

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYISI ÇEKİRDEĞİ YAĞININ OLEOJELASYONUNUN OPTİMİZASYONU
VE KAYISI ÇEKİRDEĞİ PRES KEKİ İLE BİTKİ BAZLI PEYNİR ÜRETİM
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERİFE FİDAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr.Ali Adnan Hayaloğlu

OCAK
2024

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYISI ÇEKİRDEĞİ YAĞININ OLEOJELASYONUNUN OPTİMİZASYONU
VE KAYISI ÇEKİRDEĞİ PRES KEKİ İLE BİTKİ BAZLI PEYNİR ÜRETİM
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Şerife FİDAN
(36203620011)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr.Ali Adnan Hayaloğlu

**OCAK
2024**

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali Adnan Hayaloğlu'na,

Tezimi değerlendirerek olumlu katkılarda bulunan jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. İhsan Karabulut'a ve Prof. Dr. Beraat Özçelik'e, bilgi ve görüşlerinden yararlandığım Doç. Dr. Didem Şahingil'e,

Çalışmam süresince, olumlu desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Ali Tekin'e, Melike Vurmaz'a, Pınar Aslan'a, Öğr. Gör. Sevil ERGÜL'e, Dr. Yasemin Gökçe'ye, Arş. Gör. Hilal Kanmaz'a, Büşra Kaya'ya ve Öğr. Gör. Ülkühan Bağış'a,

Örneklerimizin analizlerinde; DSC ölçümündeki yardımları için Doç.Dr. Ahmet Akköse'ye (Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum), NMR ile katı yağ oranlarının belirlenmesindeki yardımları için Şölen Gıda A.Ş.'den (Gaziantep), Meva Özkarslı'ya,

Bu zamana kadar, bana güvenip beni destekleyen, şu an yanımda olmasa da varlığını her zaman hissettiğim rahmetli babam Halil Fidan'a,

Çalışmalarımda ve tüm hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme,

TÜBİTAK 222O598 no'lu proje ile burs ve çalışmamıza maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a, FYL-2022-3152 no'lu proje ile maddi destek veren İnönü Üniversitesi BAP birimine ve çalışanlarına

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Doktora veya yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Kayısı Çekirdeği Yağının Oleojelasyonunun Optimizasyonu ve Kayısı Çekirdeği Pres Keki ile Bitki Bazlı Peynir Üretim Sisteminin Geliştirilmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Şerife FİDAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	iii
ONUR SÖZÜ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1 Kayısı ve Kayısı Çekirdeği.....	4
2.2 Kayısı Çekirdeği Yağı ve Pres Keki.....	4
2.3 Oleojel veya Organojel.....	5
2.6 Bitkisel Peynir	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1 MATERYAL	13
3.1.1 Kayısı çekirdeğinden pres keki ve yağı üretimi	13
3.2 YÖNTEM	14
3.2.1 Kayısı çekirdeği yağında yapılan analizler	14
3.2.1.1 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi	14
3.3 Kayısı Çekirdeği Yağı ile Oleojel Elde Edilmesi ve Yapılan Analizler	15
3.3.1 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi.....	17
3.3.2 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK).....	17
3.3.3 Kristalizasyon oluşum zamanı (KOZ).....	18
3.3.4 Yağ bağlama kapasitesi (YBK).....	18
3.3.5 Renk analizi.....	19
3.3.6 Tekstür profili analizi	19
3.3.7 Reolojik özelliklerin belirlenmesi	20
3.3.8 Oleojel katı yağ oranı (% SFC) analizi	20
3.3.9 Peroksit sayısı.....	21
3.3.10 Oleojelin Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi	21
3.4. Kayısı Çekirdeği Pres Keki Yapılan Analizler	21
3.4.1 Kuru madde miktarı.....	21
3.4.2 Protein oranı	21
3.4.3 Kül oranı.....	22
3.4.4 Yağ oranı	22
3.4.5 pH.....	22
3.4.6 Karbonhidrat oranı	22
3.5.1 Kuru madde miktarı	23
3.5.2 Protein oranı	23
3.5.3 Kül oranı.....	23
3.5.4 Yağ oranı	23
3.5.5 pH.....	23
3.5.6 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi.....	24
3.5.7 Mikrobiyolojik analizler.....	24
3.5.8 Renk analizi.....	24
3.5.9 Doku (tekstür) profil analizi	24
3.5.10 Elektron mikro fotoğrafı (SEM).....	24

