

Araştırma Makalesi

**Arıtılmış Atıksu Kullanılarak Yetiştirilen Aspir Bitkisi Tohumlarından Elde Edilen Yağın
Yemeklik Yağ Kalitesinin İncelenmesi**

^{1,2}Müge SOYLU, ¹Nasim Jalilnejad FALIZI, ¹Tülay G. MADENOĞLU, ²Semih ÖTLEŞ, ³Yasemin S. KUKUL KURTTAŞ,
⁴M.Kamil MERİÇ, ³Emrah ÖZÇAKAL, ³Hatice GÜRGÜLÜ, ¹Nihal CENGİZ, ¹Nalan KABAY*, ¹Mithat YÜKSEL

¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

³Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova, İzmir

⁴Ege Üniversitesi, Bergama Meslek Yüksekokulu, Bergama, İzmir

*Sorumlu yazar: nalan.kabay@ege.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.06.2017

Düzeltilme Geliş Tarihi: 20.11.2017

Kabul Tarihi: 22.11.2017

Özet

Aspir (*Carthamus tinctorius*) yenilebilir yağ üretiminde kullanılan yağlı tohum bitkilerinden biri olup, yetiştiriciliği son yıllarda dünya genelinde artmaktadır. Yapılan çalışmalar aspir tohumu yağının zeytinyağı, ayçiçeği ve yer fıstığı yağı ile benzer özellikler taşıdığını göstermektedir. Aspir bitkisi tuzluluğa ve soğuk hava koşullarına toleranslı olması sebebiyle kurak ve yarı-kurak bölgelerde yetiştirilebilmektedir. Aspir yağının yüksek linoleik asit içeriği (%63-75) yemeklik yağ açısından önemli bir kalite özelliğidir. Bu özellikleri ile bitkisel yağ açığının kapatılmasında alternatif bir kaynaktır. Bu çalışmada arıtılmış atıksu kullanılarak yetiştirilen aspir bitkilerinin tohumlarından elde edilen yağın kalite ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yemeklik yağ olarak kullanımı için, Türk Gıda Kodeksinde yer alan yağ kalitesi standartları ile kıyaslama yapılmıştır. Aspir tohumlarından yağ üretimi, çözgen olarak n-hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aspir yağlarına kalite ve fizikokimyasal yağ analizleri uygulanmıştır. Yağ asidi ve sterol kompozisyonu, asitlik ve peroksit değeri, yoğunluk, kırılma indeksi, iyot ve sabunlaşma değerleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Arıtılmış atıksu, aspir bitkisi, aspir yağı, tarımsal sulama, yemeklik yağ kalitesi

**Examining of Edible Oil Quality of the Seeds of Safflower Plants Cultivated by Using
Treated Wastewater**

Abstract

Safflower (*Carthamus tinctorius* L) is a plant with oil seed used for edible oil production and its cultivation has been increasing throughout the world in last decades. Although studies have shown that safflower seed oil has similar properties with olive oil, sunflower and peanut oil, due to its dominant characteristics over other plants such as tolerance for cold weather conditions, salinity and plantation in arid and semi-arid zones, it can be an alternative oil source to supply oil demand. As fatty acid composition is an important quality factor, high linoleic acid content (63-75%) of safflower oil proves its appropriateness as an edible oil. In this study, quality and physicochemical properties of oil were determined for the seeds of safflower plants cultivated by using treated wastewater. Its suitability as edible oil in comparison with oil quality standards (Turkish Food Codex) was investigated. Soxhlet extraction was employed for production of oil from safflower seeds using n-hexane as solvent. Quality and physicochemical oil analyses were applied to the safflower oils extracted. Fatty acid and sterol compositions, acidity and peroxide values, density, refractive index, iodine and saponification values were determined.

Key words: Treated wastewater, safflower, safflower oil, agricultural irrigation, edible oil quality

Giriş

Aspir bitkisi Hindistan, Çin, ABD, Meksika ve Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen yağlı tohum bitkilerinden biridir ve 2014 yılında dünyada 9.368.750 dekar ekim alanında, 733.852 ton üretim yapılmıştır ve tohum verimi ortalaması yaklaşık 78 kg/da civarındadır. Türkiye’de ise 2014 yılında aspir üretimi 443.050 dekar ekim alanında, 62.000 ton üretim yapılmışken, 140 kg/da verim elde edilmiştir (FAO, 2017).

