



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİNİN FINDIK OLEOZOMLARI
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

TUĞÇE ERKAYIRAN ERDUVAN

EYLÜL 2024

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİNİN FINDIK OLEOZOMLARI ÜZERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

TUĞÇE ERKAYIRAN ERDUVAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Eylül 2024

Tuğçe ERKAYIRAN (ERDUVAN) tarafından **Doç. Dr. Hakan ERİNÇ** danışmanlığında hazırlanan “**Farklı Kurutma Tekniklerinin Fındık Oleozomları Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Sinan ÇOLAKOĞLU
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Safa KARAMAN
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Hakan ERİNÇ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Mustafa KARATEPE
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tuğçe ERKAYIRAN ERDUVAN

ÖZET

FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİNİN FINDIK OLEOZOMLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ERKAYIRAN ERDUVAN, Tuğçe
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Eylül 2024, 45 sayfa

Bu çalışmada, kavrulmamış fındıklardan elde edilen oleozomlar öncelikle yağ ve protein içerikleri ile kremleşme stabilitesi (pH 2-11) açısından karakterize edilmiştir. Analizler sonucunda fındıktan elde edilen oleozomların yağ içeriği 87.45 ± 0.36 ve protein içeriği 1.65 ± 0.06 olarak belirlenmiştir. Oleozomların pH 7'de agregasyona/kremleşmeye karşı direnç gösterdikleri ancak daha yüksek ve daha düşük pH değerlerinde kararsız oldukları tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, oleozomlar maltodekstrin ile karıştırıldıktan sonra iki farklı yöntemle (püskürtülerek ve dondurularak) kurutulmuştur. Kurutulmuş oleozomlarda yapılan sindirilebilirlik analizi kurutulan örneklerin sindirilebilirlik açısından kontrol örneğinden daha iyi olduğunu, oksidatif stabilite analizleri ise dondurularak kurutulan oleozomların, kontrol örneğiyle benzer oksidatif stabilite sonuçları sergilediğini ve püskürtme ile kurutulan örneklerin sıcaklık etkisiyle önemli ölçüde okside olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Oleozom, Ph, kremleşme, ekstraksiyon, püskürtme ile kurutma, dondurularak kurutma, oksidatif stabilite, sindirilebilirlik

SUMMARY

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING TECHNIQUES ON HAZELNUT OLEOSOMES

ERKAYIRAN ERDUVAN, Tuğçe
Niğde Ömer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Hakan ERİNÇ

September 2024, 45 pages

In this study, oleosomes obtained from raw hazelnuts were primarily characterized in terms of their fat and protein contents, as well as creaming stability (pH 2-11). The analyses revealed that the fat content of the oleosomes obtained from hazelnuts was $87.45\pm 0.36\%$ and the protein content was $1.65\pm 0.06\%$. It was determined that the oleosomes were resistant to aggregation/creaming at pH 7 but were unstable at higher and lower pH values. In the second phase of the study, the oleosomes were mixed with maltodextrin and then dried using two different methods (spray drying and freeze drying). The digestibility analysis of the dried oleosomes showed that the dried samples had better digestibility than the control samples, while the oxidative stability analyses indicated that the freeze-dried oleosomes exhibited similar oxidative stability results to the control samples, and the spray-dried samples were significantly oxidized due to the effect of heat.

Keywords: Oleosome, pH, creaming, extraction, spray drying, freeze drying, oxidative stability, digestibility

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinden son aşamasına gelene kadar önüme çıkan her sorunun aşılmasında bilgi, birikim ve değerli tecrübeleri ile bana yol gösteren, kıymetli vaktini ayırarak yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ERİNÇ'e,

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarına başvurduğum Sayın Arş. Gör. Hamza ALAŞALVAR'a, Arş. Gör. Mehmet YETİŞEN ve Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri'ne,

Tezimin her aşamasında benden maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve daima destekçim olan eşim Yusuf Can ERKAYIRAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: TGT 2020/8-BAGEP). Projeye destek sağlayan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM II	3
KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Fındık	3
2.2 Oleozomların Yapısı	4
2.2.1 Trigliserol	5
2.2.2 Proteinler.....	6
2.2.2.1 Oleosin.....	6
2.2.2.2 Kaleosin ve steroleosin	7
2.2.3 Fosfolipitler.....	9
2.3 Oleozom Ekstraksiyon Yöntemleri.....	10
2.4 Oleozomların Stabilitesi	11
2.5 Oleozomların Gıda Endüstrisindeki Önemi.....	13
BÖLÜM III	16
MATERYAL VE METOT	16
3.1 Materyal	16
3.2 Metot.....	16
3.2.1 Oleozom ekstraksiyonu	16
3.2.2 Oleozomlarda yapılan analizler	17
3.2.2.1 Yağ ve protein tayini	17
3.2.2.2 Yağ asidi kompozisyonu analizi	17
3.2.2.3 Oleozomların kremleşmeye karşı stabiliteleri	17
3.2.2.4 Renk tayini	18

3.2.2.5 Oleozomların sürülebilirlik özellikleri belirlenmesi.....	19
3.3 Oleozomların Kurutulması	19
3.4 Kurutulmuş Örneklerde Yapılan Analizler.....	20
3.4.1 Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri.....	20
3.4.2 FTIR.....	20
3.4.3 Sindirim uygulaması.....	21
3.4.4 Oksidasyon parametrelerinin belirlenmesi	21
3.4.5 Nem tayini	21
3.4.6 Su aktivitesi analizi.....	22
3.5 İstatistiksel Analizler	22
BÖLÜM IV.....	23
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1 Oleozomlarda Yapılan Analizler	23
4.1.1 Oleozomların yağ ve protein içeriği	23
4.1.2 Yağ asidi kompozisyonu.....	23
4.1.3 Oleozomların kremleşme stabilizörleri.....	24
4.1.4 Renk tayini.....	25
4.1.5 Oleozomların sürülebilirlik özellikleri belirlenmesi.....	25
4.2 Kurutulmuş Oleozomlarda Yapılan Analiz Sonuçları	25
4.2.1 Taramalı elektron mikroskobu.....	25
4.2.2 FT-IR	27
4.2.3 Sindirim analizi sonuçları	29
4.2.4 Kurutulmuş oleozomların oksidasyon analizleri sonuçları.....	29
4.2.5 Kurutulmuş örneklerin nem ve su aktivitesi analiz sonuçları.....	30
BÖLÜM V	31
SONUÇ.....	31
KAYNAKLAR	33
ÖZ GEÇMİŞ.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Fındık ve oleozom yağlarının yağ asidi kompozisyonları.....	24
Çizelge 4.2. Farklı pH değerlerindeki oleozom süspansiyonlarının kremleşme ve serum stabilitesi.....	25
Çizelge 4.3. Kurutulmuş oleozomların sindirilebilirlik, peroksit sayısı ve TBA değerleri	29
Çizelge 4.4. Nem tayini analiz sonuçları	30



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Oleozomun yapısı	5
Şekil 2.2. Oleosinin yapısı	7
Şekil 2.3. Kaleosinin yapısı	8
Şekil 2.4. Steroleosinin yapısı.....	9
Şekil 3.1. Santrifüjleme sonrası oleozom eldesi	17
Şekil 3.2. Oleozomların kremleşmeye karşı stabilite analizi	18
Şekil 3.3. Püskürtmeli kurutma işleminin şematik gösterimi	19
Şekil 4.1. Liyofilizater ile kurutulmuş oleozomların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri A: 1.00 K X , B: 250 X büyütme.....	26
Şekil 4.2. Püskürtülerek kurutulmuş oleozomların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri A: 1.00 K X, B: 500 X büyütme.....	27
Şekil 4.3. Kurutulmuş oleozomların FT-IR spektrumları, A: Liyofilizatör ile kurutulmuş, B: Püskürtülerek kurutulmuş	28

BÖLÜM I

GİRİŞ

Fındıkta dahil olmak üzere yağlı bitki tohumları, oleozomlar olarak adlandırılan doğal olarak önceden emülsifiye edilmiş yapılar içerir (Waschatko vd., 2012). Oleozomlar, yağlı tohumlarda ve meyvelerde bol miktarda bulunan mikron boyutlu (0,3–20,0 µm) lipit depolama yapılarıdır. Bu yapılar aynı zamanda badem, fıstık, kabak çekirdeği, pirinç kepeği, soya fasulyesi ve fındık gibi ürünlerde de bulunur (Abdullah vd., 2020; Dave vd., 2019; Iwanaga vd., 2007).

Oleozomlar, protein ve lipit içeriği açısından zengin olmaları nedeniyle bitkisel gıda kaynakları arasında en umut verici sürdürülebilir kaynaklardan biri olarak öne çıkmaktadır (Lopez vd., 2021). Oleozomların yüksek emülsiyon kapasitesi, düşük toksisite potansiyeli ve biyolojik uyumluluğu gibi özellikleri, doğal ürün elde etme açısından önemli bir kaynaktır (Abdullah vd., 2020; Ntone vd., 2023). Aynı zamanda oleozomlar önümüzdeki dönemde bitki bazlı gıda ürünlerinin gelişimini yönlendirmede önemli bir potansiyele sahiptir (Kara vd., 2024).

Fosfolipitleri ve bazı proteinleri (oleosinler, kaleosinler ve steroleosinler gibi) içeren oleozomlar, trigliserol (TAG) çekirdeğini çevreleyen bir protein tabakasından oluşur (Abdullah vd., 2020). Bu proteinlerin oleozom arayüzündeki düzeni, onları hidrofilik hale getirir ve bu nedenle su kullanılarak ekstrakte edilebilirler (Nikiforidis ve Kiosseoglou, 2009). Ayrıca bu protein yapılar, oleozomları çevresel etkilerden koruyarak çeşitli gıda uygulamaları için uygun hale getirmektedir (Nikiforidis, 2019; Abdullah vd., 2020; Pereira vd., 2022). Bu anlamda oleozomların biyoaktif bileşenleri kapsülleme, lipit oksidasyonunu inhibe etme, taklit süt ürünleri hazırlama ve yenilebilir fonksiyonel filmler üretme gibi geniş uygulama alanlarının olması (Iwanaga vd., 2007; Maurer vd., 2016; Abdullah vd., 2020) gıda sanayi için oldukça önemlidir.

Bazı koşullar altında oleozomlarda önemli ölçüde agregasyon ve flokülasyon görülebilir. Ayrıca oleozomlar, yapılarındaki çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle ışık, oksijen veya nemle temas ettiklerinde lipit oksidasyonuna karşı son derece duyarlı

hale gelirler (Zaaboul vd., 2022). Bunu önlemek için, oleozomlar mikrokapsüle edilirler (Bakry vd., 2016).

Maltodekstrin (MD); yüksek çözünürlüğü, yüksek katı konsantrasyonunda düşük viskozitesi, düşük maliyeti ile nötr tat ve renk özellikleri nedeniyle biyoaktif maddelerin mikrokapsülasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fongin vd. (2017), kuruma ve depolama sırasında MD eklemenin çekirdek malzemenin mikrokapsülasyon verimini ve oksidasyon stabilitesini artırabileceğini açıklamışlardır. Mohona ve Pradyuman (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, MD'nin frenk üzümü tohum yağının kapsülasyonunda bozulmayı önlemek ve biyoaktif maddelerin raf ömrünü uzatmak için etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Oleozomların çeşitli uygulamaları incelenmiş olsa da, püskürterek ve dondurarak kurutma işlemine tabi tutulması ve karşılaştırılması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sunulan bu araştırmada, çiğ fındıklardan su ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen oleozomlar, karakterize edildikten sonra maltodekstrin ile karıştırılmış ve iki farklı yöntemle (püskürterek-liyofilizasyon) kurutulmuştur. Bu çalışmanın temel amaçları, kurutulmuş oleozomların sindirilebilirliğini ve oksidatif stabilitesini değerlendirmek ve bu şekilde oleozomların gıda olarak çok yönlü kullanımına katkıda bulunmaktır.

BÖLÜM II

KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Fındık

Fındık bitkisi, Betulaceae ailesi içinde bulunan ve Fagales takımına ait bir türdür. *Corylus* cinsine ait olan bu bitkinin meyvesi, sert kabuğu ve uzun ömrüyle dikkat çeker (Kayalak, 2009). Ekonomik açıdan önemli olan ve ticari olarak yetiştirilen fındık çeşitleri arasında *Corylus avellana* L. (Adi fındık), *Corylus colurna* L. (Türk fındığı) ve *Corylus maxima* Mill. (Lambert fındığı) bulunmaktadır. Fındığın kültür çeşitleri; Türkiye, İtalya, İspanya, ABD, Şili, Çin, İran, Yunanistan, Fransa, Azerbaycan, Rusya ve Gürcistan'da yetiştirilmektedir (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2017).

Türkiye'de yetiştirilen farklı fındık örneklerinin protein içeriğinin %11,7-20,8, yağ içeriğinin ise %56,07-68,52 aralığında değiştiği görülmektedir (Köksal vd., 2006).

Fındık, suda eriyen vitaminlerden yağda eriyen vitaminlere kadar geniş bir yelpazede zengin bir besin kaynağıdır. Özellikle yağda çözünen ve güçlü bir antioksidan olan E vitamini açısından zengin olmasıyla bilinir (Alasalvar vd., 2006; Crews vd., 2005; Köksal vd., 2006; Savage vd., 1997). Ayrıca fındık kalorisiz olarak tanımlanan fitokimyasallar ve fenolik bileşikler gibi doğal biyoaktif bileşikleri içermektedir (Alasalvar ve Shahidi, 2009).

Dünya fındık üretiminde öncü konumda bulunan ülkelerin üretim alanlarına ilişkin verilere göre; Türkiye, 744 bin hektarlık alanıyla birinci sırayı almakta olup, İtalya 85 bin hektarlık alanıyla ikinci sırada yer almaktadır. Ayrıca, Azerbaycan 52 bin hektarlık alanda üçüncü, İran ve ABD ise her ikisi de 27 bin hektarlık alanla dördüncü ve beşinci sıralarda yer almaktadır (FAO, 2024). Ülkemiz, fındık üretiminde sadece miktar bakımından değil, aynı zamanda kalite açısından da lider konumunu korumaktadır. Yapılan araştırmalar, Türkiye'de yetiştirilen fındıkların özellikle İtalya ve Amerika'da yetiştirilenlere kıyasla daha üstün kaliteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Li ve Parry, 2011; Şahin vd., 2022).

