bayrak, A., & Ramadan, M. F. (2014). Physicochemical properties and stability of black cumin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 57, 52-58. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.026>
- Korkmaz, A. (2023). Characterization and Comparison of Extra Virgin Olive Oils of Turkish Olive Cultivars. *Molecules*, 28(3), 1483. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/3/1483>

- Lee, Y.-C., Oh, S.-W., Chang, J., & Kim, I.-H. (2004). Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chemistry*, 84(1), 1-6. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00158-4)
- Nakagava, Y. (2020-rev.2022). Fast Analysis of Fatty Acids in Brans by GC/MS. *Shimadzu Application News* No. M306 A. Retrieved from https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/13451/m306_e.pdf
- Naz, H. (2011). *Nigella sativa*: the miraculous herb. *Pak. J. Biochem. Mol. Biol*, 44(1), 44-48.
- Osei, J. B. D., Amiri, A., Wang, J., Tavares, M. T., Kiatkittipong, W., & Najdanovic-Visak, V. (2022). Recovery of oils and antioxidants from olive stones. *Biomass and Bioenergy*, 166, 106623. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106623>
- Öztürk, Ö., Akınerdem, F., Bayraktar, N., & Ada, R. (2007). Konya koşullarında bazı aspir çeşitlerinin verim, verim unsurları ve yağ oranlarının incelenmesi. I. *Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28-31.
- Rahamatalla, A., Babiker, E., Krishna, A., & El Tinay, A. (1998). Changes in chemical composition, minerals and amino acids during seed growth and development of four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 161-170.
- Roh, J. S., Han, J. Y., Kim, J. H., & Hwang, J. K. (2004). Inhibitory effects of active compounds isolated from safflower (*Carthamus tinctorius L.*) seeds for melanogenesis. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(12), 1976-1978.
- Salem, N., Msaada, K., Hamdaoui, G., Limam, F., & Marzouk, B. (2011). Variation in phenolic composition and antioxidant activity during flower development of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4455-4463.
- Sharma, P., & Longvah, T. (2021). *Nigella (Nigella sativa) Seed*. In B. Tanwar & A. Goyal (Eds.), *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications* (pp. 331-350). Singapore: Springer Singapore.
- Singh, V., & Nimbkar, N. (2006). Safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Chapter*, 6, 167-194.
- Soleimanifar, M., Niazmand, R., & Jafari, S. M. (2019). Evaluation of oxidative stability, fatty acid profile, and antioxidant properties of black cumin seed oil and extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 383-389. doi:10.1007/s11694-018-9953-7
- Sultan, M. T., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A., Akhtar, S., & Nasir, M. (2009). Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. *Pak. J. Bot*, 41(3), 1321-1330.
- Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P., & Singh, N. (2019). Impact of infrared and dry air roasting on the oxidative stability, fatty acid composition, Maillard reaction products and other chemical properties of black cumin (*Nigella sativa L.*) seed oil. *Food Chemistry*, 295, 537-547.
- Turan, Z., & Göksoy, A. (1998). Yağ Bitkileri Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 80. *Bursa. S*, 225.
- Velasco, L., & Fernandez-Martinez, J. (2001). Breeding for oil quality in safflower.
- Wang, P., Ou, S., & Peilin, C. (1999). Optimization of conditions for safflower cell culture and accumulation of cellulosic product tocopherols. *Chinese Journal of Biotechnology*, 15(4), 231-237.
- Zemour, K., Labdelli, A., Adda, A., Dellal, A., Talou, T., & Merah, O. (2019). Phenol Content and Antioxidant and Antiaging Activity of Safflower Seed Oil (*Carthamus Tinctorius L.*). *Cosmetics*, 6(3), 55. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-9284/6/3/55>