Aspir kuraklığa, soğuğa ve tuzluluğa dayanıklı olduğundan, Batı ve Orta Anadoluyu çevreleyen bölgelerin topraklarında (Ankara, Konya ve Eskişehir illerinde) ve geçiş bölgesi üzerinde başarıyla yetiştirilebilmektedir (Akınerdem ve ark., 2008).

Türkiye’de tescilli şekilde 8 farklı aspir çeşidi bulunmaktadır. Yenice, Dinçer, Remzibey (Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü), Linas, Olas, Asol (Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü), Göktürk (Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü). Balcı çeşitleri olup, Yenice ve Dinçer çeşitleri dikensiz, Remzibey ve Balcı çeşidi ise dikenli tiptedir. Tohumlarında %26-45 oranında yağ bulunmakta olup, dikenli çeşitleri dikensiz çeşitlerine göre daha fazla yağ içermektedir (İlkdoğan ve ark., 2012).

Compositae/Asteraceae familyasının bir üyesi olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) gıda, boya, vernik, yem ve ilaç sanayi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen tek yıllık bir bitkidir (Karabaş, 2013). Aspir yağının gıda endüstrisinde kızartma yağı olarak kullanılmasının yanında, ayrıca salata sosları ve margarin üretiminde de kullanımı artmaktadır (Conte ve ark., 2016).

Aspir yağı tipik olarak linoleik asit (%63-75), oleik asit (%16-25), palmitik asit (%6-8) ve stearik asit (%2-4) bileşiminden oluşmaktadır (Yeliaghi ve ark., 2012; Toma ve ark., 2014). Aspir yağı diğer bitkisel yağlardan özellikle yüksek linoleik asit (omega-6) içeriği ile ayrılmaktadır (Uysal ve ark., 2006; Baydar ve Kara, 2010). Bileşimindeki yüksek linoleik asit, kandaki kolesterol seviyesini düşürmede rol oynarken, oleik asit ise kızartma yağı özelliklerinden olan oksidatif kararlılık ve hafif lezzet sağlamaktadır (Yeliaghi ve ark., 2012; Conte ve ark., 2016). Aspir yağı, ayrıca yüksek E vitamini aktivitesi gösteren α -tokoferol açısından zengin bitkisel yağlardan biridir (Han ve ark., 2009; Vosoughkia ve ark., 2011).

Bu çalışmada, farklı sulama koşulları ile yetiştirilmiş Dinçer çeşidi aspir bitkisinden elde edilen aspir yağlarının ve piyasadan temin edilen soğuk pres aspir yağının kalite ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Aspir bitkisi yetiştiriciliği, 2015-2017 yılları arasında, İzmir’in Menderes ilçesi, Tekeli Köyü yanında kurulmuş olan İTOB Organize Sanayi Bölgesi arıtma tesisinin yanında bir çiftçi tarlasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan Dinçer çeşidi aspir tohumları, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü’nden temin edilmiştir. Bu çeşit, Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nce üstün verim ve kalite özellikleri dikkate alınarak seleksiyon yoluyla ıslah edilmiş ve 1977 yılında tescil ettirilmiştir. Soğuk pres aspir yağı piyasadan temin edilmiştir. Soxhlet ekstraksiyonunda çözgen olarak n-hekzan (C_6H_{14}) kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Sulama koşulları

Aspir bitkilerinin yetiştirilmesinde dört farklı sulama planı uygulanmıştır:

1. MBR (Membran biyoreaktör) çıkışındaki su (tuzlu su), doğrudan sulama suyu olarak kullanılmıştır (**T1**).
2. İTOB arıtma tesisine kullanma suyu sağlayan yeraltı su kaynağından alınan su, sulama suyu olarak kullanılmıştır (**T2**).
3. MBR çıkışındaki su doğrudan sulama suyu olarak kullanılmıştır. T1 konusundan farklı olarak, aspir bitkisinin toprak nemine duyarlı olduğu 3 fenolojik dönemde (vejetasyon, çiçeklenme başlangıcı ve dane oluşum) sulama suyu uygulanmıştır (**T3**).
4. Bu planda yetiştirilen bitkilere sulama suyu uygulanmamıştır (**T4**).