Türkiye, fındık bitkisi açısından oldukça zengin bir çeşitliliğe ev sahipliği yapmaktadır. Ülkemizde fındıkla ilgili önemli yabancı çeşitler ve kültür türleri bulunmaktadır (Sıray ve Akçay, 2010). Türkiye'de tanımlanan 21 standart fındık türü arasında; Tombul, Palaz, Çakıldak, Foşa, Mincane, Uzunmusa, Cavcava, Kargalak, Kan, Kalinkara, İncekara, Sivri, Kuş, Acı, Karafındık, Yassı Badem, Yuvarlak Badem, Allahverdi, İkiz, Ham ve Hanım çeşitleri bulunmaktadır (Keşap Ziraat Odası, 2022; Ustaoglu, 2009; Balık, 2007). Bu fındık türleri, fiziksel özellikleri, yağ ve protein içerikleri ve yetiştirildikleri coğrafi bölgelere göre farklılık göstermektedirler.

Ülkemizde 2023 yılında, fındık ekim alanı 7 milyon 467 bin dekar olarak tespit edilmişken, fındık hasat miktarı ise 650 bin ton olarak belirlenmiştir. Üretim alanı 2012 yılında 7 milyon 14 bin dekar iken üretim 660 bin tondur. 2012-2023 dönemi göz önünde bulundurulduğunda; üretim alanında %6'lık bir artış söz konusu iken üretim miktarında %56'lık bir artış meydana gelmiştir. Türkiye'de 2022 yılında 765 bin ton olarak gerçekleşen fındık üretimi, 2023 yılında bir önceki yıla göre %1,9 oranında azalarak 750 bin ton olmuştur. (TÜİK, 2023).

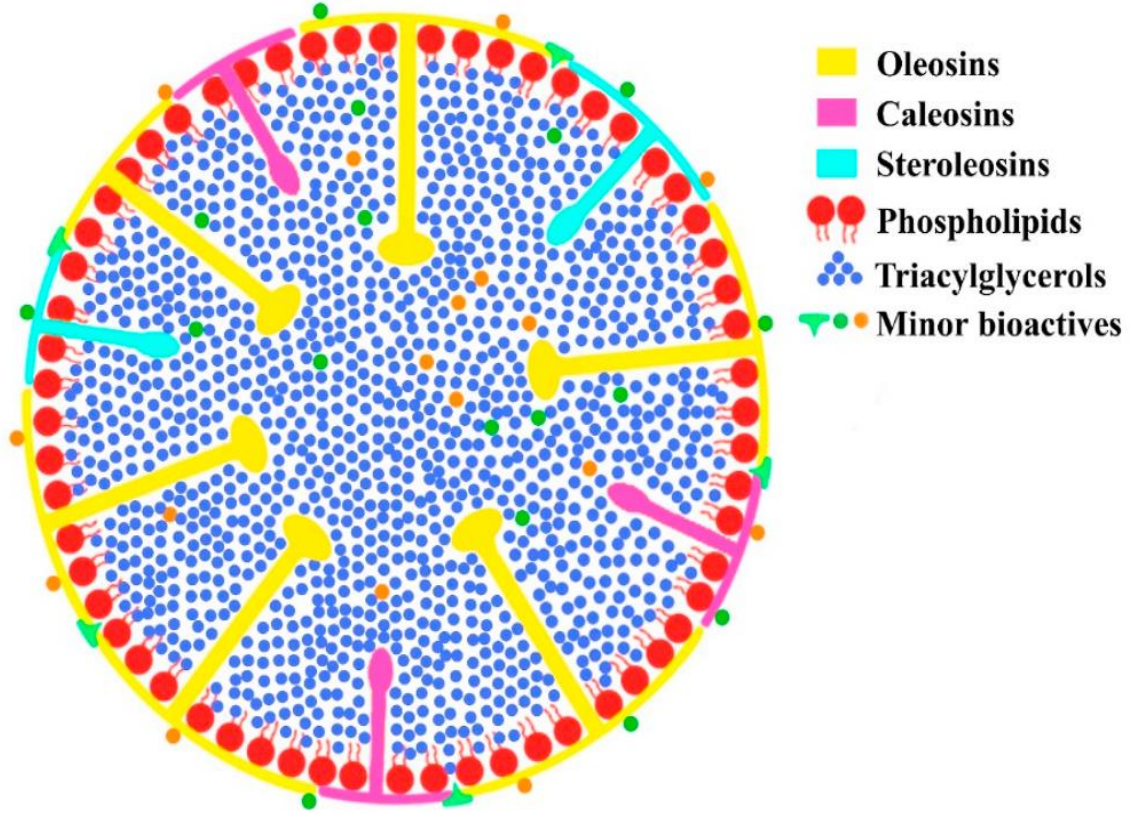
2023 yılında fındık üretimi verilerinde göre Türkiye'de, Ordu 240 bin tonluk üretimle birinci sırada yer alırken, Samsun 112 bin tonluk üretimle ikinci sırada ve Sakarya ise 98 bin tonluk üretimle üçüncü sırada bulunmaktadır (TÜİK,2023).

Fındık ülkemizde ekonomik açıdan oldukça büyük öneme sahip olması sebebiyle, bu çalışmada oleozom eldesi için fındık kullanımı tercih edilmiştir.

2.2 Oleozomların Yapısı

Oleozomlar, TAG çekirdeğini çevreleyen, protein ve fosfolipit bileşenlerinden oluşan bir zarla kaplanmış yapılar olarak tanımlanmaktadır. Ortalama çapı 0,2–2,5 µm aralığında değişen küresel şekle sahiptirler (Pasaribu vd., 2017). Oleozom içerisindeki trigliserit yapısı nedeniyle, bu yapıyı çevreleyen proteinlerin iç kısmı lipofilik, dış kısmı ise hidrofilik özellik sergilemektedir (Nikiforidis ve Kiosseoglou, 2009). Bu özellik, oleozomların emülsiyon tipi birçok üründe kullanım potansiyelini arttırmaktadır. Ayrıca yapısı sayesinde oleozomların ve oleozomlardaki trigliseritlerin ekstraksiyonu hekzan ve dietil eter gibi toksik kimyasallar kullanmak yerine su ile gerçekleştirilebilmektedir.

Oleozomlar; TAG'ler, fosfolipitler ve bazı proteinler de (oleosinler, kaleosinler, steroleosinler) dahil olmak üzere üç ana bileşenden oluşur (Şekil 2.1) (Lin vd., 2005).



Şekil 2.1. Oleozomun yapısı (Abdullah vd. 2020)

2.2.1 Trigliserol

Yağlı tohumların, çimlenme ve ardından fidelerin büyümesi için enerji kaynağı olarak trigliserol depoladıkları bildirilmiştir (Lin vd., 2005).

Oleozomlar, bitkisel hücrelerin içinde bulunan ve trigliseroller, sterol esterler ve mumlar gibi hücresel yağ taneciklerini içeren bir lipit çekirdeğe sahiptir. Bu yağ tanecikleri arasında özellikle trigliseroller yoğun bir şekilde bulunur ve gıda endüstrisi için depolama amacıyla zengin bir yağ kaynağı sağlamaktadırlar (Nikiforidis vd., 2013). Yapılan son çalışmalarda (Zaaboul vd., 2018), yer fıstığı oleozomlarının lipit bileşimi incelenmiş olup, trigliserollerin en baskın bileşen olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik ve behenik asit gibi yağ asitlerinin

de önemli miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Ding vd. (2020), yaptıkları çalışma sonucunda soya fasulyesi oleozomlarının kuru ağırlık bazında %91,92 lipit, %7,85 protein ve %0,80 fosfolipit bileşimine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

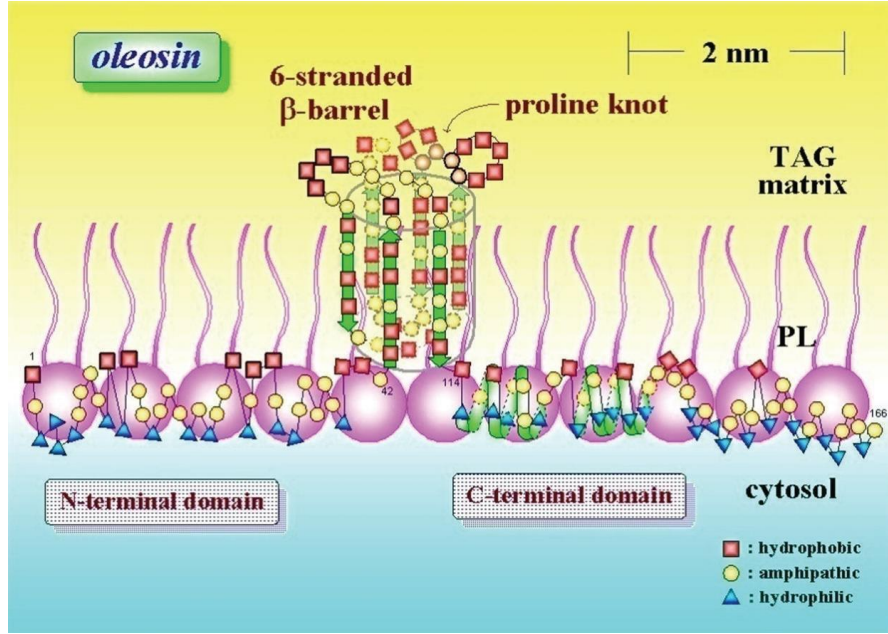
2.2.2 Proteinler

Oleozomlar, trigliserollerin yanı sıra fosfolipitler ve proteinlerden oluşan bir tabaka içermektedir. Bu yapı, genellikle trigliserollerin çevresinde yer alan tek katmanlı fosfolipit tabakasıdır (Lin vd., 2005). Oleozomların yüzey zarına gömülü olarak bulunan proteinler arasında oleosin başlıca önemli bir protein olup, onu kaleosin ve steroleosin izlemektedir (Huang, 2018; Lin vd., 2005).

2.2.2.1 Oleosin

Oleosin, işleme ve depolama sırasında oleozomların birleşmesini engelleyerek, stabilitesini korumaktadır (Karefyllakis vd., 2019). Oleosin ayrıca tohum çimlenmesi ve çimlenme sonrası büyüme sırasında trigliserolleri harekete geçirmek için lipaz bağlama konusunda da önemli rol oynamaktadır (Huang, 2018).

Oleosin, lipit damlacık yüzeyindeki ana proteindir ve diğer lipit damlacık ilişkili proteinler olan kaleosin ve steroleosinden farklıdır (Huang, 1992 ; Frandsen vd., 2001). Oleosinler moleküler ağırlığı yaklaşık 15 ila 26 kDa olan hidrofobik bir proteindir (Hsieh ve Huang, 2004). Oleosinlerin yüzey polar fosfolipitleri ile gerçekleşen sterik etkileşimler ve elektrostatik itme kuvvetleri, oleozomların stabilizasyonunda etkili olmaktadır (Alexander vd., 2022; Karefyllakis vd., 2019).

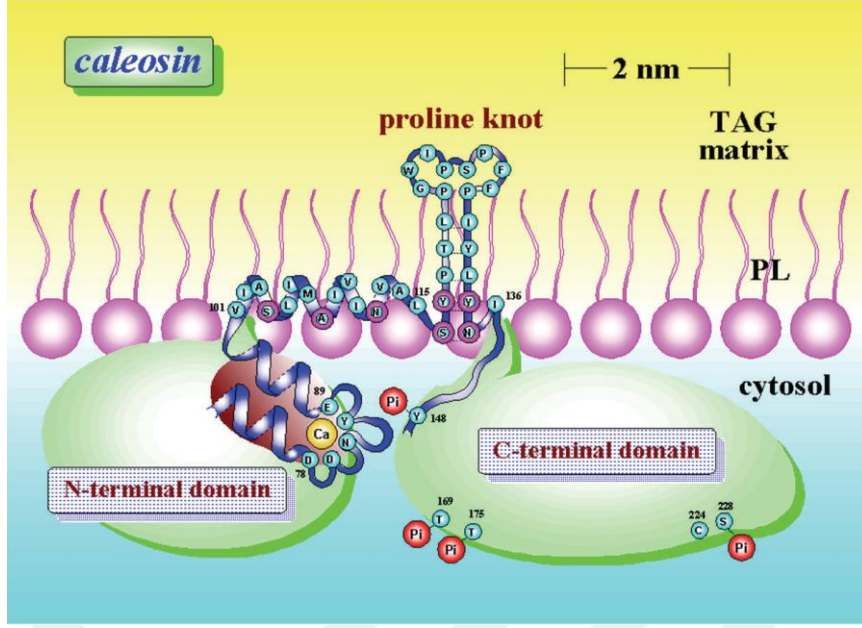


Şekil 2.2. Oleosinin yapısı (Tzen vd., 2003)

2.2.2.2 Kaleosin ve steroleosin

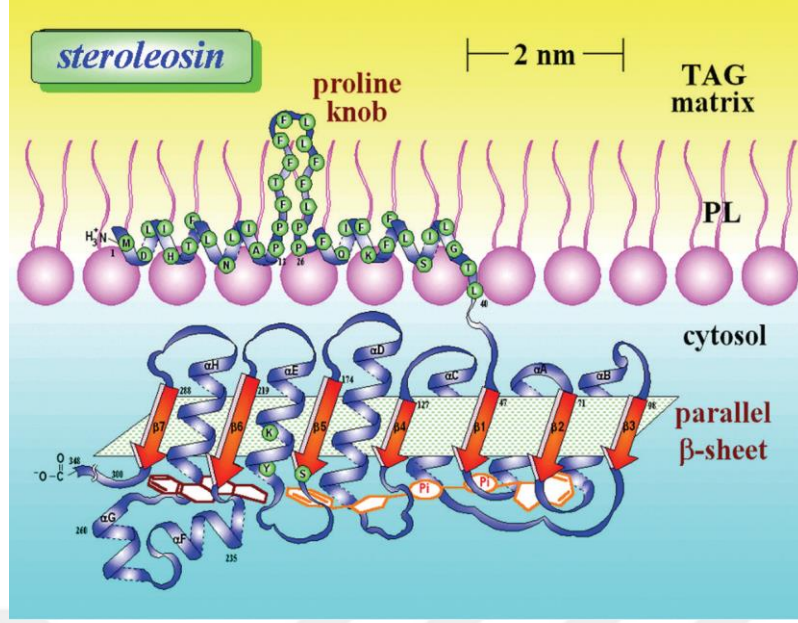
Kaleosin ve steroleosin, oleozomların sentezi, stabilizasyonu ve parçalanması gibi çeşitli hücrel ve biyolojik süreçlerde yer almaktadır (Lamberti et al., 2020).

