



Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu üzerine etkisi

Şeyma Selin Akın ¹, Sezgin Ayan ^{2*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormancılık Doktora Programı, Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 22/08/2024

Kabul Tarihi: 07/02/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1537462>

*Corresponding author:

sezginayan@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Tohum biyokimyasal içeriği tohum kalitesini yansıtan en önemli öğedir. Özellikle yağlı tohumların depolanmasında bozulmanın ana nedeni lipitlerin okside olması ve bunun sonucunda tohumda toplam yağ miktarında azalmaya serbest yağ içeriğindeki artışın eşlik etmesidir.

Yöntem Bu çalışmada; depolamaya ve kurumaya hassas bir tür olan ve 2020 yılı bol tohum yılında hasat edilmiş, Sinop-Zindan orijinli Doğu kayını tohumları (*Fagus orientalis* Lipsky)

kullanılmıştır. Bu kapsamda kitosan kaplama çözeltisinin tekli kullanımı ile propolis ve BHT (bütillendirilmiş hidroksitoluen) + BHA (bütillenmiş hidroksianisol) katkılı kitosan çözeltilerinin 16 aylık depolama boyunca tohumdaki toplam yağ ve yağ asit kompozisyonunu nasıl etkilediği araştırılmış ve dörder aylık periyotlardaki değişim izlenmiştir.

Bulgular Hasat sonrası elde edilen tohumlarda toplam yağ oranı kontrol grubunda %44,17 iken, bu oran depolama süresi uzadıkça 16 ay sonunda %37,86 olarak belirlenmiştir. Tohumlarda ayrıca hasat edildikten sonra %72,59 doymamış, %23,42 doymuş yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde oransal olarak daha çok palmitik asit (%14,60) ve stearik asit (%5,76) mevcutken, doymamış yağ asitleri kompozisyonunda ise oleik asit (%34,39) ve linoleik asidin (%30,15) en yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Kitosan ile yapılan kaplama uygulamalarının tohum toplam yağ miktarının düşüşünü yavaşlatmada önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yapılan kaplama uygulamalarının yağ asit kompozisyonu üzerinde radikal bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir.

Sonuçlar 16 aylık depolama süresi sonuna doğru tohumda toplam yağ içeriğindeki azalışın önlenmesinde %0,75 kitosan, %0,75 kitosan +100 ppm BHT + 200 ppm BHA ve %0,25 kitosan+ %10 propolis uygulamalarının daha etkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Depolama, Doğu kayını, kaplama, toplam yağ, yağ asitleri

The effect of some coating processes on total fat and fatty acid composition in stored Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seeds

ABSTRACT

Background and aims The biochemical content of seeds is one of the most important factors reflecting seed quality. Particularly in the storage of oilseeds, the primary cause of deterioration is the oxidation of lipids, which leads to a decrease in the total fat content of the seed, accompanied by an increase in free fatty acid content.

Method In this study, seeds of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky), a species sensitive to storage and drying, harvested in 2020 from the Sinop-Zindan origin, were used. The study investigated how the use of chitosan coating solution alone, as well as chitosan solutions supplemented with propolis and BHT (butylated hydroxytoluene) + BHA (butylated hydroxyanisole), affected the total oil and fatty acid composition of the seeds during 16 months of storage, with changes monitored at four-month intervals.

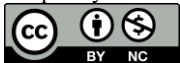
Results The total fat content in the post-harvest seeds was 44.17% in the control group, while this rate decreased to 37.86% after 16 months of storage. After harvest, the seeds were found to contain 72.59% unsaturated and 23.42% saturated fatty acids. Among the saturated fatty acids, palmitic acid (14.60%) and stearic acid (5.76%) were the most abundant, while oleic acid (34.39%) and linoleic acid (30.15%) were the most prevalent in the unsaturated fatty acid composition. It was determined that the chitosan coating applications significantly slowed down the reduction in the total oil content of the seeds. However, the coating applications did not cause a radical change in the fatty acid composition.

Conclusions Towards the end of the 16-month storage period, it was found that 0.75% chitosan, 0.75% chitosan + 100 ppm BHT + 200 ppm BHA, and 0.25% chitosan + 10% propolis applications were more effective in preventing the decrease in total fat content of the seeds.

Key Words: Storage, Oriental beech, coating, total fat, fatty acids

Bu makaleye atf:

Akın, Ş.S., Ayan, S., 2025. Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu üzerine etkisi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 19-29.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Türkiye ormanlarının %32'lik kısmını geniş yapraklı ağaç türleri kaplamaktadır (OGM, 2024). Kuzey yarım kürede 10 tür ile temsil edilen kayın ağacı, geniş yapraklı ormanların en fazla ve en önemli türlerinden birini oluşturmaktadır. Doğu kayını, Türkiye Milli Ağaç Islahı Programı kapsamında yer alan geniş yapraklı tek asli ağaç türüdür (Saatçioğlu, 1969; Atay, 1987; Atalay, 1992). Özellikle son yıllarda küresel iklim değişimine bağlı hem kademeli hem de ani gelişen ekstrem durumlar (sel, fırtına vs.), ormancılık için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin orman gen kaynakları üzerindeki doğrudan baskıları ve ormanları etkileyen biyotik (örneğin böcekler ve hastalıklar) ve abiyotik (örneğin kuraklık, yangın, sel) etkenlerdeki olumsuz değişikliklerin neden olduğu dolaylı etkiler bu tehdidi daha da artırmaktadır (IPCC, 2011; Ayan ve Yılmaz, 2023). Özellikle iklim değişimine bağlı olarak görülen olumsuz ekolojik etkenler sonucu Doğu kayını ormanlarının genetik havuzlarının yok olmaması adına gen kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımı mevcut ve değişen şartlarda daha da önemli hale gelmektedir (Ayan vd., 2022).

Kayın zengin tohum yılları türe bağlı olarak değişmekle birlikte Doğu kayınında 4-5 yılda bir zengin tohum yılı olmaktadır (Suner, 1977). Bu kapsamda zengin tohum yıllarının seyrek ve zararlısının çok olduğu Doğu kayını tohumlarında, tohum muhafazası daha da önemli hale gelmektedir. Ayrıca, zengin tohum yıllarında hasat edilen ve depolanan Doğu kayını tohumları bir sonraki zengin tohum yılına kadar uygun sıcaklık ve nem koşullarında muhafaza edilerek gençleştirme ve ağaçlandırma gibi pek çok ormancılık faaliyetleri için kullanılabilir (Yılmaz, 2005). Doğu kayını ayrıca, odun dışı orman ürünleri kapsamında da değerlendirilmektedir. Özellikle tohum ve diğer bazı kısımları ise gıda, eczacılık, tıp, kimya gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra besleyici özelliği neticesinde ormandaki birçok hayvanın besin kaynağını oluşturmaktadır (Bal, 2020).