Yağ ekstraksiyonu

Hasat edilen aspir bitkilerinin tablaları elle koparılmış, harman makinesi ile tablalardan tohumlar ayrılmıştır. Aspir tohumları açık havada kurutulduktan sonra tepsili kurutucuda 60°C’de 24 saat süre ile kurutulmuştur. Tohumlar, 4 mm’lik elek kullanılarak diskli öğütücüde (IKA® MF 10 basic) öğütülmüştür. Aspir yağı, Soxhlet ekstraksiyon sisteminde n-hekzan kullanılarak 6 saat süre ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonrası elde edilen n-hekzan ile yağ karışımı filtre edilmiştir ve döner buharlaştırıcı (Heidolph® marka Laborota 4000 Efficient) kullanılarak vakum altında 45°C’de birbirinden ayrılmıştır. Elde edilen aspir yağı ağırlığı tartılarak ham yağ oranı hesaplanmıştır ve koyu kahverengi cam şişelerde +4°C’de analiz edilene kadar saklanmıştır.

Analizler

Yağ asidi kompozisyonu

Aspir yağlarının yağ asidi kompozisyonu AOCS standart metoduna göre gaz kromatografisi

ile analiz edilmiştir. Yağ örnekleri hekzan ile seyreltilmiş ve esterifikasyon ile metil esterlerine dönüştürülmüştür. Yağ asitleri metil esterleri Agilent 7890A model gaz kromatografisi ile Supelco 2380 kapiler kolon (60 m x 0.25 mm x 0.20 µm) ve alev iyonizasyon dedektörü (FID) kullanılarak analiz edilmiştir. Helyum, 20 cm s⁻¹lik bir akış hızında taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Enjeksiyon, fırın ve dedektör sıcaklığı sırasıyla 250, 185 ve 260°C'dir. 1 µL metil ester örneği split oranı 1/100 olacak şekilde cihaza enjekte edilmiştir. Yağ asidi metil esterleri, alıkonma sürelerinin referans standartları ile kıyaslanarak belirlenmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin miktarları ise iç standard (Metil nonadekanoat) kullanılarak belirlenmiştir.

Sterol kompozisyonu

Aspir yağlarının sterol kompozisyonu analizi TS EN ISO 12228:1999 analiz yöntemi kullanılarak TÜBİTAK-MAM'da gerçekleştirilmiştir.

Fizikokimyasal analizler

Aspir yağının asit ve peroksit sayısı IUPAC analiz yöntemlerine göre; kırılma indisi, yoğunluk, iyot ve sabunlaşma sayısı analizleri ise AOAC analiz yöntemlerine göre belirlenmiştir.

İstatistiksel analizler

Elde edilen sonuçlar ANOVA (Varyans Analizi) kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar çoklu karşılaştırma testiyle değerlendirilmiş ve uygulama grupları arasında farklılık olup olmadığı SPSS istatistik paket programı kullanılarak test edilmiştir (IBM SPSS, 2011).

Bulgular ve Tartışma

Ham yağ oranı (%)

Yağlı tohum bitkilerinin yağ içeriği, genotip, morfoloji, bitki fizyolojisi, ekim teknikleri ve yapılan tarımsal uygulamalar gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Vosoughkia ve ark., 2011; Katar ve ark., 2014).

Çizelge 1'de yer alan aspir tohumlarının yağ içeriğine göre, örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05) ve ham yağ oranları %28.55–31.82 (w/w) arasında değişmektedir. En yüksek ham yağ oranı sulama yapılmayan grupta (T4) elde edilirken (%31.82), en düşük ham yağ oranı ise MBR çıkış suyu ile yetiştirilen grupta (T1) belirlenmiştir (%28.55). Coşge ve ark., (2007), Dinçer çeşidi aspir bitkisinden n-hekzan çözücü ile ekstraksiyon yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada yağ içeriğini %22.43-26.92 (w/w) aralığında tespit etmişken, Katar ve ark., (2014) ise yine aynı yöntemi kullanarak, Dinçer çeşidi aspir bitkisinden %26.47-28.30 (w/w) aralığında yağ elde

etmişlerdir. Bulgularımız, yapılan bu çalışmalar ile uyumludur.