Kaleosinler, bitkilerin yağ depolama organelleri olan oleozomlarla ilişkilendirilen bir tür yağ depolama proteinidir. Bu proteinler, bitkisel hücrelerde trigliserol damlacıklarının oluşumu, büyümesi ve çözülmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Huang, 2018). Kaleosin, moleküler ağırlığı 27-35 kDa olan bir tür yüzey proteinidir (Naested vd., 2000). Kaleosinin hidrofobik alanı, oleosinin hidrofobik alanına kıyasla nispeten kısadır ve bir amfipatik α -helis ve bir sabitleme bölgesi içermektedir. Oleosin ve kaleosinin prolin düğüm motiflerinin benzerliği, protein katlanması, moleküller arası birleşme veya yağ kütlelerini spesifik hedefleme gibi önemli rollerde etkili olmaktadır (Jiang vd., 2010; Chen vd., 2001). Dış etkenlerden kolayca etkilenecek ara yüzey özelliklerinde değişikliklere yol açabileceği bildirilmiştir (Lin vd., 2002). Fındık oleozomları söz konusu olduğunda; oleozomların sentezi, stabilizasyonu ve bozunma süreçlerinde yer alan beş farklı kaleosin izoformunun kaleosin-H ve kaleosin-L gruplarına ait olduğu belirlenmiştir (Lamberti vd., 2020).



Şekil 2.3. Kaleosinin yapısı (Chen vd. 1999)

Steroleosin, oleozomların yüzey zarına bağlı önemli bir proteindir (Lin vd., 2002). Bu protein, oleozomun lipid içeriğinin düzenlenmesinde ve metabolik faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Susam oleozomları hakkında yürütülen bir çalışmada, steroleosin-A ve steroleosin-B gibi iki farklı steroleosin izoformuna sahip olduğu gözlemlenmiştir (Lin ve Tzen, 2004). Benzer şekilde, yer fıstığı oleozomlarında da steroleosin-B'nin varlığı, bu proteinin bitkisel oleozomların oluşumu ve bozunmasından sorumlu olduğu belirlenmiştir (Zaaboul vd., 2018). Steroleosin, oleozomların oluşumundan bozulmasına kadar bir dizi biyolojik süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreçler, bitki lipid metabolizması ve hücre içi lipid taşıma sistemleri açısından büyük öneme sahiptir (Lin ve Tzen, 2004).



Şekil 2.4. Steroleosinin yapısı (Lin vd., 2002)

2.2.3 Fosfolipitler

Oleozom membranları, yalnızca proteinlerle sabitlenmiş tek bir fosfolipid tabakasından oluşur (Napier vd., 2001; Frandsen vd., 2001). Fosfolipid tabakasının kalınlığı yaklaşık 0,9 nm'dir ve tohum oleozomlarının toplam kütesinin yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Purktova vd., 2008). Birkaç fosfolipid grubu bulunmaktadır, ancak en baskın olanlar fosfatidilkolin ve fosfatidilserindir (Tzen vd., 1993). Genel olarak bir yağ gövdesinin, bazı benzersiz bütünsel proteinlerle gömülü fosfolipitlerin tek katmanıyla çevrelenen nötr bir lipid matrisinden oluştuğu varsayılmaktadır (Murphy, 2011; Huang, 1996). Son araştırmalar, ayçiçeği, soya ve kanola oleozomlarında bulunan doğal amfipatik fosfolipitlerin, gıda endüstrisinde stabilizatör olarak büyük potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Deleu vd., 2010; Karefyllakis vd., 2019). Bu da fosfolipitlerin ya tek başlarına ya da proteinlerle birlikte kullanılarak gıda ürünlerinin stabilitesini artıracakları ve daha uzun raf ömürleri sağlayabilecekleri anlamına gelmektedir. Bu bulgu, gelecekte gıda endüstrisinde ürün stabilitesini artırmak için doğal bileşenlerin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Li vd. (2019), fosfatidilkolinin, soya oleozomlarının yüzeyinde bulunan hidrofobik artıklarla diğer fosfolipitlere kıyasla daha güçlü hidrofobik etkileşimler oluşturduğunu ve böylece daha kararlı bir emülsiyon sistemi meydana getirdiğini bulmuşlardır.

2.3 Oleozom Ekstraksiyon Yöntemleri

Oleozomların sulu ekstraksiyon süreci, tohumların sulu bir ortamda ıslatılmasıyla başlar. Islatma işlemi, tohumların hücre duvarlarının nemi almasını sağlar ve ekstraksiyon sürecine hazırlar. Daha sonra, hücre duvarlarını parçalamak ve hücre içi materyalleri serbest bırakmak için harmanlama veya presleme işlemi yapılır. Bu adım, tohumların içindeki yağ ve diğer bileşenlerin suya geçişini kolaylaştırır. Harmanlama veya presleme işleminden sonra, elde edilen karışım santrifüjleme ve yıkama işlemlerinden geçirilir. Bu adımlar, yağ-su emülsiyonunun ayrıştırılmasını ve oleozom açısından zengin emülsiyonlar elde edilmesini sağlar. Bu teknik, ekstrakte edilen oleozomların genel fizikokimyasal özelliklerini önemli ölçüde etkileyen hücre duvarı bileşenleri ve tohum kalıntıları, polisakkaritler, lifler ve proteinler gibi eksojen depolama proteinlerini içeren bir dispersiyon sağlayabilir (Abdullah vd., 2020).

De Chirico vd. (2018), 4 °C'de 24 saatlik çalkalamanın kanola oleozomlarının veriminde (% 90'dan fazla) önemli bir artışa neden olduğunu ve aynı zamanda dışsal proteinlerin uzaklaştırılmasını sağladığını, bunun da fiziksel stabiliteyi artırdığını bildirmiştir. Oleozomların ekstraksiyon sürecinde, pH, elektrostatik itme kuvvetlerini ve hidrofobik etkileşimleri etkileyerek ekstraksiyon, agregasyon ve protein bileşimini etkileyen en önemli faktör olarak kabul edilir (Qi vd., 2017; Zaaboul vd., 2018b).

Çift vidalı pres teknolojisi, gıda endüstrisinde öğütme, sıvı-katı ayırma ve sulu yağ ekstraksiyonu için sıkça tercih edilen bir teknolojidir. Ancak son dönemde, oleozomların ekstraksiyonunda da potansiyel kullanım olanağı sunmaktadır. Bu yöntem genellikle yağlı tohumların ıslatılmasıyla başlar ve ardından çift vidalı pres kullanılarak yağın ekstrakte edilmesini içerir. Sürecin bir sonraki adımı, elde edilen bulamacın filtrelenmesi ve ardından yağın daha fazla arıtılması için santrifüjleme işlemidir. Doğru vidalar arasındaki uzunluk ve boşluğun seçilmesiyle daha yüksek verim elde edilebilir, bu da malzemelerin preslenme süresinin artmasına ve dolayısıyla ekstraksiyon verimliliğinin yükselmesini sağlar (Romero-Guzman vd., 2020b).

Kapchie vd. (2008), soya fasulyelerinden oleozomların çıkarılması için enzim destekli yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde, selüloz, pektinaz ve multifakt CX 13L gibi enzimlerin %3'lük bir karışımı kullanılmış olup 57 °C'de 20 saat boyunca devamlı

çalkalama işlemi uygulanmıştır. Bu koşullarda, oleozomların verimliliğinin arttığı gözlemlenmiş ve çalkalama hızının artmasıyla geri kazanımın daha da iyileştiği görülmüştür. Bu bulgular, enzim destekli sulu ekstraksiyonun oleozomların elde edilmesinde etkili bir yöntem olduğunu vurgulamaktadır. Belirli enzim karışımlarının kullanımıyla geri kazanım ve verimliliğin artırılacağı gösterilmiştir.

Ultrasonikasyon işleminde alternatif mekanik dalgalar sıvı ortamda mikro hava kabarcıklarının oluşmasına yol açar ve bu kabarcıklar, yeterli negatif eşik basıncına ulaşıncaya kadar büyür ve ardından anında çöker. Bu çökme süreci sırasında, kabarcıkların içinde yüksek sıcaklıklar (5000K'ye kadar) ve yüksek basınçlar (2000 atm'ye kadar) oluşur. Bu olay, sıvı ortamda bir türbülans oluşturur ve katı-sıvı ekstraksiyonundaki kütle transferini kolaylaştırır. Bu sayede, ultrasonikasyonun etkisiyle ekstraksiyon verimi artar ve işlem süresi kısalmaya başlar, bu da oleozomların daha etkili bir şekilde çıkarılmasını sağlar (Chemat vd., 2017). Kapchie vd. (2008), soya unundan oleozomların ekstraksiyonu için enzimatik işlem öncesinde ultrasonikasyon uygulamışlar ve %84 verim elde etmişlerdir. Bu yöntemin dezavantajı olarak, ultrasonikasyon enerjisinin homojen olarak dağılmaması ve bu nedenle daha düşük bir hassasiyete yol açması olarak belirlenmiştir.

Zderic vd. (2016), soya fasulyesi oleozomlarını ekstrakte etmek için enzimlerle birlikte ultrason kullanımını içeren ürün odaklı bir işlem önermişler ve bu yöntemin protein-lipit ayrımını etkili bir şekilde artırdığı, işlem süresini azalttığı ve oleozom kremalarının saflığını yükselttiğini belirlemişlerdir.

2.4 Oleozomların Stabilitesi

Yağlı tohumlardan elde edilen oleozomların depolama ve işleme sırasında stabilitesi, uzun süreli koruma ve sonrasında kullanım için büyük bir zorluktur. Son yıllarda yapılan birçok çalışmada, oleozomların bileşimini, fizyokimyasal özelliklerini ve stabilitesini belirleyen faktörler incelenmiş ve bu faktörler arasında; pH, iyonik kuvvet ve sıcaklık gibi özelliklerin öne çıktığı görülmüştür (Abdullah vd., 2020). pH'daki değişikliklerin veya tuz eklenmesinin arayüz yüklerini etkileyebileceği, yüksek sıcaklığın ise protein denatürasyonuna neden olabileceği ve termal hareket yoğunluğunu

tetikleyerek kararsızlığa yol açabileceği yapılan çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir (Abdullah vd., 2020; Ding vd., 2020; Wang vd., 2019).

Oleozomların yüzeyindeki net elektrik yükü, komşu yüzeylerle elektrostatik itme oluşturarak etkin bir stabilizasyona yol açar. Bu nedenle pH, yüzey-arayüzey yüklerini etkiler ve bunun sonucunda oleozomların fizikokimyasal özellikleri üzerinde parçacık çapı, zeta potansiyeli, viskoelastikiyet, yüzey hidrofobisitesi, emülgatör aktivitesi ve oksidatif stabilite gibi önemli etkilere sahiptir. Özetle, düşük pH ortamlarında, oleozomların yüzeyindeki yüksek net elektrik yükü nedeniyle yağ damlacıkları arasında güçlü bir elektrostatik itme meydana gelir. Bu durum, oksidanlarla (örneğin, ferrik iyonlar) temas halinde daha fazla yüzey alanı sağlar. Ancak, nötr pH'da elektrostatik itme nispeten düşüktür, bu da yüklü metal iyonları ile teması sınırlamak için yüzey alanının azalmasına neden olur ve oksidasyon hızında belirgin bir azalmaya yol açar. Bu bağlamda, pH değerinin oleozomların oksidatif stabilitesi üzerindeki etkisi dikkate değerdir (Kapchie vd., 2013).

Zhou vd. (2019), fıstık oleozomlarının NaCl konsantrasyonundaki artışın, zeta potansiyelinde belirgin bir düşüşe ve ortalama çapında artışa neden olduğunu gözlemlemiştir. NaCl konsantrasyonundaki artışla birlikte, oleozomların zeta potansiyeli 18,97'den 7,75 mV'a düşerken, ortalama çapları 9 ila 16 µm arasında artmıştır. Bu değişikliklerin, elektrostatik itme kuvvetlerindeki azalmadan kaynaklandığı ve sonuç olarak oleozomların stabilitesinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir.

Oleozomlar; genellikle pastörizasyon, sterilizasyon ve Maillard reaksiyonu dahil olmak üzere ısıl işlemlere tabi tutulan soya sütü, yoğurt, krema, mayonez ve çikolata gibi süt benzeri gıda ürünlerini hazırlamak için kullanılır. Yüksek sıcaklığın, bazı durumlarda protein denatürasyonuna yol açabileceği, bu da özellikle albüminler, globülinler, glisin, β-konglisin ve enzimler gibi bileşenlerde değişikliklere sebep olabileceği bilinmektedir. Ayrıca, yoğun Brown hareketi nedeniyle oleozomların çapında artış gözlemlenir; bu, daha fazla çarpışma ve etkileşimle sonuçlanmaktadır (Ding vd., 2020; Zhao vd., 2019). Ayrıca, yüksek sıcaklığın, yağ taneciklerine bağlı olmayan proteinleri denatüre ettiği; ancak oleosinlerin sıkıca yağ taneciklerine bağlı kaldığı belirlenmiştir. Oleosin, N-terminali, hidrofobik merkezi alan ve C-terminali olmak üzere özel bir yapıya sahiptir.

Bu yapı, oleosinlerin yağ taneciklerinin termal stabilitesini korumak için önemli olduğunu göstermektedir (Zhou vd., 2019).

