

## FARKLI BİTKİSEL EKSTRAKTLARIN AYÇİÇEĞİ YAĞININ OKSİDATİF STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

**Bahattin Tabar<sup>1</sup>, Ayhan Baştürk<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır, Türkiye

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

Geliş/ Received: 30.12.2017; Kabul/ Accepted: 11.02.2018; Online baskı/ Published online: 08.03.2018

Tabar, B., Baştürk, A.. (2018). Farklı bitkisel ekstraktların ayçiçeği yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkileri. *GIDA* (2018) 43 (2): 333-346 doi: 10.15237/gida.GD17115

Tabar, B., Baştürk, A.. (2018). *Effects of different herbal extracts on oxidative stability of sunflower oil. GIDA* (2018) 43 (2): 333-346 doi: 10.15237/gida.GD17115

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, 7 farklı bitki ekstraktının ayçiçek yağında oksidasyonu engelleme performanslarını değerlendirmektir. Farklı bitki ekstraktları ilave edilmiş ayçiçeği yağı örnekleri, 25, 50 ve 75 °C'lerde 21 gün süre ile hızlandırılmış oksidasyona tabi tutulmuştur. Depolama öncesi, 7., 14. ve 21. günlerde numuneler alınarak peroksit değeri (PD), malondialdehit (MAD), konjuge dien (K<sub>232</sub>) ve konjuge trien (K<sub>270</sub>) analizleri yapılmıştır. Ayrıca antioksidan olarak kullanılan maddelerin antioksidan aktiviteleri DPPH (EC<sub>50</sub>) testi ile belirlenmiştir. PD, MAD, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> değerleri depolama sıcaklığı ve süresi artışına paralel olarak artmıştır. Özellikle birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu geciktirmede biberiye ekstraktı (BB), sumak ekstraktı (SM) ve ısırgan ekstraktı (IS) referans antioksidan olarak kullanılan BHT, tokoferol (TOC) ve AP kadar etkili olmuştur. İkincil oksidasyon ürünleri oluşumunu geciktirmede ise ekstraktlardan BB, SM ve zencefil ekstraktı (ZC) etkili olmuştur. BB, SM, IS ve ZC ekstraktlarının oksidasyonu geciktirerek, ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini arttırdığı ve gıda sanayinde ticari olarak yağ oksidasyonunun geciktirilmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bitkisel ekstrakt, Ayçiçek yağı, Oksidatif stabilite, Antioksidan aktivite

## EFFECTS OF DIFFERENT HERBAL EXTRACTS ON OXIDATIVE STABILITY OF SUNFLOWER OIL

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the performance of 7 different plant extracts on prevention of sunflower oil oxidation. Sunflower oil samples enriched with different herbal extracts were subjected to accelerated oxidation conditions at 25, 50 and 75 °C for 21 days of storage. Peroxide value (PV), malondialdehyde (MAD), conjugated dien (K<sub>232</sub>) and trien (K<sub>270</sub>) values were determined initially before the storage, and at the 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> day of storage. In addition, antioxidant activities of the ingredients used as antioxidant source were analyzed by DPPH (EC<sub>50</sub>) test. PV, MAD, K<sub>232</sub> and K<sub>270</sub> values increased by the increase of the storage temperature during the storage period. Especially, rosemary extract (RE) was found to be as effective as sumac (SM) and nettle (NE) extracts, natural tocopherols of the refined sunflower oil, AP and BHT used as a reference antioxidant, in deferral of formation of primary oxidation products. Similarly, RE, SE and ginger (GE) extract was quite effective in deferring the formation of secondary oxidation products. It is concluded that RE, SM, NE and GE were effective in prevention of oxidation and improving the oxidative stability of sunflower oil, and thus, they may be used commercially in food industry to provide longer shelf life for edible oils and oily products.

**Keywords:** Herbal extract, Sunflower oil, Oxidative stability, Antioxidant activity.

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ayhanbasturk@yyu.edu.tr,

☎ (+90) 432 225 1726 /28162

☎ (+90) 432 225 1730

## GİRİŞ

Ayçiçek yağı, esansiyel linoleik asit kaynağı olarak kabul edilen ve beslenmede yaygın olarak kullanılan önemli yemeklik yağlardan birisidir (Wang vd., 2012). Ancak yüksek doymamış yağ asidi ve özellikle çoklu doymamış yağ asidi içeriği ile oksidasyona daha duyarlıdır. Yağların oksidasyonu, gıdaların tadında, kokusunda, dokusunda ve görünüşünde istenmeyen değişikliklere neden olur ve ayrıca yağda çözünen vitaminleri yok eder (da Silva ve Jorge, 2014). Son yıllarda bütil hidroksi anisol (BHA) ve bütil hidroksi toluen (BHT) gibi sentetik antioksidanlar yüksek oksidatif stabilitesi ve düşük maliyetleri nedeniyle lipidlerin oksidatif bozunmasını geciktirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, sentetik antioksidanların kullanımının insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri ile ilgili endişeler gün geçtikçe artmıştır (Cordeiro vd., 2012). Bu durum gıda endüstrisini sentetik antioksidanlar yerine bitkilerden elde edilen doğal antioksidan bileşiklerin kullanımına yöneltmiştir. Bitkiler insana değerli biyoaktif maddeleri sunan zengin kaynaklardır (Tayel ve El-Tras, 2012). Bu nedenle farklı bitki ve baharatlardan elde edilen ekstraktlar yağ ve yağ içeren gıdaların kalitesini ve raf ömrünü geliştirmek için antioksidan olarak değerlendirilmektedir. Biberiye yaygın olarak incelenmiş ve oksidasyon kontrolü için etkili olduğu ispatlanmış popüler bir bitkidir (Pizzale vd., 2002). Sumak'ın (*Rbus coriaria*) hidrolizlenebilir tanenler, antosiyaninler gibi fenolik bileşikler, ayrıca malik ve sitrik asitler gibi organik asitleri içerdiği yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Regazzoni vd., 2013). Fitokimyasal çalışmalar, zencefilin antioksidan ve anti-inflamatuar etkilere sahip olduğunu ve potansiyel bir kanser önleyici aktivite sergilediğini göstermektedir (Yeh vd., 2014). Zencefilin karakteristik bileşenleri, monoterpenoid ve seskiterpen hidrokarbonlardan oluşan uçucu yağlar ve zenceoller, shogaoller ve zingerone olarak bilinen uçucu olmayan fenoliklerden oluşan oleoresindir (Huang vd., 2012). Isırgan ekstraktı antioksidan aktivitesinin kafeik asit ve türevleri, klorojenik asit, 2-O-kafeoilmalik asit, kersetin 3-O-glukosid, kaempferol 3-O-rutinosid ve izorhamnetin 3-O-rutinosid gibi fenolik bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Almasi

vd., 2016). Okaliptus ekstraktlarının doğal polifenollerce zengin olduğu ve yağların stabilizasyonunda doğal antioksidan olarak kullanılabilceği yapılan önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Ali vd., 2015). Sarımsak biyoaktif bileşenlerinin iyi antioksidan oldukları bilinmektedir (Ide vd., 1997). Sarımsak uçucu yağlarında bulunan allisin türevleri (diallil disülfür, diallil trisülfid) iyi antimikrobiyal ve antioksidan aktivite göstermektedir (Amagase vd., 2001). Çalışmada kullanılan ekstraktlar, literatür taramaları sonucu zengin fenolik içeriklerinden dolayı tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.), zencefil (*Zingiber officinale* Roscoe), yeşil çay (*Camelia sinensis*), ısırgan otu (*Urtica dioica* L.), okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*), sumak (*Rbus coriaria* L.) ve sarımsak (*Allium sativum*) ekstraktlarının antioksidatif etkinliğini, standart antioksidanlardan BHT, AP, TOC ile karşılaştırmak ve ayçiçek yağı örneklerinde oksidasyonu engelleme performanslarını değerlendirmektir. 25, 50, 75 °C'lerde depolanan örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerde PD, MAD, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> analizleri yapılarak oksidatif stabiliteleri belirlenmiştir. Ayrıca ayçiçek yağına eklenen maddelerin antioksidan aktiviteleri DPPH yöntemi ile belirlenerek karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada kullanılan rafine ayçiçek yağı Iğdır ili marketlerinden alınmıştır. Biberiye (BB), zencefil (ZC), yeşil çay (YC), ısırgan (IS), okaliptüs (OK), sumak (SM) ve sarımsak (SR) öğütülmüş olarak Deva Ticaret ([www.yesildeva.com](http://www.yesildeva.com), Manisa, Türkiye) firmasından alınmıştır. BHT, AP, DPPH, heksan, isopropil alkol ve alüminyum oksit Sigma-Aldrich Chem Co. (St. Louis, MO, USA)'dan temin edilmiştir. Diğer kimyasal maddelerin bilimsel hassasiyeti sağlayacak saflıkta ve nitelikte olmasına özen gösterilmiştir.