Çizelge 1. Sulama koşullarına göre aspir tohumlarının ham yağ oranları

Aspir yağları	Ham yağ oranı (%w/w)*
T1	28.55±0.85 ^a
T2	29.27±0.84 ^{ab}
T3	30.43±0.94 ^{bc}
T4	31.82±0.63 ^c

*Üç tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir; a-c aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Yağ asidi kompozisyonu

Bitkisel yağların yağ asidi bileşimi, ticari olarak kullanımını belirleyen en önemli faktördür ve bitki çeşidi, iklim ve yetiştirme koşullarından etkilenmektedir (Geçgel ve ark., 2007; Vosoughkia ve ark., 2011).

Çizelge 2'de aspir yağlarının yağ asidi kompozisyonu yer almaktadır ve sonuçlar toplam yağ asitleri içerisinde yüzdesel dağılım olarak verilmektedir. Analiz edilen aspir örneklerinde en önemli yağ asitleri sırasıyla, linoleik (C18:2), oleik (C18:1), palmitik (C16:0), stearik (C18:0) ve miristik (C14:0) asit olarak belirlenmiştir.

En önemli yağ asitlerinden linoleik asit içeriği aspir yağlarında %77.77-80.90 (w/w) arasında değişiklik göstermiş olup (Çizelge 2) örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). En yüksek linoleik asit içeriği T3 aspir yağında % 80.90 ile gözlenirken, en düşük linoleik asit içeriği %77.77 ile T1 aspir yağındadır. Aspir yağı için diğer önemli yağ asidi olan oleik asit içeriği %13.03-15.53 (w/w) aralığındadır ve örnekler arasında fark anlamlıdır (P<0.05). En yüksek oleik asit içeriği T1 aspir yağı örneğinde iken, en düşük oleik asit miktarı T4 (susuz koşul) örneğinde tespit edilmiştir.

Doymuş yağ asitlerinden olan palmitik asit için aspir yağı örnekleri arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır (P<0.05). Palmitik asit içeriği ortalama %4.13 civarındadır. Miristik ve stearik asit içeriği bakımından aspir yağları arasındaki fark önemlidir (P<0.05). Stearik asit en yüksek %2.48 ile T1'de iken, en düşük %1.97 ile T3 aspir yağındadır. Miristik asit ise %0.51 ile 1.55 aralığında belirlenmiştir. Aspir yağlarının toplam doymuş yağ asitleri, %6.70 ile 8.02 aralığında değişirken; toplam doymamış yağ asitleri %93.31 ile 94.05 aralığındadır. Bu sonuçlar, Dinçer çeşidi aspir yağı ile yapılan diğer çalışmalar ile uyumludur (Uysal ve ark., 2006; Coşge ve ark., 2007; Yeilaghi ve ark., 2012).

Soğuk pres aspir yağı ise, %65.90 linoleik, %22.30 oleik, %6.00 palmitik, %3.90 (w/w) miristik asit içeriğinden oluşmaktadır. Stearik asit gözlenmemiştir (Çizelge 2).

Yapılan çalışmalar, yağlı tohum bitkilerinin yağ asidi bileşiminin kuraklıktan etkilendiğini

göstermektedir (Karaca ve Aytaç, 2007). Literatürde, kuraklık arttıkça yağların oleik asit miktarının azalıp linoleik asit içeriğinin arttığı; fakat doymuş yağ asitlerinin bu durumdan etkilenmediği belirtilmiştir (Naveed ve ark., 2006).