Ding vd. (2020), yürüttükleri çalışmada, soya fasulyesi oleozomlarının sıcaklığın 75'ten 95 °C'ye yükseltilmesiyle ortalama çapının 492 nm'den 535 nm'ye ve zeta potansiyelinin 28,73'ten 19,42 mV'ye değiştiğini belirtmişlerdir. Ancak, bu ısıl işlemin, ilişkili proteinlerin konformasyonel yapısında değişikliklere yol açarak denatürasyonu tetiklediğini ve bu durumun oleozomların yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olduğu rapor edilmiştir.

Zaaboul vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışma, kavrulma ve yüksek basınçlı homojenizasyon işlemine rağmen oleosin izoformlarının bütünlüğünün korunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, yağ taneciklerinin dış etkenlere karşı ek bir koruma katmanı olan depolama proteinleri tarafından desteklendiğini vurgulamaktadır.

Oleosin izoformlarının stabilitesinin korunması, yağ taneciklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sürdürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır ve bu da onların işleme sırasında veya depolama sürecinde etkin bir şekilde kullanılmalarını sağlamaktadır (Schmidt ve Herman, 2008; Quettier ve Eastmond, 2009)

2.5 Oleozomların Gıda Endüstrisindeki Önemi

Sanayi bağlamında; oleozomların gıda uygulamaları, tüketicilerin "tamamen doğal" ürünlere olan taleplerini karşılamak için önemli bir alternatif olarak hızla büyümüştür. Bitkisel kaynaklı oleozomların çikolata ve soya sütü gibi ürünlerin üretiminde kullanılması, hem ürünlerin stabilitesini sağlamada etkili olmuş hem de yüksek besin değerlerini korumuştur. Bu durum, endüstriyel uygulamalarda oleozomların yaygın olarak benimsenmesine yol açmıştır (Gallier vd., 2012; Nikiforidis vd., 2014). Bu bağlamda, oleozomlar günümüzde birçok farklı gıda endüstrisi uygulamasında önemli bir rol oynamaktadır (Sukhotu vd., 2016; White vd., 2008).

Oleozomlar doğal olarak emülsiyon yapıda oldukları için salata sosu, kahve beyazlatıcısı, mayonez, yoğurt ve dondurma gibi birçok gıda ürününde kullanılmak

üzere çeşitli uygulamalara sahip olabileceği bildirilmiştir. (Nikiforidis vd., 2014; Karefyllakis vd., 2019).

Mishra ve Mishra (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, soya fasulyesi oleozomları ekstrakte edildikten sonra früktooligosakkarit ve *Lactobacillus* suşları (örneğin, *L. acidophilus* ve *L. plantarum*) ile fermantasyona tabi tutularak soya yoğurdu elde etmişlerdir. Kapsüllenmiş probiyotiklerin, soya sütünün fermantasyonu yoluyla bu probiyotiklerin büyüme hızında önemli bir artış sağlayarak ürünün lezzet ve dokusunu önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Bu bulgular, süte alerjisi olan veya vegan bir yaşam tarzını tercih eden tüketicilere yönelik alternatif bir yoğurt seçeneği sunma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bu yöntemle üretilen soya yoğurdunun, süt bazlı yoğurtlara kıyasla daha uzun bir raf ömrüne sahip olabileceği ve dolayısıyla ticari açıdan da avantajlı olabileceğini bildirmişlerdir (Mishra ve Mishra, 2013).

Matsakidou vd. (2013), mısır embriyolarından elde edilen oleozomların sodyum kazeinat bazlı kompozit filmlere eklenmesiyle ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Oleozom içeren filmlerin kontrole göre, daha az su geçirgenliğine ve daha yüksek yüzey hidrofobisine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, bu filmler daha düşük sertlik daha yüksek esneklik göstermiş ve süte benzer bir görünüm sergilemişlerdir. Ancak, kompozit filmlerde oleozomların flokülasyonu ve birleşmesi nedeniyle bazı yapısal düzensizlikler gözlemlenmiştir. Matsakidou vd. (2019), yürüttükleri başka bir çalışmada ise mısır tohumu oleozomlarının sodyum kazeinat-gliserol yenilebilir filmlere eklenmesini incelemişlerdir. Bu çalışmada, oleozom içeren filmlerin, oleozom içermeyen filmlere göre daha yüksek esneklik ve daha düşük gerilme mukavemeti gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, 25°C'de %53 bağıl nemde iki aylık depolama sürecinde su bağlama oranında önemli bir azalma (%11,95'ten %10,32'ye) gözlenmiştir.

Karefyllakis vd. (2019), ayçiçeği tohumu oleozomlarının emülsifiye edici ve arayüz etkinliklerini araştıran bir çalışma gerçekleştirmiş olup yapılan çalışmada, 0,4-10,0 µm arasında değişen parçacık boyutuna sahip olan oleozomlar incelenmiştir. Bulgular, 5 µm'den daha büyük çaplı oleozomların fraksiyonlara ayrıldığını ortaya koymuştur. Bu fraksiyonlarda, trigliseroller yüzey membranını parçalayarak yağ fazıyla birleşirken, proteinler ve fosfolipitler etkili bir şekilde emilerek yağ-su arayüzünü stabilize etmiştir. Öte yandan, 5 µm'den daha küçük çaplı oleozomların stabil kaldığı ve arayüz

etkinliklerini önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, oleozomların arayüzde emilim yoluyla mükemmel bir Pickering stabilizasyonunu sağladığını göstermektedir (Abdullah vd., 2020).

Mantzouridou vd. (2019), oleozom eklenmiş yoğurdun fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve oksidatif özellikler açısından üstün stabilite sergilediğini belirlemişlerdir. Benzer şekilde, oleozomların soya sütü ve çikolata üretiminde kullanımını ile yüksek besin profilleri ve stabiliteye sahip ürünler elde edilmiştir (Gallier vd., 2012; Nikiforidis vd., 2014).

Bu bulgular, bitkisel kaynaklı oleozomların doğal emülsifiyerler olarak işlev görebileceğini ve gıda emülsiyonlarını stabilize edebileceğini göstermektedir. Özellikle, bu doğal emülsifiyerlerin gıda endüstrisinde kullanılması, yapay katkı maddelerinden kaçınmayı tercih eden tüketiciler için iyi bir alternatif olabilir. Ayrıca, bu bulgular, gıda ambalajlama ve kaplama teknolojilerinde yenilikçi çözümler geliştirilmesine de olanak sağlayabilir (Gallier vd., 2012; Nikiforidis vd., 2014).

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

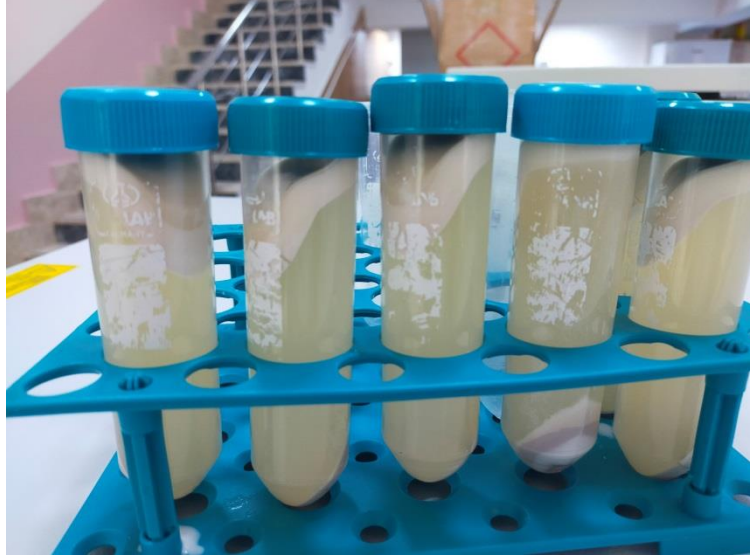
3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında, yerel marketlerden temin edilen çiğ fındıklar, oleozom eldesinde kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar Sigma Aldrich (St. Louis, MO, ABD) firmasından temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Oleozom ekstraksiyonu

Fındıktan oleozom ekstraksiyonunda ilk olarak, 100 g fındık örneğine sodyumbikarbonat ile pH'sı 9,5'a ayarlanmış distile su (400 g) eklenerek 4 °C'de 16 saat süreyle bekletilmiş ve ardından bir kıyma makinasından geçirilmiştir (Harmankaya, 2023). Su kısmı süzüldü ve NaOH ile pH 11'e ayarlandı (Qi vd., 2017). Daha sonra, saflaştırılma işlemi için 3000 g'de 15 dakika süreyle santrifüj edilerek üstteki oleozom tabakasının ayrılması sağlanmıştır (Şekil 3.1). Buradan izole edilen üst tabaka daha sonra distile su ile (1:4 oranında) yeniden süspanse edilmiş ve 10.000 g'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiş olup oleozom saflığını artırmak için bu yıkama işlemi iki kez tekrarlanmıştır (Romero-Guzmán vd., 2020).



Şekil 3.1. Santrifüjleme sonrası oleozom eldesi

3.2.2 Oleozomlarda yapılan analizler

3.2.2.1 Yağ ve protein tayini

Fındık örneğinde ve oleozomlardaki yağ miktarı Soxhlet yöntemi ile petrol eteri kullanılarak (AOAC, 2002), protein içeriği ise Kjeldahl yöntemi (AOAC, 1990b) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2 Yağ asidi kompozisyonu analizi

Örneklerin yağ asidi metil esterleri, Hartman ve Lago'nun (1973) yöntemi kullanılarak hazırlanmış ve yağ asidi kompozisyonları, DB23 kapiler kolon ($60\text{ m} \times 0.250\text{ mm} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$) ve alev iyonizasyon detektörü ile donatılmış Shimadzu GC-2010plus (Shimadzu, Japonya) gaz kromatografisi yardımıyla belirlenmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış (1 mL/dakika) ve split oranı 1:80 olarak belirlenmiştir. Enjektör, kolon ve detektör sırasıyla 230°C , 190°C ve 240°C sıcaklıklarında tutulmuştur.

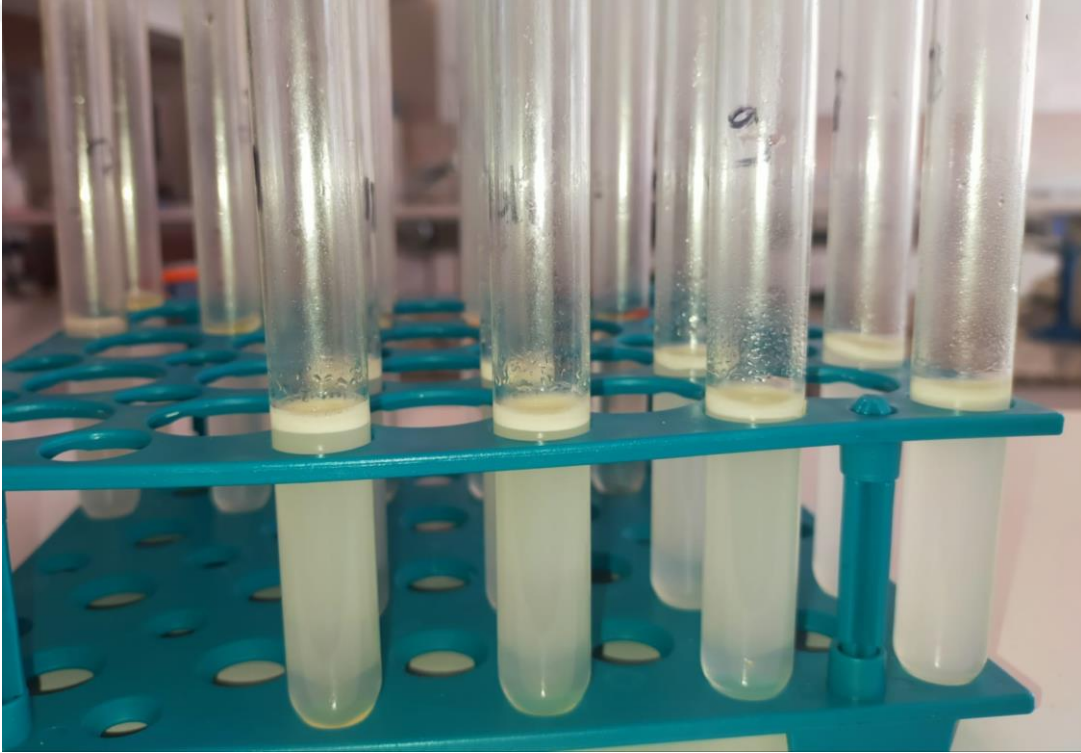
3.2.2.3 Oleozomların kremleşmeye karşı stabiliteyi

Oleozomların kremleşmeye karşı stabiliteyi belirlemek amacıyla farklı pH değerlerinde tampon çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiler içerisindeki

oleozomlardan 10 mL alınmış ve 20 mL hacimli mezür içerisine yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında 14 gün depolamanın ardından (Şekil 3.2) krema ve serum olarak ayrılan katmanların ölçümü gerçekleştirilmiştir (Qi vd., 2017). Oleozom süspansiyonunun toplam yüksekliği (HT), serum tabakasının yüksekliği (HSL) ve krem tabakasının yüksekliği (HCL) üç tekrarlı olarak belirlenmiş olup kremleşme indeksi, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Serum tabakası için Kremleşme İndeksi (CISL)} = 100 \times \text{HSL} / \text{HT} \quad (3.1)$$

$$\text{Krem tabakası için Kremleşme İndeksi (CICL)} = 100 \times \text{HCL} / \text{HT} \quad (3.2)$$



Şekil 3.2. Oleozomların kremleşmeye karşı stabilite analizi

3.2.2.4 Renk tayini

Fındıktan elde edilen oleozomların renk ölçümleri Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan) (Şekil 3.2.) renk tayini cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm sırasında CIE sistemi kullanılarak L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. Renk özellikleri

olarak L^* parlaklık-açıklık ($L^*=100$ beyaz, $L^*=0$ siyah), a^* (+kırmızı, -yeşil) ve b^* (+sarı, -mavi) ton değerleri ölçülmüştür.