### Ayçiçek Yağının Antioksidanlardan Arındırılması

İşlem Yoshida vd. (1992) tarafından tanımlanan yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ayçiçeği yağında (AY)

bulunun tokoferollerin uzaklaştırılması için 100 °C'de 8 saat, 200 °C'de 10 saat ısıtılarak aktif hale getirilen 65 g alüminyum oksit 3x45 cm ebatlarındaki kolona yerleştirilmiştir. Başlangıçta 65 mL n-hekzan kolondan geçirilmiş, sonra 65 g rafine ayçiçek yağı 65 mL n-hekzanla karıştırılarak vakum altında kolondan geçişi sağlanmıştır. Kolondan geçirilen yağdaki çözücü madde vakum altında, 40 °C sıcaklık ve 65 rpm devirde çalıştırılan rotary evaporatörde uzaklaştırılmıştır. İşlem öncesi ve sonrası AY'nın tokoferol (TOC) analizleri yapılmıştır. Saflaştırılmış AY'ında TOC'in uzaklaştırıldığı HPLC analizleri ile doğrulanmıştır.

#### Ekstraktların Hazırlanması

Her bir ekstrakt, 20 g kuru öğütülmüş bitkisel materyalin, soxhlet aparatında etanol:su karışımı (80:20) ile ekstraksiyonu sonucu elde edilmiştir. Çözücü, rotary evaporatörde (Heidoph, Schwabach, Germany) 65 rpm ve 40 °C'de uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar liyofilize edildikten sonra amber renkli vida kapaklı şişelerde analizleri yapılmaya kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### DPPH Radikal Yakalama Aktivitesi Tayini

Bitkisel ekstraktların DPPH serbest radikal yakalama aktiviteleri Blois (1958) yönteminde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bitkisel ekstraktlar deney tüplerine farklı derişimlerde (20, 40 ve 60 µg/µL) hazırlanarak, 3 mL'ye etanol ile tamamlanmıştır. Sonra tüplere 0.1 mM DPPH çözeltisinden 1 mL ilave edilmiştir. Bu örnekler vortekslenerek, yarım saat oda sıcaklığında karanlıkta inkübe edildikten sonra etanolden oluşan köre karşı 517 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Kontrol olarak, 3 mL etanol ve 1 mL DPPH çözeltisi kullanılmıştır. Azalan absorbans geriye kalan DPPH çözeltisi miktarını yani serbest radikal giderme aktivitesini vermiştir. Antioksidan aktivite (AA), Eşitlik 1'de verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$AA (\%) = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100 \quad (1)$$

Elde edilen % inhibisyon değerleri ekstrakt derişimlerine karşı grafiğe geçirilerek her bir ekstraktın %50 renk açılımını sağlayan derişimleri %50 inhibisyon (EC<sub>50</sub>) değeri olarak verilmiştir.

#### Yağların Oksidatif Tepkimelerinin Hızlandırılması

BB, ZC, YÇ, IS, OK, SM ve SR ekstraktları etanolde çözüldürüldükten sonra, 1g ekstrakt/1kg yağ olacak şekilde, saflaştırılmış ayçiçek yağına eklenerek 7 örnek, bunlarla karşılaştırmak için 614.35 mg/kg α-Toc, 400 mg/kg AP, 200 mg/kg BHT içeren örnekler ve kontrol olarak antioksidan içermeyen saflaştırılmış ayçiçek yağı hazırlanmıştır. Bitki ekstrakt derişim düzeyleri literatür araştırmaları sonucunda, aralarında karşılaştırılabilmeleri için 1g/kg olarak seçilmiştir. Tokoferol için kullanılan rafine ayçiçeği yağında mevcut bulunan düzey, AP için daha önceki çalışmalarımızda belirlenen etkili düzey ve BHT için ise ilgili mevzuatta belirlenen düzey seçilmiştir. Örnekler 25, 50 ve 75 °C'ye ayarlanmış etüvlerde hızlandırılmış oksidasyona tabi tutularak 0., 7., 14. ve 21. günlerde alınan numunelerde PD, MAD, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> analizleri yapılmıştır.

#### Peroksit, Konjuge Dien ve Konjuge Trien Değerlerinin Belirlenmesi

Peroksit, AOCS Cd 8b-90 (1989b), K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> değerleri IUPAC 2.505 (IUPAC, 1992) resmi yöntemlerine göre yapılmıştır.

#### TBARS Analizi

Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) testi AOCS (1994) yöntemine göre yapılmıştır. 150 mg yağ örneği 25 mL'lik balonjojeye tartılıp, 1-butanol ile karıştırılarak çizgisine kadar tamamlanmıştır. Ultrasonik su banyosunda uniform karışım sağlanmıştır. Vida kapaklı cam tüpe 5 mL örnek çözeltisi aktarılıp, aynı tüpe 1-butanolde hazırlanmış 5 mL % 0.2'lik TBA çözeltisinden ilave edilmiştir. Vortekslenerek su banyosunda 95 °C'de 2 saat inkübe edilmiş, musluk suyu altında 10 dakika bekletilerek oda sıcaklığına düşürülmüştür. Spektrofotometrede 532 nm'de absorbanslar okunmuştur. TBARS değeri MAD cinsinden Eşitlik-2 kullanılarak hesaplanmıştır. Oksidasyonun ikincil ürünlerinin göstergesi olarak kabul edilen MAD, tiyobarbitürik asit (TBA) ile reaksiyon vererek 532 nm dalga boyunda ölçülebilen renkli bir bileşik vermesi esasına dayanmaktadır.

$$MAD=(50 \times A_{532})/m \quad (2)$$

Burada, “A<sub>532</sub>” 532 nm’deki absorpsiyon değerini, “m” örnek miktarını (mg) ve “50” ise 25 mL hacimsel balon ve spektrofotometre kütetinden kaynaklanan faktörü ifade etmektedir.

### Tokoferol Tayini

Aluminyum oksit uygulaması öncesi ve sonrası alınan ayçiçeği yağı 0.5 g tartılarak, 1:10 oranında n-hekzan ile seyreltilip, 0.45 µm PTFE filtreden geçirilerek HPLC’ye enjekte edilmiştir (AOCS, 1989a). Analizler, Shimadzu (Kyoto, Japonya) marka HPLC cihazında LiChrosorb Si60 (250X4mm, ID) 5µm kolon, 1 mL/min akış hızında mobil faz olarak hekzan/izopropil alkol (99:1), 295 nm dalga boyunda ve 25 °C kolon sıcaklığı koşullarında gerçekleştirilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde SPSS paket programı (version 20.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois) kullanılmıştır. Deneysel veriler 3 tekrarın ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir. Değerlendirmede varyans analiz tekniği uygulanmış, ortalamalar arasındaki farklar Duncan karşılaştırma testi ile belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### DPPH Radikal Yakalama Aktiviteleri

Çalışmada antioksidan olarak kullanılan maddelerin % 50 inhibisyonu sağlayan derişimleri (EC<sub>50</sub>) ve doğrusal regresyon eşitlikleri Şekil 1’de verilmiştir. EC<sub>50</sub> değerinin düşük olması, yüksek antiradikal aktiviteyi göstermektedir. Bu değerler 28.84 ile 377.97 µg/mL aralığında bulunmuştur. EC<sub>50</sub> değerlerinin hesaplanmasında doğrusal regresyon denklemleri kullanılmış olup, regresyon katsayılarının 0.86-0.99 aralığında olduğu belirlenmiştir. OK, TOC, AP, SM ve BHT yüksek, SR ve IS düşük antioksidan aktivite göstermiştir. SM’in EC<sub>50</sub> değeri 39.89 µg/ml olarak bulunmuştur. Bu sonuç, yapılan önceki çalışmalarda ele edilen; 38 µg/mL (Kossah vd., 2013), 29.89 µg/mL (Baştürk vd., 2017) 50 µg/ml (Bozan vd., 2003), 37.7-42.7 µg/ml (Danış vd., 2014) ve 36.4 µg/mL (Bursal ve Koksall, 2011)