Generatif üretimde devamlılığın ve çeşitliliğin sembolü olan tohumun, hasadından kullanımına kadar olan süreçte planlama ve depolama kaliteli tohum üretimi için esastır (Bradford ve Cohn, 1998). Tohum kalitesi, plantasyon ormancılığının başarısı için hayati öneme sahiptir. Tohum biyokimyasal içeriği ise en önemli kalite unsuru olarak öne çıkmaktadır (Güney vd., 2013). Bu bağlamda; Tohumların yağ içerikleri ve yağ asit dağılımına bağlı olarak tohum kalitesinde önemli değişimler olabilmektedir (Kaya, 2008). Depolamada yağlı tohumların bozulmasının başlıca nedenleri lipit peroksidasyonu, serbest yağ asitlerinin içeriğindeki artış ve serbest radikal oluşumu olarak bilinmektedir (Malik, 2013; Balesevic-Tubic vd., 2005; Güler, 2021; Ayan ve Akın, 2023). Tohumun hasadından sonra var olan kalitesinin devamı ve artırılması veya iyileştirilmesi ile birlikte yaşlanmanın kontrolü yani tohumun değerinin korunması “*hasat sonrası uygulamalar*” olarak adlandırılabilir ki, bu uygulamalar başta iyi bir tohum depolama, ekim öncesi uygulamalar, tohum işleme ve kaplama teknolojileri olarak gruplandırılabilir (Taylor vd., 1998).

Polimer tohum kaplaması, tohumun depolanabilirliğini ve tarla performansını iyileştirmek için en ekonomik yaklaşımlardan biridir. Ayrıca kaplamanın, nem girişine karşı fiziksel bir bariyer görevi gördüğü, inhibitörlerin sızmasını azalttığı ve embriyoya oksijen difüzyonunu kısıtladığı rapor

edilmiştir (Kumar vd., 2014). Biyopolimer olarak kaplama uygulamalarında kullanılan ve atık karides, yengeç kabukları gibi su ürünlerinden elde edilen kitosan toksik olmayan, kirlilik içermeyen ve biyolojik olarak bozunmayan özellikleri nedeniyle son yıllarda araştırmalarda geniş çapta yer almaktadır (Zeng ve Luo, 2012). Kitosan ile yapılan tohum kaplamaları solunumu ve terlemeyi azaltır (Tian vd., 2019), fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri (Adiletta vd., 2018) ile uçucu yağ kaybını önlemekte olup, tohumları oksidasyon reaksiyonlarından, mekanik ve mikrobiyal hasarlardan korumaktadır (Shiekh vd., 2013). Gıda endüstrisinde raf ömrü çalışmalarında kaplama materyali olarak sıklıkla kullanılan BHT (bütillendirilmiş hidroksitoluen) ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ise oksidasyonu önleme ve gıdaların raf ömrünün uzatılmasında ve tazeliliği muhafaza etmek için (Arslan, 2011) kullanılan yapay antioksidanlar olarak bilinmektedir (Kumar vd., 2015). Bununla birlikte sentetik antioksidanlar, yüksek yağ içeren gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında iyi bir stabilite göstermektedir (Wanasundara ve Shahidi, 1998; Tang vd., 2001; Pereira vd., 2011). Son zamanlarda daha ziyade gıda ve zirai ürünlerde antimikrobiyal, antifungal, antioksidatif veya anti bakteriyel özelliğe sahip sentetik kimyasallar yerine biyolojik doğal ürünlerle kaplama veya film oluşturma uygulamaları meyve ve sebzelerin depo ömrünü uzatmada oldukça etkilidir (Tripathi ve Dubey, 2004; Barrera vd., 2015). Propolis ile kaplama gıda ürünlerinde raf ve depo ömrünü uzatmak amacıyla kullanılırken, Silva-Castro vd. (2018) tohum uygulamalarında daha çok antifungal, antibakteriyel ve antimikrobiyal özelliklerinden faydalanmak için kullanıldığını belirtmektedir.

Bu çalışmada; depolamaya ve kurumaya hassas bir tür olan ve yüksek yağ içeriğine sahip Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında farklı kaplama materyalleri (kitosan, BHT+BHA katkılı kitosan, propolis katkılı kitosan) ile tohum kaplamasının toplam yağ ve yağ asit içeriği üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Doğu kayını tohumlarının yağ içeriklerinin yüksek olması nedeniyle diğer yağlı tohumlu bitkilerde olduğu gibi uzun süreli depolamada tohum bozulmaları gerçekleşmektedir (Kaya, 2008; Yılmaz, 2008). Bu nedenle; depo ömrünü uzatmak amacıyla yapılan kaplama uygulamalarının lipitler üzerindeki etkisini belirlemek için toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu tayinleri periyodik olarak yapılan analizler ile gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışmada; 2020 yılı bol tohum yılında hasat edilmiş (Ekim-Kasım), Sinop-Zindan orijinli Doğu kayını tohumları araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Tohumlar, Sinop-Türkeli Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Zindan İşletme Şefliği'nden temin edilmiştir. Araştırma materyalinin temini sonrası tohumlar titizlikle temizlenmiş, başlangıç değerleri tespiti için analiz edildikten sonra kaplama işlemleri süresine dek vakumlu poşetlerde -20°C'de bekletilmiştir. Araştırma materyali tohumların başlangıç nem değeri %8,026±0,22 ve EC değeri ise 165,35±2,45 ((μs/cm)g⁻¹)'dir (Akın ve Ayan, 2024). Kaplama uygulamaları sonrası tohumlar hava almayan cam kavanozlar içerisinde +4°C'de analizlere kadar muhafaza edilmiştir. Tohum kaynağına ait bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Doğu kayını tohum kaynağına ait bilgiler

Bölge	Sinop
İşletme	Türkeli
řeflik	Zindan
Meřcere	Knd ₃
Rakım	1200
Bakı	Güneydoğu
Toplama Zamanı	Ekim-Kasım
Koordinatlar	X / 613833 Y / 4627848

2.2 Yöntem

Tohumlar kaplama yapıldıktan sonra ağız vakumlu kapalı cam kaplarda +4 °C'de 16 ay boyunca muhafaza edilmiş olup, her 4 aylık dönem sonunda periyodik olarak analizler yapılmıştır.

1.2.1 Çözelti hazırlama

Sigma-Aldrich marka düşük moleköl ağırlıklı %75-85 deasetilasyon derecesine sahip kitosan kullanılmıştır. %0,25; %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Tohumlar kaplama işlemi için yapılan ön denemeler ve literatür bilgilerine dayanarak 6 saat ön işleme tabi tutulmuştur. Tohumlar ilk olarak %1'lik Sodyum Hipoklorit çözeltisinde 3 dakika bekletilmiş ve yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Daha sonra saf su ile üç kez yıkanmıştır. Orijinal nem seviyelerine gelmeleri için oda koşullarında bekletilmiştir (Yao ve Tian, 2005). Tohumlar kaplama işlemi sonrası orijinal nem seviyelerine kadar kurutulmuş ve ardından biyokimyasal analizler için +4 °C'de muhafaza edilmiştir (Guan vd., 2009). Hazırlanan kitosan bazlı çözeltilere 100 ppm BHT ve 200 ppm BHA eklenmiştir (Arı, 2016; Büyükyılmaz, 2018).

1.2.2 Tohumlara uygulanan kaplama işlemleri

Doymamış yağ asitlerince zengin olan Doğu kayını tohumlarının sahip olduğu bu özellikler depolamayı ve uzun süre muhafazayı kısıtlamaktadır (Yılmaz, 2008). Bu tür bozulmaları önlemek amacı ile daha önceleri yaygın olarak gıda katkı maddeleri olarak kullanılan bu sentetik antioksidanların (Karre, 2009; Arslan, 2011) Doğu kayını tohumlarında depolama süresini uzatıcı etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sebeple sinerjik etkilerinden dolayı BHT ve BHA'nın ikili kullanımı tercih edilmiştir. Kaplama materyalleri ve uygulama dozlarına ait bilgiler çizelge 2'de verilmiştir. Doz belirlemede, bazı yerel ve kırsal bölgelerde alternatif tıp kapsamında kullanılması nedeni ile Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen azami değerler kullanılmıştır (Büyükyılmaz, 2018).