Çizelge 2. Aspir yağlarının sulama koşullarına göre yağ asidi kompozisyonları

Yağ asitleri (%w/w)	Soğuk pres aspir yağı	T1	T2	T3	T4	TGK değerleri
(C14:0)	3.90	1.32±0.74 ^{ab}	0.51±0.15 ^a	0.75±0.43 ^{ab}	1.55±0.31 ^b	TED-0.2
(C16:0)	6.00	4.21±0.11 ^a	4.13±0.11 ^a	3.98±0.20 ^a	4.22±0.01 ^a	5.3-8.0
(C18:0)	TE	2.48±0.44 ^b	2.15±0.32 ^a	1.97±0.09 ^a	2.11±0.10 ^a	1.9-2.9
(C18:1)	22.30	15.53±0.53 ^b	15.22±0.03 ^b	13.14±0.12 ^a	13.03±0.49 ^a	8.4-21.3
(C18:2)	65.90	77.77±0.46 ^a	78.50±0.40 ^a	80.90±0.01 ^b	80.64±0.60 ^b	67.8-83.2
Toplam doymuş yağ asitleri	9.90	8.02±0.67 ^b	6.79±0.58 ^a	6.70±0.54 ^a	7.89±0.42 ^b	DB
Toplam doymamış yağ asitleri	88.20	93.31±0.07 ^a	93.72±0.43 ^{ab}	94.05±0.11 ^b	93.67±0.11 ^{ab}	DB

*Üç tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir; a,b, aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05). Soğuk pres aspir yağı için analiz bir defa yapılmıştır. DB: Tebliğde herhangi bir değer bulunmamaktadır. TED: Tespit edilemeyen düzey (≤ %0.05) TGK: Türk Gıda Kodeksi bitki adı ile anılan yağlar tebliği. TE: Tespit edilemedi.

Sterol Kompozisyonu

Aspir yağlarının sterol içerikleri Çizelge 3'te yer almaktadır. Varyans analizine göre örnekler arasında istatistiki açıdan fark bulunmamaktadır (P<0.05). Aspir yağları kampesterol, betasitosterol, stigmasterol ve delta 7-kampesterol bileşiminden oluşmaktadır.

Bitkisel steroller, kolesterol ile benzer yapıya sahiptir ve kolesterol emilimini azaltarak, toplam ve düşük lipoprotein kolesterolün (LDL)

dolaşımdaki seviyesini azaltmasına yardımcı olur ve dolayısıyla, insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemlidir (Al Surmi ve ark., 2015).

Soğuk pres aspir yağı ise, %64.24 betasitosterol, %13.97 kampesterol, %6.17 delta5-avenasterol, %6.08 stigmasterol, %5.23 delta7-kampesterol, %2.12 sitostanol, %1.42 delta7-stigmasterol ve %0.76 delta7-avenasterolden oluşmaktadır. Toplam sterol miktarı ise 2139.63 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Aspir yağlarının sulama koşullarına göre sterol kompozisyonları

Steroller (% w/w)	Soğuk pres aspir yağı	T1	T2	T3	T4	TGK değeri
Kampasterol	13.97	16.75±0.30 ^a	16.02±0.64 ^a	15.98±1.11 ^a	15.43±1.09 ^a	9.2-13.3
Stigmasterol	6.08	9.53±1.04 ^a	11.49±1.61 ^a	10.47±2.20 ^a	10.72±0.69 ^a	4.5-9.6
Delta7-kampasterol	5.23	8.17±0.58 ^a	7.21±1.34 ^a	8.02±0.71 ^a	7.78±1.22 ^a	DB
Beta sitosterol	64.24	65.55±1.85 ^a	65.28±2.26 ^a	65.54±2.58 ^a	66.07±1.40 ^a	40.2-50.6
Sitostanol	2.12	TE	TE	TE	TE	DB
Delta5-avenasterol	6.17	TE	TE	TE	TE	0.8-4.8
Delta7-stigmasterol	1.42	TE	TE	TE	TE	13.7-24.6
Delta7-avenasterol	0.76	TE	TE	TE	TE	2.2-6.3
Toplam sterol (mg kg ⁻¹)	2139.63	1871.39±152.96 ^a	1834.28±13.73 ^a	1810.22±96.30 ^a	1788.69±53.36 ^a	2100-4600

*Üç tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir; a,b, aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05). Soğuk pres aspir yağı için analiz bir defa yapılmıştır. DB: Tebliğde herhangi bir değer bulunmamaktadır. TE: Tespit edilemedi.

