



**NANO MONTMORİLLONİT İÇEREN KAPAK
AMBALAJ FİLMİNİN TEREYAĞI DEPOLANMASINDA
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Didem ÇANKIR

Danışman

Doç Dr. Erman DUMAN

NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Nisan 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NANO MONTMORİLLONİT İÇEREN KAPAK AMBALAJ
FİLMİNİN TEREYAĞI DEPOLANMASINDA FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatma Didem ÇANKIR

Danışman

Doç. Dr. Erman DUMAN

NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Nisan 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Fatma Didem ÇANKIR tarafından hazırlanan “Nano Montmorillonit İçeren Kapak Ambalaj Filminin Tereyağı Depolanmasında Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 26 / 04 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanoteknoloji **Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Erman DUMAN

Başkan : Prof. Dr. Atilla EVCİN
AKÜ, Mühendislik Fakültesi

..... İmza

Üye : Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ
Uşak Üniversitesi, Mühendislik ve
Doğa Bilimleri Fakültesi

..... İmza

Üye : Doç. Dr. Erman DUMAN
AKÜ, Mühendislik Fakültesi

..... İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.... / /

İmza

Fatma Didem ÇANKIR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NANO MONTMORİLLONİT İÇEREN KAPAK AMBALAJ FİLMİNİN TEREYAĞI DEPOLANMASINDA FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Didem ÇANKIR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erman DUMAN

Yapılan bu araştırma kapsamında çevre kirliliğine neden olan petrol türevli ambalaj malzemelerine alternatif olarak nano içerikli ambalaj filmi üretilmiştir ve üretilen film tereyağı depolanmasında kapak ambalajı olarak kullanılmıştır. Üretilen filme lazer tane boyutu, diferansiyel taramalı kalorimetri, biyobozunurluk, oksijen geçirgenliği analizleri, depolanan tereyağına ise serbest yağ asitliği, renk, kırılma indisi, peroksit sayısı, viskozite, yağ asitleri kompozisyonu, psikrofilik mikroorganizma, toplam maya ve küf mikrobiyolojik analizleri yapılmış ve aynı şartlarda (+4 °C) kendi ambalajında depolanan kontrol grubu tereyağı ile kıyaslanmıştır.

Bu doğrultuda biyofilmin 1 gün süre boyunca tereyağını sızdırmadığı, biyofilmin 6 ay süre boyunca toprakta bozunma oranının %31, oksijen geçiş hızının 4485 cc/m²/gün olduğu, diğer taraftan biyofilm kapak ambalaj filminin kullanıldığı 6 aylık sürede tereyağının, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, renk, kırılma indisi sonuçları sırasıyla, %0,62-1,07, 0-1,73 meqO₂/kg, L*79,99-97,74, a* -0,07- 4,18, b* 26,09-29,77, 1,4367-1,472 n_D olarak değiştiği belirlenmiştir. Depolanan tereyağının yağ asitleri kompozisyonu incelendiğinde, baskın yağ asitleri, doymuş yağ asitleri arasından bütirik asit, miristik asit, palmitik asit ile stearik asit doymamış yağ asitleri arasından ise de oleik asit belirlenmiş olup mikrobiyolojik olarak psikrofilik mikroorganizma, toplam maya ve küf değerleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; elde edilen nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağını fiziko-kimyasal açıdan koruduğu, mikrobiyolojik açıdan ise film yapımı sırasında hijyen koşullarına azami derecede dikkat edilerek geliştirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

2024, xii + 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ambalaj, Depolama, Fiziko-kimyasal, Gıda, Nano montmorillonit, Nanoteknoloji, Tereyağı.



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECT OF COVER PACKAGING FILM CONTAINING NANO MONTMORILLONITE ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES IN BUTTER STORAGE

Fatma Didem Çankır
Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nanoscience and Nanotechnology

Supervisor: Assoc. Prof. Erman DUMAN

Within the scope of this research, nano-containing packaging film was produced as an alternative to petroleum-derived packaging materials that cause environmental pollution, and the produced film was used as lid packaging in the storage of butter. Laser grain size, differential scanning calorimetry, biodegradability, oxygen permeability analyzes were performed on the produced film, and free oil acidity, color, refractive index, peroxide number, viscosity, fatty acid composition, psychrophilic microorganism, total yeast and mold microbiological analyzes were performed on the stored butter and under the same conditions. (+4 °C) compared to the control group butter stored in its own packaging.

In this respect, the biofilm did not leak the butter for 1 day, the degradation rate of the biofilm in the soil was 31% for 6 months, the oxygen transfer rate was 4485 cc/m²/day, and on the other hand, in the 6-month period when the biofilm cover packaging film was used, the free fatty acidity and peroxide number of the butter decreased. , color, refractive index results respectively: 0.62-1.07%, 0-1.73 meqO₂/kg, L*79.99-97.74, a* -0.07- 4.18, b* 26 It was determined that it varied between .09-29.77, 1.4367-1.472 nD. When the fatty acid composition of the stored butter was examined, the dominant fatty acids were determined as butyric acid, myristic acid, palmitic acid and stearic acid from saturated fatty acids, oleic acid from unsaturated fatty acids, and microbiologically psychrophilic microorganism, total yeast and mold values were determined.

In conclusion; It has been determined that the resulting lid packaging film containing nano montmorillonite protects butter from a physico-chemical perspective, and from a microbiological perspective, it should be developed by paying utmost attention to hygiene conditions during film production.

2024, xii + 60 pages

Keywords: Packaging, Storage, Physico-chemical, Food, Nano montmorillonite, Nanotechnology, Butter.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi, yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük destekleri ve engin bilgileri ile hep yanımda olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erman DUMAN'a, laboratuvar imkanlarıyla destek olan Sayın Prof. Dr. Atilla EVCİN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇİFTÇİ'ye araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Yüksek Lisans Öğrencisi Merve Şeyma PAMUKÇU ayrıca katkılarından dolayı Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ'ye her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı sevgili annem Melek ÇANKIR'a, canım babam Ali İhsan ÇANKIR'a, abim Bekir Çağlar ÇANKIR'a ve nişanlım Hamza TERZİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Fatma Didem ÇANKIR

Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1 Nanoteknoloji.....	3
2.2 Montmorillonit.....	4
2.2.1 Montmorillonitin Ambalaj Sanayisinde Kullanım Alanları.....	7
2.3 Nişasta.....	9
2.4 Kitosan	11
2.5 Film ve Ambalaj ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	13
2.6 Tereyağı	14
2.7 Tereyağında Kullanılan Ambalajlar.....	16
2.8 Nanoteknolojik Olarak Tereyağı İle İlgili Yapılan Çalışmalar	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM	19
3.1 Materyal	19
3.2 Yöntem.....	19
3.2.1 Nano Montmorillonitin Üretimi.....	19
3.2.2 Biyofilm Üretimi ve Depolama.....	20
3.2.3 Lazer Tane Boyutu Analizi	21
3.2.4 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi	21
3.2.5 Biyobozunurluk.....	21
3.2.6 Oksijen Geçirgenliği Analizi.....	22
3.2.7 Serbest Yağ Asitliği (SYA) Tayini	22
3.2.8 Peroksit Sayısı Tayini	22

3.2.9 Renk Tayini.....	23
3.2.10 Kırılma İndisi Tayini.....	23
3.2.11 Viskozite Analizi.....	23
3.2.12 Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi.....	23
3.2.13 Psikrofilik Mikroorganizma Sayımı Analizi.....	24
3.2.14 Toplam Maya ve Küf Sayımı Analizi.....	24
3.2.15 İstatiksel Analiz.....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	25
4.1 Lazer Tane Boyutu.....	25
4.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri.....	25
4.3 Biyobozunurluk	26
4.4 Yağ Sızdırmazlığı	27
4.5 Oksijen Geçirgenliği	27
4.6 Serbest Yağ Asitliği	28
4.7 Peroksit Sayısı	29
4.8 Renk	30
4.9 Kırılma İndisi	31
4.10 Viskozite	32
4.11 Yağ Asitleri Kompozisyonu	32
4.12 Psikrofilik Mikroorganizma	34
4.13 Toplam Maya ve Küf.....	35
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	37
6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	60

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
µm	Mikrometre
TiO ₂	Titanyum Dioksit
Cr	Krom
Cm	Santimetre
g	Gram
l	Litre
Mg	Magnezyum
Ca	Kalsiyum
Al	Alüminyum
Mg	Magnezyum
O	Oksijen
H	Hidrojen
H ₂ O	Su
Si	Silisyum
CO ₂	Karbondioksit
KI	Potasyum İyot
KOH	Potasyum Hidroksit
Na	Sodyum
Mm	Milimetre
Kg	Kilogram
M	Molar
KOH	Potasyum hidroksit
Tc	Kristallenme Sıcaklığı
Tg	Camsı Geçiş Sıcaklığı
Tm	Erime Sıcaklığı
Meq	miliEkivalan
Xc	Kristalinite Değeri

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABS	Akrilonitril Butadien Stiren
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CMC	Karboksimetil Selüloz
Doç.	Doçent
Dr	Doktor
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
E.coli	escherichia coli
FTIR	Fourier Transformed Infrared Spectroscopy
GRAS	Generally Recognized as Safe
¹ H-NMR	Proton Nükleer Magnetik Rezonans
IU	International unit

İnt	İnternet
Kcal	Kilokalori
kPa	Kilopascal
M.Ö.	Milattan önce
MMT	Montmorillonit
Nm	Nanometre
OPP	Priente Polipropilen
PAGEV	Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme Ve Eğitim Vakfı
PAS	Peyniraltı Suyu Proteini
PBS	Polibütülen Süksinat
PEG	Polietilen Glikol
PHB	Polihidroksibütirat
PCA	Plate Count Agar
PCL	Polikaprolakton
PDA	Potato Dextrose Agar
pH	Power Of Hydrogen
PLA	Polilaktik Asit
PVC	Polivinil Klorür
Rpm	Revolutions Per Minute
S.aerus	Staphylococcus Aureus
SEM	Scanning Electron Microscope
SYA	Serbest Yağ Asiti
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TPP	Trifenil Fosfat
TPS	Termoplastik Nişasta
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel Ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜDAM	Toros Üniversitesi Dil Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi
TÜSİAD	Türk Sanayicileri Ve İş Adamları Derneği
UNAM	Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
Vb	Ve Benzeri
XRD	X-Ray Diffraction

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Sodyum montmorillonitin yapısı	6
Şekil 2.2 Nişastanın yapısı; (a) amilaz, (b) amilopektin	9
Şekil 2.3 Kitosanın yapısı.....	12
Şekil 3.1 Sedimentasyon uygulaması; (a) ham montmorillonit dispersiyonu, (b) çökmüş gang mineralleri, (c) saflaştırılmış montmorillonit	19
Şekil 4.1 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin DSC şekli.....	26



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Montmorillonit lazer tane boyutu.....	25
Çizelge 4.2 Nano Montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin biyobozunması	26
Çizelge 4.3 200 µm kalınlığında nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği.....	28
Çizelge 4.4 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının serbest yağ asitliği üzerine etkisi	28
Çizelge 4.5 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının peroksit sayısı üzerine etkisi	29
Çizelge 4.6 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının renk üzerine etkisi	30
Çizelge 4.7 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının kırılma indisi üzerine etkisi	31
Çizelge 4.8 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının viskozite üzerine etkisi	32
Çizelge 4.9 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının doymuş yağ asitleri üzerine etkisi	33
Çizelge 4.10 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının doymamış yağ asitleri üzerine etkisi	34
Çizelge 4.11 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının psikrofilik mikroorganizama üzerine etkisi	35
Çizelge 4.12 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının toplam maya ve küf üzerine etkisi	36

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Montmorillonit kil minerali	5
Resim 2.2 Kitosan maddesi görünümü	11
Resim 3.1.1 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağı depolanmasında kullanımı	20
Resim 4.1 Nano montmorillonit içerikli ambalaj filminin yağ sızdırmazlığı	27



1. GİRİŞ

Nanoteknoloji; boyutu 100 nanometreden daha küçük olan madde ve sistemleri inceleyen, ölçüm, işleme, modelleme, tasarım ile düzenleme gibi çeşitli çalışmalar ile molekül ve atom seviyesindeki yeni ya da gelişmiş biyolojik, fiziksel ve kimyasal nitelikler kazandırabilmeyi amaçlayan bilim ile teknoloji alanıdır. (Tu ve Huang 2007, Tarhan vd. 2010). Küçük boyutta çalışma imkânı sağlayan nanoteknoloji, malzemelerin nitelikleri üzerinde daha çok kontrol ve bilim dünyasına yeni malzeme ve ürün oluşturabilme imkânı sağlamıştır (TÜSİAD 2008).

Nanoteknolojinin tarihsel gelişimi Richard Feynman'ın 1959 yılında Amerikan Fizik Cemiyeti'ndeki 'Aşağıda Daha Çok Yer Var' adlı konferansında nanoteknolojiyle ilgili yaptığı konuşmayla başlamıştır. Feynman bu konferansında moleküllerin ve atomların kontrol edilebilmesinin mümkün olduğundan bahsetmiş ve bunun uygulanabilmesi için bazı aletlerin geliştirilmesi gerektiğini söylemiştir (Erkoç 2007). Dünyanın birçok ülkesinde nanoteknoloji üzerine önemli yatırımlar yapıldığı bilinmektedir. Japonya, Singapur, Çin, Tayvan, İsviçre ve İsrail bu konu üzerine çalışmalarına hız vermiştir (Kayır ve Bağçıl 2010). Ülkemizde ise, TÜBİTAK tarafından 1960 yıllarında 'Planlı Dönem' ile başlayan teknoloji ve bilim programları geliştirilmektedir. Bilkent Üniversitesi bünyesinde UNAM yani Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi kurularak önemli bir adım atılmıştır (Çıracı vd. 2005).

Gıda endüstrisi için nanoteknoloji yeni bir alandır. Gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları olarak; gıda güvenliği, biyogüvenlik, nanotoksikoloji ve nanopartikül salınım sistemleri yer almaktadır (Chen vd. 2006). Biyopolimerlere nano boyutlu dolgu maddeleri eklenerek biyobazlı nanokompozitler oluşturulmaktadır ve gıda ambalajlamasında kullanımı sınırlı olan biyopolimer filmlerin yapıları güçlendirilmektedir.

Petrol bazlı plastik ambalajlar gıda sanayisinde düşük ağırlık, esneklik, dayanıklılık gibi özellikleri nedeniyle ambalaj malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çevre kirliliğinin önüne geçilebilmesi için petrol türevli sentetik ambalaj malzemelerine

alternatif olarak biyobozunur polimerlerin kullanımı artmıştır. (Kılınç vd. 2017). Biyobozunur ambalaj materyalleri ‘biyopolimerler’ olarak adlandırılarak yenilenebilir biyolojik bazlı kaynaklardan elde edilmektedir (Bajpai 2019). Biyobozunur ambalaj materyallerinin bazı mekanik özelliklerinden dolayı gıda ambalajı olarak kullanımı sınırlıdır. Kaynaklarda biyobozunur polimerlerin bu zayıf niteliklerini geliştirmeye ilişkin çeşitli birçok uygulamalar bulunmaktadır.

Tereyağı, sütteki en mühim bileşeni oluşturan sütün yağından oluşmaktadır. Yağ asitlerindeki çeşitliliğinden (zincir kısa, uzun ya da orta gibi uzunluğu, doymamışlık düzeyi ile dallanma vb. gibi) dolayı süt yağı doğadaki en karmaşık yağlardan bir tanesidir. Tereyağı, hayvancılığın başlaması ile ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Tüketiciler tarafından fazla tercih edilmesinin nedeni, yüksek orandaki süt yağı, vitamin içeriği ve esansiyel yağ asitleriyle besleyici niteliklere sahip olmasıdır (Metin 2008).

Son senelerde tüketiciler taze, doğal, yüksek nitelikte, mikrobiyolojik olarak güvenli, oksidasyona karşı koruyucu ve de katkı maddesi bulunmayan raf ömrü oldukça uzun ambalaj içerisinde yer alan gıdalar tüketmek istemektedirler. Bu amaçla günümüzde çevreye zarar vermeyen biyobozunur ambalaj alanında çalışmalara ağırlık verilmektedir (Tarhan vd. 2010, Sürengil ve Kılınç 2011). Çeşitli gıdalar için son zamanlarda yaygın olarak biyobozunur ambalaj geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağı depolanmasında fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Nanoteknoloji

1976 yılında Tokyo Bilim Üniversitesi profesörü Norio Taniguchi tarafından kullanılan nanoteknoloji kavramı 9-10 nm boyutundaki aygıtların, materyallerin ve sistemlerin tasarımını, uygulamalarını ve üretimini kapsayan bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Nova Workforce Board Report 2003).

Bu derece küçük yapıların yeni fonksiyonel ve benzersiz özelliklere sahip olduklarının belirlenmesiyle ilaç, tekstil, elektronik, gıda ve ziraat sanayisinde nanoteknolojiye olan ilgi, araştırma ve uygulama alanları artmıştır. Bu küçük yapıların daha büyük yapılar ile karşılaştırıldıklarında farklı özelliklere sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklara örnek olarak; kimyasal reaktivite, fiziksel güç, manyetizma, elektrik iletkenliği ve optik etkiler verilmektedir (Saklar Ayyıldız 2008).

Nano sistemlerin geliştirilmesi, karakterizasyonu ile düzenlenmesiyle daha öncesinde keşfedilmemiş farklı işlevler ortaya çıkartılarak verimli biçimde kullanıma arz edilmesi, insanların hayatında önemli ilerlemelere neden olacaktır (Watanabe 2005). Bu yeni teknoloji ile son 30 yılda meydana gelen teknolojik gelişmelere göre daha farklı ve yeni özelliklere sahip ürünler elde edilmesi beklenmektedir. Gerçekleşecek olan bu gelişmeler sayesinde nanobilim ve nanoteknoloji sürdürülebilir, yenilebilir ve yeşil teknolojilerle birlikte toplumsal dönüşümü etkileyecek yeni bir değişim dalgası olarak ifade edilmektedir (Tu ve Huang 2007).