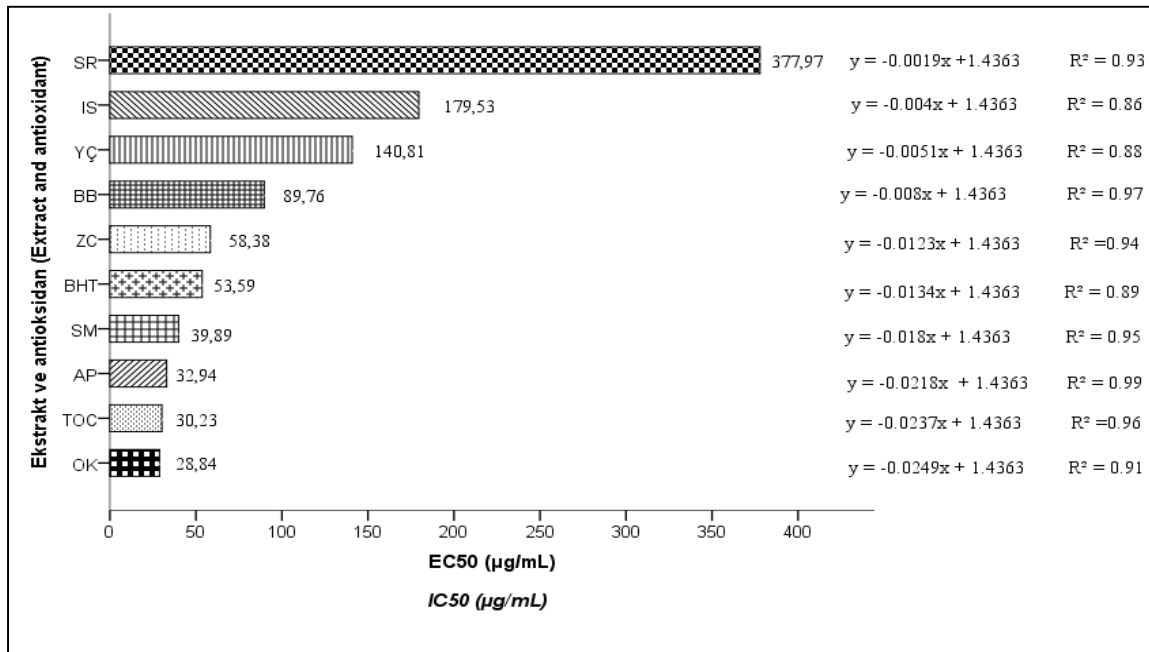
değerleri ile uyum göstermektedir. En yüksek antioksidan aktivite (en düşük EC<sub>50</sub>) OK (*Eucalyptus camaldulensis*)’ta (28.84 µg/mL) belirlenmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda, *E. camaldulensis*’in metanol ekstraktı ve esansiyel yağının EC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 14.0 µg/mL (Singab vd., 2011), 4.096 µL/mL (Basak ve Candan, 2010) olarak rapor edilmiştir. Chen vd. (2014) BB’nin DPPH radikal süpürme aktivitesinin BHT’den daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda BB’nin EC<sub>50</sub> değeri 89.76 µg/mL, BHT’nin ise 53.59 µg/mL bulunmuştur. Casarotti ve Jorge (2014) ise BB’nin EC<sub>50</sub> değerini 43.52 µg/mL olarak belirlemişlerdir. Çalışmamızda ZC’in EC<sub>50</sub> değeri 58.38 µg/mL olarak belirlenmiştir. Bu sonuç önceki çalışmalarda (Ghasemzadeh vd., 2010; Jain vd., 2008; Khalaf vd., 2008; Kubra ve Rao, 2012) elde edilen sonuçlarla uyumludur. En yüksek EC<sub>50</sub> değeri SR’ta gözlemlenmiştir (377.97 µg/mL). Kallel vd. (2014) sarımsağın su, metanol ve etanol ekstraktlarının EC<sub>50</sub> değerlerini sırasıyla, 260, 640 ve 1260 µg/mL olarak tespit etmişlerdir. Hamidi ve Shami (2015) farklı çözücüleri kullanarak elde ettikleri SR ekstraktlarında EC<sub>50</sub> değerlerini 270-530 µg/mL aralığında tespit etmişlerdir. Ekstraktlar içinde ikinci en zayıf antiradikal aktivite IS’da (EC<sub>50</sub>=179.53 µg/mL) belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda IS ekstraktı EC<sub>50</sub> değerleri; 175 µg/mL (Nikolova ve Dzhurmanski, 2009), 105.16 µg/mL (Kataki vd., 2010), 179.53 µg/mL (Baştürk vd., 2017) 152.34 µg/mL (Zemmouri vd., 2017), 300-370 µg/mL (Guler, 2013) olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda YÇ’in EC<sub>50</sub> değeri 140.81 µg/mL olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda YÇ’in EC<sub>50</sub> değerleri 201.3 µg/mL (Tewari vd., 2014), 70.25 µg/mL (Tariq ve Reyaz, 2013), 73 µg/mL (Atalay ve Erge, 2017) ve 26-37 µg/mL (Chan vd., 2007) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar arasındaki farklılıklar; ekstraksiyon tekniği, ekstraksiyonda kullanılan çözücü türü, bitkilerin yetiştiği coğrafya ve fenolik içeriklerinden kaynaklanmaktadır.

### Peroksit Değeri

Farklı bitki ekstraktları ve antioksidan maddelerin eklendiği AY örneklerinin değişen PD’leri Şekil 2’de verilmiştir. Örnek, sıcaklık ve süre faktörlerine bağlı olarak değişen PD’leri

arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). 25 °C sıcaklıkta en fazla PD artışı kontrol örneğinde (1.35-14.4 meqO<sub>2</sub>/kg), bunu takiben IS ve ZC katkılı örneklerde (sırasıyla 1.00-6.50 ve 1.31-5.62 meqO<sub>2</sub>/kg) gerçekleşmiştir. TOC (RAY), BB, SR ve BHT içeren örneklerde PD en düşük seviyede artış göstermiştir. 50 °C'de PD artışını engellemede sırasıyla, BB, BHT, AP, YÇ ve SM en etkili antioksidanlar iken, SR, OK, ZC en zayıf antioksidan etkiyi göstermişlerdir. PD, kontrol örneğinde depolama sonunda 36.87 meqO<sub>2</sub>/kg'a yükselmiştir. 75 °C'de 21. gün sonunda PD en yüksek seviyelerine sırasıyla, kontrol, AY+SR, AY+OK ve AY+ZC örneklerinde (sırasıyla, 40.45, 38.86, 31.16 ve 28.57 meqO<sub>2</sub>/kg) ulaşmıştır. En az düzeyde PD ise AY+BHT, AY+BB, RAY, AY+IS ve AY+AP örneklerinde (sırasıyla, 11.09, 12.25, 13.03, 14.00 ve 13.35 meqO<sub>2</sub>/kg) gözlemlenmiştir. Her üç depolama sıcaklığında PD artışını engellemede BB, ekstraktlar arasında en etkili olmuştur. Bunu 25 °C'de SR, 50 °C'de YÇ ve SM, 75 °C'de IS ekstraktları izlemiştir. Bu ekstraktların referans