Fizikokimyasal Özellikler

Bitkisel yağların sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler, beslenme veya endüstri alanında kullanılabilirliğini belirlemektedir (Al Surmi ve ark., 2015). Aspir tohumu yağlarının fizikokimyasal özelliklerinden bazıları Çizelge 4'te yer almaktadır. Varyans analizine göre sulama koşullarının etkisi aspir yağının asit sayısı, peroksit sayısı, yoğunluk, kırılma indisi ve iyot sayısında istatistiksel olarak önemli bulunurken, sabunlaşma sayısında önemsiz bulunmuştur ($P<0.05$).

Asit sayısı ve peroksit sayısı, yağlarda düşük miktarda bulunması istenen önemli kalite kriterleridir. Bu kriterler için, aspir yağı örnekleri arasındaki fark anlamlıdır ($P<0.05$). Aspir yağlarının asit sayısı, 1.79 ile 2.80 (mg KOH/g yağ) arasında

tespit edilmiştir. Peroksit sayısı ise aspir yağlarında 2.92 ile 4.67 (meq O_2 /kg yağ) aralığında değişmektedir. Yoğunluk ve kırılma indisi analizleri sonucunda, örnekler arasındaki farklılık istatistiki açıdan anlamlıdır ($P<0.05$). Yoğunluk 0.873 ile 0.903 $g\ ml^{-1}$ arasında, kırılma indisi ise 1.452 ile 1.462 arasında belirlenmiştir. İyot sayısı 147.39 ile 151.34 ($g\ I_2/100\ g\ yağ$) aralığında, sabunlaşma sayısı ise tüm aspir yağlarında ortalama 191 olarak tespit edilmiştir.

Soğuk pres aspir yağının fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde; asit sayısı 2.77, peroksit sayısı 2.67, yoğunluğu 0.922, kırılma indisi 1.472, iyot sayısı 132.66, sabunlaşma sayısı 195.60 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Aspir yağlarının sulama koşullarına göre fizikokimyasal özellikleri

Analizler	Soğuk pres aspir yağı	T1	T2	T3	T4	TGK değerleri
Asit Sayısı (mg KOH/g yağ)	2.77±0.03	2.07±0.05 ^c	1.79±0.07 ^a	1.88±0.03 ^b	2.80±0.01 ^d	maks. 4.0 mg KOH/g oil
Peroksit Sayısı (meq O_2 /kg yağ)	2.67±0.14	4.33±0.29 ^c	2.92±0.14 ^a	3.83±0.29 ^b	4.67±0.29 ^c	maks. 15 meq aktif O_2 /kg yağ
Yoğunluk ($g\ ml^{-1}$)	0.922±0.001	0.908±0.001 ^d	0.886±0.001 ^c	0.873±0.002 ^a	0.883±0.001 ^b	0.922-0.927
Kırılma İndisi	1.472±0.001	1.458±0.001 ^b	1.462±0.001 ^c	1.452±0.001 ^a	1.457±0.007 ^b	1.467-1.470
İyot Sayısı	132.66	148.22±1.60 ^{ab}	147.39±1.74 ^a	151.34±1.13 ^b	151.11±1.95 ^b	136-148
Sabunlaşma Sayısı (mg KOH/g yağ)	195.60	191.81±0.13 ^a	191.79±0.09 ^a	191.74±0.19 ^a	191.95±0.09 ^a	186-198