Dev bir sektör olan nanoteknoloji gıda alanında uygulamaları gün geçtikçe gelişmekte ve bu alanda yatırım yapan şirketlerin sayısı artmaktadır. (Çakmakçı 2011). Son yıllarda da tüketiciler taze, doğal yüksek kalitede, mikrobiyolojik açıdan güvenli, raf ömrü uzun, koruyucu ve katkı maddesi içermeyen gıdalar tüketmek istemektedirler. Tüketicilerin bu istekleri doğrultusunda gıdaların kalitesini artırmak ve daha uzun raf ömürlü olmasını sağlamak amacıyla nanoteknolojide gıda alanına ağırlık verilmiştir (Tarhan vd. 2010, Sürengil ve Kılınç 2011).

Gıda maddelerine aroma ve tekstür gibi istenilen özelliklerin kazandırılması nanoteknoloji uygulamaları ile mümkün olmaktadır. Biyobozunur malzemeler, antimikrobiyal paketlenme ve yenilebilir filmlerle gıdaların raf ömrü uzatılmaktadır ve akıllı ambalajlar ile nanosensörler sayesinde gıdalardaki bozulmalar önceden tespit edilebilmektedir (Tarhan vd. 2010, Sürengil ve Kılınç 2011).

Nanoteknolojinin gıda sahasındaki uygulama sahaları dört temel başlığa ayrılmaktadır. Bunlar; paketlenme sistemlerinin geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin kontrollü salınımı ile taşınması, patojenlerin saptanması ile gıda ürünlerinin güvenliğinin yükseltilmesi, fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi ile gıdaların işlenmesidir.

Paketlenme sistemlerinin geliştirilmesi: Nanoteknoloji gıda ambalajlarında kullanılan malzemelerle depolama ve taşıma esnasında ışık ile gaz girişi karşısında bariyer etkisinin en üst seviyeye taşınması, CO₂ emiliminin düşürülmesi, üretim için gerekli olan enerjinin minimuma indirilmesi ile kişi sağlığını tehdit etmekte olan bütün etkenlerin minimum seviyeye indirilmesi vb. gibi avantajlar sağlamaktadır (Chau vd. 2007, Buzby 2010). Tarafımızca yapılan çalışmada üretmiş olduğumuz ambalaj filmine bu özellikleri kazandırması için montmorillonit, kitosan ve nişasta eklenmiştir.

2.2 Montmorillonit

Topraktaki en küçük unsur olan kil, küçük taneli mineraller barındıran malzemeler şeklinde açıklanmaktadır. Kil mineraliye; boyutları iki mikrondan küçük belli kristal yapıya sahip, kile gerçek özelliğini kazandıran, görünümü pul veya yaprak şeklinde olan kilin gerçek bileşeni olarak tanımlanmaktadır. Önemli kil mineralleri; smektit, kaolonit ve sepiyolittir (Alemdar 2001). Yapılarının amorf olduğu düşünülen kil mineralleri, 1930 yılında Hendricks ve 1931 yılında Kelly öncülüğünde X-ışınları cihazında yapmış oldukları çalışmalar neticesinde kristal bir yapıda olduğunu belirtmişlerdir (Güngör 1981).

Kil mineralleri, düzgün dörtyüzlü (tetrahedral) ve düzgün sekizyüzlü (oktahedral) olmak üzere iki atomik kristal hücre yapısına sahiptir. Düzgün dörtyüzlü atomik kristal hücre

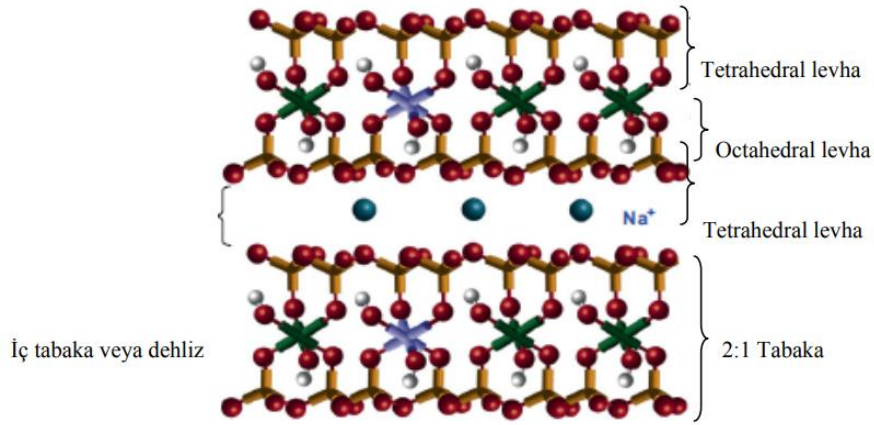
yapısı ortasında silikon atomu ve çevresinde dört tane oksijen atomu içermektedir. Düzgün sekizyüzlü hücrenin yapısında ise 3'er tane hidroksil veya oksijenden meydana gelen 2 tabaka arasına yerleşmiş olan katyonlar (alüminyum, demir ve magnezyum) bulunmaktadır. Kil minerallerinde katmanlar birbirlerine paralel olarak yüzey-yüzey şekilde tutunurlar ve kristal örgüyü oluştururlar. Kil mineralleri örgü tabakalarının üst üste gelmesi ile çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Meydana gelen tabakalar bir adet düzgün dörtyüzlü ve 1 adet düzgün sekizyüzlüyse 1:1 tabakalı (kaolonit), 2 adet düzgün dörtyüzlü ve 1 adet düzgün sekizyüzlüyse 2:1 tabakalı (smektit) şeklinde adlandırılmaktadır (Günister 2003).

Montmorillonit kili smektit grubunda yer alan tabakalı yapıya sahip sulu bir magnezyum ve alüminyum silikattır ve ticari adı bentonittir. Formülü ise $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 (\text{Si}_4\text{O}_{10}) (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ şeklinde ifade edilir (Lagaly ve Dekany 2013).



Resim 2.1 Montmorillonit kil minerali (İnt. Kyn. 1)

Kil mineralleri yapılarında kristal suyu bulundurmaktadır. Ortalama 2.35 g/cm^3 özgül kütleyle, monoklinik-prizmatik kristal yapıya ve Mohs skalasına göre 1.5-2 sertliğe sahiptir. İki tane silisyum tetrahedral katmanı arasına kristal yapısı alüminyum oktahedral olan katmanın (O) yerleşmesi ve sarılması ile oluşmaktadır (TOT) (Lagaly ve Dekany 2013).



Şekil 2.1 Sodyum Montmorillonitin yapısı (Dursun vd. 2010)

MMT kili; yüksek yüzey alanı, mide ve bağırsak bariyerini aşabilmek adına muko-adezif, kuvvetli bir detoksifikatör, oral açısından biyouyumlu, plastisite, üst düzey şişme kapasitesi, iyi mekanik ile asidik ortamlarda stabil kalabilme niteliklerine sahiptir (Yang vd. 2016). MMT kilinin sahip olduğu özellikler nedeniyle pek çok kullanım ve araştırma alanları vardır. Bu alanlardan bazıları; gıda paketlenme ambalajlarında antibakteriyel aktivite, adsorban, aflatoksikozun önlenmesi için gıda katkı maddesi, farmasötik ve kozmetik endüstrisi, emülsiyon yapıcı ve katalizör olarak sıralanabilir (Yang vd. 2016, Jayrajsinh vd. 2017). Gıda sanayisinde meyve suyu, bira ve şarap durultma işlemlerinde, yağ sektöründe ise ağartıcı olarak kullanılmaktadır.

MMT kilinin doğada bol miktarda bulunması, ucuz, kimyasal kararlılığı, dayanımı, yüksek en/boy oranının bulunması nano katkı şeklinde kullanılmasına imkân tanımıştır. MMT kilinin özelliği, tabakalar arası iyonlar yer değiştirebilmektedir ve her bir tabakası yaklaşık 1 nm kalınlıkta olup tek tek ayrılabilir. MMT kilinin tabakalı yapıya sahip olması ve değişebilir katyonlarının bulunması nanokompozit hazırlamada tercih edilmesinin iki önemli nedenidir (Leuteritz vd. 2003). MMT kili taneciklerinin insan vücuduna giriş yaptıktan sonra herhangi bir organda birikmediği tespit edilmiştir.

MMT kilinin yapısında kil mineralleriyle beraber opal, kuvars, kalsit, zeolit, feldispat, mika ile illit gibi gang (artık) mineralleri bulunmaktadır (Gong vd. 2016). MMT kil mineralleri gıda, nano-kompozit, farmasötik ve kozmetik gibi alanlarda kullanılacak olan gelişmiş malzemeler imal edebilmek adına ham kil cevherinin yapısında bulunan bu

gang minerallerinin kil zenginleştirme yöntemleri ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Literatürde bu kil zenginleştirme yöntemleri; sedimantasyon, hidrosiklon, santrifüj ve kimyasal ayırıştırma yöntemleri olarak rapor edilmiştir (Shah vd. 2013).

Kil mineralleri ve içerisinde yer alan gang minerallerinin özgül ağırlıkları ($2.4-2.7 \text{ g/cm}^3$) birbirlerine fazlaca yakındır, ayrıca gang minerallerinin kil minerallerinden ayırabilmek adına gavite ayırması başarılı netice vermemektedir. Kil minerallerinden gang minerallerini ayırmanın bir yolu olan sedimantasyon yönteminde; tane boyut farkı yöntemine göre sulu ortamda çöktürme işlemi yapılmaktadır. Kil mineralleri sulu ortamda çok küçük boyutlarda dağılarak askıda kalırken, gang mineralleri iri boyutlarda kalmakta ve dibe çökmektedir. Bu yöntemle saf kil mineralleri diğer minerallerden ayrılabilir. Sedimantasyon işlemi süresince tane/tane etkileşimlerinin engelleyebilmek adına katı oranın pülpte %0.5 düzeylerinde yer alması gerekmektedir (Lagaly vd. 2013).

2.2.1 Montmorillonitin Ambalaj Sanayisinde Kullanım Alanları

Tarımdan gıda imalatına, besin takviyelerinden gıda ambalajlama sistemlerine dek nanoteknoloji gıda sanayisinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Gıda ürününü dış tesirlerden koruyan, taşınmasını, depolanmasını kolaylaştıran, üretimden tüketiciye kadar temiz ve güvenilir şekilde ulaşmasını sağlayan kâğıt, metal, cam ve plastik benzeri malzemelerden imal edilen kılıf veya sargılara genel olarak ambalaj denilmektedir (Keleş 1996).

Ambalajlanın temel amacı ürünün raf ömrünü uzatarak gıdayı dış etkenlerden korumaktır (Popović vd. 2018). Gıda ambalajlarının işlevleri tüketicinin istekleri ile gıda sanayisinin eğilimleri ışığında her gün daha fazla gelişmektedir (Sürengil ve Kılınç 2011). Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV) (2018)'in verilerine göre tüm dünyada senelik plastik kullanımının yaklaşık %56'lık kısmı gıda ambalajlarından meydana gelmektedir. 2011 senesinde BM, Kanada ile Avusturya gibi çeşitli ülkelerde katı atıkların %30-35'lik kısmının ambalaj atıklarından meydana geldiği bildirilmiştir (Tencati vd. 2016). Türkiye'de ise Toros Üniversitesi Dil Araştırmaları

Uygulama ve Araştırma Merkezi (TÜDAM) (2017) verilerine göre 2011 yılında bertaraf edilmeyen plastik atıkların miktarı 20 bin tondur ve 2018 yılına kadar bahsi geçen miktar 72 bin tona kadar yükselmiştir.

Gıda üretim teknolojilerine paralel olarak akıllı ambalaj teknolojisi son yıllarda artış ve gelişim gösteren sistem olmasıyla birlikte, tüketicinin istekleri doğrultusunda gıdanın tazeliğini koruyan, daha az katkı maddesi katılarak gıdanın raf ömrünü artıran bir sistemdir (Han 2000). Bu sistem ışığında son dönemlerde yürütülen çalışmalarda nanoteknolojiyle üretilmiş olan ambalajlar 3 gruba ayrılmaktadır. Bu grupta, nanokompozit ambalaj malzemeleri, biyobozunur nanokompozit ambalajlar ve aktif özellikte ve akıllı nanoambalajlar yer almaktadır (Kokangül ve Fenercioğlu 2012).

Nanokompozit ambalaj malzemeleri; polimer matriks ile ilgili matriksin içerisine yerleştirilmiş dolgu malzemelerinden meydana gelmektedir. İçerisine yer alan dolgu maddeleri nano boyutta metal-metal oksit, nanokiller, nanolifler ya da nanotüpler olabilmektedir (İnt. Kyn. 2). Plastik veya film içerisinde yayılan nanoparçacıklar nem, karbondioksit ile oksijenin gıda ile temas etmesini engelleyerek bariyer oluşturmaktadırlar. Nanokompozit ambalaj filmlerine en fazla eklenen nanokil malzemesi montmorillonit (MMT)'dir. Gıda ürünlerinde nanokompozit film uygulamaları ise yenilebilir film kaplama ve aktif/akıllı paketleme teknolojisiyle kombine halde olmaktadır. Bir Amerikan firması şişelerin gaz geçirgenliği özelliğini geliştirmek için montmorillonit kullanarak 11 hafta bozulmadan durabilen bira benzeri ürünleri nanokompozit yapılı şişelerde depolayarak raf ömürlerinin otuz haftaya dek erişebilmesini sağlamıştır (Dursun vd. 2010, Sürengil ve Kılınç 2011).

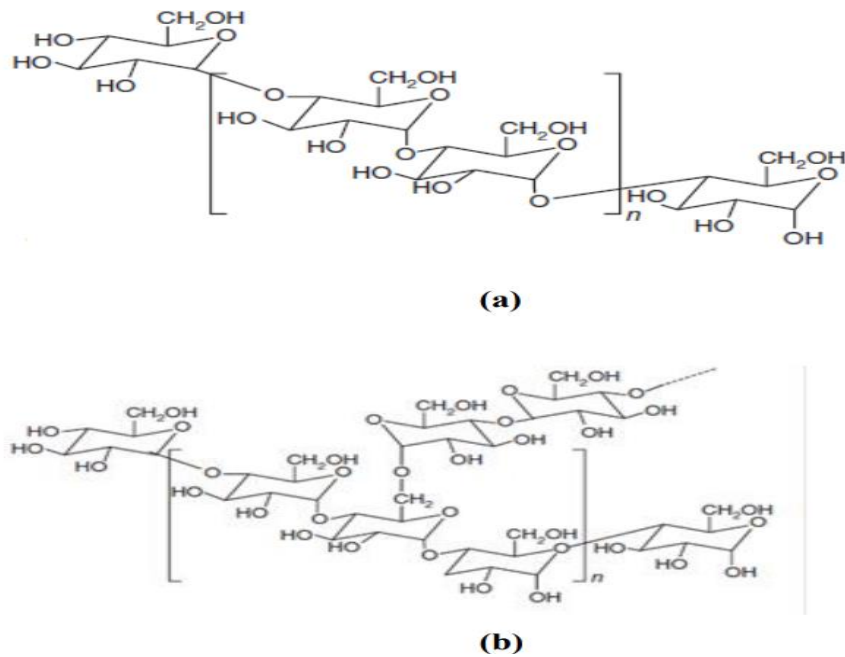
Aktif özellikte, akıllı nanoambalajlar; ambalaj sistemlerinde gıdaların bozulabilme vaziyetlerini belirleyebilmek amacıyla nansensörler kullanılmaktadır. Farklı renkte floresans veren nanoparçacık içeren nanosensörler gıda, patojenler ile temas ettiğinde bozulmaları tespit edebileceği bildirilmiştir (Sozer ve Kokini 2009). Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen akıllı paketleme materyalleriyle gıdaların kalitesi, güvenilirliği ve tazeliği sağlanabilmektedir. Bayer (2010) bu teknolojiyi kullanarak hava geçirgenliği az, gıdaları uzun süre taze tutan plastik ambalaj geliştirdiğini bildirmiştir.

Biyobozunur nanokompozit ambalaj malzemeleri; yenilebilir tarımsal hammaddeler, deniz, hayvansal, mikrobiyal ya da gıda sanayi işleme atıklarından elde edilmektedir. Gıda ambalaj sanayinde biyopolimer grubunda ele alınan proteinler, polisakkaritler ile lipidlerden imal edilen yenilebilir filmlerin kullanımı yaygınlaşmıştır ve de plastik bazlı ambalajların kullanılması azaltılmıştır (Dawson 2002, Cha ve Chinnan 2004).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda; yaygın olarak biyobozunur nanokompozitler içerisinde PLA (polilaktik asit), polikaprolakton (PCL), PHB (polihidroksibütirat), PBS (polibütülen süksinat), nişasta ile türevleri benzeri alifatik polyesterler kullanıldığı bildirilmiştir. Ambalaj materyalinde kullanılan polisakkarit esaslı polimerler, gıdaların koku, tat ve görünüş gibi özelliklerini geliştirmekte, ambalaj materyalinin hacmi ile ağırlığının azaltarak, gıdaların raf ömürlerini uzatmaktadırlar (Zhao 2008).

2.3 Nişasta

Nişasta, biyolojik olarak parçalanamayan, petrol türevli malzemelerin yerine kullanılabilir, selülozdan sonra doğada en çok bulunan, ucuz ve çevreye zarar vermeyen ambalajlama materyallerinin geliştirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan biyopolimerdir.



Şekil 2.2 Nişastanın yapısı; (a) amilaz, (b) amilopektin (Carvalho 2008)

Doğrusal yapıya sahip amiloz ve yüksek derecede dallanmış yapıya sahip amilopektin monomerlerinden meydana gelen nişasta, patates, mısır, buğday pirinç gibi üretimi fazla yapılan doğal ürünlerden elde edilmektedir.

Nem tutucu, stabilizatör, yapı oluşturma ve parlatma gibi amaçlarla gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Xie vd. 2006). Ayrıca nişasta, plastik ambalajlarda biyobozunurluk için takviye, kozmetik ürünlerinde kıvam verici ve tatlandırıcı, ilaç sektöründe bağlayıcı ve dolgu maddesi, kimya endüstrisinde kir ve yağ tutucu olarak kullanılmaktadır (Averous 2004).

