



# Ticari soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının kalite kriterlerinin, oksidatif stabilitelerinin ve yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesi

## Determination of the quality criteria, oxidative stability, and fatty acid composition of commercial cold-pressed flaxseed and hempseed oils

Kutlu Çevik<sup>1,\*</sup>, Hamza Alaşalvar<sup>2</sup>, Hasan Yalçın<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, 70100, Karaman Türkiye

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

<sup>3</sup> Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 38030, Kayseri Türkiye

### Öz

Bu çalışmada, piyasada ticari olarak satılan 4 farklı markaya ait soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının kalite kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yağ örneklerinin serbest yağ asidi değerlerinin kodeks limit sınırlarında olduğu belirlenirken, aynı markaya ait keten ve kenevir yağı örneklerinin peroksit sayısı değerlerinin kodeks limitlerini aştığı ve uymadığı tespit edilmiştir. Bu yağ örneklerinin diğer oksidasyon değerlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Keten ve kenevir tohumu yağlarında baskın olarak linoleik ve  $\alpha$ -linolenik (ALA) yağ asitleri tespit edilmiştir. Bir markaya ait keten tohumu yağının ALA içeriğinin literatür verilerine kıyasla düşük olduğu ve içerisinde farklı bir karışım yağ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, her iki yağ örneğinde de  $\gamma$ -linolenik asit olduğu da tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Keten, Kenevir, Oksidasyon, Yağ asidi kompozisyonu,  $\alpha$ -Linolenik asit.

### 1 Giriş

Soğuk pres tohum yağlarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Keten tohumu, kenevir tohumu, chia tohumu, perilla tohumu, çörek otu tohumu, aspir tohumu ve haşhaş tohumu gibi çeşitli yağlı tohumlardan soğuk pres yağlar elde edilebilmektedir. Bu materyaller arasından keten ve kenevir tohumlarından elde edilen soğuk pres yağlar insan sağlığı üzerine etkileri ile ön plana çıkmaktadır [1, 2]. Keten tohumu yağı yüksek seviyede (%60)  $\alpha$ -linolenik asit (ALA) içermektedir. Keten tohumu yağının yapısında önemli seviyede bulunan bu yağ asidi insan vücudunda sentezlenemediği için esansiyel yağ asidi olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, bu yağ asidi omega-3 yağ asidi olarak da adlandırılmaktadır. Keten tohumu yağı başka bir esansiyel yağ asidi olan linoleik asidi de yapısında önemli düzeyde bulundurmaktadır. Bu iki esansiyel yağ asidini yapısında yüksek seviyede bulundurmasından dolayı keten tohumu yağına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır [3]. Kenevir tohumu yağı ise yapısında yaklaşık %57 oranında linoleik asit (LA), %12 oranında da ALA bulunmaktadır. Bu yağ asitlerinin birbirine oranı yaklaşık olarak 1:3 olurken, bu oran insan beslenmesinde ideal düzey olarak kabul

### Abstract

This study aimed to determine the quality criteria of cold-pressed flaxseed and hempseed oils from four different commercial brands available on the market. While the free fatty acid content of the oil samples was found to be within the codex limit values, the peroxide values of flaxseed and hempseed oil samples from the same brand exceeded and did not comply with the codex limits. The other oxidation values of these oil samples were also found to be high. Linoleic acid and  $\alpha$ -linolenic acid (ALA) were identified as the predominant fatty acids in both flaxseed and hempseed oils. One flaxseed oil sample from a specific brand exhibited lower ALA content compared to the literature data, leading to the conclusion that it contained a different oil mixture. Additionally,  $\gamma$ -linolenic acid was detected in both oil samples.

**Keywords:** Flaxseed, Hempseed, Oxidation, Fatty acid composition,  $\alpha$ -Linolenic acid.

görmektedir. Buna ek olarak yaklaşık %4 oranında  $\gamma$ -linolenik asit (GLA) içermekte ve bu yağ asidinin insan sağlığı açısından birçok fonksiyona sahip olduğu ifade edilmektedir [4].

Keten ve kenevir tohumu yağları içerdikleri bu yağ asitleri sebebiyle insan sağlığını korumada önemli bir rol oynamaktadırlar. Ancak, bu yağlar içeriğindeki çoklu doymamış yağ asitlerinden dolayı oksidatif bozulmalara oldukça hassastırlar. Ayrıca, soğuk pres yöntemiyle elde edilen bu tohum yağlarının üretim süresince sürtünmeden dolayı oksidasyon seviyeleri de önemli düzeyde artabilmektedir. Bu durum, yağların kimyasal stabilitesini olumsuz etkileyerek besin değerlerinin azalmasına ve raf ömürlerinin kılınmasına neden olabilmektedir. Son ürünün kalitesinin olumsuz etkilenmemesi için üretim sırasında sıcaklık artışının kontrol edilmesi önem arz etmektedir [5, 6]. Soğuk pres tekniği ile üretilen yağların kalitesi Türk Gıda Kodeksi (TGK), Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliğinde belirtilen kriterlere uyması gerekmektedir. Soğuk pres yöntemiyle üretilmiş yağların asit sayısı değeri en çok 4,0 mg KOH/g yağ olması gerekirken, peroksit sayısı değerinin ise en çok 15 meq O<sub>2</sub>/kg yağ ile sınırlandırılmıştır [7].