Çizelge 2. Kaplama işlemlerinde kullanılan uygulama materyalleri ve dozları

Doz No	Kitosan	Kitosan + BHT + BHA	Kitosan+Propolis
1	%0,25	%0,25+100 ppm +200 ppm	%0,25 + %10
2	%0,50	%0,50+100 ppm +200 ppm	%0,50+ %10
3	%0,75	%0,75+100 ppm +200 ppm	%0,75+ %10

1.2.3 Toplam yağ tayini

Örneklerin yağ miktarı sokshelet ekstraksiyon düzeneğı ile tayin edilmiştir. Örnekler çözgenin bünyesindeki yağa en iyi şekilde nüfus etmesini sağlamak için mümkün olan en küçük partiküller elde edilecek şekilde öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Öğütülen numunelerden 5 g tartılarak kartuşa yerleştirilmiştir. Önceden darası alınan balon jojeler hazırlanan ekstraksiyon tüpünün altına yerleştirilerek çözücü (n-hexzan) eklenmiştir. Daha sonra tüpler sokshelet düzeneğine yerleştirilip, yağ ekstraksiyonu yapılmıştır. Yaklaşık 5-6 saat yapılan ekstraksiyon işleminden sonra içindeki çözücü uzaklaştırılıp örneklerin son tartımları alındıktan sonra % ham yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% \text{ Yağ} = \frac{M_1 - M_2}{m} \times 100 \quad (1)$$

M₁: Yağ+sabit tartıma getirilen cam balonun ağırlığı

M₂: Sabit tartıma gelen cam balonun ağırlığı

m: Numune ağırlığı

1.2.4 Yağ asit kompozisyonu tayini

Örneklerin yağ asidi kompozisyonu, GC-MS-QP 2010 Ultra modelinde Shimadzu marka gaz kromatografisi cihazında yapılmıştır. Bu kapsamda taşıyıcı gaz olarak helyum gazı, kolon RTX-2330 kapiler kolon (60 m; 0,25 mm; 0,20 µm), kullanılmış olup, kolon fırını sıcaklığı 100°C, enjeksiyon sıcaklığı 250°C, arayüz sıcaklığı 250°C, iyon kaynağı sıcaklığı 200°C, basınç 90 kPa, enjeksiyon hacmi ise 2 µL olarak belirlenmiştir. Ayrıca, toplam yağ analizi sonucu elde edilen yağ örneklerinden 0,1 g tartılmış ve üzerine 10 ml n-hegzan ve 500 µl 2N metanollü KOH eklenmiştir. Amber renkli tüplere alınan karışım 2 saat karanlıkta bekletilmiş ve daha sonra üstte kalan berrak kısım cihaza verilmek üzere pipetlenmiştir (Anonim, 1990).

1.2.5 İstatistiki değerlendirme

Tohumlara ait toplam yağ analizine ait veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 istatistik analiz programı ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılışı uygunluğu Shapiro-Wilk, verilerin homojenliği Levene Homojenlik testleri ile test edilmiş olup, verilerin homojen ve normal dağılışı uyumluluk sağladığı (p>0,05) belirlenmiştir. Farklı işlemlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında Varyans analizlerinden (ANOVA) yararlanılmıştır. Varyans analizi ile farklılıkların tespit edilmesi durumunda işlemler arasındaki grupları belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1 Toplam yağ miktarı

Farklı kaplama uygulamaları sonrasında 4, 8, 12 ve 16 aylık depolama süreleri sonunda Doğu kayını tohumlarına ait toplam yağ üzerine depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının etkisi çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; Doğu kayını tohumlarının toplam yağ miktarı üzerinde depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının istatistiki olarak çok önemli etkisi olduğu

belirlenmiştir. Tohumun hasat sonrası başlangıç toplam yağ oranı %44,6 olarak belirlenmiştir. Kaplama yapıldıktan sonra +4°C’de soğukta muhafaza edilen tohumlarda; 8. ve 12. ay sonunda diğer aylara göre daha düşük toplam yağ miktarı tespit edilmiştir. Kaplama uygulamalarının toplam yağ miktarı üzerinde etkisinde ise kitosan uygulamasının kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla toplam yağ miktarını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Uygulama dozlarının toplam yağ miktarı üzerindeki etkisinde ise uygulamaların 1. dozunun kontrol grubuna göre daha yüksek toplam yağ miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Depolama süresi, uygulama ve dozların birlikte etkileşimlerinin toplam yağ üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmakla beraber (Çizelge 4) 4. ay sonunda kitosan ile yapılan kaplama uygulamasının 1. dozunun (48,67±0,07) kontrol ve diğer işlem grupları içerisinde en yüksek toplam yağ oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 12. ve 16. ay sonunda kontrol grubu tohumlarında depolamaya ve yaşlanmaya bağlı olarak toplam yağ miktarında diğer aylara göre önemli ölçüde düşüşler tespit edilmiştir.

3.2 Yağ asit kompozisyonu

Doğru kayını tohumlarının hasat sonrası yağ asit kompozisyonu çizelge 5’te ve kaplama sonrası depolanan ve farklı periyotlarda alınan tohum örneklerine ait doymuş, doymamış ve toplam periyodik yağ asit kompozisyonu Ek 1’de verilmiştir.

Yağ asit kompozisyonu bazında değerlendirildiğinde; 4, 8, 12 ve 16. aylar boyunca depolanan tohumlarda toplam doymuş yağ asitlerinin oransal olarak büyük bir kısmını palmitik ve stearik asidin, toplam doymamış yağ asitlerinde ise oransal olarak oleik ve linoleik yağ asitlerinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ek 1’den de anlaşılabileceği üzere; 16 aylık depolama süresi boyunca 4 ayda bir yapılan yağ asit kompozisyonu analizlerinde, doymuş ve doymamış yağ asit miktarında oransal olarak büyük değişimler saptanmamıştır. Her bir depolama süresi içerisinde yapılan uygulamalarda, kontrol ve diğer uygulamaların toplam doymuş ve doymamış yağ asit miktarında önemli bir değişim olmamıştır. Ancak, depolama süresi artışına bağlı olarak bazı dönemlerde doymuş yağ asit miktarında artışlar tespit edilmiştir. Ek 1 incelendiğinde; 4 ve 8. aylarda toplam doymuş yağ asit miktarları ile 12. ve 16. ay sonunda tespit edilen toplam doymuş yağ asit miktarlarının birbirine yakın değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuç ve Tartışma