Nişastanın diğer polisakkaritlerden farkı doğada granül yapıda bulunmaktadır ve suda çözünmemektedir. 90-180 °C gibi yüksek sıcaklıklarda plastikleştiricilerin varlığında eriyerek, düşük mekaniksel dirençli oksijen ile neme karşı zayıf korumalı termoplastik nişasta haline dönüşmektedir (Dursun vd. 2010). Kimyasal yapısı ile film oluşturabilme niteliğine sahip olan nişasta, laboratuvar ortamında yenilebilir nişasta bazlı film üretiminde kullanılmıştır (Çelebi ve Dehmen 2013). Film oluşturma niteliği bulunmasına karşın nişasta, yüksek hidrofilik yapısı ile zayıf mekanik niteliklerinden dolayı gıda ambalajı malzemesi şeklinde kullanımı sınırlıdır (Priya vd. 2014). Bu özelliklerini geliştirebilmek için içerisine MMT (sodyum montmorillonit), polivinilalkol (PVA), TiO₂ (titanyum dioksit), CMC (karboksimetil selüloz), ksantan, lizin ile guar gam benzeri dolgu maddeler eklenerek kompozit hale getirilmektedir ve zayıf olan özellikleri güçlendirilmektedir.

Yürütülen araştırmalarda nanokil eklenerek hazırlanmış olan nişastanın katkısız nişastaya nazaran çekme direncinin arttığı ve su buharı geçirgenliğinin azaldığı belirtilmiştir (Sozer ve Kokini 2009). Gıdaların ambalajlanmasında biyobozunur kil ve nişasta kullanılıp yapılmış olan çalışmada, eklenen nişasta ve kil nanokompozit malzemelerin filmlerin mekanik niteliklerini artırdığı bildirilmiştir (Avella vd. 2005).

Kechichian vd. 2010 yılında yaptığı çalışmada kassava nişastası ile doğal antimikrobiyal bileşenleri birleştirerek biyobozunur filmler elde etmiştir ve ekmek dilimlerini filmlerle

kaplayarak depolamışlardır. Depolama süresinde su aktivitesinin arttığını tespit etmişlerdir.

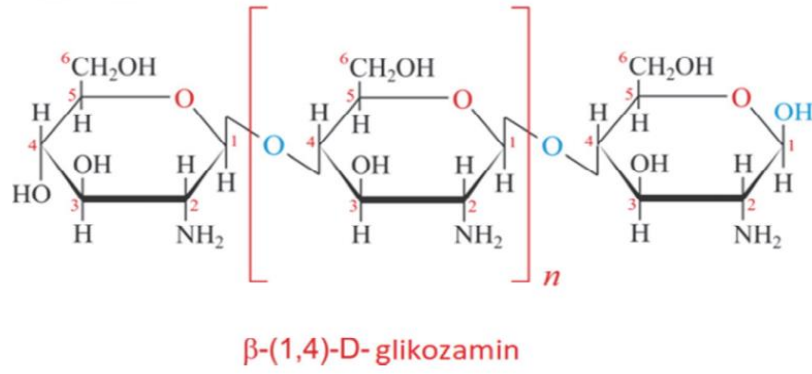
2.4 Kitosan

Kitosan doğada selülozun ardından en fazla yer alan nispeten pahalı olmayan, karides, istakoz ve yengeç benzeri kabuklu deniz hayvanların yapısında bulunan kitinin kısmi diasetilasyonu yoluyla elde edilen polimerdir (Reddy vd. 2015). Kitosan yapısal açıdan glukozamin ile β -1,4 glukozidik bağ ile bağlanmış olan N-asetilglukozaminden meydana gelmektedir.



Resim 2.2 Kitosan maddesi görünümü (İnt. Kyn. 3)

Kitin iyi bir biyokatalizördür ve zehirli olmayan doğa dostu polisakkarittir. Kitin birçok çözücü içerisinde çözünmezken, kitinden elde edilen kitosan pH'sı 6.5'in altında olan asetik asit, formik asit, tartarik asit ile sitrik asit benzeri çözücülerde çözünebilmektedir. Kitosan toksik olmayan, biyolojik olarak uyumlu ve biyobozunur özelliklere sahip olduğundan dolayı gıda sanayisi, tarım, ilaç, kozmetik, tıp, kâğıt ve tekstil gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Çabuk vd. 2011).



Şekil 2.3 Kitosanın yapısı (İnt. Kyn. 4)

Kitin ve kitosan non-toksik, suda çözünmemeleri ve biyoyoumlu olmaları nedeniyle özellikle meyve ve sebzelerde yenilebilir ambalaj filmi olarak kullanıldığı bildirilmiştir. Kitosan içeren filmle kaplanan gıdaların ambalaj içerisindeki kısmi oksijen basıncı azaldığı için solunumla enzimatik esmerleşme denetlenebilmektedir ve renk stabilizasyonu, tekstür, doğal aromanın muhafaza edilmesi vb. gibi faydaları da olmaktadır (Jeon vd. 2000, Quattara vd. 2000, Sun vd. 2008).

Montmorillonit gibi nanokiller, polimer malzemelerin mekanik ve termal özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır (Souza vd. 2019). Farklı oranlarda kil içeren kitosan bazlı filmler hazırlanarak mekanik ve bariyer özellikleri incelenmiştir. %5 oranında kil katkılı filmlerin oksijen geçiş hızını %90 azalttığı, %1 oranında kil katkılı filmin ise %22 su buharının geçiş hızını azalttığı bildirilmiştir. Hazırlanan filmlerin homojen yapıda olduğu ancak kil oranı arttıkça pürüzlü yapı ve opaklığın arttığı rapor edilmiştir. Kil oranı yükseldikçe filmlerin mekanik özelliklerinde çekme direnci artmıştır, ayrıca kopma anında bulunan uzama miktarı azalmıştır. Bu çalışma ile kil katkılı kitosan filmlerin, katkısız kitosan filmlerine göre çok daha iyi termal stabiliteye sahip olduğu, %1-2,5 oranında kil barındıran filmlerin gıda ambalajı şeklinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Kasirga vd. 2012).

Sun ve arkadaşları (2017), kitosan filmlerini elma polifenolleriyle birleştirerek gıdaların raf ömürlerini artırabilmek adına biyoaktif ambalaj malzemesi şeklinde de rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Kitosan içeren nanokompozit filmler, yüksek oranda antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Fan vd. 2007).

2.5 Film ve Ambalaj ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Nanoteknoloji kullanarak üretilen, gıdaların raf ömrünü uzatan, besin yüzeyinde patojen gelişim tehlikesini azaltan ve bunun yanından tüketiciye sağlık açısından yararları bulunan yenilebilir kaplamalar işlevsel ürün sunmaktadır. İşlevsel gıda katkıları ile özellikleri geliştirilen yenilebilir kaplamalar gıdaların formunu uygun seçilmektedir. Kaynaklarda ilgili amaç ile farklı biyoaktif madde eklenen yenilebilir kaplamaların niteliklerini araştıran pek çok araştırma bulunmaktadır (Pineros-Hernandez vd. 2017).

Siripatrawan ile Vitchayakitti (2016) senesinde propolis özütü (%0-2.5-5-10-20 w/w) barındıran kitosan filmlerinin antioksidan, antimikrobiyal etkileri ve gaz geçirgenliklerini incelemiştir. Filme eklenen propolis miktarı fazlaştıkça; oksijen ve su buharının geçirgenliğinin azaldığı, kopmada uzama, gerilme kuvveti, toplam fenolik içeriği, antimikrobiyal ile antioksidan aktivitesi arttığı gözlemlenmiştir. Propolis özütü barındıran kitosan filmler, antimikrobiyal aktivitede başarılı olmasına rağmen, propolis özütü bulundurmeyen kitosan filmlerinde ilgili durumun gözlenmediği bildirilmiştir.

Abugoch ve arkadaşları (2011) yılında %0.8 kinoa özütü barındıran kitosan yenilebilir filmlerin, gaz bariyeri ve mekanik niteliklerini ele almıştır. Kinoa özütü ilave edilen kitosan yenilebilir filmlerin kinoa özütü içermeyen filmlere göre kalın, daha iyi su buharı geçirgenliği ve mekanik özelliklere sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Fabra ve arkadaşları (2018) yılında su buharının geçirgenliğini geliştirebilmek için çalışma yapmışlardır. Lipit içeren alijanat filmlere aktif bileşik şeklinde 1:0,75 oranında yeşil çay özütü ve üzüm çekirdeği özütü eklemişlerdir. Yeşil çay özütü içerikli alijanat kaplamalı filmlerin hepatit A virüsüne karşı antiviral ve antioksidan etkisinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Andrade ve arkadaşlarının (2018) yılında yapmış oldukları bir çalışmada biberiye ile kekik özütü esaslı peynir altı suyu proteini içerikli yenilebilir kaplamaların fonksiyonel özelliklerini araştırmışlardır. Biberiye özütü esaslı yenilebilir kaplamalarda antioksidan kapasitesinin en yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca *Clostridium perfringens*,

Staphylococcus aureus ve *Listeria monocytogenese*'e karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir.

Oliveira ve arkadaşları (2016) yılında bir çalışmalarında nar kabuğundan pektin elde ederek, farklı oranlarda montmorillonit kilini ve %0,75 (w/v) gliserolü karıştırarak çözelti dökme yöntemiyle film ürettiklerini bildirmişlerdir. Ürettikleri filmi 40 °C' de kurutarak %50 bağıl nemde şartlandırmışlardır. Sonuç olarak %6 MMT ilavesi ile çekme direncinde yükseliş, %8 MMT ilavesiyle su buharının geçirgenliğinde %40'lık bir düşüş elde etmişlerdir.

Junqueira-Gonçalves ve arkadaşları (2017) yılında bir çalışma yapmışlardır. %7 (w/v) peynir altı suyu proteini (PAS), %5 montmorillonit, saf su, %7 kalsiyum kazeinat, %0,5 potasyum sorbat ve %3,75 (w/v) gliserolü karıştırarak çözelti dökme metoduyla 40 °C' de 1 gün yani 24 saat boyunca kurutma yaparak filmi ürettiklerini bildirmişlerdir. %5 MMT ilavesi ile su buharının geçiş hızında %20 azalma olduğu ve kaplanan çileklerin raf ömrünün 6 günden 9 güne çıktığını belirtmişlerdir.

2.6 Tereyağı

Uzun yıllardır farklı uygarlıklara ev sahipliği yapan Türkiye'de süt ürünleri kültürü uzun bir geçmişe sahiptir. Yaşam koşulları, coğrafi konum ve nüfusun artması vb. gibi pek çok etmen Anadolu'da farklı farklı süt ürünlerinin görülmesine ve de gelişmesine sebep olmuştur (Şenel 2006). İnsan beslenmesinde önemli role sahip olan sütün bileşiminde 300 tane başka madde bulunmaktadır ve içerdiği ilgili maddelerin niteliklerinden dolayı canlıların gereksinimi besin maddelerini dengeli ve yeterli şekilde karşılayan temel gıda maddesidir (Üçüncü 2005). Süt mikroorganizmaların gelişebilmesi adına oldukça uygun olan bir ortamdır. Bu sebepten dolayı çok daha çabuk bozulmaya elverişli olan gıda maddesidir. Bundan dolayı süt işlenerek çok daha uzun süre dayanabilecek ürünler elde edilmekte, raf ömürleri uzatılmakta ve lezzet açısından da daha değişik ürünler üretilmektedir. Bu üretilen ürünler arasında yaygın olarak süttten elde edilen ve çok fazla tüketilen tereyağı yer almaktadır (Öztürk 2002).

Tereyağının Anadolu mutfağındaki yeri oldukça önemlidir ve yoğurttan üretilen tereyağlarına ‘yayık tereyağı’ denilmektedir. Tereyağı TSE 1331’de bulunan tanımına göre; kaymak, süt, yoğurt ve kremanın tekniğine uygun olan aletler ile işlenmesi sonucunda elde edilen, gerekli görüldüğünde Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği uyarınca izin verilmiş olan katkı maddeleri eklenebilen, kendine has koku, kıvam ve tattaki süt ürünüdür (Yöney 1970). Tereyağına ait ilk bulgular M.Ö. VIII. yüzyılında yaşamış olan Urartulara kadar uzanmaktadır. Yarikkaya (Hattuşas) bölgesinde yapılmış olan arkeolojik kazı çalışmalarında M.Ö. 5500 dönemine ait yayıklar çıkartılmıştır ve bu çıkartılan yayıklar tereyağının Anadolu coğrafyasındaki en eski süt ürünleri arasında yer aldığını kanıtlar niteliktedir (Şenel 2006).

Tereyağı bilindiği üzere sütün en önemli unsuru niteliğindeki süt yağından oluşmaktadır. Süt yağı, doğada bulunan en karmaşık yağ çeşitlerinden bir tanesidir ve karmaşık yapısı içerdiği yağ asitlerinin türlerinden (zincir uzunluğu, dallanma ve doymamışlık düzeyi vb. gibi) ileri gelmektedir (Metin 2008). Besleyici özelliğe sahip olan tereyağı esansiyel yağ asitleri, yüksek oranda süt yağı ile vitamin içerdiğinden dolayı tüketiciler tarafından çok fazla tercih edilmektedir ve direkt olarak tüketilebilmesinin yanında fırın ürünleri vb. gibi işlem gören birçok üründe de katkı maddesi şeklinde sıklıkla kullanılmaktadır (Mallia vd. 2008).

Türk Gıda Kodeksi’nde de yer alan tereyağı; ağırlık olarak minimum %80, maksimum %90 oranında süt yağı, maksimum %2 oranında yağsız süt kuru maddesi ile maksimum %16 oranında ise su içeriği bulunan süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (TGK 2005). Hayvansal bir yağ olan tereyağı; tatlıdan hafif ekşimsi bir tada, beyazdan sarımsı renge ve de kokusuzdan hafif bir ekşi kokuya dek değişiklik gösteren niteliklere sahiptir (Atamer 1993).

Tereyağının içeriğinde %80-90 süt yağı, %0.6-0.7 süt proteinleri, %10-20 su, %0.5-0.8 laktoz ve laktik asit ve %0.14 mineral maddelerin yer aldığı saptanmıştır (Üçüncü 2010). Yağda çözünebilen vitaminlere (A, D, E ile K) sahip olması ile yağ oranı miktarının %80’ nin üzerinde olmasından dolayı vitamin ve kuvvetli enerji sağlayan bir gıda ürünü olarak değerlendirilmektedir ve 1 kilogram tereyağı 8 bin kalori sağlar ve tereyağının

sindirilebilirliği ise %98 gibi oldukça yüksek düzeydedir. Fizyolojik değerler ve aroma bakımından da diğer yağlara oranla daha üstün olduğu belirtilmiştir (Yöney 1970).

Tereyağı fosfor, demir ve kalsiyum başta olmak üzere mineral madde bakımından oldukça zengin süt ürünüdür ve lesitinle iyot bakımından da oldukça iyi bir kaynaktır. Çocukların gelişiminde, kemiklerin sağlamlaşmasında ve kolesterol miktarının düşürülmesinde rol oynamaktadır (Atamer 1993).

Tereyağının vücudun direncini artırmak, sağlığı korumak ve organizmaların fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli bir besin kaynağı olduğu belirtilmiştir ve toplumun sağlığı bakımından olduğu kadar teknolojinin gelişmesi açısından da tereyağı önem barındırmaktadır (Öztürk 2002). TÜİK tarafından elde edilen son verilere göre Türkiye’de tereyağı üretimi miktarı 60.424 ton/yıldır (TÜİK 2021).

Tereyağının tüketimi için depolanma koşulları önemli bir etkidir (Kahyaoğlu ve Çakmakçı 2018). Tereyağının depolanmasında meydana gelebilecek oksidasyon ve lipoliz olaylarının aromada önemli değişimlere neden olabileceği tespit edilmiştir (Kashaninejad vd. 2017).

2.7 Tereyağında Kullanılan Ambalajlar

Gıdaların raf ömrü, üretim koşulları, gıdanın özellikleri ve en önemlisi de ambalaja bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kullanılan ambalajın ışık, oksijen ve su buharı geçirgenliği gibi bariyer özellikleri gıdaların raf ömürlerinin uzatılmasında önemli rol oynamaktadır (Çeliker 2007). Tereyağı paketlenmesinde polivinil klorür (PVC), akrilonitril butadien stiren (ABS) ve kâğıt ambalaj çeşidi olan parşömen kâğıdı kullanılmaktadır.

PVC, geniş aralıklarda özellikleri değiştirebilen kimyasal katkıların plastiğe eklenmesiyle oluşan bir polimerdir. Mağazalarda satışa sunulan tereyağlarını, taze etleri, meyve sebzeleri sarmak için kullanılmaktadır. Nem ve gaz geçirgenlikleri açısından başarılıdır fakat bariyer görevini gerçekleştirmek için geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca iyi tokluk ve rezilyans özelliğine sahiptir. PVC filmler, süt, süt ürünleri, yemeklik yağ, dondurulmuş

et, işlenmiş et, likörde kullanılan şişeler ve balık gibi ürünlerin ambalajlanmasında da kullanılmaktadır (Selke vd. 2015).

ABS; butadien, akrilonitril ile stirenin yararlanılabilecek özelliklerinin geniş aralıklara değiştirilecek biçimde oranlarının belirlenmesi ile oluşturulan bir kopolimerdir. Mukavemeti, darbeye karşı dirençli olması ve esneme özelliklere sahip saydam veya opak olan tok bir malzemedir. Isıyla şekil alabilir ve kalıplanabilir. ABS, margarin, tereyağı, tatlı kapları vb. gibi gıda alanına ilişkin ambalaj malzemelerinde kullanılmaktadır (Emblem 2012).

Parşömen kâğıdı, 40-75 g/m² ağırlığa sahip saf sülfite selüloz kâğıdından elde edilmektedir. Yağa, suya dayanıklı, tatsız ve kokusuz kâğıtlardır. Sıcak su, salamura, asit, alkali ve bunun tuzlarına karşı dayanıklıdır ve ıslandıkları zaman dağılmadan kalabilmektedirler. Tereyağı, yağlı bisküvi, margarin, peynir, taze, kızartılmış ya da tütülenmiş balık, unlu mamuller, kırmızı ve beyaz et ambalajlanmasında kullanılmaktadır (İnt. Kyn. 5).