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: kutlucevik@kmu.edu.tr (K. Çevik)

Geliş / Received: 23.10.2024 Kabul / Accepted: 24.12.2024 Yayınlanma / Published: 15.01.2025

doi: 10.28948/ngumuh.1572578

Teh ve Birch [8], soğuk pres keten, kenevir ve kanola tohum yağlarının serbest yağ asitliği, oksidasyon değerleri ve yağ asidi kompozisyonları gibi yağların karakteristik ve kalite özelliklerini incelemişler ve kodeks uygunluğunu araştırmışlardır. Başka bir çalışmada ise, İstanbul'da satışı olan soğuk pres çörek otu, rüşeym, üzüm çekirdeği ve kayısı çekirdeği yağlarının kimyasal özellikleri incelenmiştir. Yağların TGK'ye uygunluğu incelenmiş ve bazı yağların kalite kriterlerinin tebliğe uygun olmadığını tespit etmişlerdir [9]. Uluata ve Özdemir [10], farklı yağlı tohumlardan elde ettikleri soğuk pres yağlarının oksidasyon stabilitesi gibi kalite parametrelerini incelemişlerdir. Tura vd. [11], ticari satışı bulunan 13 farklı kenevir tohumu yağlarının kalite parametrelerini araştırmışlardır. Bazı yağların tebliğde belirtilen kalite parametreleri üst limit değerlerini aştığını bildirmişlerdir. Symoniuk vd. [12] tarafından yapılan bir çalışmada, ticari satışı yapılan 10 farklı soğuk pres tohum yağlarının kalite parametrelerini araştırmışlardır. Literatürde yer alan bu çalışmalar göstermektedir ki, ticari satışı olan soğuk pres yağların kalitelerinin araştırılması ve tebliğe uygunluğunun belirlenmesi gibi yaklaşımlar hem tüketici sağlığının korunması hem de sektördeki standartların değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, piyasada ticari olarak satılan 4 farklı markaya ait soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının kalitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Piyasadan satın alınan yağ örneklerinde; serbest yağ asitliği, peroksit, konjuge dien, konjuge trien, *p*-Anisidin, Totoks, klorofil, karotenoid ve yağ asidi kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ile ticari yağların karakteristik özellikleri, kalite kontrolü ve tüketici sağlığı açısından güvenilirlikleri değerlendirilmiştir.

## 2 Materyal ve metot

### 2.1 Materyaller

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağları İstanbul, Ankara ve Konya gibi büyükşehirlerde bulunan marketlerden satın alınmıştır. Yağ örnekleri 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflık derecesine sahiptir (Sigma Aldrich, Almanya).

### 2.2 Analizler

#### 2.2.1 Serbest yağ asitliği analizi

Serbest yağ asitliği (SYA) analizi AOAC [13]'nin prosedürüne göre gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 2 g yağ örneği erlen içerisine tartılmış ve üzerine nötrlenmiş 50 mL etanol:dietil eter (1:1, v/v) karışımı eklenerek yağ çözündürülmüştür. Bu karışımın üzerine 2-3 damla etanolle hazırlanmış %1'lik (w/v) fenoltalein eklenmiş ve sonrasında 0.01 N'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi kullanılarak titrasyon gerçekleştirilerek sarfiyat kaydedilmiştir. Örneklerin SYA içeriği, oleik asit cinsinden yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

#### 2.2.2 Refraktif indeks analizi

Yağ örneklerinde refraktif indeks (kırılma indisi) analizi dijital refraktometre (RA-600, KEM, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Öncelikle cihaz saf su ile kalibre

edildikten sonra yağ örneklerinin refraktif indeks değerleri 20°C'de ölçülmüştür.

#### 2.2.3 Peroksit değeri analizi

Yağ örneklerinin peroksit sayısı analizi AOAC [13]'nin metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 2 g yağ örneğinin üzerine 25 mL kloroform:asetik asit (2:3, v/v) karışımı eklenerek yağ çözündürülmüştür. Bu karışıma 1 mL taze aşırı doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi eklenerek karıştırıldıktan sonra karanlıkta 5 dakika bekletilmiştir. Bekleme sonunda 25 mL saf su ilave edilerek karıştırılmış ve üzerine 0.5 mL %1'lik (w/v) çözünür nişasta çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışım 0.01 N'lik sodyum tiyosülfat kullanılarak koyu mavi renk kayboluncaya kadar titrasyon gerçekleştirilerek sarfiyat kaydedilmiştir. Peroksit değeri meq O<sub>2</sub>/kg yağ olarak ifade edilmiştir.

#### 2.2.4 Özgül soğurma analizi

Yağ örneklerinin konjuge dien ve trien analizleri spektrofotometrik (UV-1800, Shimadzu, Japonya) yöntemle belirlenmiştir. Yağ örnekleri izooktan ile çözündürüldükten sonra 232 ve 268 nm'de izooktana karşı absorbans okumaları gerçekleştirilmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir [14].

#### 2.2.5 *p*-Anisidin analizi

Yağ örneklerinin *p*-Anisidin analizi AOAC [15]'nin prosedürüne göre tespit edilmiştir. Yaklaşık 2 g yağ örneği 25 mL'lik balon jöjeye tartılıp hacim çizgisine kadar izooktan eklenerek yağ çözündürülmüştür. Yağ çözündürüldükten sonra bu karışımın absorbansı 350 nm'de izooktana karşı spektrofotometre (UV-1800 Shimadzu, Japonya) okunarak kaydedilmiştir (A1). Daha sonra iki farklı deney tüpünün birine 5 mL yağ içeren çözeltiden, diğer tüpe 5 mL izooktan konulmuş ve bu deney tüplerinin üzerine asetik asitle hazırlanmış 1 mL *p*-Anisidin çözeltisi (%0.25, w/v) eklenmiştir. Bu tüpler karanlıkta 10 dakika bekletildikten sonra yağ içeren örneklerinin absorbans değerleri, *p*-Anisidin içeren izooktana karşı spektrofotometre yardımıyla 350 nm'de ölçülmüştür (A2). Ölçümler sonrasında yağ örneklerinin *p*-Anisidin değerleri **Denklem (1)**'e göre hesaplanmıştır.

$$p - \text{Anisidin} = 25 \times \frac{(1.2 A2 - A1)}{\text{Örnek miktarı (g)}} \quad (1)$$

#### 2.2.6 Totoks değeri

Yağ örneklerinin toplam oksidasyon (Totoks) değeri, peroksit sayısı (PD) ve *p*-Anisidin (pAD) değerleri kullanılarak **Denklem (2)**'ye göre hesaplanmıştır [16].

$$\text{Totoks} = 2 (PD) + pAD \quad (2)$$

#### 2.2.7 Klorofil ve karotenoid analizi

Yağ örneklerinin klorofil içeriği AOCS'nin Cc 13i-96 metoduna göre gerçekleştirilmiştir [17].