Yağlı tohumların çoğu, depolama sırasında lipit oto-oksidasyonu neden olabilen ve sonuçta sınırlı uzun ömürlülüğe yol açabilen yüksek konsantrasyondaki çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle hızlı bozulmaya karşı hassastır (Balešević-Tubić vd., 2007; Genes ve Nyomora, 2018; Mengistu ve Wegayehu, 2023). Depolanan tohumlarda, depolama esnasında başta canlılık ve güç kaybı gibi fizyolojik parametreler olmak üzere, çeşitli biyokimyasal değişimler ortaya çıkmaktadır. Özellikle yağlı tohumlarda yağlar okside olmakta, toksik maddeler oluşmakta ve tohumlar canlılığını çok çabuk kaybetmektedir. Depolanmış tohumlardaki canlılık kayıpları ile ilgili pek çok araştırma mevcut olmasına rağmen canlılık

kayıplarının nedenlerine dair kesin bilgiler mevcut değildir. Bununla birlikte; bozulma ve canlılık düşüşleri esnasındaki lipitler gibi pek çok makro moleküllerde değişimlerin olduğu rapor edilmiştir (Abdul-Baki ve Anderson, 1972; Harrington, 1973; Bewley ve Black, 1982; İlbi ve Eser, 2004). Akhila vd. (2012) yağlı bir tohum olan çörek otu tohumlarında esansiyel yağ içeriğinin tohum yaşlanmasıyla önemli ölçüde azaldığını, bununla birlikte Şimić vd. (2007) soya, mısır ve ayçiçeği tohumlarının farklı sıcaklık ve nem koşullarında dört yıl depolanmasıyla her üç türe ait tohumların toplam yağ içeriğinde azalmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 3. Depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının toplam yağ miktarına etkisi

Depolama Süresi (Ay)	Toplam Yağ (%)
Başlangıç Değeri*	44,60±0,66
4	43,80±3,69 ^a
8	40,98±0,91 ^c
12	40,98±3,47 ^c
16	42,66±2,28 ^b
p	0,002
F	5,535
Uygulamalar	Toplam Yağ (%)
Kontrol	41,77±2,82 ^b
Kitosan	44,06±2,82 ^a
Kitosan+BHT+BHA	41,19±3,24 ^b
Kitosan+Propolis	41,41±2,39 ^b
p	<0,001
F	31,489
Uygulama Dozları	Toplam Yağ (%)
Kontrol	41,77±2,82 ^{bc}
1	42,19±3,06 ^a
2	41,24±3,29 ^c
3	41,98±2,77 ^{ab}
p	<0,001
F	10,747

* Tohum tedarik edildiğinde tespit edilen toplam yağ miktarı %44,60 olup, bu değer istatistik analize dahil edilmemiştir.

**1. doz: Uygulamaların en düşük, 2. doz: Uygulamaların orta, 3. doz: Uygulamaların en yüksek dozunu ifade etmektedir.

***a, b gibi harfler çoklu istatistik test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Benzer şekilde yağlı bir tohum olan aspir tohumuna ait iki farklı çeşit (Bayer-12 ve Olas) üzerinde hızlandırılmış yaşlanma testlerinin uygulandığı bir diğer çalışmada, hızlandırılmış yaşlanma öncesinde Bayer-12 tohumunda %32,86 ve Olas çeşidinde ise %36,37 oranında toplam yağ tespit edilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında ise her iki çeşide ait tohumlarda kontrol grubuna göre yağ oranlarında azalışlar tespit edilmiştir (Önder, 2018). Güler (2021) ise aspir tohumlarında yaşlanma hasarını tespiti için yapmış olduğu çalışmada iki farklı aspir çeşidinde (Montalo-2000 ve Linas) hızlandırılmış yaşlanma sonrası her iki çeşide ait tohumların toplam yağ oranları kontrol tohumlarına göre artış göstermiş olup, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. Ghasemnezhad ve Honermeier (2009)’de iki farklı ayçiçeği çeşidinin üç farklı sıcaklık derecesinde (4-5°C, 21-22°C ve 35°C) dört ay

depolanması sonucunda yağlı bir tür olan ayçiçeği tohumlarının toplam yağ miktarında depolama süresi arttıkça kademeli bir düşüş olduğunu analiz etmişlerdir. Tohum örneklerinin yağ analizlerinin yapıldığı dört aylık depolama sonuçlarından hem yüksek hem de düşük oleik asit içeren çeşitlerin tohum yağı içeriği üzerinde depolama süresinin önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Öte yandan, tohumların fizyolojik faaliyetleri için enerji sağlamak üzere depolama sırasındaki metabolizma faaliyetleri, depolama esnasında tohum yağının azalmasının bir başka nedeni olabileceği vurgulanmaktadır.

Bununla birlikte; Açıl-CoA oksidaz, malat sentaz, sitrat sentaz, katalaz ve lipazlar gibi enzimlerin tohumların yağ ve yağ asitleri metabolizmasında görev alan ana enzimlerin çoğunun aktiviteleri kısmen veya tamamen oksijenin varlığını gerektirmesi nedeniyle (Kindle, 1987) depolama sırasında yağ içeriğinde gözlemlenen azalmanın bir başka nedeninin de bu durumdan kaynaklanabileceği öne sürülmektedir (Ghasemnezhad ve Honermeier, 2009).

Çizelge 4. Depolama süresi, uygulama ve doz faktörlerinin toplam yağ içeriği üzerine üçlü etkileşimli etkisi

Depolama Süresi (Ay)	Uygulama	Doz	Toplam Yağ (%)		
4	Kontrol	0	44,17±0,96 ^{cdef}		
		1	48,67±0,07 ^a		
		2	43,72±0,19 ^{bcdefgh}		
	Kitosan	3	46,81±0,98 ^{ab}		
		1	38,62±0,84 ⁱ⁺		
		2	42,95±0,88 ^{defghi+}		
	Kitosan+BHT+BHA	3	46,04±1,46 ^{abcd}		
		1	43,75±2,06 ^{bcdefgh}		
		2	41,07±2,37 ^{fghi+}		
	Kitosan+Propolis	3	42,23±2,09 ^{efghi+}		
		8	Kontrol	0	44,07±1,22 ^{bcdef}
				1	42,42±1,66 ^{efghi+}
2	40,32±0,61 ⁱ⁺				
Kitosan	3		40,21±1,08 ⁱ⁺		
	1		42,14±1,82 ^{defghi+}		
	2		36,66±0,12 ⁱ⁺		
Kitosan+BHT+BHA	3		41,29±0,73 ^{efghi+}		
	1		40,14±0,95 ⁱ⁺		
	2		40,34±1,67 ⁱ⁺		
Kitosan+Propolis	3		41,88±0,51 ^{efghi+}		
	12		Kontrol	0	41,01±0,22 ^{fghi+}
				1	45,67±0,28 ^{abcd}
2		46,52±1,95 ^{abc}			
Kitosan		3	43,99±0,85 ^{bcdefg}		
		1	38,46±0,87 ⁱ⁺		
		2	37,98±1,4 ⁱ⁺		
Kitosan+BHT+BHA		3	39,82±2,99 ⁱ⁺		
		1	40,79±1,49 ^{fghi+}		
		2	36,05±1,06 ⁱ⁺		
Kitosan+Propolis		3	40,92±0,56 ^{fghi+}		
		16	Kontrol	0	37,86±1,02 ⁱ⁺
				1	40,69±0,19 ^{ghi+}
2	43,08±0,59 ^{defghi+}				
Kitosan	3		45,92±0,13 ^{abcd}		
	1		40,6±0,04 ^{hi+}		
	2		42,92±3,26 ^{defghi+}		
Kitosan+BHT+BHA	3		45,76±2,06 ^{abcd}		
	1		44,4±0,46 ^{bcde}		
	2		43,37±0,78 ^{cdefghi}		
Kitosan+Propolis	3		42,03±0,03 ^{efghi+}		
	<i>p</i>		<0,001		
	F		5,71		

***a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Çizelge 5. Doğu kayını tohumlarının hasat sonrası yağ asit kompozisyonu