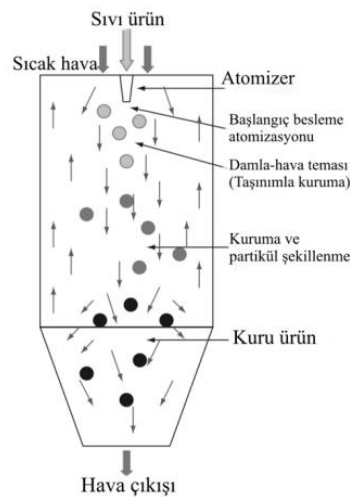
3.2.2.5 Oleozomların sürülebilirlik özellikleri belirlenmesi

Oleozom örneklerinin sürülebilirlik özellikleri bölümümüz laboratuvarında bulunan Tekstür Analiz cihazı (TA-XTPlus, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir.

Oleozomların sürülebilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla TTC Spreadability Rig HDP/SR donanımı kullanılarak “Measure Force in Compression” yöntemi (Test hızı: 3.0mm/sn, Test sonrası hız:10 mm/s ve Mesafe; 16 mm) kullanılmıştır. Elde edilen grafiklerden örneklere ait “sertlik (sıkılık)” ve “sürülebilirlik (kaymaya karşı yapılan iş)” özellikleri hesaplanmıştır.

3.3 Oleozomların Kurutulması

Dondurarak kurutma; oleozom örnekleri 2 katı oranında maltodekstrin ve 100 ml su ile homojen hale getirildikten sonra $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 24 saat dondurulmuş, ardından LaboGene Scanvac CoolSafe Freeze Dry (USA) model liyofilizatör yardımıyla 4 gün süreyle kurutulmuştur.



Şekil 3.3. Püskürtmeli kurutma işleminin şematik gösterimi

Püskürterek kurutma; oleozom örnekleri 2 katı oranında maltodekstrin maltodekstrin ve 100 ml su ile homojen hale getirildikten sonra 140°C, %100 aspiration hızında, 8 mL/dakika besleme hızında Bacon Sprey Dryer model püskürtmeli kurutucuya beslenerek kurutulmuştur. Toz formundaki fındık oleozomları, analiz gününe kadar +4 C°de buzdolabında vakumlu kaplarda muhafaza edildi. Şekil 3.3'te püskürtmeli kurutma işleminin şematik gösterimi verilmiştir.

Zhu vd. (2022), farklı hidroliz derecelerine sahip maltodekstrinler kullanarak soya fasulyesi oleozomlarının kapsülleme verimini %88,84'e kadar çıkardığını ve bu durumun oleozomların termal ve oksidatif stabilitesini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Li vd. (2022) yapmış oldukları çalışmada, soya fasulyesi oleozomlarının maltodekstrin kullanarak kapsüllemesinin, oleozom mikrokapsüllerinin stabilitesini artırdığını ve depolama sırasında lipit oksidasyon derecesini azalttığını belirlemişlerdir. Maurer vd. (2016), maltodekstrin ile oleozomların kapsülleme veriminin ve oksidatif stabilitesinin arttığını tespit etmişlerdir. Bu bulgulardan yola çıkılarak elde edilen fındık oleozomları maltodekstrin ile kaplandıktan sonra 2 farklı teknik ile kurutulmuştur.

3.4 Kurutulmuş Örneklerde Yapılan Analizler

3.4.1 Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri

Kurutma işlemi sonrası örneklerin morfolojik yapıları Zeiss/Evo 40 model taramalı elektron mikroskobu yardımıyla belirlenmiştir.

3.4.2 FTIR

Elde edilen ürünlerin Fourier Transform- Infrared (FT-IR) ölçümlerinde KBr ile hazırlanan pelletler kullanılmıştır. Spektrum, 4000 ila 400 cm⁻¹ dalga sayıları arasında taranmıştır. Bu analiz IR Affinity-1 Spectrometer (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.4.3 Sindirim uygulaması

Farklı yöntemlerle kurutulan oleozomlarda mide ve bağırsak sindirimi laboratuvar koşullarında simüle edilmiştir (Özgüven, 2014). Bu işlemde önce 37°C'de 5 dk α -amilaz sindirimi yapıldıktan sonra 37°C'de 2 saat pepsin/HCl sindirimi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise yine 37°C'de 2 saat safratuzu/pankreatin ile sindirim işlemine devam edilmiş olup başlangıç örneklerinde ve sindirim uygulanan örneklerde serbest yağ asidi tayini yapılarak ürünlerin sindirilme düzeyi belirlenmiştir.

3.4.4 Oksidasyon parametrelerinin belirlenmesi

Oksidatif stabilite belirleme çalışması hızlandırılmış oksidasyon (60°C) koşullarında 21 gün süre ile gerçekleştirilmiştir. Oksidasyon işleminden önce ve sonra gerçekleştirilen peroksit analizleri, AOCS (Cd 8-53) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, malonaldehit analizi (MAD), 2-Tiyobarbitürik asidin (TBA) MAD ile kalorimetrik tepkimesinin ölçülme esasına dayanarak AOCS (Cd 19-90) metodu ile belirlenmiştir (AOCS, 1998). Şahit çözeltiye karşı örneğin 538 nm'deki absorbansı okunmuş ve MAD standart eğrisini hazırlamak üzere 1×10^{-3} M Malonaldehit bis (dietyl asetal, %97) standart çözeltisinden farklı oranlarda seyreltmeler hazırlanmıştır. Hazırlanan seyreltik çözeltilerden elde edilen absorbanslar kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

3.4.5 Nem tayini

Kurutulmuş oleozomların nem değerlerine AXIS AGS 120 nem tayin cihazı ile bakılmıştır. Örneklerin nem değerleri aşağıda formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} : [(M_0 - M_1) / M_0] \times 100 \quad (3.3)$$

M_0 : Örneğin başlangıç ağırlığı (g)

M_1 : Örneğin kurutma sonrası ağırlığı (g)

3.4.6 Su aktivitesi analizi

Kurutulmuş oleozomların su aktivitesi (a_w) değerleri Novasina LabSwift-aw cihazı ile ölçülmüştür.

3.5 İstatistiksel Analizler

Analiz sonuçları alındıktan sonra varyans analizi (ANOVA), SPSS yazılım paketi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu aralık testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bütün analizler iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Oleozomlarda Yapılan Analizler

4.1.1 Oleozomların yağ ve protein içeriği

Kavrulmamış fındıkların yağ içeriği $47,83 \pm 1,23$, oleozomların yağ içeriği ise $87,45 \pm 0,36$ olarak belirlenmiştir. Capuano vd. (2018), kavrulmuş ve kavrulmamış fındıklardan elde edilen oleozomların yağ içeriğini inceledikleri çalışmalarındaki sonuçlara göre; kavrulmuş fındıklardan elde edilen oleozomların yağ içeriği $53,3$ iken, kavrulmamış fındıklardan elde edilen oleozomların yağ içeriği $77,5$ olarak bulunmuşlardır. Yaptığımız çalışmada kavrulmamış fındık kullanılmış olup, diğer çalışmayla karşılaştırıldığında oleozom içeriğindeki verimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fındıktan elde edilen oleozomların protein miktarı ise $1,65 \pm 0,06$ olarak bulunmuştur. Qi ve diğerleri 2017 yılında yürüttükleri bir çalışmada; soya fasulyesini, tohum-su oranı (1:5w/v) olacak şekilde ayarlamış ve $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 20 saat bekletmişlerdir. Daha sonra ise filtreleme işlemi yapılmış ve ardından 30 dakika boyunca 25000g 'de santrifüjleme işlemini gerçekleştirip oleozom elde etmişlerdir. Elde ettikleri oleozom bileşiminde bizim sonuçlarımızdan oldukça yüksek miktarda ($7,85$) protein olduğu belirlenmiştir. Sonuçlardan anlaşıldığı üzere oleozom kaynağı ve uygulanan ön işlemler oleozom bileşimini etkilemektedir.

4.1.2 Yağ asidi kompozisyonu

Fındık ve oleozom yağlarının yağ asidi kompozisyonları Çizelge 4.1'de detaylandırılmıştır. Beklendiği gibi, fındık ve oleozom yağı benzer yağ asidi içeriğine sahiptir. Yağ asidi içeriklerine baktığımızda en yüksek oranın 84 oranında oleik asit içerdiği görülmektedir. Ayrıca 7 linoleik asit ve 6 palmitik asit içerdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Fındık ve oleozom yağlarının yağ asidi kompozisyonları

Yağ Asitleri (%)	Fındık	Oleozom
Miristik asit	0,02±0,00	0,03±0,00
Palmitik asit	5,77±0,12	5,74±0,10
Palmitoleik asit	0,33±0,01	0,34±0,01
Stearik asit	2,48±0,13	2,42±0,11
Oleik asit	84,20±0,15	84,09±0,13
Linoleik asit	7,17±0,20	7,29±0,15

4.1.3 Oleozomların kremleşme stabiliteleri

Oda sıcaklığında 14 gün süresince depolanan oleozom süspansiyonlarının kararlılığı üzerinde pH'nin etkisi, süspansiyon kararlılığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir parametre olan kremleşme indeksi ile değerlendirilmiştir. Kremleşme indeksi, oleozom süspansiyonları içindeki damlacık birikiminin derecesi hakkında bilgi vermekte olup özellikle yüksek kremleşme indeksi değerleri, daha büyük parçacık agregasyonunu gösterir (Van Aken vd., 2003).

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere, fındıktan elde edilen oleozomlar pH 3-4 aralığında tamamen iki fazlı (krem ve serum) olarak ayrıldı ve bu, süspansiyonun bozulmasına neden oldu. Bu sonuç, oleozom süspansiyonlarının asidik pH seviyelerinde serum oluşturma eğilimini bildiren Qi ve diğerlerinin (2017) bulguları ile uyumludur. Oleozomlar pH 7'de yüksek kararlılık sergilemiştir. pH 8'de ise serum ayrışımı olmaksızın sadece krem tabakası oluşumunun gözlenmesi kararsızlığın göstergesi olarak kabul edilmiştir. Bunun aksine, pH 2, 5-6 ve pH 9-11'de oleozomlar üç ayrı faz (krem, süspansiyon ve serum) halinde ayrılmıştır.

Bulgularımıza benzer olarak, Iwanaga vd. (2007), soya fasulyesi oleozomları için optimum kararlılığa uygun pH aralığının 7-8 olduğunu belirlemişler. Ancak Qi vd. (2017), en kararlı soya fasulyesi oleozom süspansiyonunun pH 9'da elde edildiğini bildirmiştir. Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere oleozom kaynağı fiziksel stabilite açısından oldukça önemlidir.

Çizelge 4.2. Farklı pH değerlerindeki oleozom süspansiyonlarının kremleşme ve serum stabilitesi

pH	Krem Stabilitesi	Serum Stabilitesi (%)
	(%) CI _{CL}	(%) CI _{SL}
2	6,0±0,1 ^h	12,8±0,1 ^c
3	6,7±0,1 ¹	93,3±0,9 ^h
4	6,7±0,1 ¹	93,1±0,9 ^h
5	5,7±0,1 ^f	19,7±0,2 ^f
6	5,3±0,1 ^d	12,2±0,1 ^b
7	1,0±0,0 ^a	0,0±0,0 ^a
8	3,5±0,0 ^b	0,0±0,0 ^a
9	4,1±0,0 ^c	14,6±0,1 ^d
10	5,6±0,1 ^e	20,6±0,2 ^g
11	5,9±0,1 ^g	15,8±0,2 ^e

^aFarklı üst simgeler önemli farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.1.4 Renk tayini

Elde edilen oleozomlarda yapılan renk tayini sonucunda, oleozomların L^* değeri 80,49±0,210, a^* değeri (kırmızı-yeşil) 2,27±0,1, b^* değeri (sarı-mavi) 9,64±0,4 olarak bulunmuştur. Renk değerlerine bakıldığında elde edilen fındık oleozomlarının renginin parlak ve beyaza yakın olduğu anlaşılmaktadır.

4.1.5 Oleozomların sürülebilirlik özellikleri belirlenmesi

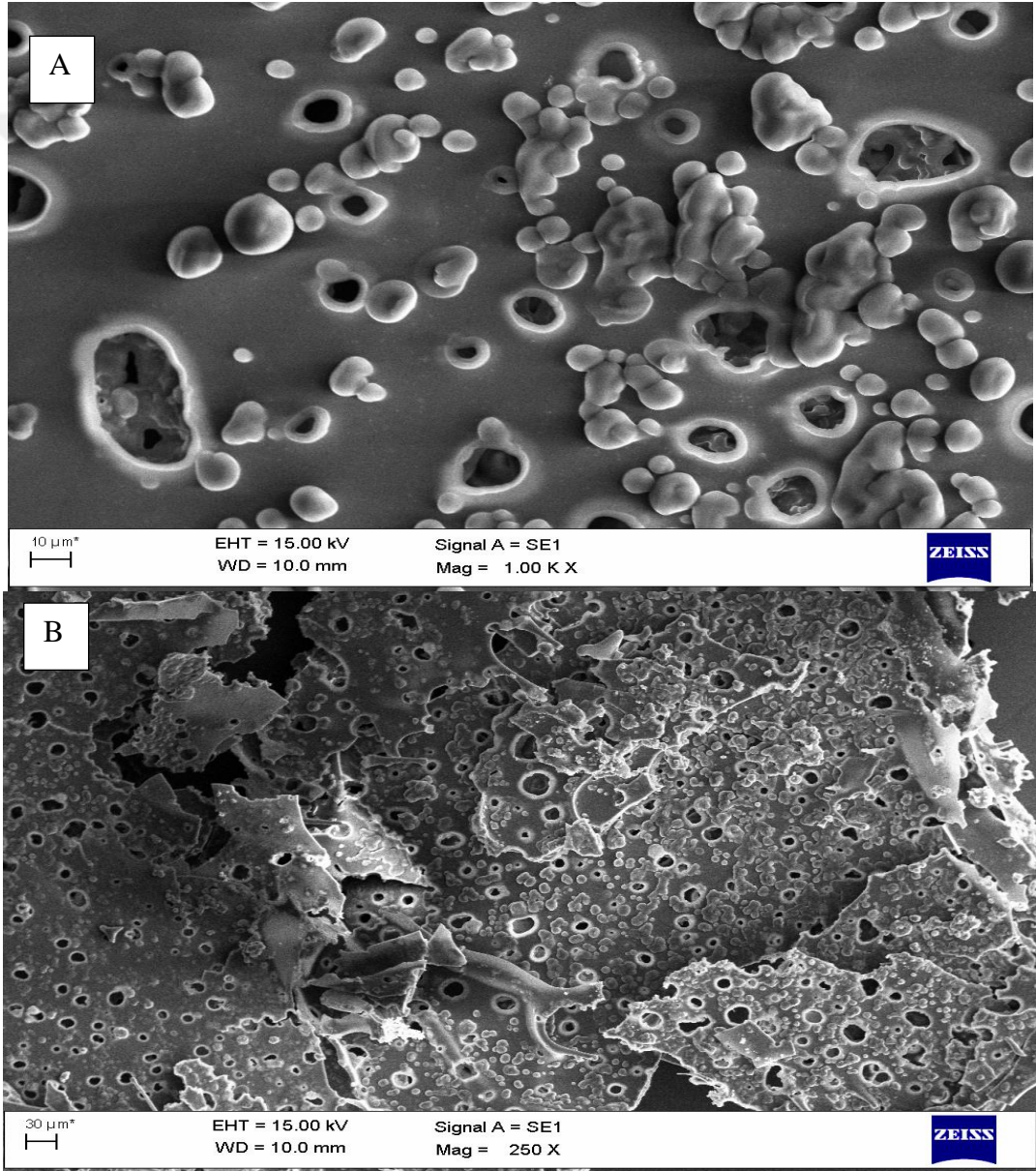
Elde edilen oleozom örneklerinin sıklık (g) ve kaymaya karşı yapılan iş (g.sn) değerleri sırasıyla 104,25±1,73 (g) ve 82,21±2,22 (g.sn) olarak belirlenmiştir. Oleozomlarda sürülebilirlik (kaymaya karşı yapılan iş) parametresinin oldukça düşük olduğu gözlemlenmiş olup analiz sonuçlarına göre oleozomların sürülebilirliği kolay ve sıklığının ise az olduğu görülmüştür.