Yağ örneklerinin karotenoid miktarları Zhang vd. [18] tarafından belirtilen metoda göre belirlenmiştir. Yağlar aseton: heksan (4:6, v/v) karışımında çözündürüldükten sonra spektrofotometre yardımıyla 453, 505, 645 ve 663 nm

dalga boylarında absorban okumaları gerçekleştirilmiştir. Karotenoid seviyesi mg  $\beta$ -karoten/kg yağ olarak ifade edilmiştir.

### 2.2.8 Yağ asitleri kompozisyonu analizi

Yağ örneklerinin metil esterlerinin hazırlanması IUPAC metoduna göre gerçekleştirilmiştir [19]. Metil esterleri elde edilen örneklerin yağ asitleri kompozisyonu alev iyonizasyon dedektörlü ve DB32 kolunu (60m, 0.25mm) ile donatılmış gaz kromatografisi cihazıyla gerçekleştirilmiştir (GC-2010, Shimadzu, Japonya). Enjeksiyon sıcaklığı 230°C, kolon sıcaklığı 190°C, dedektör sıcaklığı 240°C olacak şekilde cihaz şartları ayarlanmış ve taşıyıcı gaz olarak helyum gazı (1 mL/dk) kullanılmıştır. Alıkonma zamanına göre yağ asidi metil esteri standartları kullanılarak örneklerdeki yağ asitleri tanımlanmıştır. Sonuçlar g yağ asidi/100 g toplam yağ asidi olarak ifade edilmiştir [20].

### 2.2.9 İstatistiksel analiz

Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 22.0 (SPSS Chicago, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar tek yönlü varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri kullanılarak %95 güven aralığında değerlendirilmiştir.

## 3 Bulgular ve tartışma

### 3.1 Serbest yağ asitliği ve refraktif indeks

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının SYA değerleri sırasıyla **Tablo 1**'de verilmiştir. Soğuk pres keten tohumu yağlarının SYA değerleri %0.31 ile 2.46 arasında olurken, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının SYA değerleri %0.89 ile 2.59 arasında olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Kenevir tohumu yağı örneklerinin SYA değerlerinin keten tohumu yağı örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Gecgel vd. [5], Türkiye'de satışı olan soğuk pres keten tohumu yağının SYA değerinin %0.53 olduğunu belirlemiştir. Çelebi [21] tarafından yapılan çalışmada ise, soğuk pres metoduyla elde edilen keten tohumu yağının SYA değerinin %1.17 olduğunu tespit etmiştir. Latif ve Anwar [22], soğuk pres kenevir tohumu yağlarının SYA değerlerinin %1.73 ile 1.87 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Soğuk pres tohum yağlarının SYA değeri, kullanılan tohumun kalitesi ve soğuk pres işlemi sırasındaki sıcaklığın değişiminden doğrudan etkilenebilmektedir. Ayrıca, üretildikten sonra depolama koşulları da SYA değerinin artmasına neden olmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliğinde, soğuk pres yağların serbest yağ asitliği değerinin en çok 4.0 mg KOH/g yağ olduğu bildirilmiştir [7]. Çalışma kapsamında piyasadaki satın alınan soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının kodeks üst limitinin altında olduğu ve tebliğe uygunluk gösterdiği anlaşılmaktadır.

Soğuk pres keten tohumu yağlarının refraktif indeks değerleri 1.4781 ile 1.4811 arasında olduğu belirlenirken, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının refraktif indeks değerleri 1.4770 ile 1.4776 olduğu bulunmuştur. Örnekler arasındaki oluşan farklılıkların istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $p < 0.05$ ) olduğu anlaşılmaktadır. Chen vd. [23]

tarafından yapılan çalışmada, kenevir tohumu yağlarının refraktif indeks değerlerinin 1.4773 ile 1.4791 değiştiği raporlanmıştır. Başka bir çalışmada ise, soğuk pres yöntemiyle üretilen kenevir tohumu yağının refraktif indeks değerinin 1.4699 olduğu belirlenmiştir [22]. Zhang vd. [24], iki farklı keten tohumu yağının refraktif indeks değerlerinin 1.4791 ve 1.4805 olduğunu tespit etmişlerdir. Refraktif indeks değerlerinin arasında oluşan farkın yağın doymuşluk derecesinden, çoklu doymamış yağ asitlerinin tekli doymamış yağ asitlerine olan oranından ve oksidasyon ürünleriyle ilişkili olabileceği ifade edilmektedir [5].