Yağ Asitleri	Yaygın Adları	Karbon Sayıları	%
Oktanoik Asit	Kaprilik Asit	C8:0	0,01
Dekanoik Asit	Kaprik Asit	C10:0	0,001
Dodekanoik Asit	Laurik Asit	C12:0	0,01
Tetradekanoik Asit	Miristik Asit	C14:0	0,22
Heksadekanoik Asit	Palmitik Asit	C16:0	14,60
Heptadekanoik Asit	Margarik Asit	C17:0	0,08
Oktadekanoik Asit	Stearik Asit	C18:0	5,76
Eikosanoik Asit	Araşidik Asit	C20:0	1,00
Heneikosanoik Asit	-	C21:0	0,05
Dokosanoik Asit	Behenik asit	C22:0	1,38
Trikosanoik Asit	-	C23:0	0,06
Tetrakosanoik Asit	Lignoserik Asit	C24:0	0,25
Σ Doymuş Yağ Asitleri		23,42	
9-Heksadesenoik Asit	Palmitoleik asit	C16:1	0,11
9-Oktadesenoik Asit	Oleik asit	C18:1	34,39
Cis 11- eikosenoik asit	Gadoleik Asit	C20:1	6,77
15-Tetrakosenoik Asit	Nervonik Asit	C24:1	0,12
Σ Tekli Doymamış Yağ Asitleri		41,39	
9,12- Oktadekadienoik Asit	Linoleik Asit	C18:2	30,15
9,12,15- Oktadekatrienoik Asit	α-linolenik Asit	C18:3	3,90
11,14,17-Eikosatrienoic Asit	-	C20:3	0,005
5,8,11,14- Eikosatetraenoik Asit	Araşidonik Asit	C20:4	1,14
Σ Çoklu Doymamış Yağ Asitleri		31,20	
Σ Doymamış Yağ Asitleri		72,59	

Yürütülen bu araştırma kapsamında; 16 ay boyunca depolanmış olan Doğu kayını tohumlarının her 4 aylık periyotta bir olmak üzere toplam yağ miktarı tayini amacıyla periyodik analizler gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası elde edilen tohumlarda toplam yağ oranı $44,60 \pm 0,66$ iken bu oran depolama süresi arttıkça azalmıştır. Uygulamalar bazında değerlendirildiğinde, kitosan uygulamalarının bütün dozlarının diğer uygulama ve doz gruplarına göre toplam yağ miktarının azalmasında etkili olduğu belirlenmiştir. 4. ve 12. ayda kitosan uygulamalarının diğer uygulamalara göre toplam yağ miktarındaki azalmayı engelleyici etki yapmıştır. 16. ay sonunda ise kontrol grubuna kıyasla yapılan bütün kaplama uygulamalarının yaşlanma ile birlikte azalan toplam yağ içeriğinde yavaşlatıcı rol üstlendiği görülmüştür. Her 4 aylık periyotta yapılan analizler sonrası kontrol grubu tohumlarında toplam yağ miktarında 4. ve 8. aylara kıyasla 16. ayda toplam yağ miktarında önemli düşüşler saptanmıştır. Özellikle depolama süresi sonuna doğru tohumda toplam yağ içeriğindeki azalışın önlenmesinde 16. ay kitosan ve kitosan+BHT+BHA

uygulamalarının 3. dozu ile kitosan+propolis uygulamasının 1. dozunun daha etkili olduğu söylenebilir. Çalışma sonuçlarından ayrıca bahsedilen kaplama uygulamalarının yağ sentezinden sorumlu olan enzimleri aktive ederek yağ sentezini teşvik edip, toplam yağ içeriğini arttırmada etkili olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

Doğu kayını tohumları içeriğindeki yağ asitleri nedeniyle yüksek besin değerine sahiptir (Yılmaz, 2008). Bal (2020), Doğu kayını tohumlarının kimyasal kompozisyonunu incelediği çalışmada; 6 farklı Doğu kayını popülasyonundan temin ettiği tohumlarda toplam yağ miktarını %44,89 ile %47,06 arasında tespit etmiştir. Yağ asit bileşimine bakıldığında kullanılan bütün orijinlerin tohumlarında oleik ve linoleik asit içeriğinin en yüksek olduğu görülmüş olup, doymamış yağ asit miktarı doymuş yağ asit miktarına göre daha yüksek belirlenmiştir. Prasad ve Gülz (1989)'ün Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) tohumlarının yağ asit kompozisyonunu incelediği çalışmada; tohumlardaki kuru madde üzerinden toplam yağ miktarının %40,7 olduğunu ve bu nedenle hem gıda olarak tüketiminde hem de endüstriyel amaçla kullanımında iyi bir kaynak olduğunu vurgulamaktadır. Yağ asitleri kompozisyonuna bakıldığında ise linoleik (18:2), oleik (18:1), palmitik (16:0), gadoleik (20:1), linolenik (18:3) ve stearik (18:0) yağ asitlerini daha çok ihtiva ettiği belirtilmiştir. Avrupa kayını tohumlarında yürütülen bir diğer çalışmada ise %25 nem seviyesine sahip olan tohumların toplam yağ içeriğinin kuru madde üzerinden %17,7 olduğu belirlenmiştir. Toplam yağ üzerinden doymamış yağ asitleri miktarının (%88,6) doymuş yağ asitlerinden (%11,4) fazla olduğu belirlenmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde palmitik ve stearik asit baskınken, doymamış yağ asitlerinde oleik, linoleik, alfa linolenik ve gadoleik asit öne çıkmaktadır (Obranovic vd., 2023). Avrupa kayını ile ilgili tohumların kimyasal kompozisyonunun belirlenmesine yönelik çalışmalardan bir diğerinde ise %8,65 nem değerine sahip tohumlarda yapılan analiz sonrasında tohumların %27,25 oranında yağ ihtiva ettiği, toplam yağ içerisinde doymuş yağ asitlerinin oranı %18,1 iken, doymamış yağ asitlerinin ise %81,9 olduğu belirtilmiştir. Yağ asitleri bileşimi incelendiğinde ise doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla tespit edilen yağ asitleri palmitik (C16:0) ve araşidik (C20:0) asittir. Doymamış yağ asitleri içerisinde özellikle omega yağ asitlerinden linoleik ve oleik asitlerin daha baskın olduğu gözlenmiştir (Siger vd., 2017). Doğu kayını tohumlarında yapılan bir diğer çalışmada ise 14 farklı orijinden toplanan tohumların toplam yağ içeriklerinin %44,66 ile %49,07 arasında değiştiğini, en yüksek toplam doymamış yağ asitlerinin %92,02 ile Kahramanmaraş-Andırın popülasyonu tohumlarında mevcut olduğu belirlenmiştir. Palmitik asitin bütün orijinlerde en baskın doymuş yağ asidi olduğu belirtilirken, tekli doymamış yağ asitlerinde oleik asit ve gadoleik asit, çoklu doymamış yağ asitleri kapsamında ise linoleik asit ve hemen ardından az miktarda da olsa alfa-linolenik asit diğer yağ asitlerinden daha fazla bulunmaktadır (Özel vd., 2023). Ghasemnezhad ve Honermeier (2009) çalışmalarında; 4 ay boyunca düşük (4-5 °C) ve yüksek (35 °C) sıcaklıklarda depoladığı yüksek ve düşük oleik asit içeren ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların yağ asit kompozisyonunu araştırmışlardır. Yüksek oleik asit içeren Atomic çeşidinde baskın bir yağ asidi olan oleik asit, depolama süresi uzadıkça önemli ölçüde azalmıştır. Depolama başlangıcındaki %90,6'dan 4 aylık depolamanın ardından