2.8 Nanoteknolojik Olarak Tereyağı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde yapılan bir çalışmada sandal ağacı esansiyel yağı, kitosan ve malik asit kullanılarak ambalaj filmi üretilmiştir ve tereyağının ambalajlanmasında kullanılmıştır. Sandal ağacı esansiyel yağı konsantrasyonunun kitosan içerikli filmler üzerindeki çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, mekanik, optik, ısı yapışma, antioksidan gibi etkileri incelenmiştir. Katkılı filmde gerilme mukavemetinde 5,78'den 2,99 mPa.s'ye, sızdırmazlıkta 195,20'den 107,94'e düşüş gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Filmlerin antioksidan özelliklerinin geliştiğini tespit etmişlerdir. Film ile ambalajladıkları tereyağını 3 ay depolamışlardır ve tiyobarbitürik asit miktarında ve lipit oksidasyonunda %36'luk bir azalma elde etmişlerdir. Üretilen film suda çözünen ve kullanıldıktan sonra katı atık oluşturmadan gıda maddelerinden kolayca çıkarılabileceğini bildirmişlerdir (M. Florez vd. 2022).

Lalehan vd. (2018) yılında yapmış oldukları bir çalışmada maliyeti düşük biyobozunur kompozit filmlerin üretiminde günlük olarak tüketilen bitkisel (mısır, zeytin, ayçiçeği) yağlar, farklı zincir ve doymamışlık derecesine sahip hayvansal yağlar (tereyağı) ve kitosan kullandıklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak üretilen filmler, yağların doymamışlık derecelerine ve zincir yapılarına bağlı olarak farklı fizikokimyasal ve mekanik özellikler gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Kitosan ve doymamış yağ ile üretilen filmlerin antioksidan özelliklerinin kitosan ve doymuş yağ ile üretilen filmlere göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Kitosanlı doymamış yağla üretilen filmlerin, kitosan doymuş yağ ile üretilen filmlere göre daha şeffaf olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak kitosan- bitkisel/hayvansal yağ ile üretilmiş filmlerin gıdaların ambalajlanmasında ve muhafaza edilmesinde plastik ambalajlara göre alternatif olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Bu literatür bilgileri doğrultusunda bu çalışmamızın amacı petrol türevi, kraft gibi gıda ambalajlarının yerine ‘nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağı depolanmasında fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi’ni belirlemek olmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

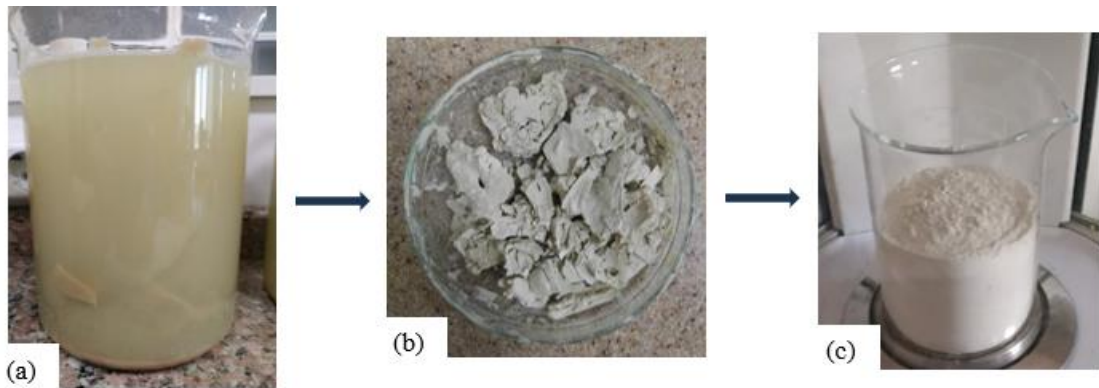
3.1 Materyal

Yapmış olduğumuz bu araştırma doğrultusunda belirtilen metotlarla ilk aşamada nano montmorillonit üretimi, ikinci aşamada biyofilm üretimi ve son aşamada da nano montmorillonit içeren biyofilm kapak ambalaj filmi yapılmıştır. Daha sonra Afyonkarahisar ilinde marketten temin edilen ticari tereyağının depolanmasında kapak ambalajı olarak, üretilen nano montmorillonit içerikli film kullanılmıştır. Devamında +4 °C de 6 ay bekletilerek 2 aylık periyotlarda aşağıda yer alan analizler yapılmış ve aynı şartlarda (+4 °C) çeşidi oriente polipropilen (OPP) olan kendi ambalajında depolanan kontrol grubu tereyağının başlangıç ve 6. depolama ayları ile kıyaslanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Nano Montmorillonit Üretimi

Ham montmorillonit kili, çeneli ve valsli değirmen kullanılarak parçacık boyutu 5 mm'nin altına indirilmiştir. Boyutu küçültülmüş 10 g ham montmorillonit kili, içerisinde 2 L saf su bulunan behere eklenmiştir. 24 saat boyunca saf suyun içinde ham montmorillonit bekletilmiştir. 24 saat sonrasında bekletilen montmorillonit 1000 rpm'de 30 dakika mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.



Şekil 3.1 Sedimentasyon uygulaması; (a) ham montmorillonit dispersiyonu, (b) çökmüş gang mineralleri, (c) saflaştırılmış montmorillonit

Karıştırma işlemi bittikten sonra sedimantasyon aşamasına geçilmiştir ve gang minerallerinin tamamen çökmesi için 8 saat bekletilmiştir. Sedimantasyon işleminden sonra asılı kalan montmorillonit kil tanelerini ayırmak için dipte bulunan tortudan 3 cm yüksekliğe kadar sifonlama (dekontasyon) işlemi yapılmıştır.

Sifonlama aşamasından sonra elde edilen montmorillonit partikülleri santrifüjleme ile ayırma işlemi uygulanmıştır. Ayrılan nano boyuttaki montmorillonit partikülleri 35-50°C'de 24 saat etüvde kurutulmuştur (Çiftçi 2020).

3.2.2 Biyofilm Üretimi ve Depolama

Hassas terazide 1,25 gram nano montmorillonit, 25 gram nişasta ve 2,5 gram kitosan tartılmıştır. Tartımı yapılan numuneler cam beher kabına alınmıştır. Üzerine 30 ml %1 M'lık asetik asit, 20 ml gliserin ve 250 ml saf su eklenmiştir. Hazırlanan tüm karışımlar 1 saat boyunca homojenizatörde karıştırılmıştır. Elde edilen homojen karışım manyetik karıştırıcılı ısıtıcıya alınmıştır. 100 °C'de belirli bir viskoziteye ulaşana kadar ısıtılarak karıştırılmıştır. Belirli bir viskoziteye ulaşmış karışım kullanılarak film aplikatörü ile 200 mikron kalınlığında film çekilmiştir. Çekilen filmler 24 saat kurutularak biyofilm elde edilmiştir. Son aşamada tereyağı örneklerinde, üretilen filmler kapak ambalajı olarak kullanılarak + 4 °C de 6 ay bekletilmiştir (Kalkmaz ve Evcin 2021).



Resim 3.1.1 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağı depolanmasında kullanımı

3.2.3 Lazer Tane Boyutu Analizi

Lazer tane boyutu analizinde Malyern Mastersizer cihazı kullanılarak tane boyutu dağılımları belirlenmiştir. 800 ml saf su barındıran 1000 ml'lik beher cihazın yaşı analiz kısmına yerleştirilmiştir. Arka plan sıfırlaması yapılmıştır ve karıştırma işlemi 2000 rpm hızla yapılmıştır. Sonraki aşamada, her bir numuneden belirli miktarda alınarak Hielscher UP400S cihazında 1 dakika boyunca 400 Watt'ta disperse edilmiştir. Elde edilen dispersiyonlardan uygun miktarda alınmıştır. 'Laser obscuration' %3-6 seviyesine kadar yavaş yavaş behere eklenmiştir ve otomatik ölçüm sonuçları kaydedilmiştir (Çiftçi 2019).

3.2.4 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

DSC (Differential Scanning Calorimetry) kontrollü olarak ısıtılan numune ve referansa; ısı akışı arasındaki fark sıcaklığın fonksiyonu olarak inceleyen termal yöntemdir (Kılıç vd. 1992). Güç dengeli DSC sistemlerinde iki adet bağımsız ısıtıcı yer almaktadır ve bu ısıtıcılardan biri numunenin bulunduğu alüminyum kabı ısıtırken diğer ısıtıcı referans kap olarak belirlenen diğer boş alüminyum kabı ısıtmaktadır. Bu yöntemde referans ve örneğin sıcaklıklarının eşit olması sağlanmaktadır ve belirli sıcaklığa gelmek için enerji örneğe (endotermik reaksiyon) ya da referansa (egzotermik reaksiyon) verilmektedir. Cihazdan cihaza endotermik ve egzotermik işaretler değişkenlik göstermektedir. Genel olarak, örneğin sıcaklığı (endotermik reaksiyon) ile referans materyalinin sıcaklığını eşitlemek için örneğe daha çok enerji verilmektedir. Kristalizasyonda ortama enerji verildiğinde egzotermik pik, erime de enerji gerektirdiğinde endotermik pik oluşmaktadır (Mahieux 2005).

3.2.5 Biyobozunurluk

Biyobozunurluk testi için uygun toprak hazırlanmıştır. Filmler 2cm x 2cm boyutlarında kesilerek toprağa gömülmüştür ve 6 aylık zaman diliminde bozunmaları takip edilerek kaydedilmiştir (Doğukuş 2021).

3.2.6 Oksijen Geçirgenliği Analizi

Mocon OX-TRAN 2/21 ST Modülü Oksijen Geçirgenliği Ölçüm Cihazı kullanılarak ASTM D 3985 standardına göre filmlerin oksijen geçirgenliği ölçülmüştür. 23 °C sıcaklığında %50 bağıl nem ortamında örneklerin oksijen geçirgenlikleri tespit edilmiştir. Filmler numune tutucuya yerleştirilerek üst tarafa analiz gazı olan %99,97 saflıkta O₂ gazı ve alt tarafa taşıyıcı gaz olan %99 N₂ gazı verilmiştir. Taşıyıcı gazın çıkış kısmında yer alan sensör oksijen konsantrasyonunu ölçmüştür. Başlangıç aşamasında ve de sisteme oksijen gazı verildikten sonra sistem dengeye ulaştığında taşıyıcı gazda açığa çıkan oksijen konsantrasyonu sabitlendiği zaman ölçüm bitirilmiştir. Filmde oksijenin geçiş hızı, aşağıda verilen denklem kullanılarak konsantrasyon bazında hesaplanmıştır (Çokaygil 2013).

$$\text{Oksijen geçiş hızı (ppm/cm}^2\text{)} = (E_s - E_0)/A \quad (3.2.1)$$

E_s: Sistem dengeye geldikten sonra ölçülen oksijen konsantrasyonu (ppm)

E₀: Başlangıçta ölçülen oksijen konsantrasyonu (ppm)

A: Analiz yapılan örneğin yüzey alanı (cm²)

3.2.7 Serbest Yağ Asitliği (SYA) Tayini

50 ml nötralize etanol/dietil eter karışımı (1:1) içerisine yaklaşık 5 g eritilmiş tereyağı eklenerek çözdürülmüştür. 0.1 N alkollü KOH ile açık pembe renk ortaya çıkana dek titre edilmiştir. Daha sonra serbest yağ asidi içeriği (mg KOH/g yağ) Atamer (1993)'in formülüne göre hesaplanmıştır (Bakirci vd. 2002).

3.2.8 Peroksit Sayısı Tayini

Erlenmayerde yaklaşık 5 g tereyağı 10 ml kloro-form içerisinde çözdürülmüştür. Çözdürülen çözeltiye 1 ml doymuş potasyum iyot (KI) ile 15 ml asetik asit eklenip karıştırılmıştır. Karışım karanlıkta ve oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir. Karışıma 75 ml damıtılmış su eklenmiştir ve kuvvetlice çalkalanmıştır. 1 ml'lik nişasta çözeltisi (%1) eklenmiş ve elde edilmiş olan çözeltinin rengi berraklaşana kadar 0,01 N sodyum

tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)'la titre edilmiştir. Son olarak aşağıda verilmiş olan formül doğrultusunda peroksit sayısı hesaplanmıştır (Kurt vd. 2003).

$$\text{Peroksit Değeri} = (V1 - V0) * N / m \quad (3.2.2)$$

$V1$ = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ harcanan miktar (mL)

$V0$ = Tanık deney için kullanılan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ miktarı (mL)

m = Örnek miktarı (g)

3.2.9 Renk Tayini

Minolta kolorimetre kullanılarak tereyağı numunelerin renk ölçümleri (L, a, b değerleri) yapılmıştır. Cihaz ölçüm öncesinde beyaz kalibrasyon plakasıyla kalibre edilmiştir. Numunelerin ölçümleri krom kurutma kapları kullanılarak beyaz tahta üzerinde yapılmıştır (Kahyaoğlu ve Çakmakçı 2018).

3.2.10 Kırılma İndisi Tayini

Abbe refraktometresi ile tereyağı numunelerinin kırılma indisleri tayin edilmiştir. 20 °C'de spatula yardımıyla alınan tereyağı numuneleri, refraktometrenin prizması üzerine koyularak ölçüm yapılmıştır (Anonim 1970).

3.2.11 Viskozite Analizi

60 g kadar tereyağı numuneleri alınarak ayrı ayrı viskozite kaplarına koyulmuştur ve buzdolabında bekletilmiştir. Bekledikten sonra Brookfield Viscometer (DV-II+ Pro) viskozimetresiyle ölçüm yapılmıştır. Ölçümler 3 ayrı okuma yapıp kaydedilmiştir (Lazaridou 2004).

3.2.12 Yağ Asitleri Kompozisyonu Analizi

Tereyağı numunesinden 0.15-0.20 gram alınarak üzerine 5 ml 0.5 metanolik NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım soğutucuya bağlanarak sabunlaştırılmıştır.

Sabunlaştırılmış çözeltiye 5 ml BF₃-metanol reaktifinden ve heptandan eklenerek kaynatılmıştır ve ardından soğutulmuştur. Hazırlanan çözelti 25 ml'lik balon jofeye koyulmuştur ve balon jofenin çizgisine dek doymuş NaCl çözeltisi eklenerek çalkalanmıştır. Fazları ayrıldıktan sonra heptan fazından yaklaşık 1 ml alınıp cam bir şişeye aktararak analizin yapılması adına gaz kromatografisine enjekte edilmiştir (Gökarp 2001).

3.2.13 Psikrofilik Mikroorganizma Sayımı Analizi

Dökme plak metodu ile PCA (Plate Count Agar) kullanılıp psikrofilik mikroorganizma sayımı analizi yapılmıştır. 5 gün 10 °C' de inkübasyona bırakılmıştır ve çoğalan mikroorganizmaların sayımı yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir (ICMSF 1982, The Oxoid Manual 1998).

3.2.14 Toplam Maya ve Küf Sayımı Analizi

Dökme plak yöntemiyle Potato Dextrose Agar kullanılarak toplam maya ve küf sayımı analizi yapılmıştır. Hazırlanmış olan besiyerinin sterilize edilmesinin ardından %10'luk tartarik asit çözeltisine başvurularak asitlendirilmiştir. Asitlendirilmiş olan çözeltiden 14 ml alınarak petri kaplarına dökülmüştür. Besiyerlerine uygun dilüsyonlardan ekim yapılarak 5-7 gün 20-25 °C arasında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi bittikten sonra besiyerinde oluşan koloniler sayılarak kaydedilmiştir (Harrigan 1998).

3.2.13 İstatiksel Analiz

Yapılan araştırma sonuçları, Minitab programı kullanılarak analiz edilmiştir. Tek elde edilen verilere standart sapma uygulanmamıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, ortalama standart sapma tanımlayıcı olarak istatistiksel yöntem tercih edilmiştir. Devamında Tek Yönlü Anova testi, ikiden çok bağımsız grup arasında sürekli verilerin karşılaştırılmasında kullanılmıştır (Püskülcü ve İkiz 1998).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Lazer Tane Boyutu

Lazer tane boyutu analizi gıda, çikolata, madencilik, kimya, boya ve ilaç gibi sektörlerde kullanılarak örneği oluşturan partiküllerin cihazdaki lazer tane boylarının belirlenmesinde etkili olduğu bildirilmiştir. Malzemelerin istenilen tanecik aralığında olup olmaması, fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gibi analizlerde kullanıldığı belirtilmiştir (Wen vd. 2002). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız montmorillonit kilinin lazer tane boyutu sonuçları aşağıda yer alan Çizelge 4.1 üzerinde verilmiştir.

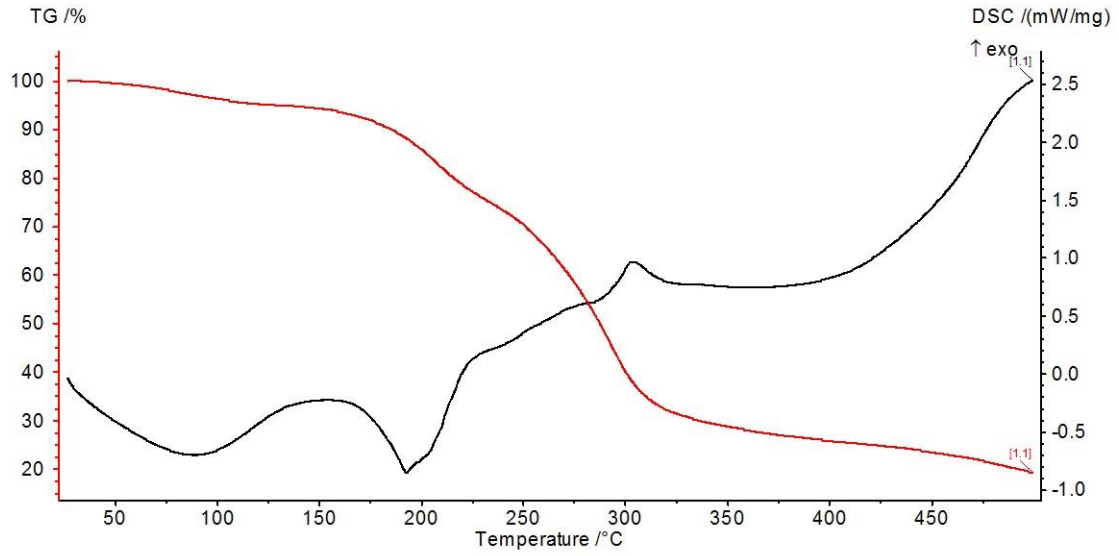
Çizelge 4.1 Montmorillonit lazer tane boyutu

Ürün	d ₁₀ (µm)	d ₅₀ (µm)	d ₉₀ (µm)
Na Montmorillonit	0.786	2.22	7.424

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi montmorillonitin tane boyutu sonuçları verilmiştir. Lazer tane boyutu değerleri incelendiğinde; d₁₀ da montmorillonit tane boyutu çapı 0,786 µm, d₅₀ de 2,227 µm ve d₉₀ da 7,424 µm olarak tespit edilmiştir.