### 3.2 Oksidasyon değerleri

Soğuk pres keten tohumu yağlarının peroksit sayısı değerlerinin 0.78-15.87 meq O<sub>2</sub>/kg, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının peroksit sayısı değerlerinin ise 6.51-19.70 meq O<sub>2</sub>/kg olduğu belirlenmiştir (**Tablo 1**). Farklı markalara ait olan yağların peroksit sayısı değerleri arasında oluşan farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının peroksit sayısı değerlerinin, soğuk pres keten tohumu yağlarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılık tohumların kalitesi, soğuk pres üretimi esnasında işlem şartlarından etkilenebilmektedir. Ayrıca, kenevir tohumu yağının klorofil içeriğinin yüksek olması, yağdaki oksidasyonu artırması şeklinde de yorumlanabilir [25]. Aşağıda verilecek olan klorofil değerlerine bakıldığında kenevir tohumu yağı örneklerinin toplam klorofil içeriğinin, keten tohumu yağı örneklerine kıyasla çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (**Tablo 2**). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliğinde soğuk preslenmiş yağlarda, peroksit sayısının en çok 15 meq O<sub>2</sub>/kg yağ olması gerektiği belirtilmiştir [7]. Soğuk pres keten tohumu yağları arasında Keten2, soğuk pres kenevir tohumu yağları arasında da Kenevir2 örneklerinin kodeks tarafından belirtilen üst limiti aştığı belirlenmiştir. Bu örnekler aynı markalara aittir ve bu markanın piyasada sattığı soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının peroksit sayısı değerlerinin tebliğe uymadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum üreticinin kullandığı hammadde, presleme işlemi parametreleri ve depolama koşullarından kaynaklı olarak her iki yağ örneğinin de peroksit sayısı değerinin yüksek olmasına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Literatürde bulunan çalışmalarda, soğuk pres keten tohumu yağlarının peroksit sayısı değerlerinin 0.25-2.04 meq O<sub>2</sub>/kg arasında olduğu bildirilmiştir [1, 5, 8]. Soğuk pres kenevir tohumu yağlarının ise peroksit sayısı değerlerinin 1.54-1.94 meq O<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği ifade edilmiştir [8, 22]. Tura vd. [11], ticari satışı olan 13 farklı keten tohumu yağının peroksit sayısı değerlerinin 3.97 ile 23.89 meq O<sub>2</sub>/kg arasında olduğunu belirlemiştir.

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının konjuge dien (K<sub>232</sub>) ve trien (K<sub>268</sub>) analiz sonuçları **Tablo 1**'de verilmiştir. Peroksit sayısı değerlerinde olduğu gibi konjuge dien ve trien analizleri sonuçları incelendiğinde soğuk pres kenevir tohumu yağlarının özgül soğurma değerlerinin (K<sub>232</sub>: 0.46-0.93, K<sub>268</sub>: 0.24-1.05), soğuk pres keten tohumu yağlarına (K<sub>232</sub>: 1.83-3.76, K<sub>268</sub>: 0.52-0.62) kıyasla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 1.** Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının serbest yağ asitliği, oksidasyon ve refraktif indeks değerleri

| Analizler          | Keten1                 | Keten2                  | Keten3                 | Keten4                 | Kenevir1                | Kenevir2                | Kenevir3                | Kenevir4                |
|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SYA                | 0.58±0.02 <sup>b</sup> | 0.58±0.01 <sup>b</sup>  | 0.31±0.01 <sup>a</sup> | 2.46±0.07 <sup>c</sup> | 1.30±0.04 <sup>b</sup>  | 2.59±0.04 <sup>d</sup>  | 0.89±0.01 <sup>a</sup>  | 2.14±0.04 <sup>c</sup>  |
| Peroksit           | 2.64±0.38 <sup>b</sup> | 15.87±0.15 <sup>c</sup> | 0.78±0.11 <sup>a</sup> | 3.13±0.71 <sup>b</sup> | 12.74±0.70 <sup>c</sup> | 19.70±0.57 <sup>d</sup> | 6.51±0.42 <sup>a</sup>  | 9.18±1.15 <sup>b</sup>  |
| K <sub>232</sub>   | 0.50±0.01 <sup>b</sup> | 0.59±0.01 <sup>c</sup>  | 0.46±0.01 <sup>a</sup> | 0.93±0.01 <sup>d</sup> | 1.90±0.00 <sup>b</sup>  | 3.76±0.02 <sup>d</sup>  | 1.83±0.01 <sup>a</sup>  | 2.42±0.02 <sup>c</sup>  |
| K <sub>268</sub>   | 0.33±0.00 <sup>c</sup> | 1.05±0.00 <sup>b</sup>  | 0.24±0.02 <sup>a</sup> | 0.31±0.01 <sup>b</sup> | 0.52±0.00 <sup>b</sup>  | 0.54±0.00 <sup>c</sup>  | 0.47±0.01 <sup>a</sup>  | 0.62±0.00 <sup>d</sup>  |
| <i>p</i> -Anisidin | 0.51±0.06 <sup>b</sup> | 3.08±0.22 <sup>c</sup>  | 0.22±0.14 <sup>a</sup> | 0.13±0.07 <sup>a</sup> | 2.19±0.03 <sup>c</sup>  | 1.05±0.24 <sup>a</sup>  | 1.72±0.27 <sup>b</sup>  | 1.90±0.09 <sup>b</sup>  |
| Totoks             | 5.79±0.71 <sup>b</sup> | 34.76±0.28 <sup>c</sup> | 1.71±0.26 <sup>a</sup> | 6.39±1.37 <sup>b</sup> | 27.67±1.38 <sup>c</sup> | 40.42±1.04 <sup>d</sup> | 14.64±0.68 <sup>a</sup> | 20.21±2.27 <sup>b</sup> |
| Refraktif indeks   | 1.4798 <sup>b</sup>    | 1.4811 <sup>d</sup>     | 1.4808 <sup>c</sup>    | 1.4781 <sup>a</sup>    | 1.4774 <sup>b</sup>     | 1.4770 <sup>a</sup>     | 1.4776 <sup>c</sup>     | 1.4774 <sup>b</sup>     |

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler aynı yağ örnekleri arasındaki farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir (p<0.05).

\*\*Keten: soğuk pres keten tohumu yağı örnekleri, Kenevir: soğuk pres kenevir tohumu yağı örnekleri, K<sub>232</sub>: konjuge dien, K<sub>268</sub>: konjuge trien.

Bu durum yine kenevir tohumu yağının yüksek oranda prooksidan madde olan klorofili içermesinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanabilir. Turco vd. [25]'nin yaptıkları çalışmada, kenevir tohumu yağının filtrelenmesi sonucunda klorofilin uzaklaştırıldığı ve yağın oksidasyon değerlerinin olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Bu bulgular ışığında, kenevir tohumu yağlarının keten tohumu yağlarına kıyasla daha yüksek oksidasyon değerlerine sahip olmasının sebeplerinin başında, kenevir tohumu yağının daha yüksek seviyede klorofil içermesi ile açıklanabilmektedir.