%88,2'ye düşmüştür. Oleik asitteki bu azalma, serbest yağ asidi üretimi ve diğer yağ asitlerine dönüşümle ilişkili olabildiği vurgulanmıştır. Sonuçlar; oleik asidin aksine, serbest yağ asidi içeriğinin depolama sırasında giderek arttığını da göstermektedir. Oleik asidin aksine, depolama sırasında ölçülen diğer yağ asitlerinin içeriğinde nispi bir artış gözlemlenmiştir. Oleik asidin palmitik ve linoleik asitler gibi diğer yağ asitlerine dönüşmesinin, oleik asitte gözlenen azalmanın bir başka olası nedeni olduğu sonucuna varılabilmektedir. Buna karşın, düşük oleik asitli çeşitlerde, baskın yağ asidi olan linoleik asit içeriği depolamanın 4. ayında önemli ölçüde artış göstermiştir. Seyyedi vd. (2018) yağlı tohum olarak bilinen kışık kanola çeşitlerinde hızlandırılmış yaşlanma sonrası tohumlarda yağ asit kompozisyonunun değişimini araştırmışlardır. 12 farklı kanola çeşidinde yaşlanma sonrası oleik asit, linoleik asit ve alfa-linolenik asit miktarında azalışlar olurken, palmitik ve stearik asit miktarında artışlar görülmüştür. Ayrıca, kanola tohumlarında doymamış yağ asitlerinin yüksek olması tohum gücü ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca çalışmada bununla birlikte; doymamışlık derecesi arttıkça yağ asidi direncinin genellikle azaldığı, daha yüksek linoleik ve linolenik asit ve daha düşük oleik asit içeriğine sahip yağların da daha hızlı oksitlendiği belirtilmiştir.

Yürütülen bu araştırmada; Tohumlar hasat edildikten hemen sonra %72,59 doymamış, %23,42 doymuş yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde oransal olarak daha çok palmitik asit ve stearik asit yer alırken, az miktarlarda da behenik ve araşidik asit bulunmaktadır. Doymamış yağ asitleri kompozisyonunda ise tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit %34,39 ve %6,77 oranında ise gadoleik asit tespit edilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit %30,15, α -linolenik asit %3,90 ve %1,14 oranında araşidonik asit belirlenmiştir (Çizelge 5). Kaplama uygulamaları sonrası her dört ayda bir analizi yapılan tohumlarda doymuş ve doymamış yağ asitleri içerisinde baskın olan yağ asitlerinin dönemsel olarak değiştiği saptanmıştır. Kontrol ve uygulama gruplarında doymuş yağ asitleri içerisinde diğer yağ asitlerine nazaran palmitik ve stearik yağ asitleri daha fazla oranda bulunmaktadır. Doymamış yağ asitleri içerisinde ise oleik ve linoleik yağ asitlerinin daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada; toplam doymuş ve doymamış yağ asit miktarındaki değişimlerin tohum muhteviyatındaki baskın olan yağ asitleri miktarındaki dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda özellikle yaşlanma ve depolama süresi ile ilgili olarak bazı yağ asitlerinin miktarında bitki türlerine bağlı olarak değişmekle birlikte artış veya azalışlar meydana gelmektedir. Netice olarak; Doğu kayını tohumları için yağ asit kompozisyonu belirlenmesinde yaşlanma etkilerinin depolama süresi boyunca tespiti irdelenmiş, ancak yağ asitlerinde radikal değişimler gözlenmemiştir. Kitosan ile yapılan kaplama uygulamalarının tohum toplam yağ miktarının düşüşünü yavaşlatmada önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir Bununla birlikte; orman ağacı tohumlarına ilişkin olarak yaşlanma çalışmalarının yetersiz oluşu ve bu çalışma ile benzer özellikte kaplama materyallerinin yaşlanma hasarını yavaşlatıcı ve/veya iyileştirici uygulama çalışmalarının yürütülmemiş olması nedeniyle konunun daha açık ortaya konabilmesi ve anlaşılması için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda; Doğu kayını tohumu depo ömrü tespitinde farklı sıcaklıklar ve

daha uzun süreli depolama üzerine araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Finansal Destek

Bu araştırma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü tarafından KU-BAP01/2021-21 ve KU-HIZDES/2021-06 nolu projeler kapsamında finanse edilmiştir.

Teşekkür

Şeyma Selin Akın, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Ormancılık Programında Yükseköğretim Kurulu'nun 100/2000 bursuyla ve TÜBİTAK 2211/A yurtiçi genel doktora bursu ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1972. Pysiological and biochemical deterioration of seeds, seed biology (Ed. By Kozlowski, T.T.), Academic Press, New York, Vol 2: 283-315.
- Adiletta, G., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Mastrobuoni, F., Scortichini, M., Petriccione, M., 2018. Chitosan coating: A postharvest treatment to delay oxidative stress in loquat fruits during cold storage. *Agronomy*, 8(4), 54.
- Akhila, A., Sarada, B., Rani, P.U., 2012. Study on the effect of aging on the essential oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of Essential Oil Research*, 24(2), 195-199.
- Akın, Ş.S., Ayan, S., 2024. Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin tohum nemi ve elektriksel iletkenlik üzerine etkisi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 110-118.
- Anonim, 1990. Fatty acids in oil and fats. AOAC Official Methods of Analysis, 15. Edition, Helrich, K. Ed. Vol:2; 963-964, Virginia.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC.
- Arı, F., 2016. Kaz etinin depolama stabilitesi üzerine nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Arslan, G., 2011. Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen tereyağının raf ömrü üzerine çeşitli antioksidanların (alfa-tokoferol, BHA, BHT) etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ayan, S., Bugday, E., Varol, T., Ozel, H.B., Thurm, E.A., 2022. Effect of climate change on potential distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the twenty-first century in Turkey. *Theor Appl Climatol* 148, 165–177.
- Ayan, S., Yılmaz, E., 2023. Orman ağaçlarında biyotik stres faktörleri. 1. Bölüm, p.1-18, İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi. Editor: Ayan, S., Palme Publishing, ISBN: 978-625-6441-88-0, Publishing No: 2586, Ankara.
- Ayan, S., Akın, Ş.S., 2023. Orman ağacı tohumlarında reaktif stres faktörleri ve etkileri. 4. Bölüm, p. 53-72, İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi) Editor: Ayan, S., Palme Publishing, ISBN: 978-625-6441-88-0, Publishing No: 2586, Ankara.