4.2 Kurutulmuş Oleozomlarda Yapılan Analiz Sonuçları

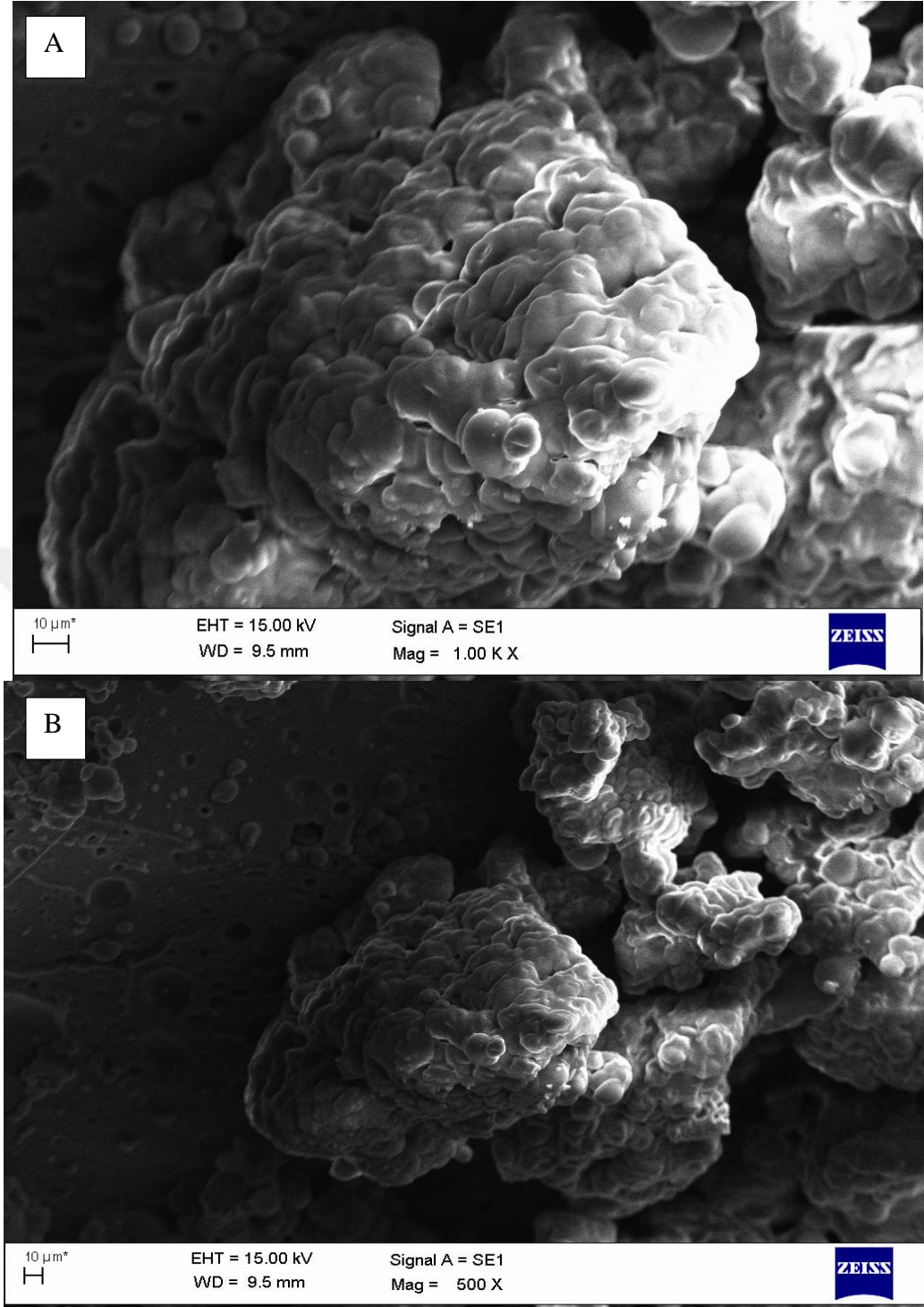
4.2.1 Taramalı elektron mikroskobu

Kurutulmuş oleozomların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiş olup şekillerden görüldüğü üzere sprej kurutucu ile yapılan kurutma

işlemi sonucunda maltodekstrinden kaynaklı olarak yapının aglomera olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.2 A' da görüldüğü üzere sprej kurutucu ile yapılan kurutma işlemi esnasında yüksek sıcaklık uygulanması sebebiyle hızlı kabuk oluşumu gözlenmiş ve yuvarlak bir yapı oluşmuştur. Sprej kurutucu ile kurutulan örnekte maltodekstrin oleozomun etrafını kaplamış ve Taramalı Elektron Mikroskobu görüntülerinde maltodekstrinin yapısı görüntülenmiştir. Şekil 4.1'de ise liyofilizatör ile kurutulan örnekte yapının daha ince ve gözenekli olduğu görülmektedir. Yapıdaki bu farklılıklar son ürünün sindirilebilirliğinde önemli değişimlere neden olmuştur.



Şekil 4.1. Liyofilizatör ile kurutulmuş oleozomların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri A: 1.00 K X , B: 250 X büyütme

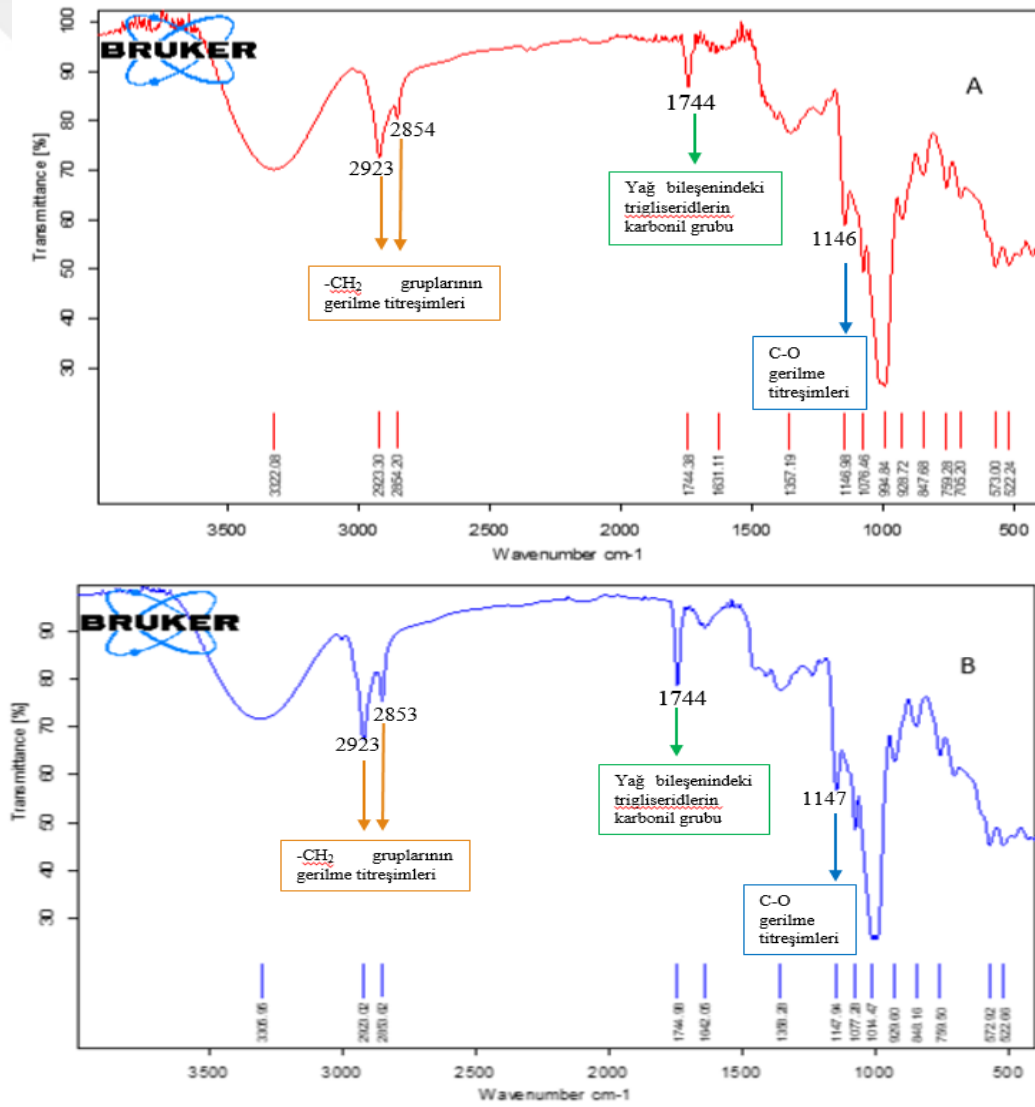


Şekil 4.2. Püskürtülerek kurutulmuş oleozomların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri A: 1.00 K X, B: 500 X büyütme

4.2.2 FT-IR

Şekil 4.3’de kurutulmuş fındık oleosomlarının Fourier Transform- Infrared (FT-IR) spektrumları verilmiş olup çeşitli karakteristik fonksiyonel grupların varlığını

göstermektedir. FT-IR sonuçlarına göre liyofilizatör ile kurutma ve spreylendirme ile kurutma işlemlerinden elde edilen örneklerin benzer spektrumlara sahip olduğu görülmektedir. Örneklerin benzer FT-IR spektrumlarına sahip olması, her iki kurutma yönteminde de fonksiyonel gruplarını ve kimyasal yapısını büyük oranda koruduğunu göstermektedir. Yağların FT-IR spektrumunu yorumlanırken fonksiyonel grup bölgelerinden ve parmak izi bölgesinden yararlanılmaktadır. 2923 ve 2854 cm^{-1} 'deki pikler, alifatik $-\text{CH}_2$ grubunun simetrik ve asimetrik gerilme titreşimlerine atfedilebilir. Ayrıca, 1744 cm^{-1} 'deki belirgin pik, yağ bileşenindeki trigliseridlerin fonksiyonel ester karbonil grubuna karşılık gelmektedir. Parmak izi bölgesinde bulunan 1146 cm^{-1} 'deki pik ise C-O gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır (Matsakidou vd., 2019).



Şekil 4.3. Kurutulmuş oleozomların FT-IR spektrumları, A: Liyofilizatör ile kurutulmuş, B: Püskürtülerek kurutulmuş

4.2.3 Sindirim analizi sonuçları

Yapılan sindirim analizleri sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiş olup sonuçlardan da görüldüğü üzere kurutulmamış kontrol örneğine göre kurutma işlemi ile oleozomların sindirilebilirliği önemli düzeyde artış göstermiştir. Özellikle yüksek sıcaklık uygulanan sprey kurutma işlemi ile oleozomların %94,80 oranında sindirilebilir olduğu gözlenmiştir. Aglomera yapısı sayesinde sprey kurutucu ile kurutma işlemi yapılan örneğin, enzimlerle daha güçlü etkileşime girdiği ve bu sayede sindirilebilirliğinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, sprey kurutma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklığın oleozomların yapısına zarar vererek sindirimi kolaylaştırdığı da düşünülmektedir

Çizelge 4.3. Kurutulmuş oleozomların sindirilebilirlik, peroksit sayısı ve TBA değerleri

Örnek	Sindirilebilirlik (%)	Peroksit sayısı (meq O ₂ /kg)		TBA değeri (µg MA/g)	
		1.gün	21.gün	1.gün	21.gün
Kontrol	29,66±2,34 ^a	0,31±0,05 ^a	0,84±0,11 ^a	0,37±0,30 ^a	0,53±0,10 ^a
Liyofilizatör ile kurutulmuş	73,90±0,75 ^b	0,30±0,05 ^a	13,58±0,45 ^b	0,35±0,19 ^a	0,52±0,09 ^a
Püskürterek kurutulmuş	94,80±0,76 ^c	0,71±0,11 ^b	41,43±0,52 ^c	0,51±0,17 ^a	1,22±0,15 ^b

^aFarklı üst simgeler önemli farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.2.4 Kurutulmuş oleozomların oksidasyon analizleri sonuçları

Kurutulmuş oleozomların oksidasyon analiz sonuçları Çizelge 4.3’te görülmektedir. Doymamış yağ asitlerinin yapısındaki çift bağların ya da hidrokarbon zincirlerinde yer alan doymamış kısımların oksijen ile etkileşime girmesi sonucunda peroksit ve hidroperoksit bileşiklerinin meydana gelmesine oksidasyon denir (Richardson vd., 1983; Atamer, 1993; O’Connor vd., 1995). Depolama süresince oksidasyonun ilerlemesi sonucunda hidroperoksitler, malondialdehitlere parçalanır. Bu nedenle, peroksit testi ile malondialdehitlerin tespit edilmesi mümkün değildir. (Atamer, 1993; Deeth vd., 1995). Tiyobarbitürik asit (TBA) tayini lipid oksidasyonu sonucu meydana gelen sekonder aldehit olan malonaldehit ile TBA arasındaki reaksiyon sonucu meydana gelen kırmızı kromojenin absorbansının belirlendiği kolorimetrik bir tekniktir (Gutteridge, 1981).