Türk Gıda Kodeksinde konjuge dien ve trien seviyeleri için herhangi bir limit bulunmamaktadır. Teh ve Birch [8], soğuk pres keten tohumu yağının konjuge dien (K<sub>232</sub>) ve trien (K<sub>270</sub>) değerlerinin sırasıyla 2.08 ve 0.02 olurken, soğuk pres kenevir tohumu yağının konjuge dien (K<sub>232</sub>) ve trien (K<sub>270</sub>) değerlerinin de sırasıyla 1.53 ve 0.02 olduğunu raporlamışlardır. Başka bir çalışmada ise, soğuk pres kenevir tohumu yağının konjuge dien ve trien değerlerinin sırasıyla 2.58 ve 0.45 olduğu bulunmuştur [26]. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ile literatür verileri benzerlik göstermektedir.

Soğuk pres keten tohumu yağlarının *p*-Anisidin değerlerinin 0.13 ile 3.08 arasında olduğu belirlenirken, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının *p*-Anisidin değerlerinin 1.05 ile 2.19 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). En yüksek *p*-Anisidin değerleri, keten tohumu yağları arasından Keten2 (3.08) örneğinde, kenevir tohumu yağları arasından ise Kenevir1 (2.19) örneğinde olduğu belirlenmiştir. Yağ örnekleri arasındaki farklılıkların da istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Dedebaş vd. [1], soğuk pres keten tohumu yağının *p*-Anisidin değerinin 0.25 olduğunu belirlemişlerdir. Latif ve Anwar [22], soğuk pres kenevir tohumu yağlarının *p*-Anisidin değerlerinin 1.83 ile 2.11 olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının *p*-Anisidin değerlerinin 0.97 ile 1.34 olduğunu raporlanmıştır [27]. Çalışmamızdaki *p*-Anisidin değerleri ile literatür verileri benzerlik göstermektedir.

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının Totoks değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Keten tohumu yağları arasından en yüksek Totoks değeri Keten2 (34.76) örneğinde, kenevir tohumu yağları arasından en yüksek Totoks değeri Kenevir2 (40.42) örneğinde olduğu tespit

edilmiştir. Bu aynı markaya ait olan soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının oksidasyon değerlerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun muhtemel sebeplerinden biri soğuk pres yöntemiyle yağ üretimi sırasında sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan ısının, elde edilen yağdaki oksidasyonu hızlandırması olarak düşünülmektedir. Ayrıca, üretildikten sonra yağın muhafaza şartlarına bağlı olarak da oksidasyon değerlerinde artışın meydana gelmesi diğer bir önemli sebeptir. Dahası, yağın içerisinde bulunan prooksidan bileşikler (klorofiller, metaller, lipit peroksitler) oksidasyon değerlerini etkileyebilmektedir [25]. Bu değişkenlerden dolayı da yağların oksidasyon analizleri arasında farklılıklar oluşabilmektedir. Symoniuk vd. [28], soğuk pres keten tohumu yağlarının Totoks değerlerinin 3.12 ile 9.07 arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Islam vd. [27] tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının Totoks değerlerinin 23.36 ile 38.70 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında elde ettiğimiz Totoks verileriyle, literatür değerleri uyumluluk göstermektedir.

### 3.3 Klorofil ve karotenoid

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının klorofil-A, klorofil-B, toplam klorofil ve karotenoid değerlerine ait veriler Tablo 2'de yer almaktadır. Keten tohumu yağlarının toplam klorofil değerleri 10.4 ile 31.49 mg/kg, karotenoid seviyeleri ise 29.70 ile 62.59 mg/kg arasında olduğu ve bu değerlerin istatistiksel düzeyde farklılık oluşturduğu belirlenmiştir (p<0.05). Keten1 örneği en düşük toplam klorofil değerine sahipken, bu örnek aynı zamanda en yüksek karotenoid değerine de sahiptir. Bu örnek aynı zamanda oksidasyon değerleri de düşüktür (Tablo 1). Prooksidan madde olan klorofili düşük seviyede içermesi aynı zamanda antioksidan özellik gösteren karotenoidleri de yapısında yüksek miktarda bulundurması sebebiyle bu yağda (Keten1) oksidasyon reaksiyonlarının diğer yağlara kıyasla daha düşük seviyelerde gerçekleşmesine neden olduğu şeklinde açıklanabilir.

Kenevir tohumu yağlarının toplam klorofil içeriği 75.87 ile 141.62 mg/kg, karotenoid içeriği de 20.83 ile 50.94 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının klorofil ve  $\beta$ -karoten değerleri

| Analizler                | Keten1                  | Keten2                  | Keten3                  | Keten4                  | Kenevir1                | Kenevir2                 | Kenevir3                 | Kenevir4                 |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Klorofil-A (mg/kg)       | 6.98±1.80 <sup>a</sup>  | 19.29±1.15 <sup>c</sup> | 6.98±1.48 <sup>a</sup>  | 14.91±2.19 <sup>b</sup> | 65.14±0.33 <sup>a</sup> | 61.44±2.59 <sup>a</sup>  | 109.88±4.29 <sup>b</sup> | 105.65±1.94 <sup>b</sup> |
| Klorofil-B (mg/kg)       | 3.50±0.88 <sup>a</sup>  | 12.20±1.52 <sup>b</sup> | 10.76±0.99 <sup>b</sup> | 14.87±2.51 <sup>c</sup> | 12.62±1.64 <sup>a</sup> | 14.43±2.72 <sup>ab</sup> | 31.74±2.87 <sup>c</sup>  | 18.26±2.28 <sup>b</sup>  |
| Toplam klorofil (mg/kg)  | 10.48±1.99 <sup>a</sup> | 31.49±1.51 <sup>b</sup> | 17.74±0.83 <sup>a</sup> | 29.78±0.69 <sup>b</sup> | 77.76±1.36 <sup>a</sup> | 75.87±1.26 <sup>a</sup>  | 141.62±1.90 <sup>c</sup> | 123.90±2.51 <sup>b</sup> |
| $\beta$ -karoten (mg/kg) | 62.59±1.31 <sup>c</sup> | 30.42±1.13 <sup>a</sup> | 35.29±2.21 <sup>b</sup> | 29.70±1.94 <sup>a</sup> | 24.75±1.79 <sup>a</sup> | 20.83±1.53 <sup>a</sup>  | 50.94±2.20 <sup>c</sup>  | 39.09±3.32 <sup>b</sup>  |

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler aynı yağ örnekleri arasındaki farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir (p<0.05).