4.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri

Diferansiyel taramalı kalorimetri güvenilir, ekonomik ve hızlı bir yöntemdir. Kompozit ya da polimer malzemelerde geçiş sıcaklıkları, geçişlerin sayısı, kristallenme içeriği, geçişlerin türü ve kapsamının belirlenmesinde kullanılmaktadır. DSC’nin çalışma prensibi; (T) fırın ısındıkça referans malzemedeki (kalay, indium) sıcaklık değişimini, ΔT ise referans ve örnek malzeme arasındaki sıcaklık farkını belirtmektedir. DSC yöntemi erime sıcaklığı (T_m), camsı geçiş sıcaklığı (T_g), kristallenme sıcaklığının (T_c) karakterizasyonunun belirlenmesinde kullanılan yaygın yöntemlerden bir tanesidir. Bu yöntem bozunma ve oksidasyon gibi kimyasal reaksiyon kinetiklerinde de kullanılmaktadır (Mahieux 2005). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız montmorillonit kilinin diferansiyel taramalı kalorimetri sonucu Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4.1 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin dsc şekli

Yukarıda sunulan DSC şeklinden, 80 °C 'de bir camsı geçişinin yanı sıra 175 °C sıcaklıklarda ergime piki gözlemlenebilir (Rabelo vd. 2022, Lomakin vd. 2023). TG şeklinde ise yapıdaki nem ve uçucu bileşenleri 175 °C'ye kadar uzaklaşması ile %10'luk bir ağırlık kaybı görülmektedir. Sıcaklığın yükselmesiyle 320 °C'ye kadar PLA kompozitinin parçalanmasından kaynaklanan %60'luk ağırlık kaybı elde edilmiştir.

4.3 Biyobozunurluk

Biyobozunurluk, mikroorganizmaların enzimatik mekanizmasıyla bir maddeyi/malzemeyi suya, karbondioksit, metana, biyokütle ve bileşiklere parçalanabilirliği anlamına gelmektedir (Bağış 2015). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içerikli kapak ambalaj filminin biyobozunması Çizelge 4.2'de verilmiştir.

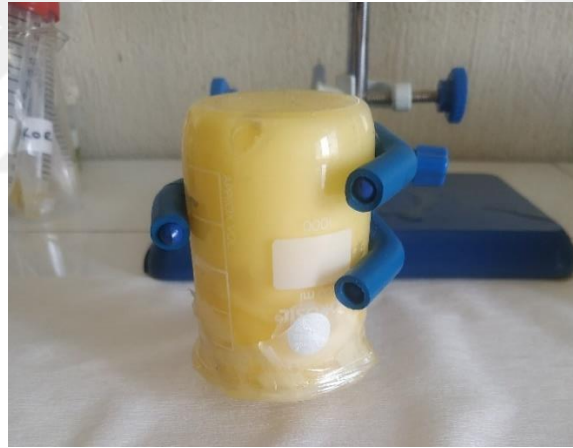
Çizelge 4.2 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin biyobozunması

	Biyobozunma (gr)	Standart Sapma (±)
0. Ay	0,097	0,010
6. Ay	0,066	0,007

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi nano montmorillonit içeren filmin 0 ve 6. aydaki biyobozunurluk değerleri verilmiştir. Biyobozunurluk değerleri incelendiğinde; toprak altında filmin %31 oranında bozunma gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan analiz doğrultusunda biyofilmin toplam bozunma süresinin yaklaşık 18 ay olacağı öngörülmektedir.

4.4 Yağ Sızdırmazlığı

Sızdırmazlık, akışkan sıvının bir boşluktan diğerine akışının kontrol edilebilmesi olarak tanımlanmaktadır. PE kaplamalı kartonlar, folyo/ wax/ kâğıt tipi ambalaj ürünlerinin yağ sızdırmazlığında avantajlı olduğu bildirilmiştir. Yağ sızdırmayan bu ambalaj ürünleri atıştırmalık, şeker, kurabiye ya da diğer yağlı gıdaların ambalajlanmasında kullanıldığı belirtilmiştir (Raheem 2012).



Resim 4.1 Nano montmorillonit içerikli ambalaj filminin yağ sızdırmazlığı

Nano montmorillonit içerikli biyobozunur filmlerin yapımında kullanılan gliserol ve nişasta, filme sızdırmazlık özelliği kazandırmıştır ve yağ sızdırmazlığı sonucu 0 olarak tespit edilmiştir.

4.5 Oksijen Geçirgenliği

Ambalaj sanayisinde kullanılan esnek yapıya sahip materyallerin oksijen geçirgenliğini belirlemek için kullanılan ASTM D3985 gibi standart yöntemler biyobozunur filmler için

de kullanıldığı belirtilmiştir. Biyobozunur filmlerin oksijen geçirgenliğini belirlemek için önemli olan faktörler arasında sıcaklık, bağıl nem ve malzemenin kalınlığı yer almaktadır (ASTM D3985). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içerikli kapak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği aşağıda görülen Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3 200 µm kalınlığında nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği

Oksijen Geçirgenliği (cc/m²/gün)	4485
--	------

Çizelge 4.3'te biyofilmin oksijen geçirgenliği değerleri verilmiştir. Oksijen geçirgenliği değerleri incelendiğinde; nano montmorillonit içerikli kapak ambalaj filminin oksijen geçirgenliği 4485 cc/m²/gün olarak tespit edilmiştir.

4.6 Serbest Yağ Asitliği

Trigliserit yapıya sahip olmayan, yağlarda serbest haldeki yağ asitleri genel olarak serbest yağ asidi adı altında bilinmektedir. Asitlik değeri; tereyağı numunelerinde serbest yağ asitliğinin bir ölçüsüdür ve esasen yağın kaç senelik olduğu ve yağların raf ömrünü takip etmek için kullanıldığı bildirilmiştir (Angın vd. 2013). Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının serbest yağ asitliği değeri aşağıda yer alan Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının serbest yağ asitliği üzerine etkisi

	Serbest Yağ Asitliği (%)	Standart Sapma (±)
0. Ay	0,62 ^d	0,04
2. Ay	0,80 ^c	0,06
4. Ay	0,99 ^b	0
6. Ay	1,07 ^b	0,01
Kontrol Grubu (6. Ay)	1,40 ^a	0,04

^{a-d} Ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05 düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Yukarıda yer alan Çizelge 4.4'te de görüldüğü üzere, nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının serbest yağ asitliği değerleri incelendiğinde; 0. ayda 0,62; 2. ayda 0,80; 4. ayda 0,99; 6. ayda 1,07 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre nano montmorillonit içeren ambalaj filminin kapak ambalajı olarak tereyağının depolanmasında kullanıldığında 6. ay tereyağı serbest yağ asitliği değerinin (%1,07), kontrol grubu serbest yağ asitliği değerinin (%1,40) altında kaldığı görülmektedir.

4.7 Peroksit Sayısı

Yağlarda genel anlamda aktif olarak yer alan oksijen miktarının ölçüsüne karşılık gelen peroksit sayısı 1 kg tereyağındaki oksijenin miliEkivalen gram şeklinde tanımlanmasıdır. Yağların oksijenle teması esnasında, oksijenin doymamış bağlara etki edip peroksitleri oluşturduğu ve de peroksit değerinin, yağlarda oksijen değerini gösterdiği belirtilmiştir (Angın vd. 2013). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının peroksit sayısı aşağıda yer alan Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının peroksit sayısı üzerine etkisi

	Peroksit sayısı (meq O₂/kg)	Standart Sapma (±)
0. Ay	0 ^d	0
2. Ay	0,14 ^d	0,01
4. Ay	0,85 ^c	0,04
6. Ay	1,73 ^b	0,03
Kontrol Grubu (6. Ay)	2,10 ^a	0,13

^{a-d} Ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05 düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi, nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının 0-6. aylardaki peroksit sayısı değerleri incelendiğinde; 0; 0,14; 0,85; 1,73 meq O₂/kg olarak bulunmuştur.

Yapılan tüm analiz neticeleri doğrultusunda tereyağının 6. ay peroksit sayısı değeri (1,73), kontrol grubu peroksit sayısı değerini (2,10) geçmediği görülmektedir.

4.8 Renk

Renk yağlarda saflık ürün bileşimi ve bozulma derecesi için önemli bir parametredir. Analizde CIE Lab sistemi, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nca oluşturulmuş olan 'matematiksel yapılı' renk tanımlama sisteminin kullanıldığı belirtilmiştir. İlgili tanımlama sistemi '1976 CIELab ya da CIELab üç nokta ölçüm metodu' şeklinde de adlandırılmaktadır. Bahsi geçen üç nokta metodunda L*/L ışık geçirgenliği değeri, 100 (tamamen geçirgenlik) ile 0 (geçirgenlik yok) değerlerini belirtmektedir. Renk tayini analizinde L parlaklık, -a yeşillik, +a kırmızılık, -b mavilik ile +b sarılık değerlerini ifade etmektedir (Anonim 2013). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının renk değerleri aşağıda yer alan Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının renk üzerine etkisi

Renk	L	Standart Sapma (±)	a	Standart Sapma (±)	b	Standart Sapma (±)
0. Ay	79,99 ^b	3,30	-0,07 ^b	0,30	26,09 ^b	0,61
2. Ay	97,74 ^a	3,66	4,18 ^a	0,30	26,17 ^b	0,22
4. Ay	88,20 ^{ab}	0,20	-1,27 ^c	0,01	27,88 ^{ab}	0,19
6. Ay	87,24 ^{ab}	1,86	-1,77 ^c	0,93	29,77 ^a	0,75
Kontrol Grubu (6. Ay)	93,67 ^a	6,76	-0,18 ^b	1,32	27,70 ^b	0,80

^{a-c} Ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05 düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi, nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının 0-6. aylardaki renk değerleri verilmiştir. Elde edilen değerlere göre; L değerleri 79,99; 97,74; 88,20; 87,24, a değerleri -0,07; 4,18; -1,27; -1,77 ve b değerleri 26,09; 26,17; 27,88; 29,77 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz doğrultusunda tereyağının 6. ayında L değeri (87,24), kontrol grubu L değeri (93,67), 6. ay a değeri (-1,77), kontrol grubu a değeri (-0,18), 6. ay b değeri (29,77) ve kontrol grubu b değeri (27,70) olarak ölçülmüştür. Buna göre elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda L değerinde parlaklığın azaldığı, a değerinde yeşilliğin ve b değerinde ise sarılığın arttığı görülmektedir

4.9 Kırılma İndisi

Kırılma indisi değeri yağların saflık dereceleri belirlenmesinde önemli bir parametredir. Yağların acılığı ne denli fazlaysa kırılma indisi değerinin de o denli yüksek olduğu bildirilmiştir. Kırılma indisi analizinde, analiz tayini için kullanılan cihaz refraktometredir ve kimya, gıda, ilaç vb. alanlarda kullanıldığı bildirilmiştir (Anonim 2020). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının kırılma indisi değerleri aşağıda yer alan Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının kırılma indisi üzerine etkisi

	Kırılma İndisi (n_D)	Standart Sapma ($\pm$)
0. Ay	1,4721 ^a	0,0002
2. Ay	1,4636 ^b	0
4. Ay	1,4367 ^e	0
6. Ay	1,4606 ^d	0
Kontrol Grubu (6. Ay)	1,4624 ^c	0,0001

^{a-e} Ortalamalar istatistiki olarak ($p < 0,05$ düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi 0-6. aylarda tereyağında yapılmış kırılma indisi analizi sonuçları verilmiştir. Kırılma indisi değerleri incelendiğinde; 0-6. aylardaki sonuçlar 1,4721; 1,4636; 1,4367; 1,4606 n_D olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre kapak ambalajı olarak kullanılan film ile kapatılmış tereyağında 6. ay kırılma indisi değeri (1,4606 n_D), kontrol grubu kırılma indisi değerinin (1,4624 n_D) altında kaldığı görülmektedir.

4.10 Viskozite

Sıvının sıvı tabakasında bulunan akıma karşı göstermiş olduğu direnç viskozite olarak açıklanmaktadır. Yağların kalitesinin belirlenmesinde viskozite değerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Viskozite değerinin bilinmesi yağ sektöründe büyük problemler oluşturan ve sıklıkla karşılaşılan tağşişin tespit edilmesinde önemli rol oynayarak yağın kalitesinin belirlenmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Deng vd. 2018). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının viskozite değerleri aşağıdaki Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının vizkozite üzerine etkisi

	Viskozite (mPa.s)	Standart Sapma ($\pm$)
0. Ay	119 ^b	18
2. Ay	157,25 ^{ab}	25,17
4. Ay	166 ^a	10
6. Ay	119 ^b	5
Kontrol Grubu (6. Ay)	167,16 ^a	27,54

^{a-b} Ortalamalar istatistiki olarak ($p < 0,05$ düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.8’de yer alan nano montmorillonit içerikli kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının 0-6. aydaki viskozite değerleri incelendiğinde; 119; 157,25; 166; 119 mPa.s olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçları doğrultusunda depolanan tereyağında 6. ay viskozite değerinin (119) mPa.s, kontrol grubu viskozite değerinden (167,16) mPa.s düşük olduğu görülmektedir.

4.11 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Her bir yağın, kendine has yağ asitlerinden oluştuğu ve de yağ asitlerinin bileşimiyle tanımlandığı bildirilmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu, alkali çözeltisiyle yağları sabunlaştırıp metil estere dönüştürülmesi ve gaz kromatografisinde gaz formuna geçerek

kolonda yer alan taşıyıcı gaz ile moleköl ağırlıklarına ayrılarak içerisinde yer alan yağ asitlerinin dedektör ile kantitatif ve kalitatif şeklinde tespit edilmesi işlemi şeklinde belirtilmiştir (Anonim 2018). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının doymuş yağ asidi ve doymamış yağ asit değerleri aşağıdaki Çizelge 4.9 ile Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının doymuş yağ asitleri üzerine etkisi

Doymuş Yağ Asitleri (%)	0. Ay	Standart Sapma (±)	2.AY	Standart Sapma (±)	4. AY	Standart Sapma (±)	6. AY	Standart Sapma (±)	Kontrol Grubu (6. Ay)	Standart Sapma (±)
Bütirik asit (C4:0)	3,936 ^a	0,190	3,488 ^b	0,164	1,593 ^c	0,013	1,674 ^c	0,040	1,807 ^c	0,072
Kaproik asit (C6:0)	2,120 ^a	0,017	1,880 ^b	0,049	0,0997 ^c	0,064	1,018 ^c	0,1087	1,160 ^c	0,024
Kaprilik asit (C8:0)	4,446 ^a	0,071	4,051 ^b	0,086	2,422 ^d	0,106	2,530 ^d	0,084	2,841 ^c	0,044
Undekanoik asit (C11:0)	4,468 ^a	0,116	4,418 ^a	0,038	3,046 ^c	0,101	3,158 ^c	0,076	3,490 ^b	0,087
Miristik asit (C14:0)	12,491 ^{ab}	0,475	12,857 ^a	0,197	10,917 ^c	0,092	11,217 ^c	0,156	12,412 ^b	0,112
Palmitik asit (C16:0)	34,332 ^b	0,053	35,945 ^a	0,105	36,553 ^a	0,685	36,980 ^a	0,245	33,669 ^b	0,501
Heptadekanoik asit (C17:0)	0,256 ^b	0,026	0,278 ^b	0,046	0,387 ^a	0,022	0,271 ^b	0,018	0,230 ^b	0,012
Stearik asit (C18:0)	8,017 ^d	0,027	8,338 ^c	0,079	9,507 ^b	0,035	9,407 ^b	0,053	10,833 ^a	0,021
Araşidik asit (C20:0)	0,145 ^a	0,010	0,083 ^b	0,010	0,174 ^a	0,013	0,168 ^a	0,011	0,174 ^a	0,025

^{a-d} Ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05 düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.9 ve 4.10’da görülen nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmli tereyağı 6 aylık depolanma sürecinde yağ asitleri kompozisyonu bakımından incelendiğinde; baskın yağ asitleri yönünden bütirik asit % (3,936-1,674), stearik asit % (8,017-9,407), oleik asit % (20,622-23,640), linoleik asit % (2,421-2,747), linolenik asit % (0,401-0,500) olarak değişirken trans yağ asitleri açısından elaidik asit % (1,941-2,161) ve linoleadik asidin % (0,024-0,049) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ise aynı yağ asitlerinin sırasıyla; bütirik asit % (3,936-1,807), stearik asit % (8,017-10,833), oleik asit % (20,622-23,402), linoleik asit % (2,421-1,622), linolenik asit % (0,401-0,578) olarak değişirken trans yağ asitleri açısından elaidik asit % (1,941-3,063) ve linoleadik asidin % (0,024-0,109) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.10 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının doymamış yağ asitleri üzerine etkisi

Doymamış Yağ Asitleri (%)	0. Ay	Standart Sapma (±)	2.AY	Standart Sapma (±)	4. AY	Standart Sapma (±)	6. AY	Standart Sapma (±)	Kontrol Grubu (6. Ay)	Standart Sapma (±)
Miristoleik asit (C14:1)	1,326 ^a	0,124	1,389 ^a	0,116	1,273 ^a	0,017	1,318 ^a	0,076	1,270 ^a	0,020
Palmitoleik asit (C16:1)	2,407 ^a	0,087	2,305 ^a	0,093	2,367 ^a	0,098	2,396 ^a	0,015	2,109 ^b	0,019
Elaidik asit (C18:1n9t)	1,941 ^c	0,030	1,299 ^d	0,012	2,279 ^b	0,013	2,161 ^b	0,053	3,063 ^a	0,043
Oleik asit (C18:1n9c)	20,622 ^c	0,424	19,979 ^d	0,021	24,512 ^a	0,110	23,640 ^b	0,134	23,402 ^b	0,241
Linoleaidik asit (C18:2n6t)	0,024 ^b	0,003	0,069 ^{ab}	0,009	0,033 ^b	0,026	0,049 ^{ab}	0,003	0,109 ^a	0,041
Linoleik asit (C18:2n6c)	2,421 ^b	0,017	2,516 ^b	0,033	2,724 ^a	0,028	2,747 ^a	0,068	1,622 ^c	0,008
Linolenik asit (C18:3n6)	0,401 ^c	0,074	0,402 ^c	0,023	0,466 ^{bc}	0,014	0,500 ^{ab}	0,015	0,578 ^a	0,040
Gama-linolenik asit (C18:3)	0,519 ^c	0,076	0,547 ^c	0,031	0,625 ^b	0,012	0,639 ^{ab}	0,016	0,698 ^a	0,042

^{a-d} Ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05 düzeyinde) birbirinden farklıdır.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, kontrol grubu ve nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının depolanmasında trans yağ asitleri üzerine etkisi incelendiğinde nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin, kontrol grubuna göre sağlık açısından daha az trans yağ asidi oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir.