3.5.11 Eriyebilirlik testi.....	25
3.5.12 Toplam serbest aminoasit miktarı belirleme	26
3.5.13 HPLC peptid profilinin belirlenmesi.....	26
3.5.14 Elektroforetik Protein Profili Analizi.....	27
3.5.15 Uçucu bileşen analizi	27
3.5.16 Reolojik analizler	27
3.5.17 Duyusal analizler.....	28
3.5.18 İstatistiksel analizler.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	29
4.1 Kayısı Çekirdeği Yağında Yapılan Analizler.....	29
4.1.1 Yağ asidi (%) bileşiminin belirlenmesi.....	29
4.1.2 Peroksit sayısı.....	30
4.2. Kayısı Çekirdeğinden Elde Edilen Pres Kekiinde Yapılan Analizler	31
4.2.1 Kimyasal analiz sonuçları	31
4.3 Kayısı Çekirdeği Yağı Oleojelinde Yapılan Analizler.....	33
4.3.1 Oleojelin yağ asidi (%) bileşimi.....	33
4.3.2 Minimum Jel Oluşturma Konsantrasyonu (MJK).....	33
4.3.3 Kristalizasyon oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi.....	34
4.3.4 Renk Değerleri	35
4.3.5 Tekstür Analizi Sonuçları.....	36
4.3.6 Oleojelin peroksit sayısı	37
4.3.7 Oleojelin katı yağ oranı	38
4.3.8 Oleojelin Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları (DSC)	39
4.3.9 Oleojelin Reoloji Sonuçları.....	41
4.4 Bitki bazlı peynir analiz sonuçları.....	43
4.4.1 Kimyasal analiz sonuçları	43
4.4.3 Mikrobiyolojik analiz sonuçları	47
4.4.4 Bitki bazlı peynirlerin renk sonuçları.....	48
4.4.5 Tekstür analiz sonuçları	51
4.4.6 Taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile elde edilen mikroyapı sonuçları.....	54
4.4.7 Eriyebilirlik sonuçları.....	58
4.4.8 Toplam serbest amino asit miktarı sonuçları.....	60
4.4.9 HPLC peptid analiz sonuçları	61
4.4.10 Elektroforetik protein profili	63
4.4.11 FT-IR spektroskopisi.....	65
4.4.12 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Sonuçları.....	67
4.4.13 Uçucu bileşen kompozisyonu.....	70
4.4.14 Reolojik analiz sonuçları	74
4.4.15 Duyusal analiz sonuçları	76
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	80
KAYNAKLAR.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1: Oleojel oluşumunda kullanılan vakslar.	15
Çizelge 3. 2: Yanıt yüzey metodu (RSM) kullanılarak alınan oleojel oluşturma yanıtları.....	16
Çizelge 4. 1: Bitkisel peynirlerin yağ asidi bileşimi (%).	30
Çizelge 4. 2: Oleojel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.	31
Çizelge 4. 3: Pres keki bileşenler ve pH sonuçları.....	32
Çizelge 4. 4: Oleojelin renk ve tekstür özellikleri.	36
Çizelge 4. 5: Oleojel katı yağ içerikleri (%).	39
Çizelge 4. 6: Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları.	40