\*\*Keten: soğuk pres keten tohumu yağı örnekleri, Kenevir: soğuk pres kenevir tohumu yağı örnekleri

Kenevir tohumu yağları arasında en yüksek toplam klorofil değerine sahip örnek Kenevir3 olurken, bu örnek aynı zamanda en yüksek karotenoid içeriğine de sahip olduğu görülmektedir. Klorofil içeriği yüksek olmasına rağmen, diğer örneklerle kıyasla daha yüksek seviyede karotenoid içermesi, yağın oksidasyona karşı stabilitesini arttırabileceği yorumu yapılabilir. Bu örneğin (Kenevir3) oksidasyon analiz değerleri incelendiğinde, kenevir tohumu yağı örnekleri arasında en düşük Totoks değerine sahip olduğu görülmektedir (Tablo 2). Antioksidan etki gösteren karotenoidleri yüksek seviyede içermesinden dolayı Kenevir3 örneğinde meydana gelebilecek oksidasyon reaksiyonlarının sınırlandırıldığı düşünülmektedir. Genel olarak bakıldığında keten tohumu yağlarının kenevir tohumu yağlarına kıyasla daha düşük seviyede klorofil içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer bulgular Teh ve Brich [8] tarafından da tespit edilmiştir. Çalışmada, keten tohumu yağının kenevir tohumu yağına kıyasla daha düşük seviyede klorofil içerdiği ifade edilmiştir. Turco vd. [25], soğuk pres kenevir tohumu yağının toplam klorofil içeriğinin 65.44 mg/kg, karotenoid seviyesinin ise 52.70 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan farklı bir çalışmada ise, soğuk pres keten tohumu yağlarının karotenoid seviyelerinin 18.43-38.75 mg/kg, klorofil içeriğinin ise 0.06-0.79 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada araştırmacılar, kenevir tohumu yağlarının klorofil içeriğinin 3.30-4.02 mg/kg, karotenoid içeriğinin de 12.89-18.26 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir [12]. Symoniuk vd. [28], 15 farklı keten tohumu yağının klorofil ve karotenoid seviyelerinin sırasıyla 0.06-3.93 mg/kg, 19.23-67.97 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yağların klorofil ve karotenoid seviyeleri, tohumun kalitesi, elde edilme yöntemi ve şartları gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir.

### 3.4 Yağ asidi kompozisyonu

Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonuna ait veriler Tablo 3'te sunulmuştur. Her iki yağ örneğinde; miristik, palmitik, stearik, oleik, linoleik,  $\gamma$ -linolenik,  $\alpha$ -linolenik ve araşidik yağ asitleri tespit edilmiştir. Soğuk pres keten tohumu yağlarında baskın yağ asidi olarak ALA tespit edilirken, soğuk pres kenevir tohumu yağlarının baskın yağ asidinin LA olduğu belirlenmiştir. Soğuk pres keten tohumu yağında tespit edilen yağ asitlerinin seviyelerindeki farkın gruplar arasında istatistiksel düzeyde önemli olduğu bulunmuştur (p<0.05). Özellikle de Keten2 örneğinin diğer soğuk pres keten tohumu yağlarına kıyasla ALA seviyesinin düşük, LA seviyesinin de yüksek olduğu

tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu durum, bu yağ (Keten2) örneğine, LA içeriği yüksek olan bir yağın eklendiği şeklinde yorumlanabilir. Ayçiçek yağı gibi bir yağ, soğuk pres keten tohumu yağına eklenmesiyle bu yağ asidi kompozisyonunun oluşabileceği düşünülmektedir. Keten tohumu yağının baskın yağ asidi ALA olduğu bilinmektedir. Literatür verileri incelendiğinde keten tohumu yağının ALA içeriği %45-60 arasında değişti belirlenmiştir [5, 24, 29]. Keten tohumu yağları, ALA haricinde diğer önemli yağ asitleri olan oleik asit ve LA seviyelerinin de %15'ten yüksek olduğu belirlenmiştir. Gecgel vd. [5] tarafından yapılan çalışmada, soğuk pres keten tohumu yağının ALA, LA ve oleik asit seviyelerinin sırasıyla %22.79, %13.51 ve %56.25 olduğunu belirlemişlerdir.

Soğuk pres kenevir tohumu yağlarında baskın yağ asidi olarak LA tespit edilmiştir (Tablo 3). Soğuk pres kenevir tohumu yağları arasında LA seviyesinde oluşan farkın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı bulunmuştur (p>0.05). Kenevir tohumu yağlarının LA'dan sonra içerdiği diğer baskın yağ asitleri ise ALA ve oleik asit olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitleri bakımından örnekler arasında istatistiksel düzeyde önemli farklar oluşmuştur (p<0.05). Kenevir tohumu yağları arasında en düşük ALA seviyesi Kenevir4 (%16.81) örneğin olurken, en yüksek oleik asit (%16.38) seviyesi yine aynı örnek (Kenevir4) olduğu belirlenmiştir. Soğuk pres kenevir yağı örneklerinin %0.54-1.28 seviyelerinde GLA içerdiği belirlenmiştir. Tura vd. [11] tarafından yürütülen bir çalışmada, ticari satışı olan kenevir tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonunda baskın yağ asidinin LA olduğunu tespit etmişlerdir. Belirlenen yağ asidinin seviyelerinin %38.48-52.16 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bu yağ asidi haricinde diğer baskın yağ asitlerinin ALA ve oleik asit olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, %1.09-4.43 arasında GLA olduğunu da tespit etmişlerdir. Teh ve Birch [8], soğuk pres keten tohumu yağının %59.24 ALA, %16.66 LA, %15.20 oleik asit içerdiğini, GLA ise içermediğini belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, soğuk pres kenevir tohumu yağının ise %56.85 LA, %18.76 ALA, %9.56 oleik asit ve %4.76 GLA içerdiğini tespit etmişlerdir. Özdemir vd. [30] yaptıkları çalışmada, %54.85 LA, %18.13 ALA, %15.12 oleik asit ve %0.52 GLA olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızdaki ve literatürdeki keten ve kenevir tohumu yağlarının yağ asitlerinde oluşan farklılığın yağlı tohumun cinsine, hasat edilme dönemine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebileceği ifade edilmektedir.