4.12 Psikrofilik Mikroorganizma

Süt ve süt ürünlerinde psikrofilik mikroorganizmalar düşük sıcaklıklarda üreyerek oluşturdukları enzim aktiviteleriyle üründe hem tat hem de aroma bozukluklarına sebep oldukları bildirilmiştir (Uraz ve Çitak 1998). Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının psikrofilik mikroorganizma değerleri aşağıdaki Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının psikrofilik mikroorganizma üzerine etkisi

	Psikrofilik Mikroorganizma	Standart Sapma (±)
0. Ay	<2	
2. Ay	139*10 ³	5,14 log kob/g
4. Ay	314*10 ⁴	6,49 log kob/g
6. Ay	88-71*10 ⁵	6,94-6,85 log kob/g
Kontrol Grubu (6. Ay)	143-145*10 ⁵	7,15-7,16 log kob/g

Çizelge 4.11’de nano montmorillonit içerikli kapak ambalaj filmi ile kapatılmış ve 6 aylık süreçte depolanmış tereyağının psikrofilik mikroorganizma değerleri verilmiştir. Verilen değerler incelendiğinde; 0; 139*10³; 314*10⁴; 88-71*10⁵ kob/g olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, kapak ambalajı ile depolanan tereyağının 6. Ay psikrofilik mikroorganizma değeri (88-71*10⁵ kob/g), kontrol grubu psikrofilik mikroorganizma değerinden (143-145*10⁵ kob/g) düşük çıkmıştır.

4.13 Toplam Maya ve Küf

Maya ve küflerin 0.60 a_w ve üzeri su aktivitesinde, 10-35 °C depolama sıcaklıklarında ve 2-9 pH değerleri aralığında çoğalabildikleri bildirilmiştir. Maya ve küf gıdalarda bozulmaya neden olarak acı tat ve kötü koku oluşturdıkları belirtilmiştir. Sahip oldukları gaz oluşturma özelliği ile gıdalarda istemeyen gözenekli yapıların oluşması gibi bozulmalara da neden olmaktadır. Toplam maya ve küf sayımı analizinde kullanılacak besiyerinin, küflerin gelişimi için yeterli seviyede besleyici değere sahip olması ve gelişimini engellememesi gerektiği bildirilmiştir (Taniwaki vd. 2001). Bu doğrultuda araştırmamızda kullandığımız nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filmi ile kaplanmış tereyağının toplam maya ve küf değerleri aşağıdaki Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 Nano montmorillonit içeren kapak ambalaj filminin tereyağının toplam maya ve küf üzerine etkisi

	Toplam Maya ve Küf	Standart Sapma ($\pm$)
0. Ay	<2	
2. Ay	$1048 \cdot 10^3$	6,02 log kob/g
4. Ay	$2100 \cdot 10^4$	7,32 log kob/g
6. Ay	$71 \cdot 10^5$	6,85 log kob/g
Kontrol Grubu (6. Ay)	$128 \cdot 10^5$	7,10 log kob/g

Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi nano montmorillonit içeren film tereyağının depolanmasında kapak olarak kullanılmış olup 0-6. aylardaki toplam maya ve küf değerleri verilmiştir. Verilen sonuçlar doğrultusunda toplam maya ve küf değerleri 0; $1048 \cdot 10^3$; $2100 \cdot 10^4$; $71 \cdot 10^5$ kob/g olarak tespit edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçları doğrultusunda; toplam maya ve küf sayımı analizi kontrol grubu değeri ($128 \cdot 10^5$ kob/g), depolanan tereyağının 6. aydaki toplam maya ve küf sayımı analizi değerinden ($71 \cdot 10^5$ kob/g) daha yüksek olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Afyonkarahisar ilinden marketten temin edilen ticari tereyağı kullanılmıştır. Üretmiş olduğumuz nano montmorillonit içerikli filmler tereyağı numunelerine kapak ambalajı olarak kaplanmıştır.

Çalışma kapsamında nano montmorillonit kilinde; lazer tane boyutu ve diferansiyel taramalı kalorimetri, nano montmorillonit içerikli filmde biyobozunurluk, yağ sızdırmazlığı ve oksijen geçirgenliği belirlenmiş, tereyağı numuneleri ise serbest yağ asitliği, renk, kırılma indisi, peroksit sayısı, viskozite, yağ asileri kompozisyonu, psikrofilik mikroorganizma, toplam maya ve küf bakımından incelenmiştir.

Çiftçi (2019) yılında yapmış olduğu çalışmada Reşadiye/Tokat ve Kalecik/Ankara yöresinden temin ettikleri montmorillonit kilini ilaç taşıma sisteminde kullanmıştır. Yaptıkları çalışmada sedimantasyonla saflaştırdıkları montmorillonit kilinin tane boyutunu (0.3)-(10.0) μm aralığında bulunduğunu belirtmiştir. Shah ve arkadaşları (2013) sedimantasyon yöntemi ile saflaştırılmış olan bentonitin (MMT) tane boyut dağılımının (0.3)-(7.5) μm arasında yer aldığını bildirmiştir. Kök (2017) yılında nanobentonitin eldesi ve karakterizasyonu üzerine bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda nanobentonitin d_{10} da 1,486 μm , d_{50} de 5,863 μm , d_{80} de 12,133 μm ve d_{100} de 26,266 μm olarak tespit etmiştir. Literatürde nano katkılar ile mikroyapı tasarımıyla sert poliüretan malzemenin ısı iletkenliğinin düşürülmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada saflaştırılmış kil kullanılmıştır ve tane boyutu belirlenmiştir. Belirlenen tane boyutları d_{10} da 1,677 μm , d_{50} de 3,385 μm ve d_{90} da 6,618 μm olarak rapor edilmiştir (Uysal 2019). Yapmış olduğumuz çalışmada montmorillonit kilinin lazer tane boyutu çapları d_{10} da 0,786 μm , d_{50} de 2,227 μm ve d_{90} da 7,424 μm olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür ile kıyaslandığında Çiftçi (2019), Shah (2013) ve Uysal'ın (2019) sonuçları ile paralel olduğu fakat Kök'ün (2017) sonuçlarından düşük olduğu saptanmıştır.

PLA'nın bozunması 350°C-400 °C sıcaklıkları arasında olduğu rapor edilmiştir (Tabi vd 2014). Tüm bu ağırlık kayıpları organik maddedeki suyun açığa çıkması, dehidroksilasyon reaksiyonu ve organik maddedeki piroliz/yanma reaksiyonları

sonucudur (Drohsler vd. 2021, Rabelo vd. 2022). Liu ve arkadaşlarının (2010) yılında yapmış oldukları bir çalışmada nişasta, gliserol ve Na⁺ montmorillonit kullanarak nanokompozit biyoplastik malzemesini üretmişlerdir. Üretilen nanokompozit biyoplastik malzemesinde yapılan DSC ölçümlerine göre, gliserol miktarının artışına bağlı olarak camısı geçiş sıcaklığının (T_g) düştüğünü gözlemlemişlerdir. MMT nanokilinin kristallenme sıcaklığını ve örneğin genel kristalitesini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Çoban (2017) yılında farklı nano katkıların ve kabaran alev geciktiricili sistemin plastikleştirilmiş polilaktik asitin özellikleri üzerine etkisi araştırmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda PLA'ya PEG (polietilen glikol), TPP (trifenil fosfat) ve nanokatıların eklenmesi erime sıcaklığı (T_m) değerlerini çok fazla etkilemediğini bildirmiştir. PLA'ya plastikleştirici eklenmesi ile %X_c değerinde belirli bir artış gözlemlerken TPP ilavesi ile %X_c değerinde azalma tespit etmiştir. Arul Manikandan ve arkadaşları (2020) yılında gıdaların paketlenmesinde kullanılabilecek, çevreye zararı olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen polihidroksibütirat (PHB) bazlı grafen nanokompozitlerinin DSC termogramlarını incelemişlerdir. İnceleme sonucunda PHB'nin erime alanında (T_m 172 °C) entalpisi 36.16 J/g olarak tespit etmişlerdir. Kankaya (2011) yılında yapmış olduğu bir çalışmada farklı poliofelin/kil nanokompozit malzemeler ile üretilen ambalajların DSC termogramlarını incelemiştir. LPDE'ye Cloisite 15A ekleyerek polimerin başlangıç sıcaklığını düşürdüğünü bildirmiştir. Eklenen Cloisite 15A'nın %2 oranından %5 oranına çıkması ile LPDE'nin daha erken kristallenmeye başladığını tespit etmiştir.

Kuban (2019) yılında poli (bütilenadipat-ko-tereftalat) (PBAT) esaslı biyobozunur köpükler sentezlemiştir ve bu köpüklerin kompost ortamında biyobozunurluğunu incelemiştir. İnceleme sonucunda PBAT köpüğün biyobozunmasının 2-6 gün, PBAT/TPS köpüğün biyobozunmasının 2-4 gün sürdüğünü bildirmiştir. Çokaygil (2013) yılında yapmış olduğu bir çalışmada portakal kabuğu içeren biyobozunur filmler üretmiştir. Ürettiği biyobozunur filmi 100 g toprağın içerisinde 0,2 g örnek olacak şekilde yerleştirmiştir ve 15 günde %78,37 oranında bozunduğunu tespit etmiştir. Akbana (2021) yılında araştırmış olduğu bir çalışmada plastik ambalajların 1000 yılda yok olduğunu belirtmiştir. Tarafımızca üretilen film Kuban'ın (2019) ve Çokaygil'in (2013) çalışması ile karşılaştırıldığında daha geç bozunduğu fakat plastik ambalajlara göre doğada daha

hızlı yok olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda biyofilmin toplam bozunma süresinin takriben 18 ay olacağı öngörülmektedir.

Yağ sızdırmazlığı analizinde üretilen biyofilmle ilgili olarak herhangi bir literatür bilgisine rastlanmamıştır. Üretmiş olduğumuz film ile kaplanmış tereyağında yağ sızdırmazlığı 0 olarak tespit edilmiştir.

Literatür bilgilerine göre Çokaygil (2013) yapmış olduğu bir araştırmada portakal kabuklarından biyobozunur nanokompozit ambalaj filmi üretmiştir. Üretilen filmin oksijen geçirgenliği 1365,54 cc/m².gün olarak belirtmiştir. Ayrıca ticari streç filmin oksijen geçirgenliğini 22365,98 cc/m².gün olarak bildirmiştir. Chee vd. (2013) yapmış oldukları bir çalışmada PLA bazlı nanokompozit filmlere ağırlıkça %0-30 arasında nanokil ilave etmişlerdir ve filmlerin mekanik su buharı geçirgenliği, oksijen bariyeri gibi özelliklerinin incelemişlerdir ve PLA filminin oksijen geçirgenliğinin, ağırlıkça %5 nanokil eklenmesiyle önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Arunvisut ve arkadaşları (2007) yılında kilin, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)/kil nanokompozitlerinin mekanik ve gaz bariyer özelliklerine etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda %7 kil katkılı LDPE/kil nanokompozitlerinin oksijen geçirgenliklerinin %24 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Ali Dadfar ve arkadaşları (2011)'de düşük yoğunluklu polietilen/organokil nanokompozit filmlerde etilen vinil asetat kopolimerini bağdaştırıcı olarak kullanmışlardır ve filmlerin oksijen geçirgenliğini incelemişlerdir. LPDE/organokil nanokompozit filme %4 kil eklenmesi ile oksijen geçirgenliğinde %9 azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Tarafımızca yapılan çalışmada nano montmorillonit içerikli biyobozunur filmimizin oksijen geçirgenliği 4485 cc/m²/gün olarak tespit edilmiştir. Literatür bilgileri üretmiş olduğumuz biyobozunur filmin oksijen geçirgenliği ile kıyaslandığında ticari streç filminden, Çokaygil (2013), Chee (2013) ve Arunvisut'un (2007) üretmiş olduğu filminden daha fazla, Ali Dadfar'ın (2011) üretmiş olduğu filminden daha az oksijen geçirdiği belirlenmiştir.

Francisco ve arkadaşları (2017) inek sütünden üretilen tereyağının depolanma sırasında fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir ve serbest yağ asitliği miktarını (1,89)-(2,18) mg KOH/g olarak tespit etmişlerdir. Sawaya ve

arkadaşları (1984) yılında Suudi Arabistan'dan temin edilen, koyun ve keçi sütünden yapılan tereyağında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelemişlerdir. İnceledikleri örneklerde koyun sütünden yapılmış tereyağının serbest yağ asitliği sayısını 1,05 mg KOH/g elde ederken, keçi sütünden yapılmış tereyağında serbest yağ asitliği sayısını 1,16 mg KOH/g şeklinde elde etmişlerdir. Sağdıç vd. (2004) yılında yoğurttan yapılan yayık tereyağının fizikokimyasal mikrobiyolojik ve organoleptik özellikleri ile yağ asidi bileşimlerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda serbest yağ asitliği değerleri değerlerini (0.66)-(0.68) mg KOH/g aralığında bulmuşlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise serbest yağ asitliği değerleri (0.8)-(2.19) mg KOH/g aralığında elde edilmiştir (Şenel 2006). Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise yağ asitliği değerleri (0,62)-(1,07) mg KOH/g olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda literatür bilgilerinle kıyaslandığında elde ettiğimiz tereyağı serbest yağ asitliği sonuçlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Haddar (2017) yılında yapmış olduğu bir çalışmada dört farklı starter kültür kombinasyonlarını kullanarak üretilen tereyağlarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre tereyağındaki peroksit değerini 0,12 meq O₂/kg şeklinde belirlemiştir. Pearson (1974) yılında tereyağı üzerine yapmış olduğu bir çalışmada peroksit sayısı değerini 1,4 meq O₂/kg tespit etmiştir. Van ilinden temin edilerek yapılan başka bir çalışmada tereyağının bazı özellikleri incelenmiştir ve peroksit sayısı (1,24)-(7,37) meq O₂/kg arasında bulunmuştur (Fındık 2011). Yapılan başka bir çalışmada tereyağlarında peroksit değerlerini (0.8)-(2.67) meq O₂/kg aralığında olduğu bildirilmiştir (Kesler 2008). Yapmış olduğumuz çalışmada depolanan tereyağında peroksit değerleri 0; 0,14; 0,85; 1,73 meq O₂/kg olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında Haddar'ın (2017) sonucundan yüksek; Pearson (1974), Fındık (2011) ve Kesler'in (2008) yaptığı çalışmalardaki sonuçlar ile birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Jinjarak ve arkadaşları (2006) kültürlü tereyağları, tatlı kremadan üretilmiş tereyağı ve peyniraltı suyu tereyağı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada tereyağı örneklerinin renk ile ilgili L değerlerinin (82.62)-(86.01), a değerlerinin (-1.22)-(-1.80) ve b değerlerinin (20.04)-(22.46) aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışma incelendiğinde tereyağının L* değerinin (76.60)-(79.70), a* değerinin (-3.02) – (- 3.69) ve b* değerinin (12.11)-(13.97) aralığında olduğu belirtilmiştir (Krause

2006). Tarafımızdan yapılan çalışmada renk değerleri analizinde L^* değeri (79,99)-(87,24), a değeri (-0,07)-(-1,77) ve b değerleri (26,09)-(29,77) olarak saptanmıştır. Lee ve Min (2014) öncülüğünde yürütülen bir araştırmada inek ve keçi sütünden yapılmış tatlı krema tereyağlarını karşılaştırılmıştır ve keçi sütünden yapılmış tereyağının daha sarı olduğunu bildirilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda ise tereyağının renk L^* değerini (94,97)-(95,57), a^* değerini (-1,28)-(-1,38) ve b^* değerini (4,88)-(4,90) olarak tespit etmişlerdir. Francisco ve arkadaşları (2017)'de inek sütünden yapılmış tereyağında depolanma sırasında meydana gelen kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki değişimleri araştırmışlardır. Araştırma sonucunda elde edilen renk değerleri; L^* (75)-(91), a^* (-2,62)-(-2,83) ve b^* (27)-(30) ve arasında tespit etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma kapsamında elde edilen değerler literatür ile karşılaştırıldığında Jinjara (2006), Francisco'nun (2017) tespit ettiği sonuçlar ile yakın olduğu; Krause (2006), Lee ve Min'in (2014) tespit ettiği sonuçlardan yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tahmas Kahyaoğlu ve Çakmakçı (2018) yılında farklı hayvanların sütünden üretilen tereyağının depolanması sırasında bazı özelliklerini incelemişlerdir. İncelemiş oldukları çalışmada inek sütünden üretilen tereyağının kırılma indisini (1,4587) n_D , koyun sütünden üretilmiş tereyağının kırılma indisini (1,4576) n_D ve keçi sütünden üretilmiş tereyağının kırılma indisini ise (1,4571) n_D olarak tespit etmişlerdir. Adam (1950) yılında Türkiye'de kıvırcık koyun sütlerinden üretilmiş tereyağının bileşimi üzerine yaptığı bir çalışmada kırılma indisi değerini (1,4547) n_D bulmuştur. Adam'ın (1954) Trabzon tereyağları ile yapmış olduğu başka bir çalışmada ise kırılma indisi değerini ortalama (1,460) n_D tespit etmiştir. Aykanat (1995) yılında Adana'da tüketime sunulmuş olan 9 tane tereyağının standartlara uygun olup olmadığı incelemiştir ve inceleme sonucunda kırılma indisi değerini ortalama (1,4545) n_D olarak bildirmiştir. Esis (1997) yapmış olduğu çalışmada Ağrı ilinde satışa sunulan 20 adet tereyağı numunelerini incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda (1,4555) n_D değerine ulaşmıştır. Tarafımızdan yapılan çalışmada elde edilen değerler (1,4721; 1,4636; 1,4367; 1,4606) n_D olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz değer ile yapılan önceki çalışmalar karşılaştırıldığında literatüre yakın bir değer bulunmuştur.