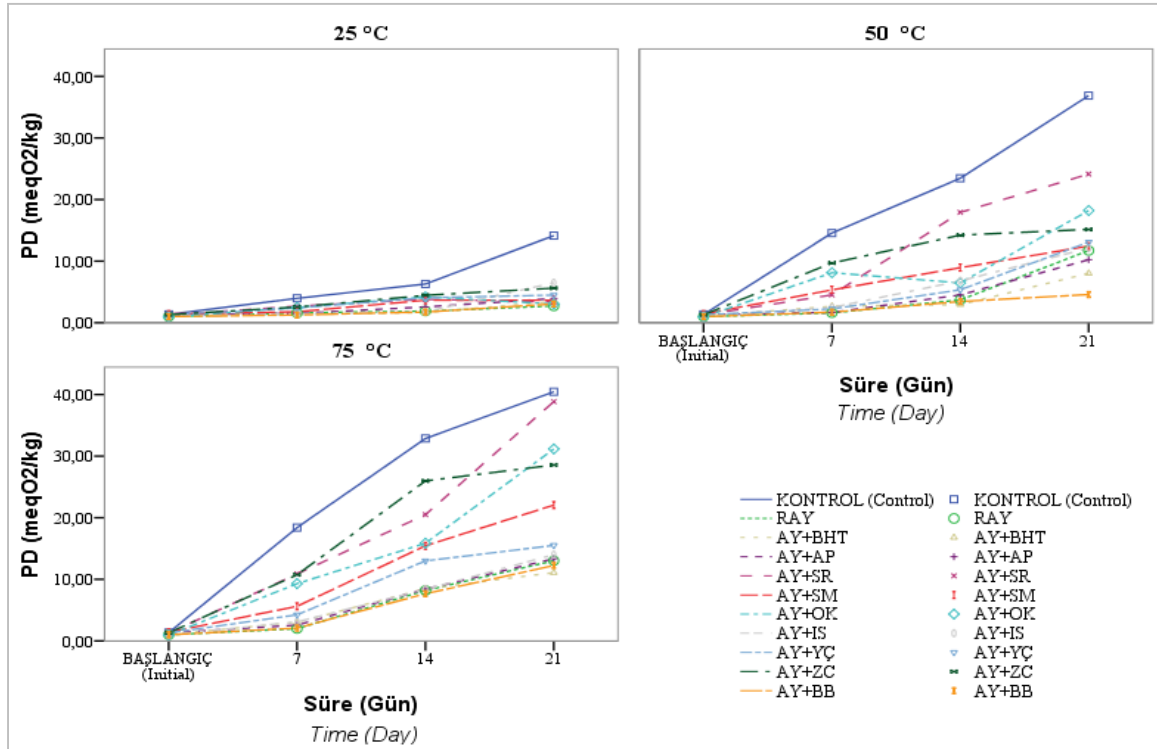
antioksidanlar olarak kullanılan BHT, AP ve TOC kadar etkili oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 2). Baştürk vd. (2017), ısırgan, keten tohumu, adaçayı, nane, sumak ve kekik ekstraktları ve referans antioksidan olarak TOC, BHT ve AP'ın mısır yağının 60 °C'de oksidatif stabilitesini araştırdıkları çalışmada PD oluşumunu engellemede en etkili ekstraktın sırasıyla, SM, nane ve kekik olduğunu bildirmişlerdir. Özcan ve Akgül (1995) 70 °C'de depoladıkları farklı bitki metanol ekstraktlarının eklendiği ayçiçeği yağlarında SM'in etkili bir stabilizasyon sağladığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda; BB'nin ayçiçek yağında (Hraš vd., 2000; Upadhyay vd., 2017), fındık yağında (Tohma ve Turan, 2015) ve soya yağında (Casarotti ve Jorge, 2014) lipid oksidasyonuna karşı etkili olduğu rapor edilmiştir. AY'da YÇ'in (Modzelewska-Kapituła ve Marin-Iniesta, 2005) ve SR'in (Hamidi ve Shami, 2015), yerfıstığı yağında SM'in (Ozcan, 2003) ve mısır yağında SR'in (Navas vd., 2006) peroksit oluşumuna karşı koruyucu etki gösterdiği rapor edilmiştir.



SR: Sarımsak ekstraktı (*Garlic extract*), IS: Isırgan ekstraktı (*Nettle extract*), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (*Green tea extract*), BB: Biberiye ekstraktı (*Rosemary extract*), ZC: Zencefil ekstraktı (*Ginger Extract*), BHT: Bütilenmiş hidroksi tolüen (*Butylated hydroxy toluene*), SM: Sumak ekstraktı (*Sumac extract*), AP: Askorbil palmitat (*Ascorbyl palmitate*), TOC: Tokoferol (*Tocopherol*), OK: Okaliptus ekstraktı (*Eucalyptus extract*)

Şekil 1. Antioksidan olarak yağlara eklenen maddelerin EC<sub>50</sub> değerleri.

Figure 1. IC<sub>50</sub> values of the substances added to oils as antioxidant.



PD: Peroksit değeri (*Peroxide value*), Kontrol: *Control*, RAY: Rafine ayçiçek yağı (*Refined sunflower oil*), AY: Ayçiçek yağı (*Sunflower oil*), SR: Sarımsak ekstraktı (*Garlic extract*), IS: Isırgan ekstraktı (*Nettle extract*), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (*Green tea extract*), BB: Biberiye ekstraktı (*Rosemary extract*), ZC: Zencefil ekstraktı (*Ginger Extract*), BHT: Bütilenmiş hidroksi tolüen (*Butylated hydroxy toluene*), SM: Sumak ekstraktı (*Sumac extract*), AP: Askorbil palmitat (*Ascorbyl palmitate*), TOC: Tokoferol (*Tocopherol*), OK: Okaliptus ekstraktı (*Eucalyptus extract*)

Şekil 2. AY örneklerinin 25, 50 ve 75 °C'de depolanmaları sırasında peroksit değerleri.

Figure 2. Peroxide values of sunflower oil samples during storage at 25, 50 and 75 °C.

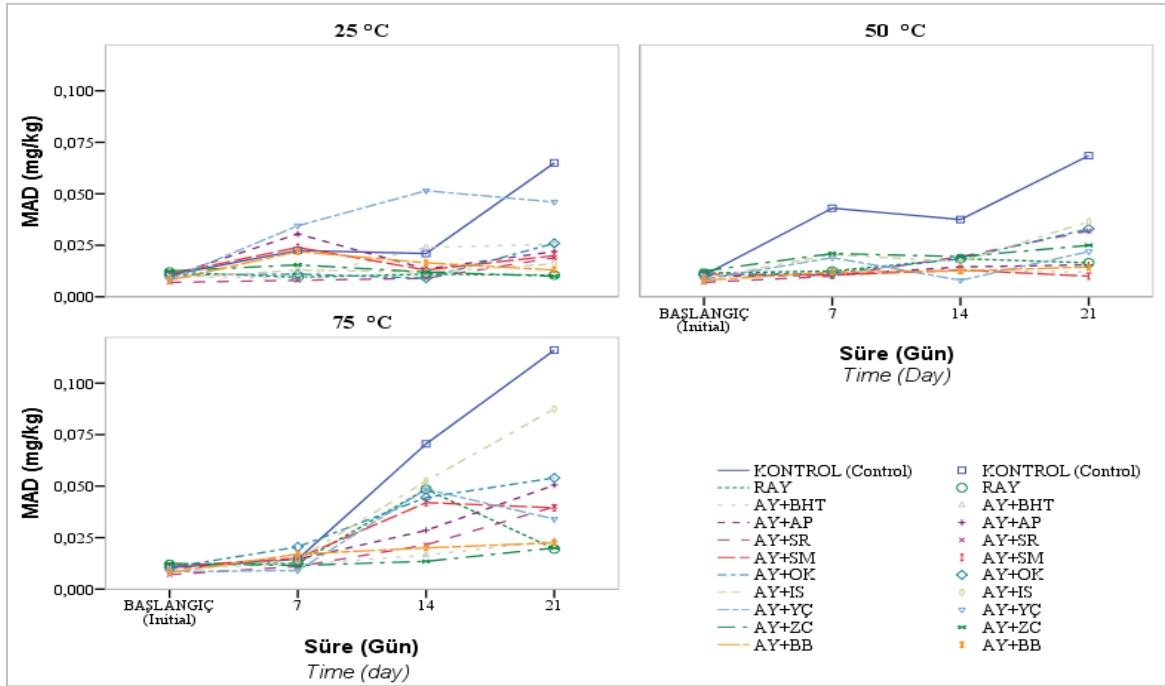
### MAD (TBARS)

Üç farklı sıcaklıkta hızlandırılmış oksidasyona tabi tutulan örneklerin değişen MAD değerlerine ait grafikler Şekil 3'te verilmiştir. Yağların ikincil oksidasyon ürünlerinin göstergesi olarak değerlendirilen MAD değerleri 0.007-0.116 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. 50 ve 75 °C'lerde depolanan örneklerde genelde depolama süresi arttıkça MAD değerleri de artmıştır ( $P < 0.05$ ). Standart antioksidan ve bitki ekstraktlarının eklendiği AY örneklerinde belirlenen ortalama MAD değerleri arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). MAD ile sıcaklık ve süre arasında pozitif bir korelasyonun (sırasıyla,  $r=0.22$  ve  $r=0.49$ ) olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan MAD ile PD arasında pozitif bir ilişki ( $r=0.68$ ) belirlenmiştir. MAD en yüksek seviyesine 75 °C'de 21 gün

depolama sonunda kontrol ve IS içeren örnekte (sırasıyla, 0.116 ve 0.088 mg/kg) ulaşmıştır. 75 °C'de depolama sonunda RAY, AY+BHT, AY+ZC ve AY+BB örnekleri arasında (0.020-0.024 mg/kg), AY+SR, AY+SM ve AY+YÇ arasında (0.034-0.040 mg/kg) önemli fark bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). Depolama süresi sonunda MAD değeri 25 °C'de en fazla kontrol ve bunu takiben YÇ eklenmiş örnekte artış göstermiştir. 50 °C'de en fazla artış kontrolde (0.011-0.069 mg/kg), bunu takiben IS, OK ve SR eklenmiş örneklerde (sırasıyla, 0.009-0.037, 0.011-0.033 ve 0.07-0.032 mg/kg) belirlenmiştir. 75 °C'de ise başlangıç değerlerine göre en fazla artış sırasıyla, kontrol (10.5 kat), IS (9.7 kat), SR (5.7 kat), AP (5.1 kat), OK (4.9 kat), YÇ (3.7 kat), ve SM (3.6 kat) ekstraktları eklenmiş örneklerde meydana gelmiştir. MAD oluşumu engellemede

en başarılı katkıları sırasıyla, 25 °C'de TOC (RAY), ZC ve BB, 50 °C'de SM, BHT, BB, AP ve TOC, 75 °C'de ZC, BB, BHT ve TOC olarak saptanmıştır. Ekstraktların MAD değeri üzerindeki etkileri sıcaklığa ve depolama süresine bağlı olarak değişmiştir. Baştürk vd. (2017) farklı bitki ekstraktlarını ekledikleri mısırözü yağı örneklerini 60 °C'de 6 hafta depoladıkları çalışmada depolama süresi sonunda kontrolün