**Tablo 3.** Soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonları

| Yağ asitleri                 | Keten1                  | Keten2                  | Keten3                  | Keten4                  | Kenevir1                | Kenevir2                | Kenevir3                | Kenevir4                |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Miristik asit (14:0)         | 0.04±0.00 <sup>b</sup>  | 0.07±0.00 <sup>c</sup>  | 0.03±0.00 <sup>a</sup>  | 0.03±0.00 <sup>a</sup>  | 0.04±0.00               | T.E.                    | 0.03±0.00               | 0.04±0.00               |
| Palmitik asit (16:0)         | 5.94±0.11 <sup>b</sup>  | 6.22±0.21 <sup>b</sup>  | 5.35±0.12 <sup>a</sup>  | 5.32±0.11 <sup>a</sup>  | 6.39±0.12               | 6.49±0.11               | 6.34±0.08               | 6.38±0.13               |
| Stearik asit (18:0)          | 4.83±0.05 <sup>c</sup>  | 3.36±0.05 <sup>a</sup>  | 3.88±0.08 <sup>b</sup>  | 3.90±0.01 <sup>b</sup>  | 2.76±0.04               | 2.69±0.16               | 2.59±0.15               | 2.73±0.07               |
| Oleik asit (18:1)            | 22.22±0.06 <sup>d</sup> | 19.54±0.19 <sup>b</sup> | 20.63±0.14 <sup>c</sup> | 18.22±0.14 <sup>a</sup> | 15.35±0.11 <sup>a</sup> | 15.13±0.08 <sup>a</sup> | 15.15±0.13 <sup>a</sup> | 16.38±0.10 <sup>b</sup> |
| Linoleik asit (18:2, n-6)    | 17.13±0.05 <sup>c</sup> | 42.32±0.07 <sup>d</sup> | 15.41±0.00 <sup>a</sup> | 16.08±0.07 <sup>b</sup> | 56.43±0.38              | 56.31±0.69              | 56.40±0.61              | 56.61±0.62              |
| γ-linolenik asit (18:3, n-6) | 0.27±0.05 <sup>a</sup>  | 0.31±0.04 <sup>a</sup>  | 0.67±0.07 <sup>b</sup>  | 0.32±0.03 <sup>a</sup>  | 0.92±0.19               | 1.28±0.22               | 1.14±0.18               | 0.54±0.09               |
| α-linolenik asit (18:3, n-3) | 49.46±0.23 <sup>b</sup> | 28.01±0.09 <sup>a</sup> | 53.98±0.13 <sup>c</sup> | 56.05±0.09 <sup>d</sup> | 17.51±0.02 <sup>b</sup> | 17.55±0.03 <sup>b</sup> | 17.90±0.05 <sup>c</sup> | 16.81±0.19 <sup>a</sup> |
| Araşidik asit (C20:0)        | 0.10±0.03 <sup>ab</sup> | 0.17±0.04 <sup>b</sup>  | 0.06±0.00 <sup>a</sup>  | 0.06±0.01 <sup>a</sup>  | 0.60±0.11               | 0.55±0.09               | 0.44±0.12               | 0.51±0.04               |

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler aynı yağ örnekleri arasındaki farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir (p<0.05).

\*\*Keten: soğuk pres keten tohumu yağı örnekleri, Kenevir: soğuk pres kenevir tohumu yağı örnekleri, TE: tespit edilemedi.

#### 4 Sonuçlar

Çalışma kapsamında piyasadan satın alınan farklı markalara ait soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının kalite kriterleri değerlendirilmiştir. Yağlar; serbest yağ asitliği, oksidasyon ve yağ asitleri kompozisyonları açısından birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu parametrelerin hem soğuk pres keten tohumu yağı hem de soğuk pres kenevir tohumu yağlarında örnekler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yağların serbest yağ asitliği değeri TGK standartlarına uyumluluk gösterirken, bazı markalara ait soğuk pres keten ve kenevir tohumu yağlarının peroksit sayısı üst limitinden daha yüksek olduğu ve TGK'ye uyumluluk göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Yağların oksidasyon değerlerinin klorofil gibi prooksidan maddelerden dolayı değişkenlik gösterebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bir markaya ait soğuk pres keten tohumu yağının yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde, literatürden daha düşük ALA, daha yüksek seviyede LA içerdiği tespit edilmiştir. Bu keten tohumu yağının içerisinde LA açısından zengin farklı bir yağ karışımı olduğunu işaret etmektedir. Piyasada farklı birçok markaya ait soğuk pres tohum yağları satışı bulunmaktadır. Ancak, bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, TGK'nin belirlediği olduğu kalite kriterlerine uymayan ve yağın bileşimine farklı yağların eklenmesiyle elde edilen yağların piyasada satıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Benzerlik oranı (iThenticate): %10**

#### Kaynaklar

- [1] T. Dedeabas, L. Ekici, and O. Sagdic, Chemical characteristics and storage stabilities of different cold-pressed seed oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15107, 2021. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15107>
- [2] N. Mikołajczak, D. A. Sobiechowska, M. Tańska, Edible flowers as a new source of natural antioxidant for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids. *Food Research International*, 134, 109216, 2020.