Demirkol ve arkadaşları (2016) yılında Çanakkale ilinde satılmakta olan tereyağlarının uçucu bileşikleri, duyu ve kimyasal nitelikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Yapılan çalışma incelendiğinde tereyağının viskozite değerlerinin (45,4)-(62,7) mPa.s arasında buldukları görülmektedir. Glibowski ve arkadaşları ise (2008) yılında yaptıkları çalışmada tereyağını viskozite değerlerini (457)-(427) mPa.s aralığında yer aldığını ifade etmişlerdir. Samet-Bali ile arkadaşları (2009) yılında geleneksel Tunus tereyağının fizikokimyasal, mikrobiyal ve depolama stabilitesini incelemişlerdir. 0-15-30. günlerdeki viskozite değerlerini ölçmüşlerdir. Ölçüm sonucunda ilk gün 60 °C' de (5,85) mPa.s, 15. günde 60 °C' de 2,07 mPa.s ve 30. günde 60 °C' de 1,2 mPa.s olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucumuza göre depolanmış tereyağının viskozite değerleri 119; 157,25; 166; 119 mPa.s olarak tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışma kapsamında elde ettiğimiz verilerin Demirkol (2016) ve Samet-Bali'nin (2009) elde ettiği verilerden yüksek, Glibowski ve arkadaşlarının (2008)'de elde ettiği verilerden daha düşük seviyede yer aldığı saptanmıştır.

Magda ile arkadaşları (1995) öncülüğünde yürütülen çalışmada inek sütünden yapılmış geleneksel tereyağı örneklerinin 8 haftalık depolama süresince yağ asidi kompozisyonu incelemişlerdir ve % olarak sonuçlarını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada yağ asitleri kompozisyonu sonuçlarına bakıldığında; bütirik asit: % (2.02)-(4.35), Stearik asit: % (10.65)-(11.96), linoleik asit: % (0.05)-(1.36), Oleik asit: % (19.04)-(23.22) ve son olarak linolenik asit: % (0.37)-(0.67) değerlerini tespit etmişlerdir. Tarafımızdan yapılan çalışmada bütirik asit % (3,936-1,674), stearik asit % (8,017-9,407), oleik asit % (20,622-23,640), linoleik asit % (2,421-2,747), linolenik asit % (0,401-0,500) değerleri kaydedilmiştir. Atasoy ve Türkoğlu (2010)'da Şanlıurfa yöresine ait sadeyağların bileşimlerini tespit etmek için bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada yağ asitleri kompozisyonu sonuçları bütirik asit % (0,31)-(0,74), stearik asit % (9,14)-(14,50), palmitik asit % (27,62)-(36,82), linoleik asit % (0,14)-(0,54) ile oleik asit % (32,43)-(38,53) olarak bildirilmiştir. Seçkin ve arkadaşlarının (2003) yılında 8 adet tereyağı örneği üzerine bir çalışma yapmıştır ve tereyağının örneklerinin yağ asitleri bileşimini incelemişlerdir. Elde edilen minimum ve maksimum yağ asitleri kompozisyonu değerleri; bütirik asit % (2,15)- (2,65), palmitik asit % (33,68)-(35,68), oleik asit % (24,67)-(27,75), linoleik asit % (0,09)-(0,17) ve linolenik asit % (0,03)-(0,08) olarak belirtilmiştir. Trabzon ilinde tereyağların yağ asitleri kompozisyonu açısından bir çalışma yapılmıştır ve örneklerin yağ asidi kompozisyonu değerleri; bütirik asit % (1,86)-(3,10), stearik asit

% (2,68)-(12,16), oleik asit % (3,42)-(15,82), linoleik ve linolenik asit iz düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir (Şengül vd. 2003). Yapmış olduğumuz çalışmada literatüre göre oleik asit değerlerimiz yakın, linoleik asit değerlerimiz düşük ve linolenik asit değerlerimiz ise yakın olduğu tespit edilmiştir.

Tereyağında psikrofilik mikroorganizma sayımı sonucuna bakıldığında mikroorganizma değerleri 0; 139×10^3 ; 314×10^4 ; $88-71 \times 10^5$ kob/g olarak elde edilmiştir. Patır ile arkadaşları (1995) yılında, Elâzığ'da halkın tüketimine sunulmuş olan kahvaltılık tereyağların niteliğini saptamak adına 35 tane tereyağını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre psikrofilik bakteri sayısını 3.9×10^6 adet/g olarak bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma ile literatür bilgileri kıyaslandığında film ile kapatılmış tereyağında daha az psikrofilik mikroorganizma geliştiği görülmektedir.

Hayaloğlu ve Konar (2001)'de Malatya yöresinde krema ile yoğurttan imal edilen tereyağlarının mikrobiyolojik kalitesi ile alakalı çalışma yapmışlardır. Yaptıkları araştırmada tereyağında toplam maya ile küf değerlerini (1×10^3)-(7,3 $\times 10^6$) adet/g olarak tespit etmiştir. Kural ve Koca (1987), Erzurum kenti merkezinde yer alan halkın tüketimine arz edilen kahvaltılık tereyağların hem kimyasal hem de mikrobiyolojik özellikleri ile alakalı çalışma yürütmüştür. Bu araştırma neticesinde, küf ile maya sayısını 0.1 – 12×10^6 adet/g olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise maya ve küf sayısının 9×10^6 adet/g olduğunu bildirmişlerdir (Patır vd. 1995). Atamer ve arkadaşlarının (2005) yılında yoğurttan üretilen tereyağının bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada toplam maya ve küf sayısını (1,81)-(7,08) adet/g olarak bulmuşlardır. Çalışma kapsamında toplam maya ile küf bakımından 0; 1048×10^3 ; 2100×10^4 ; 71×10^5 kob/g verileri elde edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde tereyağının maya ile küf sınırı 10^3 adet/g olarak bildirilmiştir (Anonim 2009). Literatüre göre tarafımızca yapılmış olan çalışmadaki tereyağında daha az maya ve küf gelişimi gözlenmiştir.

Sonuç olarak; üretmiş olduğumuz nano montmorillonit içerikli biyobozunur kapak ambalaj filmi; oksijen geçirgenliği, biyobozunurluk ve yağ sızdırmazlığı açısından kabul edilebilir oranlarda bulunarak, tereyağını kontrol grubuna göre serbest yağ asitliği,

peroksit, kırılma indisi, viskozite ile trans yağ asitleri oluşumu açısından koruduğu belirlenmiştir. Mikrobiyolojik açıdan ise biyofilmin hazırlanma aşamasında hijyen koşullarına dikkat edilerek, gelecek çalışmalarda teknolojik kullanım açısından, daha kapsamlı analizlerin uygulanması tavsiye edilmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Abugoch L E, Tapia, C, Villamán M C, Yazdani-Pedram M, Díaz-Dosque M, 2011, "Characterization of Quinoa Proteine Chitosan Blend Edible Films", Food Hydrocolloids, 25, 879-886.
- Adam R C, 1950, Orta Anadolu Kıvrıcık Koyunlarının Süt Verimleri ile Bilhassa Sütlerin Terkibi ve Süt Yağlarının Kimyasal, Fiziksel Konstantları Üzerine Araştırmalar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:20, Çalışmalar 9, Ankara.
- Adam R C, 1954, Trabzon Yağı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 4, Ayrı Basım, Ankara.
- Akbana A, Yurtcan M, 2021, Bingöl Üniversitesi Öğrencilerinin Atık Yönetimi Geri Dönüşüm ve Çevre Konusundaki Bilinç ve Uygulama Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma, Türk Doğa ve Fen Dergisi, 10, 2, 132-140.
- Alemdar A, 2001, Bentonit ve Montmorillonit Dispersiyonlarının Reolojik, Viskoelastik, Koloidal Özellikleri Üzerine Organik ve İnorganik Katkıların Etkisi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ali Dadfar S M, Alemzadeh I, Reza Dadfar S M, Vosoughi M, 2011, Studies On The Oxygen Barrier and Mechanical Properties of Low Density Polyethylene/Organoclay Nanocomposite Films In The Presence of Ethylene Vinyl Acetate Copolymer As A New Type Of Compatibilizer, Materials And Design 32, 1806–1813.
- Andrade M A, Ribeiro-Santos R, Bonito M C C, Saraiva M, Sanches-Silva A, 2018, Characterization Of Rosemary and Thyme Extracts For Incorporation Into A Whey Protein Based Film, LWT- Food Science and Technology.
- Angın D, Avcı A, Sıçramaz H, Sarıçam A, 2013, Analitik Kimya Laboratuvar Kılavuzu, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 47, Sakarya.
- Anonim, 1970, Türk Standartları Enstitüsü, Refraktif İndeks Analizi Standardı, 894.
- Anonim, 2009, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, Ankara.

- Anonim, 2013, Gıda Teknolojisi, Fenolik Bileşikler ve Doğal Renk Maddeleri, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2018, Gıda Mühendisliği Laboratuvar Uygulamaları Kılavuzu, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 112, Ankara.
- Anonim, 2020, Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Analizleri ve Teknolojisi Laboratuvar Föyü, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri.
- Arul Manikandan N, Pakshirajan K, Pugazhenth G, 2020, Preparation and Characterization Of Environmentally Safe and Highly Biodegradable Microbial Polyhydroxybutyrate (PHB) Based Graphene Nanocomposites For Potential Food Packaging Applications, International Journal Of Biological Macromolecules, S0141-8130(20)30865-5.
- Arunvisut S, Phummanee S, Somwangthanaroj A, 2007, Effect of Clay on Mechanical and Gas Barrier Properties of Blown Film LDPE/Clay Nanocomposites, Journal of Applied Polymer Science, Vol., 106, 2210–2217.
- Atamer M, Şenel E, Öztekin, 2005, Yoğurttan Üretilen Tereyağlarının Bazı Niteliklerinin Belirlenmesi, Tübitak Proje No: TOGTAĞ-3035.
- Atamer M, 1993, Tereyağı Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 1313, 90s, Ankara.
- Atasoy F, Türkoğlu H, 2010, Şanlıurfa’da Üretilen ve Satışa Sunulan Sadeyağların (Urfa Yağı) Serbest Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 14:2- 12.
- Avella M, De Vlieger J J, Errico M E, Fischer S, Vacca P, Volpe M G, 2005, Biodegradable Starch/Clay Nanocomposite Films For Food Packaging Applications, Food Chemistry, 93(3), 467-474.
- Averous L, 2004, Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review, Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews, 44, 231-74.

- Aykanat Z, 1995, Adana ilinde Tüketime Sunulan Bazı Süt Ürünlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Açısından Standartlara Uygunluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Bağış C, 2015, TiO₂ Kullanımının PVA Esaslı Biyobozunur Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, Selçuk-Tek Dergisi, 14(2), 997-1004.
- Bajpai P, 2019, Biobased Polymers in Packaging in Biobased Polymers, Elsevier, 129–138.
- Bakirci İ, Celik Ş, Özdemir C, 2002, The Effect of Commercial Starter Culture and Storage Temperature on The Oxidative Stability and Diacetyl Production in Butter, International Journal of Dairy Technology, 55.
- Bayer, 2010, Science for a Better Life. <http://www.research.bayer.com>. (Accessed 05.12.2010).
- Carvalho A J F, 2008, Starch: Major Sources, Properties and Applications as Thermoplastic Materials, Monomers, Polymers and Composites From 134 Renewable Resources, (Ed: Belgacem, M.N. Ve Gandini A.), Elsevier, Science, 321 – 342.
- Cha D S, Chinnan M S, 2004, Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging A Review, Crit Rev Food Sci Nutr, 44(4), 223-37.
- Chee C Y, Yahya R Y, Li G, 2013, Preparation and Characterization of Nano Particle Reinforced Polyactides Composite, Journal of Nano Research Vol., 23, 7-15.
- Chen H, Weiss J, Shahidi F, 2006, Nanotechnology in Nutraceuticals and Functional Foods, Food Technology, 60 (3), 30-36.
- Çabuk M, Yavuz M, Hlavác J, 2011, Biyobozunur ve Anti-Kanserojen Kitosan/Benzaldehit Modifikasyonu ve Nanokompozitinin Hazırlanması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(3), 247-251.
- Çakmakçı M L, 2011, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Geleceğin Önemli Alanları, Gıda Hattı Dergisi, Ocak, 20(2), 12-13.

- Çankır F D, Duman E., 2024, Nano Montmorillonit İçerikli Kapak Ambalaj Filminin Tereyağı Depolanmasında Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi, 3rd International Symposium on Characterization, 6-8 Eylül, Türkiye, 44-58.
- Çelebi H, Dehmen S, 2013, Nişasta ve Polikaprolakton Esaslı Biyobozunur Nanokompozitlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 31, 53-62.
- Çeliker G, 2007, Developments in Nanotechnology for Packaging Industry International Packaging Congress, İzmir.
- Çıracı S, 2005, Türkiye’de Nanoteknoloji. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi Yeni Ufuklara, 3-23.
- Çiftçi H, 2019, Bir İlaç Taşıyıcı Sistemi Olarak Montmorillonit/Manyetit Nano-Kompozit Sentezi ve Karakterizasyonu, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 156, Afyonkarahisar.
- Çiftçi H, Arpa M D, Gülaçar İ M, Özcan L, Ersoy B, 2020, Development and Evaluation of Mesoporous Montmorillonite/Magnetite Nanocomposites Loaded With 5-Fluorouracil, Microporous and Mesoporous Materials, 303, 110-253.
- Çoban M, 2017, Farklı Nano Katkıların Ve Kabaran Alev Geciktiricili Sistemin Plastikleştirilmiş Poli(Laktik Asit)’İN Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79, Kocaeli.
- Çokaygil Z, 2013, Portakal Kabuklarından Biyobozunur Nanokompozit Film Üretilmesi ve Gıda Ambalajı Olarak Değerlendirilmesi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 162, Eskişehir.
- D3985, A Oxygen Transmission Rate (OTR) ASTM D3985, Intertek, US.
- Dawson L P, Acton J C, Ogale A A, 2002, Biopolymer Films and Potential Applications to Meat and Poultry Products. Fresh Meat / Packaging II. Proceedings of The 55th Annual Reciprocal Meat Conference, 75-82. Michiganusa.
- Demirkol A, Guneser O, Karagul Yuceer Y, 2016, Volatile Compounds, Chemical and Sensory Properties of Butters Sold in Çanakkale, Journal Of Agricultural Sciences, 22, 99-108.

- Deng N, Cao N, Li P, Peng Y, Li X, Liu L, 2018, Microfluidic Evaluation of Some Edible Oil Quality Based On Viscosity and Interfacial Tensions. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 946–953.
- Doğukuş E, 2021, Biyobozunur Gıda Ambalajı Olarak Aype/Polikaprolakton Polimerik Kompozit Filmler, Ege üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, 5.
- Drohsler P, Cisar J, Šopík T, Sedlarik V, Pummerova M, 2021, Effect of an Antioxidant Based on Red Beetroot Extract on the Abiotic Stability of Polylactide and Polycaprolactone. *Molecules*, 26, 5190.
- Dursun S, Erkan N, Yeşiltaş M, 2010, Doğal Biyopolimer Bazlı (Biyobozunur) Nanokompozit Filmler ve Su Ürünlerindeki Uygulamaları, 4(1), 50-77.
- Emblem A, 2012, *Packaging Technology, Plastics Properties for Packaging Materials*, Woodhead Publishing Limited.
- Erkoç Ş, 2007, *Nanobilim ve Nanoteknoloji*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Esis İ, 1997, Ağrı Piyasasında Satışa Sunulan Tereyağlarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 1997.
- Fabra M J, Falcó I, Randazzo W, Sánchez G, López A, 2018, Antiviral and Antioxidant Properties of Active Alginate Edible Films Containing Phenolic Extracts, *Food Hydrocolloids*.
- Fan Q, Shan D, Xue H, He Y, Cosnier S, 2007, Amperometric Phenol Biosensor Based on Laponite Clay–Chitosan Nanocomposite Matrix, *Biosensors and Bioelectronics*, 22, 816–821.
- Fındık O, 2011, Van’da Piyasaya Sunulan Bazı Tereyağları ile Bu Tereyağlardan Elde Edilen Sadeyağların Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 17(4), 645-648.
- Florez M, Cazon P, Vazquez M, 2022, Active Packaging Film of Chitosan and Santalum Album Essential Oil: Characterization and Application As Butter Sachet To Retard Lipid Oxidation.

- Francisco J, M'endez C, Juan A, Centeno Sidonia M, Javier C, 2017, Changes in the Chemical and Physical Characteristics of Cow's Milk Butter During Storage: Effects of Temperature and Addition of Salt, Área De Tecnología De Los Alimentos, Facultad De Ciencias De Orense, Universidad De Vigo, 32004 Orense, Spain.
- Glibowski P, Zarzycki P, Krzepkowska M, 2008, The rheological and instrumental textural properties of selected table fats. International Journal of Food Properties 11, 678-686.
- Gong Z, Liao L, Lv G, Wang X, 2016, A Simple Method for Physical Purification of Bentonite, Applied Clay Science, 119, 294-300.
- Gökalp H Y, 2001, Bitkisel Yağ Teknolojisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 303, Denizli.
- Güngör N, 1981, Bentonitik Kil Minerallerinin Yapı ve Özellikleri Üzerine Değişebilen Katyonların Etkilerinin Fiziksel Yöntemlerle İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Temel Bilimler Fakültesi, İstanbul.
- Günister E, 2003, Na-Aktif Bir Bentonit-Su Sisteminde Partikül Etkileşimleri Üzerine Dtabr ve Bdtdacl Katyonik Yüzüey Aktiflerinin Etkisinin Reolojik ve Elektrokinetik Yöntemlerle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Haddar M, 2017, Geleneksel Yayık Tereyağının Aroma Karakterizasyonu ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 12B4347004.
- Han J, 2000, Antimicrobial Food Packaging, Food Technology, 54, 56-65.
- Harrigan W F, 1998, Laboratory Methods in Food Microbiology, Academic Press, San Diego, USA. 532.
- Hayaloğlu A A, Konar A, 2001, Malatya Yöresinde Yoğurttan ve Kremadan Üretilen Tereyağlarının Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma, Gıda Dergisi, 26(6), 429-435.