- Atay, İ., 1987. Doğal gençleştirme yöntemleri I-II. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İÜ Yayın, 3461.
- Atalay, İ., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanlarının ekolojisi ve tohum transferi yönünden bölgelere ayrılması. Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, Yayın no:5.
- Bal, E., 2020. Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) popülasyonlarının tohum kimyasal kompozisyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Balešević-Tubić, S., Tatic, M., Miladinovic, J., 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. *Helia*, 28(42), 107-114.
- Balešević-Tubić, S., Djordjevic, V., Marinković, R., Balešević, M., 2007. Changes of oil quality during storage of soybean seed. *Journal of Agricultural Sciences*, 52(2), 163-171.
- Barrera, E., Gil, J., Restrepo, A., Mosquera, K., Durango, D. (2015). A coating of chitosan and propolis extract for the postharvest treatment of papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiiiana). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(2), 7667-7678.
- Bewley, J.D. and Black, M., 1982. Viability, Dormancy and Environmental Control. In "Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination". 2,375.
- Bradford, K. J., Cohn, M.A., 1998. Seed biology and technology: At the crossroads and beyond. Introduction to the symposium on seed biology and technology: Applications and advances and a prospectus for the future. *Seed Science Research*, 8(2), 153-160.
- Büyükyılmaz, N., 2018. Sentetik antioksidanların bitkisel yağların oksidatif ve termal stabilizesine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Genes, F., Nyomora, A., 2018. Effect of storage on germination and vigour of maize seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(9), 1933-1938.
- Ghasemnezhad, A., Honermeier, B., 2009. Influence of storage conditions on quality and viability of high and low oleic sunflower seeds. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 39-48.
- Guan, Y. J., Hu, J., Wang, Xian, j., Shao and Chen-xia., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 10(6), 427-433.
- Güler, M., 2021. Aspir tohumlarında yaşlanma hasarını azaltmak için priming uygulamalarının etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta.
- Güney, D., Bak, Z. D., Aydınoglu, F., Turna, I., Ayaz, F. A., 2013. Effect of geographical variation on the sugar composition of the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(2), 221-230.
- Harrington, J.F., 1973. Biochemical Basis of Seed Longevity. In Proceedings.
- IPCC, 2011. Summary for Policymakers, in: Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, paper no: 4, Cambridge University Press, USA.
- İlbi H., Eser, B., 2004. Tohum uygulamalarının soğan tohumlarında yaşlanmaya etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 39-48.
- Karre, E. A., 2009. An overview of some natural antioxidants used in meat and poultry products. Kansas State University. Manhattan, Kansas.
- Kaya, G., 2008. Tohum uygulamaları (priming)'nın tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2), 53-62.
- Kindle, H., 1987. β -Oxidation of fatty acids by specific organelles. In: Stumpf PK and Conn EE (Editors): *The Biochemistry of Plants. 9, Lipids: Structure and Function*, chapter 2. San Diego, California: Harcourt Brace Jovanovich publishing company, 31-53.
- Kumar, T. P., Asha, A. M., Maruthi, J. B., Vishwanath, K., 2014. Influence of seed treatment chemicals and containers on seed quality of marigold during storage. *The Bioscan*, 9(3), 937-942.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., Narsaiah, K., 2015. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 796-812.
- Malik, C.P., 2013. Seed deterioration: a review. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 2(3), 374-385.
- Mengistu, F. G., Wegayehu, G., 2023. Effects of seed ageing on germination and oil content in Ethiopian black cumin varieties. Preprints, 2023080917.
- Obranovic, M., Kraljic, K., Skevin, D., Balbino, S., Tomljanović, K., 2023. Chemical profile of cold pressed beech nut (*Fagus sylvatica* L.) oil. *Nutraceuticals*, 4(1), 94-103.
- OGM, 2024. Türkiye Orman Varlığı 2020, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara. Erişim tarihi: 24.04.2024. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varlig%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>
- Önder, S., 2018. Hızlandırılmış yaşlanma sonrası aspir tohumlarında meydana gelen biyokimyasal değişiklikler. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Özel, H.B., Ayan, S., Onat, S.M., 2023. The oil content and fatty acid composition of *Fagus orientalis* L. seeds from different populations in Turkey. *Dendrobiology*, 90, 39-46.
- Pereira, A.L.F., Vidal, T.F., Teixeira, M.C., Oliveira, P.F.D., Pompeu, R.C.F.F., Vieira, M.M.M., Zapata, J.F.F., 2011. Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage. *Food Science and Technology*, 31, 135-140.
- Prasad, R.B.N., Gülz, P.G., 1989. Composition of lipids of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed oil. *Zeitschrift fuer Naturforschung C*, 44(9-10), 735-738.
- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri). İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları. İÜ Yayın No. 1429, Trabzon.
- Seyyedi, S. M., Afshari, R. T., Daneshmandi, M. S., 2018. The relationships between fatty acids and heterotrophic seedling growth in winter canola cultivars during accelerated seed

- aging process. South African Journal of Botany, 119, 353-361.
- Shiekh, R. A., Malik, M. A., Al-Thabaiti, S. A., Shiekh, M. A., 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. Food Science and Technology Research, 19(2), 139-155.
- Siger, A., Dwiecki, K., Borzyszkowski, W., Turski, M., Rudzińska, M., Nogala-Kałucka, M., 2017. Physicochemical characteristics of the cold-pressed oil obtained from seeds of *Fagus sylvatica* L. Food chemistry, 225, 239-245.
- Silva-Castro, I., Diez, J. J., Martín-Ramos, P., Pinto, G., Alves, A., Martín-Gil, J., Martín-García, J., 2018. Application of bioactive coatings based on chitosan and propolis for *Pinus* spp. protection against *Fusarium circinatum*. Forests, 9(11), 685.
- Šimić, B., Popović, R., Sudarić, A., Rozman, V., Kalinović, I., Ćosić, J., 2007. Influence of storage condition on seed oil content of maize, soybean and sunflower. Agriculturae Conspectus Scientificus, 72(3), 211-213.
- Suner, A., 1977. Düzce, Cide ve Akkuş mntıklarında saf Doğu kayını meşcerelerinin doğal gençleştirme sorunları üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları teknik bülten serisi, no:107. Ankara.
- Şenol Yazkan, S.N., 2022. Kestane propolisinden bioaktif bileşik ekstraksiyon proseslerinin yüzey yanıt yöntemi ile optimizasyonu ve ekstraktların karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Tang, S., Kerry, J. P., Sheehan, D., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. Food research international, 34(8), 651-657.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bardford, K. J., Burris, J. S., Misra, M. K., 1998. Seed Enhancements, Seed Sc. Res., 8, 245-256.
- Tian, F., Chen, W., Fan, G., Li, T., Kou, X., Wu, C. E., Wu, Z., 2019. Effect of *Ginkgo biloba* seed exopleura extract and chitosan coating on the postharvest quality of ginkgo seed. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(6), 3124-3133.
- Tripathi, P., Dubey, N., 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32(3), 235-245.
- Wanasundara, U. N.; Shahidi, F., 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. Food Chemistry, 63(3),335-342.
- Yao, H., Tian, S., 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. Postharvest Biology and Technology, 35(3), 253-262.
- Yılmaz, M., 2005. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarının fizyolojisi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, M., 2008. Three-year storage of oriental beechnuts (*Fagus orientalis* Lipsky). European Journal of Forest Research, 127(5), 441-445.
- Zeng, D., Luo, X., 2012. Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. Open Journal of Soil Science, 2(03), 282.