Çizelge 4. 7: Bitkisel peynir kimyasal analiz sonuçları (%).	43
Çizelge 4. 8: Mikrobiyoloji sonuçları (log kob/ml).	47
Çizelge 4. 9: Bitkisel peynirlerin renk ve pH sonuçları.....	50
Çizelge 4. 10: Eriyebilirlik (% değişim) sonuçları.	58
Çizelge 4. 11: Peynirlerin toplam serbest amino asit miktarları.....	60
Çizelge 4. 12: Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları.	68
Çizelge 4. 13: OP ve HP peynirlerde belirlenen uçucu bileşikler.	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1: ABD'de Yıllık Bitki Bazlı Peynir Satışları.....	1
Şekil 2. 1: Oleojel oluşum şeması.....	6
Şekil 3. 1: Kayısı çekirdeği yağı ve pres keki eldesi.	13
Şekil 3. 2: Kayısı çekirdeği yağı oleojeli oluşum şeması.	17
Şekil 3. 3: Minimum jel oluşturma konsantrasyonu belirlenen.	18
Şekil 3. 4: Yağ bağlama kapasitesi belirlenen oleojeller.	19
Şekil 3. 5: Oleojellerin tekstür profil ölçümü.	20
Şekil 3. 6: Bitkisel Peynir Üretim Şeması.	23
Şekil 3. 7: Elektron Mikro Fotoğrafı (SEM).....	25
Şekil 3. 8: Eriyebilirlik testi için hazırlanan örnekler.	25
Şekil 3. 9: Toplam serbest amino asit analizi için hazırlanan örnekler.	26
Şekil 3. 10: Reometre.....	28
Şekil 4. 1: Oleojele ait diferansiyel taramalı kalorimetri termogramı.	41
Şekil 4. 2: Oleojel frekans tarama sonuçları.	41
Şekil 4. 3: Oleojel sıcaklık tarama sonuçları.	42
Şekil 4. 4: Bitki bazlı peynirlerin pH sonuçları.	43
Şekil 4. 5: Bitkisel peynirlerin yağ asidi bileşimi.	46
Şekil 4. 6: Renk sonuçları; chroma (a), hue (b), WI (c).....	50
Şekil 4. 7: Tekstür analizleri grafik gösterimi.	54
Şekil 4. 8: HP-1 örneğine ait SEM görüntüleri.....	56
Şekil 4. 9: HP-60 örneğine ait SEM görüntüleri.....	57
Şekil 4. 10: OP-1 örneğine ait SEM görüntüleri.	57
Şekil 4. 11: OP-60 örneğine ait SEM görüntüleri.....	58
Şekil 4. 12: Peynirlerin eriyebilirliğine ait görseller (OP).....	59
Şekil 4. 13: OP ve HP' nin HPLC ile peptid profil analizi kromotogramı.	62
Şekil 4. 14: Elektroforetik protein profili sonuçları.....	64
Şekil 4. 15: OP bitkisel peynirine ait FT-IR spektrumu.	66
Şekil 4. 16: HP bitkisel peynirine ait FT-IR spektrumu.	67
Şekil 4. 17: Diferansiyel taramalı kalorimetri termogramı.....	69
Şekil 4. 18: Isı haritası kümeleme (heat map) analizleri sonuçları (pik alanı*10 ⁶) 73	73
Şekil 4. 19: Temel bileşen (PCA) ve ısı haritası kümeleme (heat map) analiz sonuçları.....	74
Şekil 4. 20: Frekans Tarama Sonuçları.	75
Şekil 4. 21: Sıcaklık Tarama Sonuçları.	75
Şekil 4. 22: Duyusal analiz sonuçları grafiği.....	77