MAD değerinin (0.360 mg/kg) SM, IS, BHT, AP ve TOC katkıları yağların MAD değerlerinden sırasıyla, 3.4, 1.2, 1.5, 1.8 ve 1.9 kat daha fazla olduğunu saptamışlardır. Chen vd. (2014) 60 °C'de 24 gün süreyle, 200 mg/kg BB ve BHT ilave ettikleri ve antioksidan içermeyen (kontrol) AY örneklerinde MAD değerlerini sırasıyla, 0.161, 0.171 ve 0.300 µg/mL olarak tespit etmişlerdir.



MAD: Malondialdehyde, Kontrol: Control, RAY: Rafine ayçiçek yağı (Refined sunflower oil), AY: Ayçiçek yağı (Sunflower oil), SR: Sarımsak ekstraktı (Garlic extract), IS: Isırgan ekstraktı (Nettle extract), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (Green tea extract), BB: Biberiye ekstraktı (Rosemary extract), ZC: Zencefil ekstraktı (Ginger Extract), BHT: Bütilenmiş hidroksi tolüen (Butylated hydroxy toluene), SM: Sumak ekstraktı (Sumac extract), AP: Askorbil palmitat (Ascorbyl palmitate), TOC: Tokoferol (Tocopherol), OK: Okaliptus ekstraktı (Eucalyptus extract)

Şekil 3. AY örneklerinin 25, 50 ve 75°C'de depolanmaları sırasında malondialdehit değerleri.

Figure 3. Malondialdehyde values of sunflower oil samples during storage at 25, 50 and 75°C.

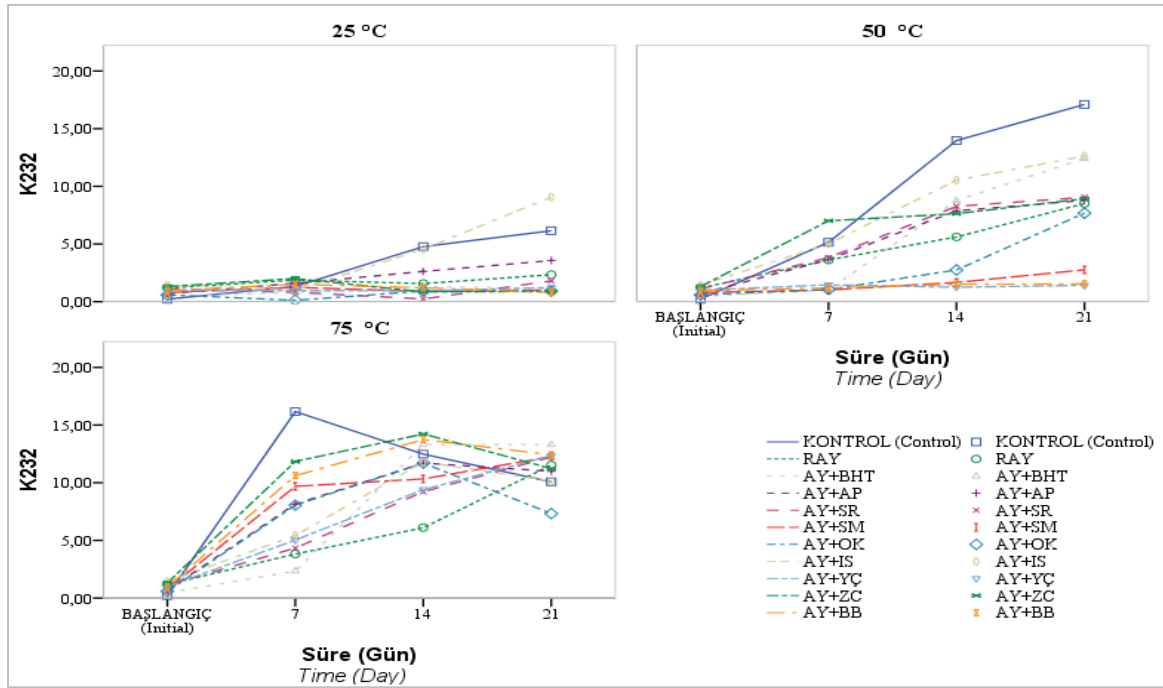
### K<sub>232</sub> değerleri

K<sub>232</sub> değerlerinin ısıtma süresine göre değişimleri Şekil 4'te görülmektedir. K<sub>232</sub> değerleri 0.21-17.10 arasında değişim göstermiştir. K<sub>232</sub> ile sıcaklık ve süre arasında pozitif ilişki (sırasıyla, r=0.50 ve r=0.53) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında kullanılan ekstraktların her birinin belli oranlarda K<sub>232</sub> oluşumunu engellediği anlaşılmaktadır. Genelde depolama süresi artışıyla bağlı olarak K<sub>232</sub> değeri de artış göstermiştir (P < 0.05). K<sub>232</sub>'nin 25 °C'de en fazla artış kontrol,

AP ve IS katkıları örneklerde (sırasıyla, 29.2, 15.9 ve 7.1 kat), 50 °C'de kontrol ve bunu takiben BHT, IS, SR ve ZC katkıları örneklerde (sırasıyla, 81.4, 27.0, 8.83, 8.15 ve 6.8 kat) gerçekleşmiştir. 75 °C'de ise örneklerin çoğu depolamanın 7. ve 14. günlerine kadar artış, sonrasında ise düşüş eğilimi göstermiştir. Konjuge dienler daha çok oksidasyon birincil bozulma ürünleri olan hidroperoksitlerle eş zamanlı oluşur. İkincil oksidasyon ürünleri oluşumuna paralel olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin tekli doymamış

veya doymuş yağ asitlerine dönüşümü ile azalma eğilimine girmektedir.  $K_{232}$  en yüksek düzeyine kontrolde ve bunu takiben sırasıyla, ZC, BB, BHT, OK, YÇ ve SR katkılı örneklerde gerçekleşmiştir. 25 °C'de IS dışındaki ekstraktların  $K_{232}$  artışını engellemede etkili oldukları göze çarpmaktadır. 50 °C'de BB, SM ve YÇ

ekstraktlarının  $K_{232}$  oluşumunu önemli ölçüde engellediği görülmektedir (Şekil 4). 75 °C'de RAY, AY+SR, AY+YÇ ve AY+SM örneklerinin daha stabil olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, Baştürk vd. (2017) ve Latif ve Anwar (2009) tarafından elde edilen sonuçlarla uyum içindedir.



Kontrol: Control, RAY: Rafine ayçiçek yağı (Refined sunflower oil), AY: Ayçiçek yağı (Sunflower oil), SR: Sarımsak ekstraktı (Garlic extract), IS: Isırgan ekstraktı (Nettle extract), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (Green tea extract), BB: Biberiye ekstraktı (Rosemary extract), ZC: Zencefil ekstraktı (Ginger Extract), BHT: Bütilenmiş hidroksi tolüen (Butylated hydroxy toluene), SM: Sumak ekstraktı (Sumac extract), AP: Askorbil palmitat (Ascorbyl palmitate), TOC: Tokoferol (Tocopherol), OK: Okaliptus ekstraktı (Eucalyptus extract)

Şekil 4. AY örneklerinin 25, 50 ve 75°C'de depolanmaları sırasında  $K_{232}$  değerleri.

Figure 4.  $K_{232}$  values of sunflower oil samples during storage at 25, 50 and 75°C.