*Üç tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir; a,d, aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0.05$). Soğuk pres aspir yağı için iyot ve sabunlaşma sayısı analizleri bir defa yapılmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak; farklı sulama koşulları ile yetiştirilmiş aspir bitkilerinden elde edilen aspir yağlarının yağ asitleri kompozisyonu incelendiğinde, oleik ve linoleik asitçe zengin bir kaynak olduğu görülmektedir. Ayrıca, yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerde aspir yağları asit, peroksit ve sabunlaşma sayısı sonuçlarına göre yemeklik yağ açısından kullanıma uygundur. Aspir yağlarının iyot sayısı, yoğunluk ve kırılma indisi değerlerinin ise belirtilen limit değerlere yakın olduğu görülmektedir. Aspir yağının sahip olduğu besleyici özellikler dolayısıyla ilerleyen yıllarda üretiminin yaygınlaşacağı ve bitkisel yağ açığının kapatılmasında etkili olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK-1003 projesi kapsamında desteklenmiştir (Proje No: 114Y500). Projeye verdikleri desteklerden dolayı Prof.Dr.Mehmet Sağlam, Prof.Dr.Levent Ballice ve İTOB-OSB'den Çevre Y.Müh. Taylan Pek'e; GC analizleri için Kimyager İlhami Taşkıran'a çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akınerdem, F., Öztürk, Ö. 2008. Safflower and biodiesel quality in Turkey. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, Australia.
- Al Surmi, N.Y., El Dengawi, R.A.H., Khalefa A.H., Yahia, N. 2015. Characteristics and Oxidative Stability of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Nutrition and Food Sciences, p14.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC International, Suite 500, 481 North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA.
- AOCS, 2005. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society. 5th edition. Champaign, USA. AOCS Press.
- Baydar, H., Kara, N. 2010. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in Büyüme ve gelişme dönemlerinde vejetatif ve genaratif organlarda kuru madde birikimi. Süleyman

- Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(2): 148-155.
- Conte, R., Gullich L.M.D., Bilibio, D., Zanella, O., Bender, J.P., Carniel, N., Priamo, W.L. 2016. Pressurized liquid extraction and chemical characterization of safflower oil: A comparison between methods. *Food Chemistry*, 213: 425-430.
- Coşge, B., Gürbüz, B., Kırılan, M. 2007. Oil content and fatty acid composition of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3): 11-15.
- FAO, 2017. Food and Agriculture Organization of United Nations. FAOSTAT.
- Geçgel, Ümit., Demirci, M., Esendal, E., Taşan, M. 2007. Fatty acid composition of the oil from developing seeds of different varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of American Oil Chemists' Society*, 84: 47-54.
- Han, X., Cheng, L., Zhang, R., Bi, Z. 2009. Extraction of safflower seed oil by supercritical CO₂. *Journal of Food Engineering*, 92: 370-376.
- IBM SPSS, 2011. Ibm software business analytics. (20 edition).
- IUPAC, 1992. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives, 7th edition. International Union of Pure and Applied Chemistry, Blackwell, Oxford.
- İlkdoğan, U. 2012. Türkiye’de Aspir Üretimi İçin Gerekli Koşullar ve Oluşturulacak Politikalar. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Karabaş, H. 2013. Safflower Remzibey-05 (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil as an alternative feedstock for the biodiesel in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University* 27(1): 9-17.
- Karaca, E., Aytaç, S., 2007. Yağ bitkilerinde yağ asidi kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 123-131.
- Katar, D., Subaşı, İ., Arslan, Y., 2014. Effect of different maturity stages in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) on oil content and fatty acid composition. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2):83-92.
- Naveed, A., Cowling, W., Bayliss, K., Nelson, M., Kailis, S. 2006. Influence of genotype and environment on fatty acid composition in canola (*Brassica napus*). www.grdc.com.au/growers/res_upd/west/w04/naveed.htm - 18k.
- TS EN ISO 12228, 1999. Bitkisel ve Hayvansal Yağlar, Sterol Bileşiminin ve Toplam Sterol Miktarının Belirlenmesi, Gaz Kromatografisi Methodu.
- Toma, W., Guimarães, L.L., Brito, R.M.S., Santos, A.R., Cortez, F.S., Pusceddu, F.H., Cesar, A., Júnior, L.S., Pacheco, M.T.T., Pereira, C.D.S. 2014. Safflower oil: an integrated assessment of photochemistry, antiulcerogenic activity, and rodent and environmental toxicity. *Revista Brasileira Farmacognosia*, 24: 538-544.
- Uysal, N., Baydar, H., Erbaş, S. 2006. Isparta popülasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1): 52-63.
- Vosoughkia, M., Ghareaghag, L. H., Ghavami, M., Gharachorloo, M., Delkhosh, B. 2011. Evaluation of oil content and fatty acid composition in seeds of different genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2: 59-66.
- Yeilaghi, H., Arzani, A., Ghaderian, M., Fotovat, R., Feizi, M., Pourda, S. S. 2012. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Food Chemistry*, 130(3): 618-625.