Kontrol örneği, liyofilizatörle ve püskürterek kurutulan örneklerde oksidatif stabilite belirleme çalışması hızlandırılmış oksidasyon (60°C) koşullarında 21 gün süre ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği ve liyofilizatörle kurtulmuş örneğin değerlerini incelediğimizde 1. gün analiz değerleri çok benzer iken 21. gün analiz değerlerinde liyofilizatörle kurutulmuş örneğin peroksit değerinin yükseldiği görülmüştür. Ancak TBA değerlerinde istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır. 1. gün ve 21. günde en yüksek peroksit değeri ve TBA değeri ise püskürterek kurutulmuş örnekte görülmektedir. Püskürterek kurutma işlemindeki yüksek sıcaklık etkisinden dolayı peroksit sayısı ve TBA değerleri artmıştır.

Kurutulmuş oleozomların oksidasyon analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.3) dondurarak kurutma işleminin, püskürterek kurutma işlemine göre daha stabil ürün sunduğu gözlemlenmiştir, bu da daha uzun bir depolama süresine olanak tanır. Depolama süresince lipit oksidasyonunun daha az olması, ürünün raf ömrünü uzatmak ve kalitesini korumak açısından önemlidir. Ancak kurutulmuş örneklerin peroksit sayısı 21. günde >10 olduğu için tüketime uygun değildir.

4.2.5 Kurutulmuş örneklerin nem ve su aktivitesi analiz sonuçları

Çizelge 4.4' de farklı kurutma yöntemleri kullanılarak elde edilen oleozomların nem ve su aktivitesi analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere liyofilizatörle kurutulmuş örnekler %6,55±0,35 nem ve 0,219±0,007 su aktivitesi içeriğine sahip iken püskürtülerek kurutulmuş örnekler %3,35±0,05 nem ve 0,158±0,001 su aktivitesi içeriğine sahip bulunmuştur. Liyofilizatör ile kurutularak elde edilen oleozom örnekleri püskürtülerek kurutma yöntemi ile kurutularak elde edilen oleozom örneklerine göre daha yüksek nem ve su aktivitesi değerine sahip olmasının sebebi, kurutmada uygulanan sıcaklığın etkisine veya kurutma sonrası analizler gerçekleştirilene kadar ürünlerin ortam neminden etkilenme düzeyinin farklı olmasına bağlanabilir.

Çizelge 4.4. Nem tayini analiz sonuçları

Oleozom Örnekleri	Nem (%)	Su Aktivitesi
Liyofilizatör ile kurutulmuş	6,55±0,35 ^b	0,219±0,007 ^b
Püskürterek kurutulmuş	3,35±0,05 ^a	0,158±0,001 ^a

^aFarklı üst simgeler önemli farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

BÖLÜM V

SONUÇ

Bu çalışmada, sodyum hidrokisit ile pH'sı 11'e ayarlanarak fındıktan oleozomlar başarıyla elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen kurutulmuş oleozom örneklerinde bazı kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Ayrıca elde edilen kurutulmuş oleozomlar hızlandırılmış oksidasyon (60°C) koşullarında 21 gün depolanmış ve bu süreç içerisinde oksidatif ve yapısal stabilite belirlenmiştir.

Gıda endüstrisindeki çeşitli pH koşulları göz önüne alındığında kritik bir parametre olan kremleşme stabilitesi, elde edilen oleozomlar için değerlendirilmiş olup özellikle pH 7'de çiğ fındıktan elde edilen oleozomlar krema oluşumu ve agregasyona karşı güçlü bir stabilite sergilemiştir. Sprey kurutucu ile yapılan kurutma işlemi esnasında yüksek sıcaklık uygulanması sebebiyle hızlı kabuk oluşumu gözlenmiş ve yuvarlak, homojen bir yapı oluşmuştur. SEM görüntüleri incelendiğinde sprej kurutucu ile kurutulan örnekte yapının aglomera olduğu ve liyofilizatör ile kurutulan örnekte yapının daha ince ve gözenekli olduğu görülmektedir. Yapıdaki bu farklılıklar son ürünün sindirilebilirliğinde önemli değişimlere neden olmuş ve yapısı sebebiyle sprej kurutucuda kurutulan örneğin sindirilebilirliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Ek olarak; bulgularımız, oleozomların yağ fazının sindirilebilirliğinin artırılması için püskürterek ve dondurarak kurutma işlemlerinin potansiyeline işaret etmektedir. Nem ve su aktivitesi değerlerine bakıldığında ise liyofilizatör ile kurutularak elde edilen oleozom örnekleri sprej kurutma yöntemi ile kurutularak elde edilen oleozom örneklerine göre daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek nem ve su aktivitesi değeri, gıdalarda mikrobiyolojik veya biyokimyasal bozulmalara ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Kurutulmuş gıdalarda su aktivitesi değerinin 0.6'nın altında olması mikroorganizmaları inhibe etmektedir (Akdoğan, 2014). Örneklerimizin su aktivitesi ve nem değerleri incelendiğinde ise mikrobiyolojik ve biyokimyasal bozulmalara karşı dayanıklı olduğu yani uzun raf ömrüne sahip olduğunu görülmektedir. Peroksit değerleri incelendiğinde ise 21. Gün kurutulmuş örneklerde elde edilen veriler >10 olması sebebiyle tüketime uygun değildir. Depolama süresini belirlemek amacıyla en sağlıklı yöntem ürünün normal depolanma koşullarında yaklaşık olarak 180 gün depolanması ve bu süreçte oksidatif stabilite analizlerinin yapılması bize

daha sağlıklı sonuç verecektir. Diğer bir depolama analizi olan malonaldehit analizinde ise liyofilizat3r ile kurutulan 3rnek ve kontrol 3rneğinde TBA değerleri benzerdir. P3sk3rterek kurutma işleminden elde edilen 3rneğin TBA değerleri diğer 3rneklere kıyasla daha y3ksek olmasına karşın kabul edilebilir d3zeydedir. Kurutulmuş oleozomların FT-IR spektrumları incelendiğinde ise benzer spektrumlara sahip olduğu ve kimyasal yapının bozulmadığı g3r3lm3řt3r.

Sonuç olarak kurutulmuş oleozom 3rneklarinin d3ř3k nem ve su aktivitesi ile uzun raf 3mr3ne sahip olması, kimyasal bağ yapılarının korunması, kontrol 3rneklarine g3re y3ksek sindirilebilirliğe sahip olduğu g3zlemlenmiştir. Gıda end3strisinde çeşitli alanlarda kullanılmak 3zere sağlıklı ve doğal bir alternatif olmaktadır. Raf 3mr3n3 belirlemek için 3r3n depolama koşullarında depolama sağlanmalı ve bu s3rete belirli periyotlarda oksidasyon analizleri yapılmalıdır. Bu testlerin sonuçlarını doğrulamak için 3zellikle duyuusal değerlendirmeler ve 3r3n uygulamaları gibi daha fazla araştırmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abdullah, Weiss, J., Ahmad, T., Zhang, C., & Zhang, H., “A review of recent progress on high internal-phase Pickering emulsions in food science”, *Trends in Food Science & Technology*, 106, 91–103, 2020.

Abell, B.M., Holbrook L.A., Abenes, M., Murphy, D.J., Hills M.J., Moloney M.M, “Role of the proline knot motif in oleosin endoplasmic reticulum topology and oil body targeting”, *Plant Cell* , 9, 1481– 1493, 1997.

Alasalvar, Amaral, Satır, Shahidi, “Lipid characteristics and essential minerals of native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.)” *Food Chemistry*, Volume 113, 919-925, 2009.

Alasalvar, Amaral, Shahidi, “Functional Lipid Characteristics of Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). J. Agric”, *Food Chemistry* 54, 26, 10177–10183, 2006.

Abdullah ,Weiss J., Zhang H., “Recent advances in the composition, extraction and food applications of plant-derived oleosomes”, *Trends in Food Science & Technology*, 106, 322–332, 2020.

Abdullah, Weiss, J., Ahmad, T., Zhang, C., & Zhang, H., “A review of recent progress on high internal-phase Pickering emulsions in food science”, *Trends in Food Science & Technology*, 106, 91–103, 2020.

Abell, B.M., Holbrook L.A., Abenes, M., Murphy, D.J., Hills M.J., Moloney M.M, “Role of the proline knot motif in oleosin endoplasmic reticulum topology and oil body targeting”, *Plant Cell* , 9, 1481– 1493, 1997.

Agric, J., “Study of the Main Constituents of Some Authentic Hazelnut Oils” *Food Chemistry*, 53(12), 4843–4852, 2005.

Akdoğan, A., Bezelye kabuğunun farklı sistemlerdeki kuruma kinetiğinin ve kurutulmuş ürünün öğütülmesiyle elde edilen toz ürünün özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 114s, 2014.

Alasalvar, Amaral, Satır, Shahidi, “Lipid characteristics and essential minerals of native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.)” *Food Chemistry*, Volume 113, 919-925, 2009.

Alasalvar, Amaral, Shahidi, “Functional Lipid Characteristics of Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). J. Agric”, *Food Chemistry* 54, 26, 10177–10183, 2006.

Alexander, L. G., Sessions, R. B., Clarke, A. R., Tatham, A. S., Shewry, P. R., ve Napier, “Official Methods of Analysis of AOAC International. In G. W. Latimer (Ed.)”, *AOAC International* ,21,2019, 2022.

Atamer M., Tereyağı Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Yayınları. Yayın No: 1313. Ankara, 90, 1993. Abdullah ,Weiss J., Zhang H., “Recent advances in the composition, extraction and food applications of plant-derived oleosomes”, *Trends in Food Science & Technology*, 106, 322–332, 2020.

Bakry, Abbas, A.M., Ali, S., Majeed, B., Abouelwafa, H., Mousa, M.Y., Liang, A., L., “Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications”, *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 15:143–82,2016

Balık, H.İ., “Ordu’nun Ünye İlçesinde Palaz Fındık Çeşidi Klon Seleksiyonu”. Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, S 1, 2007.

Capuano, E., Pellegrini, N., Ntone, E., Nikiforidis, C. V.,”In vitro lipid digestion in raw and roasted hazelnut particles and oil bodies”, *Food and Function*, 9(4), 2508–2516, 2018.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert- Vian, M., “Ultrasound assisted extraction of food and natural products.

Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications” *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560, 2017.

Chen, J. C. F., and Tzen, J. T. C., “An in vitro system to examine the effective phospholipids and structural domain for protein targeting to seed oil bodies,” *Plant and Cell Physiology*, 42(11), 1245–1252, 2001.

Chen, J. C. F., Tsai, C. C. Y., Tzen, J. T. C., “Cloning and secondary structure analysis of caleosin, a unique calcium-binding protein in oil bodies of plant seeds,” *Plant and Cell Physiology*, 40(10), 1079–1086, 1999.

Crews C, Hough P, Godward J, Brereton P, Lees M, Guet S & Winkelmann W., “Study of the Main Constituents of Some Authentic Hazelnut Oil,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(12): 4843–4852, 2005.

Dave, A. C., Ye, A., Singh, H., “Structural and interfacial characteristics of oil bodies in coconuts (*Cocos nucifera* L.)”, *Food Chemistry*, 276, 129–139, 2019.

De Chirico, S., di Bari, V., Foster, T., & Gray, D., “Enhancing the recovery of oilseed rape seed oil bodies (oleosomes) using bicarbonate-based soaking and grinding media”, *Food Chemistry*, 241, 419–426, 2018.

Deleu, M., Vaca-Medina, G., Fabre, J.-F., Roiz, J., Valentin, R., & Mouloungui, Z., “Interfacial properties of oleosins and phospholipids from rapeseed for the stability of oil bodies in aqueous medium” *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 80, 125–132, 2010.

Deeth HC., Fitz-Gerald CH., “Lypolytic Enzymes and Hydrolytic Rancidity in Milk and Milk Products” *Advanced Dairy Chemistry. In Lipids*, Vol. 2, 2th Ed., Ed., Fox PF., Chapman & Hall, UK, 1995.

Ding, J., Xu, Z., Qi, B., Liu, Z., Yu, L., Yan, Z., “Thermally treated soya bean oleosomes: The changes in their stability and associated proteins”, *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 229–238, 2020.

FAO food and nutrition series, *Food and Agriculture Organization of the United Nations food and nutrition series*, ISSN :1014-3181, 2024.

Firestone, D., “Official methods and recommended practices of the AOCS”, *AOCS*, 5, 1998. American Oil Chemists’ Society.

Fongin, S., Kawai, K., Harnkarnsujarit, N., Hagura, Y., “Effects of water and maltodextrin on the glass transition temperature of freeze-dried mango pulp and an empirical model to predict plasticizing effect of water on dried fruits”, *Journal of Food Engineering*, 210, :91–7, 2017.

Frandsen GI, Mundy J, Tzen J. T. C. “Oil bodies and their associated proteins, oleosin and caleosin”, *Physiology Plantarum*, 112, 301–307, 2001.

Gallier, S., Gordon, K. C., Singh, H. , “Chemical and structural characterisation of almond oil bodies and bovine milk fat globules”, *Food Chemistry*, 132(4), 2012.

Gutteridge JMC., “Thiobarbituric acid-reactivity following iron-dependent free-radical damage to amino acids and carbohydrates” *FEBS Letters*, 128, 343-346, 1981.