- Heldt R L, Amorim M R, Juliano M, Maestrelli Carvalho S, 2022, Development and Characterization of PLA Composites with High Contents of a Brazilian Refractory Clay and Improved Fire Performance, *Materials Research*, 25:e20210444.
- ICMSF, 1982, International Commission of Microbiological Specification for Foods. Microorganism in Foods, Their Significance and Methods of Enumeration (2nd Ed), University of Toronto Press.
- Jayrajsinh S, Shankar G, Pharm M, Agrawal Y K, Bakre L, 2017, Montmorillonite Nanoclay As A Multifaceted Drug-Delivery Carrier: A Review. *Journal of Drug Delivery Science And Technology*, 39, 200-209.
- Jeon Y J, Shahidi F, Kim S K, 2000, Preparation of Chitin and Chitosan Oligomers and Their Applications in Physiological Functional Foods, *Food Review International*, 16, 159-176.
- Jinjarak S, Olabi A, Jimenez-Flores R, Walker J H, 2006, Sensory, Functional and Analytical Comparisons of Whey Butter with Other Butters, *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2428-2440.
- Junqueira-Gonçalves M P, Salinas G E, Bruna J E, Niranjan K, 2017, An Assessment of Lactobiopolymer-Montmorillonite Composites for Dip Coating Applications on Fresh Strawberries, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1846-1853.
- Kahyaoğlu D T, Çakmakçı S, 2018, A Comparative Study on Some Properties and Oxidation Stability During Storage of Butter Produced From Different Animals' Milk, *The Journal of Food*, 43 (2), 283-293.
- Kalkmaz N, Evcin A, 2021, Production of Chitosan and Nanoclay Added Biodegradable Plastics, *Turkish Physical Society 37th International Physics Congress*, 229.
- Kankaya T, 2011, Farklı Poliolenin/ Kil Nanokompozit Malzemeler ile Üretilen Ambalajların Diyet Bisküvilerin Kalitesine Etkisinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98, Isparta.

- Kashaninejad M, Razavi S M A, Tehrani M M, Kashaninejad M, 2017, Effect of Extrusion Conditions and Storage Temperature on Texture, Colour and Acidity of Butter, *Int J Dairy Technol*, 70(1), 102-109.
- Kasirga Y, Oral A, Caner C, 2012, Preparation and Characterization of Chitosan/Montmorillonite- K10 Nanocomposites Films for Food Packaging Applications. *Polymer Composites*, 33(11), 1874-1882.
- Kayır Y Z, Bağcıl E G, 2010, Nanoteknoloji Nedir, 15. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 11-13 Kasım, İstanbul.
- Kechichian V, Ditchfield C, Veiga-Santos P, Tadini C C, 2010, Natural Antimicrobial Ingredients Incorporated in Biodegradable Films Based on Cassava Starch, *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1088-1094.
- Keleş F, 1996, Gıda Ambalajlama İlkeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 189, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Kesler Y, 2008, Tereyağına Probiyotik Kültür ve Lif İlavesiyle Fonksiyonel Özellik Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kılıç E, Köseoğlu F, Yılmaz H, 1992, Enstrümantal Analiz İlkeleri, Diferansiyel Taramalı Kalorimetri, 805, Bilim Yayıncılık, Ankara.
- Kılınç M, Tomar O, Çağlar A, 2017, Biyobozunur Gıda Ambalaj Malzemeleri, *AKU J. Sci. Eng.*, 17, 988-996.
- Kokangül G, Fenercioğlu H, 2012, Gıda Endüstrisinde Akıllı Ambalaj Kullanımı, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7(2), 31-43.
- Kök O E, 2017, Nanobentonit Eldesi ve Karakterizasyonu, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104, Hatay.
- Krause A J, 2006, Evaluation of Consumer Acceptance and Storage Stability of Butter, (Web page: <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/770>), (Erişim Tarihi: Ocak 2016).

- Kuban A, 2019, Poli (Bütülenadipat-Ko-Tereftalat) (Pbat) Esaslı Biyobozunur Köpük Materyallerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Bozunurluğu, Hacettepe üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81, Ankara.
- Kurdal E, Koca A F, 1987, Erzurum İl Merkezinde Tüketime Sunulan Kahvaltılık Tereyağlarının Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Gıda Dergisi, 12(5), 299–304.
- Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A, 2003, Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi, A.Ü. Yayın No: 252/d, Erzurum, 284.
- Lagaly G, Dekany I, 2013, Colloid Clay Science, in: Bergaya, F. Theng, B.K.G. 126 And Lagaly, G. (Eds.), Handbook Of Clay Science, Amsterdam, Elsevier, 243-345.
- Lalehan A, Murat K, Sedef I, Yavuz Selim C, Asier M S, Jalel L, Bahar Akyuz Y, Idris S, 2018, Effect of Different Animal Fat and Plant Oil Additives on Physicochemical, Mechanical, Antimicrobial and Antioxidant Properties of Chitosan Films.
- Lazaridou A, 2004, Composition Thermal and Rheological Behaviour of Selected Grek Honeys, Journal Of Food Engineering, 64, 9-21.
- Lee J H, Min B J, 2014, Storage Stability of Sweet Cream Butter Prepared From Goat Milk, (Web [Http://Medcraveonline.Com/JNHFE/JNHFE-01-00021.Pdf](http://Medcraveonline.Com/JNHFE/JNHFE-01-00021.Pdf)), (Erişim Tarihi: Ocak 2016).
- Leuteritz A, Pospiech D, Kretschmar B, Willeke M, Jehnichen D, Jentzsch U, Grundke K, Janke A, 2003, Adv. Eng. Mater, 5, 678.
- Liu H, Chaudhary D, Yusa S, Tade M O, 2010, Glycerol/ Starch/Na⁺ -Montmorillonite Nanocomposites: A XRD, FTIR, DSC and 1H NMR Study. Carbohydrate Polymers, 83(2011), 1591-1597.
- Lomakin S, Usachev S, Yakhina A, Zhorina L, Berlin A, 2023, Thermal Behavior of Biodegradable Compositions of Polylactide and Poly(3-hydroxybutyrate) with Chitosan and the Effect of UV Radiation on Their Structure. Applied Sciences.

- Magda A A, Hoda Fadel H M, 1995, Effect of Freeze Storage on The Olatiles of Butter. (Web Page: [Http://Www.Researchgate.Net/Publication/43763_715](http://Www.Researchgate.Net/Publication/43763_715)), (Erişim Tarihi: Ocak 2016).
- Mahieux C A, 2005, Effect of Temperature on Polymer Matrix Composites, Environmental Degradation of Industrial Composites, 2, 17 – 83.
- Mallia S, Escher F, Schlichtherle-Cerny H, 2008, Aroma-Active Compounds of Butter: A Review. European Food Research and Technology, 226. 315-325.
- Metin M, 2008, Süt Teknolojisi-Sütün Bileşimi ve İşlenmesi (Yedinci Baskı), Ege Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Yayın No: 33, 802 s. Bornova, İzmir.
- Nova Workforce Board Report, 2003, Nanotechnology: The Next Great Wave of Innovation. [Http://Www.Novaworks.Org/Lmi/Reports/Nanotech2003.Pdf](http://Www.Novaworks.Org/Lmi/Reports/Nanotech2003.Pdf). Erişim: 10.11.2010.
- Oliveira T Í S, Zea-Redondo L, Moates G K, Wellner N, Cross K, Waldron K W, Azeredo H M, 2016, Pomegranate Peel Pectin Films As Affected By Montmorillonite, Food Chem, 198. 107 112.
- Öztürk S, 2002, Farklı Sıcaklıklarda Muhafaza Edilen Tereyağının Raf Ömrü Üzerine Çeşitli Antioksidanların Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- PAGEV, 2018, Türkiye Plastik Ambalaj Malzemeleri Sektör İzleme Raporu 3 Aylık, <https://www.pagev.org/upload/files/Hammadde%20Yeni%20Tebli%C4%9F%20Bilg.%203/Plastik%20Ambalaj%20Malzemeleri%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202018%20Ocak%20-%20Mart.pdf> (27.06.2018).
- Patır B, Güven A, Saltan S, 1995, Elazığ'da Tüketime Sunulan Kahvaltılık Tereyağlarının Kalitesi Üzerinde Araştırmalar, Selçuk Üniversitesi, Vet. Bil. Derg., 95(14).
- Pearson D, 1974, The Assessment of Rancidity Of Oil on A Common Cholorfm Extract With Special Reference to TBA Values. J. of The Ass. of Public Analysts. 12, 73-76.

- Pineros-Hernandez D, Medina-Jaramillo C, Lopez-Cordoba A, Goyanes S, 2017, Edible Cassava Starch Films Carrying Rosemary Antioxidant Extracts for Potential Use As Active Food Packaging, *Food Hydrocolloids*, 63,488-495.
- Popović S Z, Lazić V L, Hromiš N M, Šuput D Z, Bulut S N, 2018, Biopolymer Packaging Materials for Food Shelf-Life Prolongation. In *Biopolymers for Food Design*, 223–277.
- Priya B, Gupta V K, Pathania D, Singha A S, 2014, Synthesis, Characterization and Antibacterial Activity of Biodegradable Starch/PVA Composite Films Reinforced with Cellulosic Fibre, *Carbohydrate Polymers*, 109, 171-179.
- Püskülcü H, İkiz F, 1998, Introduction to Statistic, Bornova, Press, In Turkish.
- Quattara B, Simard R E, Piette G, Begin A, Holley R A, 2000, Inhibition of Surface Spoilage Bacteria in Processed Meats by Application of Antimicrobial Films Prepared with Chitosan, *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139-148.
- Raheem D, 2012, Application of Plastics and Paper As Food Packaging Materials – An Overview, *Emirates Journal of Food And Agriculture*, 25 (3).
- Reddy Y D, Dhachinamoorthi D, Chandra Sekhar K B, 2015, A Brief Review on Polymeric Nanoparticles for Drug Delivery and Targeting, *Journal of Medical and Pharmaceutical Innovation*, 2, 19-32.
- Sağdıç O, Dönmez M, Demirci M, 2004, Comparison of Characteristics and Fatt Acid Profiles of Traditional Turkish Yayik Butter Produced from Goats, Ewes or Cows, *Milk, Food Control*, 15, 485 – 490.
- Saklar Ayyıldız S, 2008, Ambalaj ve Nanoteknoloji. [http://www.gidabilimi.com/index.php?option=com_content&task=view &id=1553&Itemid=57](http://www.gidabilimi.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1553&Itemid=57).
- Samet-Bali O, Ayadi M A, Attia H, 2009, Traditional Tunisian Butter: Physicochemical and Microbial Characteristics and Storage Stability of The Oil Fraction, *Food Science and Technology*, 42, 899–905.
- Sawaya W N, Khan P, Al-Shalhat A F, 1984, Physical and chemical characteristics of ghee and butter from goat's and sheep's milk, *Food Chem.*,14, 227- 232.

- Seçkin A K, Gürsoy O, Kınık Ö, Akbulut N, 2005, Conjugated Linoleic Acid (CLA) Concentration, Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Some Turkish Dairy Products. *LWT- Food Science and Technology*, 38, 909- 915.
- Selke S E M, Culter J D, Hernandez R J, 2015, *Plastics Packaging; Properties, Processing, Applications, Regulations*, Carl Hanser Verlag, Munich.
- Shah L A, Valenzuela M G S, Ehsan A M, Díaz F R V, Khattak N S, 2013, Characterization of Pakistani Purified Bentonite Suitable For Possible Pharmaceutical Application, *Applied Clay Science*, 83(84), 50-55.
- Siripatrawan U, Vitchayakitti W, 2016, Improving Functional Properties of Chitosan Films As Active Food Packaging By Incorporating with Propolis, *Food Hydrocolloids*, 61, 695- 702.
- Souza V G L, Pires J R, Vieira É T, Coelho I M, Duarte M P, Fernando A L, 2019, Activity of Chitosan-Montmorillonite Bionanocomposites Incorporated with Rosemary Essential Oil: From in Vitro Assays to Application in Fresh Poultry Meat, *Food Hydrocolloids*, 89, 241-252.
- Sozer N, Kokini J L, 2009, Nanotechnology and Its Applications in The Food Sector, *Trends in Biotechnology*, 27(2), 82-89.
- Sun L, Sun J, Chen L, Niu P, Yang X, Guo Y, 2017, Preparation and Characterization of Chitosan Film Incorporated with Thinned Young Apple Polyphenols As An Active Packaging Material, *Carbohydrate Polymers*, 163, 81-91.
- Sun T, Yao Q, Zhou D, Mao F, 2008, Antioxidant Activity of NCarboxymethyl Chitosan Oligosaccharides. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 18, 5774-5776.
- Sürengil G, Kılınç B, 2011, Gıda Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi, *J Fisheriessciences.Com.*, 5(4), 317-325.
- Şenel E, 2006, Bazı Üretim Parametrelerinin Yoğurttan Üretilen Yayı Tereyağının Nitelikleri Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Şengül M, Ünsal M, Çakmakçı S, 2003, Trabzon Tereyağlarının Yağ Asidi Kompozisyonunun Tespiti, Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, 22-23 Mayıs, 2003, Bornova, İzmir. 363- 365.
- Tábi T, Suplicz A, Czigány T, 2014, Thermal and Mechanical Analysis of Injection Moulded Poly(Lactic Acid) Filled with Poly(Ethylene Glycol) and Talc. J Therm Anal Calorim 118, 1419–1430.
- Tahmas Kahyaoğlu D, Çakmakçı S, 2018, A Comparative Study on Some Properties and Oxidation Stability During Storage of Butter Produced From Different Animals' Milk, Gıda Teknolojisi Dergisi, 43 (2), 283-293.
- Taniwaki M H, Da Silva N, Banhe A A, Iamanaka B T, 2001, Comparison of Culture Media, Simplate, and Petri Film for Enumeration of Yeasts And Molds in Food. Journal Of Foodprotection, 64, 1592–1596.
- Tarhan Ö, Gökmen V, Harsal Ş, 2010, Nanoteknolojinin Gıda Bilim ve Teknolojisi Alanındaki Uygulamaları, Gıda, 35(2), 219- 225.
- Tencati A, Pogutz S, Moda B, Brambilla M, Cacia C, 2016, Prevention Policies Addressing Packaging and Packaging Waste: Some Emerging Trends, Waste Manag, 56, 35-45.
- The Oxoid Manual, 1998, Oxoid Ltd, Hampshire, England. 280.
- Tu Y, Huang T, 2007, A Study of Strengthening Nano-Technology New Product Value By Using Internet-Marketing Technology, PICMET 2007 Proceedings, 5-9August, Portland, Oregon-USA.
- TÜDAM, 2018, Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu, http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/0d4a5b926c005a6_ek.pdf (05.06.2018).
- TÜİK, 2021, Süt ve Süt Ürünleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Eylul-2021-37240> Erişim Tarihi:05.12.2021
- Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği, 2005, Resmî Gazete, 12 Nisan 2005, 25784.
- TÜSİAD, 2008, Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu Raporu, Uluslararası Rekabet Stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye, Rapor No: T/2008-11/474.

- Uraz G, Çitak S, The Isolation Pseudomonas and Other Gram Negative Psychrotrophic Bacteria in Raw Milks. J of Basic Microbiology 1998; 38 (2), 129-134.
- Uysal O, 2019, Nano Katkılarla ve Mikroyapı Tasarımı ile Set poliüretan Malzemenin Isıl iletkenliğinin Azaltılması, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, 161, Eskişehir.
- Üçüncü M, 2005, Süt ve Mamulleri Teknolojisi, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Üçüncü M, 2010, Süt ve Mamülleri Teknolojisi, Sidas Yayıncılık, İzmir.
- Watanabe J, Iwamoto S, Ichikawa S, 2005, Entrapment of Some Compounds Into Biocompatible Nano-Sized Particles and Their Releasing Properties, Col. Surf. Bioint, 42, 141–146.
- Wen B, Aydın A, Aydın-Duzgoren N S, 2002, A comparative Study of Particle Size Analysis By Sieve-Hydrometer and Laser Diffraction Methods, Geotechnical Testing Journal, 25, 434 – 442.
- Xie F, Yu L, Hongshen L, Chen L, 2006, Starch Modification Using Reactive Extrusion. In: Starch, Melbourne, Australia, 131-139.
- Yang J H, Lee J H, Ryu H J, Elzatahry A A, Alothman Z A, Choy J H, 2016, Drug–Clay Nanohybrids As Sustained Delivery Systems, Applied Clay 137 Science, 130, 20-32.
- Yöney Z, 1970, Süt ve Mamulleri, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 421, Ankara.
- Zhao R, Torley P, Halley P J, 2008, Emerging Biodegradable Materials: Starchand Protein Based Bio-Nanocomposites. J Mater Science, 43(9),3058-3071.

İNTERNET KAYNAKLARI

1. <https://encylops.blogspot.com/2018/07/manfaat-montmorilonite-clay-for-beauty.html> 03.03.2024
2. <http://www.isobelgesiizmir.com/Gida-Ambalajlari-ve-Nanoteknoloji-52-t.html>. Erişim Tarihi: 12 Nisan 2015.
3. <https://irmakkimya.com/urun/anyonik-ve-katyonik-polielektrolit.html> 03.03.2024
4. <https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=chitosan> 04.07.2023
5. <https://www.rafinera.com/blog/yemek-pisirme-onerileri/tereyagi-nasil-yapilir/>, 06.01.2024.