### $K_{270}$ değerleri

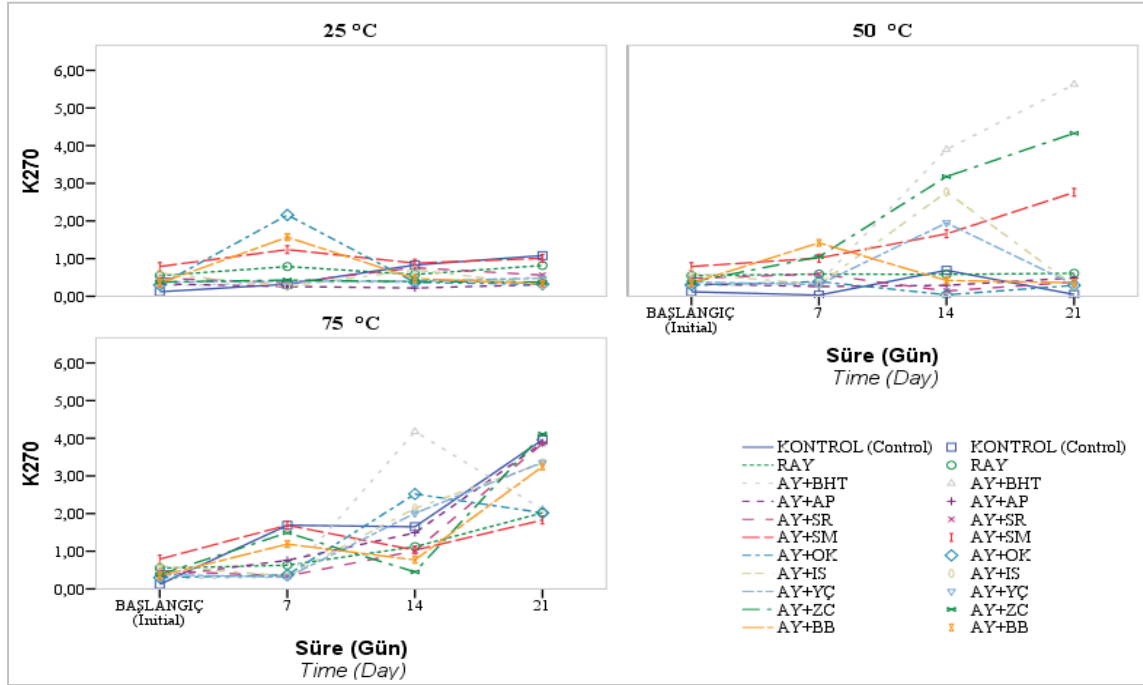
Örneklerin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişen  $K_{270}$  değerlerine ait grafikler Şekil 5'te verilmiştir. Sıcaklık artışına paralel olarak  $K_{270}$  değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Depolama süresine bağlı olarak  $K_{270}$  değerlerinde daha çok inişli çıkışlı değişimler olmuştur.  $K_{270}$  değerleri 0.12-5.63 arasında değişim göstermiş ve en yüksek seviyelerine, 25 °C'de AY+OK örneğinde (2.16), 50 ve 75 °C'lerde ise AY+BHT örneğinde (sırasıyla, 5.63 ve 4.18) ulaşmıştır. 50 °C'de IS, YÇ ve BB katkılı örneklerde  $K_{270}$  değeri belli bir süreye kadar artış sonrasında ise düşüş

göstermiştir. Bu muhtemelen çoklu doymamış yağ asitlerinin, tekli doymamış veya doymuş yağ asidi formuna dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. 75 °C'de de aynı durum BHT ve OK katkılı örneklerde söz konusudur. RAY örneği (50 °C) dışındaki örneklerde süreye bağlı olarak ortalama  $K_{270}$  değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Latif ve Anwar, (2009) farklı ekstraksiyon teknikleri ile elde ettikleri ayçiçek yağlarında  $K_{270}$  değerlerini 0.64-0.82 aralığında tespit etmişlerdir. Upadhyay ve Mishra (2015) farklı derişimlerde BB ve AP ekledikleri AY'ında  $K_{270}$  değerlerini 0.84-1.21



aralığında bulmuşlardır. Baştürk vd. (2017), AP (400 mg/kg), BHT(200 mg/kg), SM (1000 mg/kg) ve IS (1000 mg/kg) katkılı mısırözü

yağlarının 60 °C'de 6 haftalık depolanması sonrasında  $K_{270}$  değerlerini sırasıyla, 1.93, 1.63, 2.18 ve 1.74 olarak belirlemişlerdir.



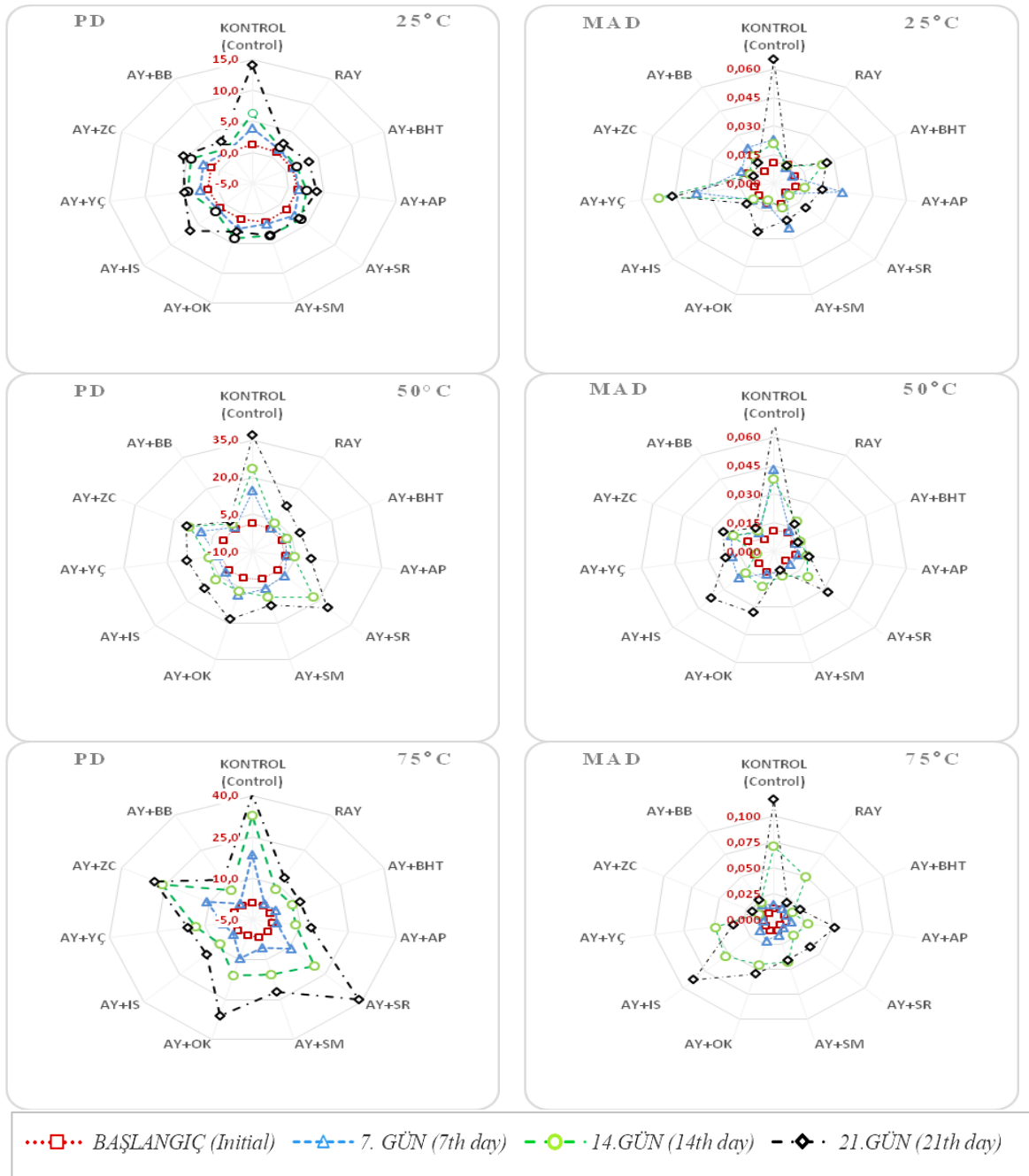
Kontrol: *Control*, RAY: Rafine ayçiçek yağı (*Refined sunflower oil*), AY: Ayçiçek yağı (*Sunflower oil*), SR: Sarımsak ekstraktı (*Garlic extract*), IS: Isırgan ekstraktı (*Nettle extract*), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (*Green tea extract*), BB: Biberiye ekstraktı (*Rosemary extract*), ZC: Zencefil ekstraktı (*Ginger Extract*), BHT: Bütilenmiş hidroksi toluen (*Butylated hydroxy toluene*), SM: Sumak ekstraktı (*Sumac extract*), AP: Askorbil palmitat (*Ascorbyl palmitate*), TOC: Tokoferol (*Tocopherol*), OK: Okaliptus ekstraktı (*Eucalyptus extract*)

Şekil 5. AY örneklerinin 25, 50 ve 75°C'de depolanmaları sırasında  $K_{270}$  değerleri.