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2016 Yılı Fındık Raporu, *Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü* Ankara 3, 2017.

Harmankaya, B., “Ultras Dalgaları İle Oleozom Ekstraksiyonunun Optimizasyonu Ve Model Emülsiyon Formülasyonunda Kullanımı”. Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, S. 12, 2023.

Hartman, L., Lago, R. C. A., “Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids” *PubMed. Laboratory Practice*, 22, 475–476, 1973.

Huang, A. H. C. “Oleosins and oil bodies in seeds and other organs,” *Plant Physiology*, 110, 1055–1061, 1996.

Huang, A. H. C., "Oil bodies and oleosins in seeds", *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 177–200, 1992.

Huang, A. H., "Plant lipid droplets and their associated proteins: Potential for rapid advances." *Plant Physiology*, 176(3), 1894-1918, 2018.

ITC, 2024. International Trade Center, TradeMap Veri tabanı, <https://www.intracen.org/>, 2 Mayıs 2024.

Iwanaga, D., Gray, D. A., Fisk, I. D., Decker, E. A., Weiss, J., McClements, D. J., "Extraction and characterization of oil bodies from soy beans: A natural source of pre-emulsified soybean oil", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8711–8716, 2007.

Jiang, P.L. and Tzen, J.T.C., "Caleosin serves as the major structural protein as efficient as oleosin on the surface of seed oil bodies," *Plant Signaling and Behavior*, 5(4), 447–449, 2010.

Kapchie, V. N., Wei, D., Hauck, C., & Murphy, P. A., "Enzyme-assisted aqueous extraction of oleosomes from soybeans (*Glycine max*)" *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1766–1771, 2008.

Kapchie, V. N., Yao, L., Hauck, C. C., Wang, T., & Murphy, P. A., "Oxidative stability of soybean oil in oleosomes as affected by pH and iron", *Food Chemistry*, 141, 2286–2293, 2013.

Kara, H.H., Araiza-Calahorra, A., Rigby, N.M., Sarkar, A., "Flaxseed oleosomes: Responsiveness to physicochemical stresses, tribological shear and storage", *Food Chemistry*, 431, 137160, 2024.

Karefyllakis, D., van der Goot, A. J., ve Nikiforidis, C. V. "The behaviour of sunflower oleosomes at the interfaces". *Soft Matter*, 15, 4639–4646, 2019.

Kayalak, S., “Türkiye Fındık Piyasasındaki Ekonomik Değişkenlerin Yapısal Değişimi ve Zaman Serisi Analizi”. Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, s.36, 2009.

Keşap Ziraat Odası. (2022). “Çeşitlilik”. <http://kesap.ziraatodasi.org.tr/cesitlilik>, 30 Nisan 2024

Köksal, A. İ., Artık, N., Şimşek, A., & Güneş, N., “Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey”, *Food Chemistry*, 99(3), 509-515, 2006.

Li, H., Parry, J. W., “Phytochemical compositions, antioxidant properties, and colon cancer antiproliferation effects of Turkish and Oregon hazelnut”, *Food and Nutrition Sciences*, 02(10): 1142-1149, 2011.

Li, Y., Liu, B., Jiang, L., Regenstein, J. M., Jiang, N., Poias, V., et al., “Interaction of soybean protein isolate and phosphatidylcholine in nanoemulsions: A fluorescence analysis”, *Food Hydrocolloids*, 87, 814–829, 2019.

Li, Z., Sun, B., Zhu, Y., Liu, L., Huang, Y., Lu, M., Zhu, X., Gao, Y., “Effect of maltodextrin on the oxidative stability of ultrasonically induced soybean oil bodies microcapsules”, *Frontiers In Nutrition*, 9:1071462, 2022.

Lin L. J., Tzen J. T. C., “Two distinct steroleosins are present in seed oil bodies”, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 601–608, 2004.

Lin, L. J., Liao, P. C., Yang, H. H., & Tzen, J. T. C., “Determination and analyses of the N-termini of oil-body proteins, steroleosin, caleosin and oleosin”, *Plant Physiology and Biochemistry*, 43, 770–776, 2005.

Lin, L. J., Tai, S. S. K., Peng, S.S., and Tzen, J. T. C., “Steroleosin, a sterol-binding dehydrogenase in seed oil bodies,” *Plant Physiology and Biochemistr*, 128(4), 1200–1211, 2002.

Lopez, C., Novales, B., Rabesona, H., Weber, M., Chardot, T., Anton, M., “Deciphering the properties of hemp seed oil bodies for food applications: Lipid composition, microstructure, surface properties and physical stability”, *Food Research International*, 150, 110759, 2021.

Malhotra, S. P. World Edible Nuts Economy. *Concept Publishing Company*, New Delhi, s 399, 2008.

Mantzouridou, F.T., Naziri, E., Kyriakidou, A., Paraskevopoulou, A., Tsimidou, M.Z., Kiosseoglou, V., “Oil bodies from dry maize germ as an effective replacer of cow milk fat globules in yogurt-like product formulation”, *Food Science and Technology*, 105, 48–56, 2019.

Matsakidou, A., Biliaderis, C. G., & Kiosseoglou, V., “Preparation and characterization of composite sodium caseinate edible films incorporating naturally emulsified oil bodies”, *Food Hydrocolloids*, 30, 232–240, 2013.

Matsakidou, A., Tsimidou, M. Z., Kiosseoglou, V., “Storage behavior of caseinate-based films incorporating maize germ oil bodie”, *Food Research International*, 116, 1031–1040, 2019.

Maurer, S., Ghebremedhin, M., Zielbauer, B.I., Knorr, D., Vilgis, T.A., “Microencapsulation of soybean oil by spray drying using oleosomes”, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 49,054001, 2016.

Mishra, S., & Mishra, H. N., “Effect of synbiotic interaction of fructooligosaccharide and probiotics on the acidification profile, textural and rheological characteristics of fermented soy milk”, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3166–3176, 2013.

Mohona, M., Pradyuman, K., “Microencapsulation of fenugreek seed oil and oil load effect on maltodextrin and fenugreek seed mucilage as wall materials by spray drying”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46,16294, 2022.

Murphy, D. J., “The dynamic roles of intracellular lipid droplets: from archaea to mammals,” *Protoplasma*, 249(3), 541–585, 2011.

Murphy DJ., “Bitkilerde depo lipid cisimlerinin ve oleosinlerin yapısı, işlevi ve biyogenezi” *Progress in Lipid Research*, 32, 247–280, 1993.

Napier, J. A., “Characterization and modelling of the hydrophobic domain of a sunflower oleosin” *Planta*, 214, 546–551, 2002.

Napier J.A., Beaudoin F., Tatham A.S., Alexander L.G., Shewry P.R., “The seed oleosins: structure, properties and biological role”, *Advances in botanical research, Academic Press*, s.. 111–38,2001.

Nikiforidis, C. V., Kiosseoglou, V., Scholten, E., “Understanding the oleosome: A biological perspective of oil bodies in seeds”, *Advances in Colloid and Interface Science*, 1(10), 197–198, 2013.

Nikiforidis, C. V., Kiosseoglou, V., “Aqueous extraction of oil bodies from maize germ (*Zea mays*) and characterization of the resulting natural oil-in-water emulsion”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5591–5596, 2009.

Nikiforidis, C.V., “Structure and functions of oleosomes (oil bodies)”, *Advances in Colloid and Interface Science*, 274, 102039, 2019.

Nikiforidis, C.V., Matsakidou, A., Kiosseoglou, V., “Composition, properties and potential food applications of natural emulsions and cream materials based on oil bodies” *RSC Advances*, 4(48), 25067–25078, 2014.

Ntone, E., Yang, J., Meinders, M. B. J., Bitter, J. H., Sagis, L. M. C., Nikiforidis, C. V., “The emulsifying ability of oleosomes and their interfacial molecules”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 229, 113476, 2023.

O’Conner TP., O’Brien NM, Lipid Oxidation: “*Advanced Dairy Chemistry. In Lipids*” Vol. 2, 2th Ed., Ed.,Fox PF., Chapman & Hall, UK, 1995.

Özdemir, F., ve Akinci, I., “ Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties”, *Journal of Food Engineering*, 63(3), 341-347, 2004.

Özgüven, M., “Functional chocolate development: enrichment of dark chocolate with nano-liposome encapsulated antioxidants, and/or pro- and pre-biotics, bioavailability studies, Ph. D. Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, Türkiye, 2014.

Pereira, W.F.S., de Figueiredo Furtado, G., Feltre, G., Hubinger, M.D., “Oleosomes from Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): Extraction, characterization and stability study”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103183, 2022.

Purkrtova Z, Jolivet P, Miquel M, Chardot T., “Structure and function of seed lipid body-associated proteins”, *Comptes Rendus Biologies*, ;331, 746–54, 2008.

Qi, B., Ding, J., Wang, Z., Li, Y., Ma, C., Chen, F., Sui, X., Jiang, L., “Deciphering the characteristics of soybean oleosome-associated protein in maintaining the stability of oleosomes as affected by pH”, *Food Research International*, 100, 551–557, 2017.

Quettier Quettier, A. L., Eastmond P. J., “Storage oil hydrolysis during early seedling growth”, *Plant Physiology and Biochemistry*,. 47, 485–490, 2009.

Rekabet Kurumu, Fındık Sektör Araştırması Raporu, *III. Denetim ve Uygulama Dairesi Başkanlığı*, Ankara, Türkiye, s.12 , 2018.

Richardson T., Korycka-Dahl M., Lipid Oxidation “Developments in Dairy Chemistry-2, In “Lipids”, “Ed. Fox PF., *Applied Science Publishers*, London and Newyork. 430, 1983.

Romero-Guzmán, M. J., Jung, L., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Nikiforidis, C. V., “Efficient single-step rapeseed oleosome extraction using twin-screw press”, *Journal of Food Engineering*, 276, 109890, 2020.

Romero-Guzman, M. J., Vardaka, E., Boom, R. M., & Nikiforidis, C. V., “Influence of soaking time on the mechanical properties of rapeseed and their effect on oleosome extraction”, *Food and Bioproducts Processing*, 121, 230–237, 2020b.

Savage G. P., , McNeil, D. L., Dutta, P. C., ”Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand”, *AOCS*, 74(6) , 755-759, 1997.

Schmidt M. A., Herman E. M., “Suppression of soybean oleosin produces micro-oil bodies that aggregate into oil body/ER complexes”, *Molecular Plant*, 1, 910–924, 2008.

Shakerardekani, A., Karim, R., Vaseli, N., “The effect of processing variables on the quality and acceptability of pistachio milk”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 541–545, 2013.

Sıray, E., ve Akçay, Y., “Giresun İli Merkez İlçede Fındık Yetiştiren İşletmelerin Ekonomik Analizi, Üretim ve Pazarlama Sorunlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 43-56, 2010.

Simoons, J. F., *Food in China: A Cultural and Historical Inquiry*, United States, *CRC Press*, 268 s, 1991.

Şahin, S., Tonkaz, T. & Yarılgaç, T., “ Chemical composition, antioxidant capacity and total phenolic content of hazelnuts grown in different countries” *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 262-270, 2022.

TMO, 2016 Yılı Fındık Sektör Raporu, **Toprak Mahsulleri Ofisi**, , Ankara, Türkiye, 2017,

TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu,. <http://www.tuik.gov.tr://> , 30 Nisan 2024.,

Tzen J. T. C., Cao Y.Z., Laurent P., Ratnayake C., Huang A.H.C., “Lipids, proteins, and structure of seed oil bodies from diverse species,” *Plant Physiology*, 101, 267–76, 1993.

Tzen, J. T. C., Wang, M. M. C., Tai, S. S. K., Lee, T. T. T., and Peng, C. C., “The abundant proteins in sesame seed: storage proteins in protein bodies and oleosins in oil bodies,” *Advances in Plant Physiology*, 6, 93–105, 2003.

Ustaoglu, B., “Türkiye’de İklim Değişikliğinin Fındık Tarımına Olası Etkileri”. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 10 s, 2009.

Van Aken, G.A., Blijdenstein, T.B.J., Hotrum, N.E., ”Colloidal destabilisation mechanisms in protein-stabilised emulsions” *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 8(4–5), 371–379, 2003.

Wang, W., Cui, C., Wang, Q., Sun, C., Jiang, L., & Hou, J., “Effect of pH on physicochemical properties of oil bodies from different oil crops”, *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 56, 49–58, 2019.

Waschatko, G., Junghans, A., Vilgis, T. A., “Soy milk oleosome behaviour at the air–water interface”, *Faraday Discussions*, 158, 157–169, 2012.

Zaaboul, F., Raza, H., Chen, C., & Liu, Y., “Characterization of peanut oil bodies integral proteins, lipids, and their associated phytochemicals“, *Journal of Food Science*, 83, 93–100, 2018b.

Zaaboul, F., Zhao, Q., Xu, Y., Liu, Y., “Soybean oil bodies: a review on composition, properties, food applications, and future research aspects” *Food Hydrocolloids*, 124:107296, 2022.

Zaaboul, F., Raza, H., Cao, C., Yuanfa, L., “The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies”, *Food Chemistry*, 280, 270-277, 2019.

Zderic, A., Almeida-Rivera, C., Bongers, P., & Zondervan, E., “Product-driven process synthesis for the extraction of oil bodies from soybeans” *Journal of Food Engineering*, 185, 26–34, 2016.

Zhao, Z., Chen, F., & Hao, L.,” Effect of physiochemical factors and peanut varieties on the charge stability of oil bodies extracted by aqueous method”, *Journal of Oleo Science*, 68, 297–306, 2019.

Zhou, L. Z., Chen, F. S., Hao, L. H., Du, Y., & Liu, C., “Peanut oil body composition and stability”, *Journal of Food Science*, 84, 2812–2819, 2019.

Zhu, Z., Hu, J., Zhong, Z., “Preparation and characterization of long-term antibacterial and pH-responsive Polylactic acid/Octenyl succinic anhydridechitosan @ tea tree oil microcapsules”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1318–28, 2022

ÖZ GEÇMİŞ

Tuğçe ERKAYIRANyılında doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini tamamladı. yılında girdiği Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ndenyılında mezun oldu. yılından bu yana Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans çalışmalarını sürdürmektedir.