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

OP	: Oleojel içeren peynir
HP	: Hindistan cevizi yağı içeren peynir
CRW	: Karnauba mumu
CDW	: Kandelila mumu
RBW	: pirinç kepeği mumu
GRAS	: Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edilen
MJK	: Minimum jel oluşturma konsantrasyonu
KOZ	: Kristalizasyon oluşum zamanı
YBK	: Yağ bağlama kapasitesi
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetri
FT-IR	: Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
SFC	: Katı yağ içeriği
NMR	: Nükleer manyetik rezonans
kob/ml	: Koloni oluşturan birim/mililitre
LAB	: Laktik asit bakterileri
RP-HPLC	: Reversed-phase high performance liquid chromatography
SEM	: Taramalı elektron mikroskopu
UFA	: Doymamış yağ asitleri
*	: $P < 0.05$
**	: $P < 0.01$
***	: $P < 0.001$

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAYISI ÇEKİRDEĞİ YAĞININ OLEOJELASYONUNUN OPTİMİZASYONU VE KAYISI ÇEKİRDEĞİ PRES KEKİ İLE BİTKİ BAZLI PEYNİR ÜRETİM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ŞERİFE FİDAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

88+xi sayfa

2024

Danışman: Prof. Dr. Ali Adnan Hayaloğlu

Bu çalışma, kayısı işleme sırasında bir yan ürün olan, zengin yağ, protein, vitamin ve karbonhidrat kaynağı olmasının yanında yüksek besin içeriğine de sahip kayısı çekirdeğinin başlıca hammadde olarak kullanım olanaklarını araştırmaktadır. Çalışmada öncelikle, kayısı çekirdeğine soğuk pres işlemi uygulanarak kayısı çekirdeği yağı ve pres keki elde edilmiştir. Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır; a) kayısı çekirdeğinden yağ ve pres kekinin elde edilmesi, b) kayısı çekirdeği yağına oleojelasyon işlemi uygulanarak faz değişimi gerçekleştirilmesi ve c) protein kaynağı olarak pres kekinin, yağ kaynağı olarak da kayısı çekirdeği yağı oleojelinin ve doğal Hindistan cevizi yağının kullanılmasıyla iki çeşit bitki bazlı peynir üretiminin gerçekleştirilmesidir. Bitki bazlı peynirlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizleri depolamanın 1., 30. ve 60. günlerinde yapılırken pres keki, kayısı çekirdeği yağı, kayısı çekirdeği yağı oleojelinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Kayısı çekirdeği yağı oleojelinde, cevap yüzey metodu ile optimizasyon sonucu bulunan karışım oranlarıyla karnauba mumu (CRW) %25 ve kandelila mumu (CDW) %75 oranında kullanılarak jelatör karışımı oluşturulmuş ve bu karışım likit fazdaki yağa %6 oranında ilave edilerek oleojelasyon işlemi tamamlanmıştır. Oleojelin minimum jel oluşturma konsantrasyonu %5, kristalizasyon oluşum zamanı 5,15 dk, yağ bağlama kapasitesi %99,99 ve peroksit sayısı 2,1 meq aktif O₂ / kg yağ olarak bulunmuştur. Katı yağ oranının ise artan sıcaklıkla azaldığı tespit edilmiş olup, sonuçlar 10, 20, 30, 35, 40 ve 50 °C’lerde analiz edilerek katı yağ oranlarının %2,29-5,34 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bitki bazlı peynirlerde ise kimyasal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu, tekstürel, reolojik davranışları uçucu aroma profili, toplam serbest amino asit, peptid profili, elektron taramalı mikroskop (SEM) görüntüleme, FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi), DSC (diferansiyel taramalı kalorimetri) analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda bitki bazlı peynirde yukarıda belirtilen fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının benzer olduğu, maya-küf ve koliform tespit edilemediği, toplam canlı bakteri sayısının depolama boyunca attığı görülmüştür. Peynirlerde, sınırlı düzeyde proteolitik ve lipolitik aktivite gözlenmiş ve depolama boyunca önemli bir değişim saptanmamıştır (p>0,05). Kayısı çekirdeği pres kekinden yapılan bitki bazlı peynirde anahtar rol oynayan uçucu bileşiğin ise benzaldehit olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, kayısı çekirdeği pres keki ve soğuk pres yağının bitki bazlı peynir üretiminde başarıyla kullanılabileceği, vegan beslenme tercihi olan tüketicilerin beklentisini karşılayabilecek bir peynir alternatifi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kayısı çekirdeği, pres keki, oleojel, bitkisel peynir

ABSTRACT

Master Thesis

OPTIMIZATION of OLEOGELATION of APRICOT SEED OIL and DEVELOPMENT OF PLANT-BASED CHEESE PRODUCTION SYSTEM USING APRICOT SEED COLD PRESSED CAKE