- [3] P. S. Figueiredo, A. Carla Inada, G. Marcelino, C. Maiara Lopes Cardozo, K. de Cássia Freitas, R. de Cássia Avellaneda Guimarães, A. P. de Castro, V. A. do Nascimento, P. Aiko Hiane, Fatty acids consumption: The role metabolic aspects involved in obesity and its associated disorders. *Nutrients*, 9, 1-32, 2017. <https://doi.org/10.3390/nu9101158>
- [4] C. Da Porto, D. Voinovich, D. Decorti, A. Natolino, Response surface optimization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) oil yield and oxidation stability by supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 68, 45-51, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109216>
- [5] U. Gecgel, A. S. Demirci, G. C. Dulger, U. Gecgel, M. Tasan, M. Arici, O. Ay, Some physicochemical properties, fatty acid composition and antimicrobial characteristics of different cold-pressed oils. *La Rivista italiana delle sostanze grasse*, 93, 187-200, 2015.
- [6] K. K. Singh, D. Mridula, J. Rehal, P. Barnwal, Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 210-222, 2011. <https://doi.org/10.1080/10408390903537241>
- [7] TGK, Türk Gıda Kodeksi-Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2012/29), 2012.
- [8] S. S. Teh and J. Birch, Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 26-31, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.004>
- [9] H. Pehlivanoglu, E. Önder, and H. E. Kırtıl, İstanbul Piyasasında Satılan Soğuk Pres Yağların Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 31, 644-654, 2021. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.780205>
- [10] S. Uluata and N. Özdemir, Antioxidant activities and oxidative stabilities of some unconventional oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89, 551-559, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1955-0>
- [11] M. Tura, M. Mandrioli, E. Valli, T. Gallina Toschi, Quality indexes and composition of 13 commercial

- hemp seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 117, 105112, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105112>
- [12] E. Symoniuk, K. Ratusz, K. Krygier, Impact of selected chemical characteristics of cold-pressed oils on their oxidative stability determined using the rancimat and pressure differential scanning calorimetry method. *Food Analytical Methods*, 11, 1095-1104, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1081-1>
- [13] AOAC, Official Methods of Analysis, in Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 17th edn, vol 2, issue no. 41, 2000.
- [14] C. Da Porto, E. Porretto, D. Decorti, Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1076-1080, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.12.002>
- [15] AOAC, Official method of analysis (15th ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1998.
- [16] T. Dursun Capar, T. Dedebas, H. Yalcin, L. Ekici, Extraction method affects seed oil yield, composition, and antioxidant properties of European cranberrybush (*Viburnum opulus*). *Industrial Crops and Products*, 168, 113632, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113632>
- [17] AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th ed.; AOCS Press: Champaign, IL, 1998.
- [18] Z. Zhang, Y. Liu, L. Che, Effects of different drying methods on the extraction rate and qualities of oils from demucilaged flaxseed. *Drying Technology*, 36, 1642-1652, 2018. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1421220>
- [19] IUPAC, Standard methods for the analysis of oils, fats, and derivatives. Blackwell Scientific Publications International Union of Pure Applied Chemistry (7th ed), Blackwell Scientific Publications, IUPAC Method 2301, 1987.
- [20] H. Alasalvar, G. Kocer Alasalvar, Z. Yıldırım, Effect of partial fat replacement by hazelnut oil microcapsules in beef burger formulations on physicochemical properties, fatty acid composition, and sensory attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 1-9, 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16644>
- [21] H. M. Çelebi, Soğuk Pres Yöntemi ile Elde Edilen Çeşitli Bitkisel Yağların Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2023.
- [22] S. Latif and F. Anwar, Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *European Journal Lipid Science and Technology*, 111, 1042-1048, 2009. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900008>
- [23] T. Chen, J. He, J. Zhang, H. Zhang, P. Qian, J. Hao, L. Li, Analytical characterization of hempseed (Seed of *Cannabis sativa* L.) oil from eight regions in China. *Journal of Dietary Supplements*, 7, 117-129, 2010. <https://doi.org/10.3109/19390211003781669>
- [24] Z. S. Zhang, L. J. Wang, D. Li, S. J. Li, N. Ozkan, Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. *International Journal of Food Properties*, 14, 1286-1296, 2011. <https://doi.org/10.1080/10942911003650296>
- [25] V. Lo Turco, F. Litrenta, V. Nava, A. Albergamo, R. Rando, G. Bartolomeo, A. G. Potorti, G. Di Bella, Effect of Filtration Process on Oxidative Stability and Minor Compounds of the Cold-Pressed Hempseed Oil during Storage. *Antioxidants*, 12, 1231, 2023. <https://doi.org/10.3390/antiox12061231>
- [26] M. Tura, M. Mandrioli, E. Valli, R. C. Rubino, D. Parentela, T. Gallina Toschi, Changes in the composition of a cold-pressed hemp seed oil during three months of storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104270, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104270>
- [27] M. Islam, Y. V. Rajagukguk, A. Siger, J. Tomaszewska-Gras, Assessment of Hemp Seed Oil Quality Pressed from Fresh and Stored Seeds of Henola Cultivar Using Differential Scanning Calorimetry. *Foods*, 12, 135, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12010135>
- [28] E. Symoniuk, K. Ratusz, K. Krygier, Oxidative stability and the chemical composition of market cold-pressed linseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119, 1700055, 2017. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700055>
- [29] O. N. Ciftçi, R. Przybylski, M. Rudzin, Lipid components of flax , perilla , and chia seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, 794–800, 2012. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100207>
- [30] H. Özdemir, E. Bakkalbaşı, I. Javidipour, Effect of seed roasting on oxidative stability and antioxidant content of hemp seed oil. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 2606-2616, 2021. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1188308>