Ekler

Ek1. Kaplama sonrası Doğu kayını tohumlarının yağ asit kompozisyonu

4. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,5 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,5 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,5 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,27	0,28	0,26	0,28	0,26	0,26	0,29	0,26	0,28	0,28
C16:0	19,57	20,19	19,14	19,24	18,94	19,19	21,48	18,96	20,37	19,85
C17:0	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,09	0,11	0,11
C18:0	5,32	5,25	5,44	6,22	5,84	7,31	4,57	4,87	5,89	5,06
C20:0	1,29	1,32	1,29	1,21	1,18	1,51	1,33	1,17	1,15	1,18
C22:0	1,36	1,38	1,40	1,30	1,30	1,50	1,28	1,15	1,28	1,22
Σ DYA	27,92	28,55	27,64	28,34	27,62	29,87	29,06	26,51	29,09	27,71
C16:1	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12
C18:1	26,55	25,50	26,82	26,89	26,90	25,00	25,68	26,63	25,27	26,48
C20:1	5,73	6,11	5,87	5,14	5,62	6,07	5,82	5,90	5,36	5,57
Σ TD _{ms} YA	32,41	31,73	32,81	32,15	32,63	31,20	31,62	32,65	30,74	32,16
C18:2	33,63	33,58	33,76	34,61	34,08	32,82	33,06	34,63	34,53	34,73
C18:3	6,04	6,15	5,80	4,90	5,66	6,11	6,25	6,21	5,63	5,40
Σ ÇD _{ms} YA	39,67	39,73	39,56	39,51	39,74	38,93	39,31	40,84	40,16	40,13
Σ D _{ms} YA	72,08	71,45	72,37	71,66	72,37	70,13	70,93	73,49	70,90	72,29
8. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C10:0	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,33	0,51	0,33	0,35	0,34	0,35	0,32	0,34	0,33	0,36
C16:0	20,06	20,23	21,07	20,73	20,28	21,02	20,07	20,08	20,37	20,36
C17:0	0,15	0,19	0,13	0,13	0,15	0,16	0,13	0,14	0,15	0,15
C18:0	9,50	9,08	8,99	9,09	9,38	9,30	9,12	9,49	9,46	9,45
C20:0	1,82	1,80	1,64	1,68	1,74	1,75	1,71	1,81	1,79	1,82
C21:0	0,08	0,15	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
C22:0	2,29	2,18	2,17	2,19	2,17	2,22	2,14	2,23	2,25	2,36
C23:0	0,08	0,05	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09
C24:0	0,41	0,44	0,35	0,36	0,36	0,25	0,37	0,39	0,37	0,39
Σ DYA	34,71	34,64	34,85	34,70	34,58	35,23	34,03	34,67	34,91	35,07
C16:1	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,14
C18:1	26,95	26,38	26,35	26,32	27,19	25,76	27,06	26,93	26,74	26,34
C20:1	6,40	6,21	6,10	6,36	6,38	6,59	6,35	6,38	6,41	6,20
C24:1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08
Σ TD _{ms} YA	33,60	32,82	32,68	32,90	33,77	32,57	33,64	33,55	33,39	32,75
C18:2	24,25	24,70	24,86	24,90	23,92	24,14	24,38	24,05	24,30	24,75
C18:3	6,14	6,29	6,38	6,17	6,49	6,69	6,69	6,43	6,15	6,20
C20:3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C20:4	1,29	1,24	1,22	1,32	1,23	1,37	1,25	1,29	1,24	1,22
Σ ÇD _{ms} YA	31,69	32,24	32,47	32,40	31,65	32,20	32,33	31,78	31,70	32,18
Σ D _{ms} YA	65,29	65,06	65,15	65,30	65,42	64,77	65,97	65,33	65,09	64,93

Ek1. Devamı

12. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C12:0	TE	0,01	TE	0,01	0,01	0,01	0,01	TE	0,01	0,02
C14:0	0,22	0,25	0,25	0,22	0,24	0,26	0,22	0,26	0,25	0,29
C16:0	16,51	17,92	17,09	16,26	16,71	17,10	17,00	17,78	16,66	18,70
C17:0	TE	0,11	TE	0,10	0,10	0,10	0,09	0,13	0,10	0,13
C18:0	6,91	6,83	6,86	7,00	6,78	6,83	6,76	7,13	6,89	7,34
C20:0	1,13	1,07	1,04	1,14	1,03	1,07	1,03	1,02	1,13	1,04
C21:0	0,08	0,06	TE	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,04
C22:0	2,12	1,69	1,44	1,59	1,52	1,42	1,48	1,73	1,48	1,44
C23:0	0,09	0,05	TE	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06
C24:0	0,29	0,24	0,21	0,26	0,29	0,27	0,31	0,18	0,21	0,25
Σ DYA	27,36	28,23	26,90	26,76	26,82	27,18	27,04	28,34	26,86	29,31
C16:1	0,15	0,33	0,08	0,15	0,18	0,14	0,15	0,25	0,15	0,19
C18:1	31,39	30,94	32,76	31,19	32,01	31,48	31,61	30,88	30,90	29,80
C20:1	6,44	5,94	6,39	7,24	6,42	6,17	6,30	5,45	6,52	5,88
C24:1	TE	TE	TE	0,08	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Σ TD _{ms} YA	37,98	37,21	39,24	38,65	38,60	37,80	38,06	36,58	37,57	35,87
C18:2	29,12	29,29	30,03	29,07	29,82	30,18	30,02	30,59	30,57	29,99
C18:3	3,66	3,78	3,83	4,18	3,63	3,69	3,68	3,32	3,77	3,41
C20:4	1,88	1,49	TE	1,34	1,13	1,15	1,20	1,17	1,23	1,42
Σ CD _{ms} YA	34,66	34,56	33,86	34,59	34,58	35,02	34,90	35,08	35,57	34,82
Σ D _{ms} YA	72,64	71,77	73,10	73,24	73,18	72,82	72,96	71,66	73,14	70,69
16. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C8:0	TE	0,005	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
C10:0	TE	0,002	0,001	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,29	0,44	0,27	0,26	0,33	0,26	0,32	0,27	0,27	0,26
C16:0	19,69	19,10	18,77	18,54	19,53	18,17	19,27	18,60	19,12	18,62
C17:0	0,12	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11
C18:0	7,90	7,60	7,74	7,50	7,99	7,74	7,61	7,31	8,11	7,56
C20:0	1,31	1,32	1,37	1,31	1,38	1,33	1,28	1,23	1,38	1,31
C21:0	0,09	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
C22:0	1,73	1,75	1,77	1,74	1,79	1,77	1,67	1,64	1,76	1,73
C23:0	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
C24:0	0,35	0,34	0,35	0,36	0,37	0,36	0,36	0,35	0,36	0,35
Σ DYA	31,56	30,85	30,55	29,98	31,70	29,92	30,81	29,66	31,29	30,11
C16:1	0,19	0,18	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,16	0,14
C18:1	27,52	27,51	27,98	28,21	27,15	28,69	28,10	28,93	28,26	28,03
C20:1	6,42	6,52	6,53	6,64	6,43	6,52	6,28	6,36	6,19	6,66
C24:1	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08
Σ TD _{ms} YA	34,18	34,28	34,74	35,10	33,82	35,46	34,60	35,51	34,69	34,91
C18:2	28,52	28,92	28,59	28,93	28,60	28,86	29,01	29,12	28,44	29,10
C18:3	4,48	4,60	4,81	4,65	4,55	4,48	4,34	4,41	4,35	4,55
C20:3	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09
C20:4	1,18	1,26	1,22	1,26	1,24	1,20	1,14	1,21	1,16	1,24
Σ CD _{ms} YA	34,26	34,87	34,71	34,92	34,48	34,62	34,59	34,83	34,02	34,98
Σ D _{ms} YA	68,44	69,15	69,45	70,02	68,30	70,08	69,19	70,34	68,71	69,89