Figure 5.  $K_{270}$  values of sunflower oil samples during storage at 25, 50 and 75°C.

Her üç sıcaklıkta örneklerin oksidasyonun birincil bozunma ürünü olarak PD ve ikincil oksidasyon ürünü olarak MAD değerleri radar grafik olarak görselleştirilip karşılaştırılmıştır (Şekil 6). 25 °C'de PD inhibisyonunda etkili olan katkıları sırasıyla, BB, TOC, SR, AP ve SM iken, MAD inhibisyonunda ise en etkili katkıları sırasıyla, TOC, ZC, IS ve BB olarak saptanmıştır. 50°C'de PD ve MAD oluşumunu engellemede en etkili katkıların BB, TOC, BHT, AP ve SM olduğu görülmektedir (Şekil 6). 75 °C'de PD inhibisyonunda BB, TOC, BHT, AP, IS ve SM, MAD inhibisyonunda ise BB, BHT, ZC, SM ve SR etkili olmuştur. Her üç sıcaklıkta depolama sonucu PD ve MAD artışı en fazla kontrol örneğinde gerçekleşmiştir. PD'ni engellemede ZC, OK ve SR ekstraktları, MAD engellemede IS,

OK, SR ve YÇ ekstraktları zayıf etki göstermiştir. Çeşitli iç (doymamışlık derecesi, anti- ve pro-oksiasyon ajanlarının varlığı, vb.) ve dış (sıcaklık, ışık, oksijen ve metal iyonlarına maruz kalma, vb.) faktörler, yağ oksidasyonunu basitçe açıklanamayacak kadar karmaşık bir olay haline getirmektedir (Adhvaryu vd., 2000). Bazı yağlarda hidroperoksitlerin yıkımı konsantrasyon düzeyleri uygun olduğunda başlarken, bazılarında ise ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu neredeyse başlamaktadır (Guillén ve Cabo, 2002). Bu çalışmada, düşük sıcaklıklarda PD ve MAD depolamanın başlamasıyla eş zamanlı oluşmaya başlarken, 75 °C'de ise PD depolama başladıktan hemen sonra artışa geçerken, MAD depolamanın 7. gününden sonra artış göstermiştir.



Kontrol: *Control*, RAY: Rafine ayçiçek yağı (*Refined sunflower oil*), AY: Ayçiçek yağı (*Sunflower oil*), SR: Sarımsak ekstraktı (*Garlic extract*), IS: Isırgan ekstraktı (*Nettle extract*), YÇ: Yeşilçay ekstraktı (*Green tea extract*), BB: Biberiye ekstraktı (*Rosemary extract*), ZC: Zencefil ekstraktı (*Ginger Extract*), BHT: Bütillenmiş hidroksi tolüen (*Butylated hydroxy toluene*), SM: Sumak ekstraktı (*Sumac extract*), AP: Askorbil palmitat (*Ascorbyl palmitate*), TOC: Tokoferol (*Tocopherol*), OK: Okaliptus ekstraktı (*Eucalyptus extract*)

Şekil 6. AY örneklerinin 25, 50 ve 75 °C'de depolanmaları sırasında PD ve MAD değerlerinin radar grafikleri.

Figure 6. Radar graphs of PV and MAD values of sunflower oil samples during storage at 25, 50 and 75 °C

**SONUÇ**

Elde edilen sonuçlara göre, araştırılan bitkisel ekstraktlardan BB, SM, IS ve ZC, ayçiçek yağı oksidasyonunun gecikmesinde önemli bir potansiyel sergilemiştir. Özellikle birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu geciktirmede BB, SM ve IS, referans antioksidan olarak kullanılan BHT, TOC ve AP kadar etkili olmuşlardır. İkincil oksidasyon ürünleri oluşumunu geciktirmede ise ekstraktlardan BB, SM ve ZC etkili olmuştur. Bu ekstraktların antioksidan etkinlikleri, içerdikleri fenolik bileşenler ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yağların raf ömrünü uzatmak için yüksek antioksidan aktivite gösteren ekstraktların, fenolik bileşenleri belirlenerek, kombinasyon halinde kullanımına yönelik çalışmalar yapılabilir. Buna ek olarak, yüksek fenolik içerikli gıdalar düşük fenolik içeriğe sahip gıdalara göre tercih edilebilir. Yüksek antioksidan aktiviteye sahip bitki özlerinin preparatları ticarileştirilebilir ve daha ileri araştırmalar yapıldıktan sonra farklı gıda formülasyonlarında kullanılabilir.

**TEŞEKKÜR**

Bu makale, Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenen (Proje No: 2013-FBE-L03), Bahattin TABAR'ın yüksek lisans tezi sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

**KAYNAKLAR**

Adhvaryu, A., Erhan, S., Liu, Z., Perez, J. (2000). Oxidation kinetic studies of oils derived from unmodified and genetically modified vegetables using pressurized differential scanning calorimetry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Thermochim Acta*, 364, 87–97.

Ali, S., Chatha, S. A. S., Ali, Q., Hussain, A. I., Hussain, S. M., Perveen, R. (2015). Oxidative Stability of Cooking Oil Blend Stabilized with Leaf Extract of *Eucalyptus citriodora*. *Int J Food Prop*, 19(7), 1556-1565. doi:10.1080/10942912.2015.1047514

Almasi, H., Zandi, M., Beigzadeh, S., Haghju, S., Mehrnow, N. (2016). Chitosan films incorporated with nettle (*Urtica Dioica L.*) extract-loaded

nanoliposomes: II. Antioxidant activity and release properties. *J Microencapsul*, 1-11. doi:10.1080/02652048.2016.1208295

Amagase, H., Petesch, B. L., Matsuura, H., Kasuga, S., Itakura, Y. (2001). Recent advances on the nutritional effects associated with the use of garlic as a supplement. *J Nutr*, 131(3), 955S-962S.

AOCS. (1989a). *Official Method Ce 8-89. Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC. In Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society (4th ed.):* AOCS, Champaign, IL, USA.

AOCS. (1989b). *Official Method Cd 8b-90. (1989b). Peroxide value, acetic acidisoctane method. In Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society (4th ed.):* AOCS Champaign, IL, USA.

AOCS. (1994). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society:* AOCS press.

Atalay, D., Erge, H. S. (2017). Determination of Some Physical and Chemical Properties of White, Green and Black Teas (*Camellia Sinensis*). *Gıda*, 42(5), 494-504. doi:10.15237/gıda.GD17024

Basak, S. S., Candan, F. (2010). Chemical Composition and In vitro Antioxidant and Antidiabetic Activities of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. Essential Oil. *J Iran Chem Soc*, 7(1), 216-226.

Baştürk, A., Ceylan, M., Çavuş, M., Boran, G., Javidipour, I. (2017). Effects of some herbal extracts on oxidative stability of corn oil under accelerated oxidation conditions in comparison with some commonly used antioxidants. *LWT-Food Sci Technol*, (In press) doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.005

Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.

Bozan, B., Kosar, M., Tunalier, Z., Ozturk, N., Baser, K. H. C. (2003). Antioxidant and free radical scavenging activities of *Rhus coriaria* and *Cinnamomum cassia* extracts. *Acta Aliment*, 32(1), 53-61. doi:DOI 10.1556/AAlim.32.2003.1.7

- Bursal, E., Koksal, E. (2011). Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.). *Food Res Int*, 44(7), 2217-2221. doi:10.1016/j.foodres.2010.11.001
- Casarotti, S. N., Jorge, N. (2014). Antioxidant Activity of Rosemary Extract in Soybean Oil under Thermoxidation. *J Food Process Preserv*, 38(1), 136-145. doi:10.1111/j.1745-4549.2012.00755.x
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Chew, Y. L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food Chem*, 102(4), 1214-1222. doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.009
- Chen, X. Q., Zhang, Y., Zu, Y. G., Yang, L., Lu, Q., Wang, W. (2014). Antioxidant effects of rosemary extracts on sunflower oil compared with synthetic antioxidants. *Int J Food Sci Technol*, 49(2), 385-391. doi:10.1111/ijfs.12311
- Cordeiro, A. M. T. M., Medeiros, M. L., Santos, N. A., Soledade, L. E. B., Pontes, L. F. B. L., Souza, A. L., Souza, A. G. (2012). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. *J Therm Anal Calorim*, 113(2), 889-895. doi:10.1007/s10973-012-2778-4
- da Silva, A. C., Jorge, N. (2014). Influence of *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei* extracts on the prevention of oxidation and retention of tocopherols in soybean oil in an accelerated storage test. *J Food Sci Technol*, 51(6), 1208-1212. doi:10.1007/s13197-012-0623-1
- Danış, Ö., Yuce-Dursun, B., Çimen, T., Demir, S., Salan, Ü., Yalçın, G., Ogan, A. (2014). Evaluation of Antioxidant, Radical-Scavenging and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities of Various Culinary Herbs Cultivated in Southern Turkey. *J Food Biochem*, 38(6), 602-611.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., Rahmat, A. (2010). Identification and concentration of some flavonoid components in Malaysian young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties by a high performance liquid chromatography method. *Molecules*, 15(9), 6231-6243. doi:10.3390/molecules 15096231
- Guler, E. (2013). Investigation of chemopreventive properties of *Urtica dioica* L., in MCF-7 and MDA 231 breast cancer cell lines. *New J Med*, 30, 50-53.
- Guillén, M. a. D., Cabo, N. (2002). Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chem*, 77, 503-510.
- Hamidi, M. E., Shami, S. M. E. (2015). Scavenging Activity of Different Garlic Extracts and Garlic Powder and their Antioxidant Effect on Heated Sunflower Oil. *Am J Food Technol*, 10(4), 135-146. doi:10.3923/ajft.2015.135.146
- Hraš, A. R., Hadolin, M., Knez, Ž., Bauman, D. (2000). Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with  $\alpha$ -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chem*, 71(2), 229-233.
- Huang, B., Wang, G., Chu, Z., Qin, L. (2012). Effect of Oven Drying, Microwave Drying, and Silica Gel Drying Methods on the Volatile Components of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) by HS-SPME-GC-MS. *Drying Technol*, 30(3), 248-255. doi:10.1080/07373937.2011.634976
- Ide, N., Nelson, A. B., Lau, B. H. (1997). Aged garlic extract and its constituents inhibit  $\text{Cu}^{2+}$  induced oxidative modification of low density lipoprotein. *Planta Med*, 63(03), 263-264.
- IUPAC. (1992). *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*. (7th ed.). Oxford, England: Blackwell, International Union of Pure and Applied Chemistry.
- Jain, P. K., Ravichandran, V., Sharma, S., Agrawal, R. K. (2008). The antioxidant activity of some medicinal plants. *Turk J Biol*, 32(3), 197-202.
- Kallel, F., Driss, D., Chaari, F., Belghith, L., Bouaziz, F., Ghorbel, R., Chaabouni, S. E. (2014). Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: Influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Ind Crops Prod*, 62, 34-41. doi:10.1016/j.indcrop.2014.07.047

- Kataki, M. S., Murugamani, V., Rajkumari, A., Singh, P., Mehra, D. A., Yadav, R. S. (2010). Antioxidant, hepatoprotective, and anthelmintic activities of methanol extract of *Urtica dioica* L. leaves. *Pharm Crops*, 3, 38-46.
- Khalaf, N. A., Shakya, A. K., Al-Othman, A., El-Agbar, Z., Farah, H. (2008). Antioxidant activity of some common plants. *Turk J Biol*, 32(1), 51-55.
- Kossah, R., Nsabimana, C., Zhang, H., Chen, W. (2013). Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of Syrian Sumac fruit extract. *J Nat Prod*, 6, 96-102.
- Kubra, I. R., Rao, L. J. M. (2012). Microwave drying of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and its effects on polyphenolic content and antioxidant activity. *Int J Food Sci Technol*, 47(11), 2311-2317. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03104.x
- Latif, S., Anwar, F. (2009). Effect of Aqueous Enzymatic Processes on Sunflower Oil Quality. *J Am Oil Chem Soc*, 86(4), 393-400. doi:10.1007/s11746-009-1357-8
- Modzelewska-Kapituła, M., Marin-Iniesta, F. (2005). Influence of the Fe and Cu presence in tea extracts on antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 8(4), 14.
- Navas, P. B., Carrasquero-Durán, A., Flores, I. (2006). Effect of black tea, garlic and onion on corn oil stability and fatty acid composition under accelerated oxidation. *Int J Food Sci Technol*, 41(3), 243-247.
- Nikolova, M., Dzhurmanski, A. (2009). Evaluation of free radical scavenging capacity of extracts from cultivated plants. *Biotechnol Biotechnol Equip*, 23(sup1), 109-111.
- Ozcan, M. (2003). Effect of sumach (*Rhus coriaria* L.) extracts on the oxidative stability of peanut oil. *J Med Food*, 6(1), 63-66. doi:10.1089/109662003765184769
- Özcan, M., Akgül, A. (1995). Antioxidant activity of extracts and essential oils from Turkish spices on sunflower oil. *Acta Aliment*, 24(1), 81-90.
- Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Überegger, E., Conte, L. S. (2002). Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. onites*) extracts related to their phenolic compound content. *J Sci Food Agric*, 82(14), 1645-1651. doi:10.1002/jsfa.1240
- Regazzoni, L., Arlandini, E., Garzon, D., Santagati, N. A., Beretta, G., Maffei Facino, R. (2013). A rapid profiling of gallotannins and flavonoids of the aqueous extract of *Rhus coriaria* L. by flow injection analysis with high-resolution mass spectrometry assisted with database searching. *J Pharm Biomed Anal*, 72, 202-207. doi:10.1016/j.jpba.2012.08.017
- Singab, A.-N., Ayoub, N., Al-Sayed, E., Martiskainen, O., Sinkkonen, J., Pihlaja, K. (2011). 4. Phenolic Constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, with Potential Antioxidant and Cytotoxic Activities. *Rec Nat Prod*, 5(4), 271.
- Tariq, A., Reyaz, A. (2013). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 2(5), 40-46.
- Tayel, A. A., El-Tras, W. F. (2012). Plant extracts as potent biopreservatives for *Salmonella typhimurium* control and quality enhancement in ground beef. *J Food Saf*, 32(1), 115-121.
- Tewari, I., Sharma, L., Gupta, G. L. (2014). Synergistic antioxidant activity of three medicinal plants *Hypericum perforatum*, *Bacopa monnieri*, and *Camellia sinensis*. *Indo Am J Pharm Res*, 4(5), 2563-2568.
- Tohma, S., Turan, S. (2015). Rosemary plant (*Rosmarinus officinalis* L.), solvent extract and essential oil can be used to extend the usage life of hazelnut oil during deep frying. *Eur J Lipid Sci Technol*, 117(12), 1978-1990. doi:10.1002/ejlt.201400382
- Upadhyay, R., Mishra, H. N. (2015). A multivariate approach to optimise the synergistic blend of oleoresin rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and ascorbyl palmitate added into sunflower oil. *Int J Food Sci Technol*, 50(4), 974-981. doi:10.1111/ijfs.12738
- Upadhyay, R., Sehwal, S., Niwas Mishra, H. (2017). Chemometric approach to develop frying stable sunflower oil blends stabilized with oleoresin rosemary and ascorbyl palmitate. *Food*

- Chem*, 218, 496-504. doi:10.1016/j.foodchem.2016.09.105
- Wang, L., Yang, B., Yan, B., Yao, X. (2012). Supercritical fluid extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* and its antioxidant potential in sunflower oil. *Innovative Food Sci Emerging Technol*, 13, 120–127.
- Yeh, H. Y., Chuang, C. H., Chen, H. C., Wan, C. J., Chen, T. L., Lin, L. Y. (2014). Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidant effect of ginger extracts. *LWT-Food Sci Technol*, 55(1), 329-334. doi:10.1016/j.lwt.2013.08.003
- Yoshida, H., Kondo, I., Kajimoto, G. (1992). Participation of Free Fatty-Acids in the Oxidation of Purified Soybean Oil during Microwave-Heating. *J Am Oil Chem Soc*, 69(11), 1136-1140. doi:Doi 10.1007/Bf02541050
- Zemmouri, H., Sekiou, O., Ammar, S., El Feki, A., Bouaziz, M., Messarah, M., Boumendjel, A. (2017). *Urtica dioica* attenuates ovalbumin-induced inflammation and lipid peroxidation of lung tissues in rat asthma model. *Pharm Biol*, 55(1), 1561-1568. doi:10.1080/13880209.2017.1310905
- Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y. G., Chen, X. Q., Wang, F. J., Liu, F. (2010). Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. *Food Chem*, 118(3), 656-662. doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.038