ŞERİFE FIDAN

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Food Engineering

88+xi sayfa

2024

Supervisor: Prof. Dr. Ali Adnan Hayaloğlu

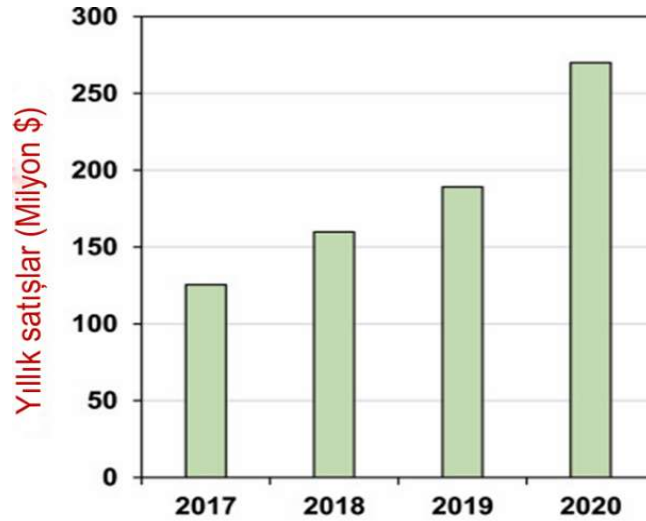
This study aims to investigate the possibilities of using apricot kernel as the main raw material, which are a by-product of the apricot fruit and it have high nutritional content as well as being a rich source of fat, protein, vitamins and carbohydrates. In the study, firstly, apricot kernel oil and press cake were obtained by applying cold press extraction process to apricot kernels. The study consists of three stages; a) obtaining oil and press cake from apricot kernel, b) applying phase change to apricot kernel oil by oleogelation process, and c) two types of plant-based cheese by using press cake as protein source, apricot kernel oil oleogel and natural coconut oil as oil source. While physical, chemical, microbiological and sensory analyzes of plant-based cheeses were performed on the 1., 30 and 60. days of storage, physical and chemical analyzes of press cake, apricot kernel oil and apricot kernel oil oleogel were performed without storage. The apricot kernel oil oleogel consist of a gelator mixture that was 25% carnauba wax (CRW) and 75% candelilla wax (CDW). The mixture ratios was determined with the result of response surface method, and the oleogelation process was completed by adding 6% of this mixture to the oil in the liquid phase. The minimum gelation concentration value of the oleogel was found to be 5%, crystallization formation time was 5.15 min, oil binding capacity was 99.99% and peroxide value was 2.1 meq active O₂ / kg oil. It was determined that the solid fat content decreased with increasing temperature, and the oleogels were analyzed at 10, 20, 30, 35, 40 and 50 °C and it was determined that the results varied between 2.29-5.34%. In plant-based cheeses' s chemical, physicochemical, microbiological, sensory, textural, rheological, volatile aroma profile, total free amino acid, peptide profile, electron scanning microscope (SEM) analysis, FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), DSC (differential scanning calorimetry) analyzes were carried out. As a result of the analysis, it was seen that the above-mentioned physical and chemical analysis results were similar between plant-based cheeses, while yeast-mold and coliform were not observed in the microbiological analysis, the total mesophilic aerobic microorganism increased during storage. Low proteolytic and lipolytic activity was observed in the two types of plant based cheese and didn't changed during storage. The benzaldehyde ratio plays a key role in volatile compound of plant-based cheeses. As a result, apricot kernel press cake and cold press oil can be used successfully in plant-based cheese production and it can be an alternative to a vegan diet.

Keywords: Apricot kernel, press cake, oleogel, plant-based cheese

1. GİRİŞ

Son zamanlarda, insanların gıda seçimlerinin değişmesi, çevrenin korunması hakkındaki endişeler, hayvan refahı ve sağlığı üzerindeki etkisi konusunda daha bilinçli hale geldikçe alternatif protein pazarı da bu durumla doğru orantılı olarak büyümektedir (Siddiqui ve diğ, 2022). Her geçen gün bitki bazlı yaşam tarzına yönelen insan sayısı artmaktadır. Bitki bazlı gıda kaynağına örnek olarak, baklagiller (mercimek, nohut, bezelye ve fasulye), tahıllar (kinoa, arpa ve bulgurluk buğday), kabuklu yemişler ve tohumlar (badem, chia tohumları ve kabak çekirdeği vs.), mikoprotein (mantardan elde edilen tek hücreli protein) ve algler sayılabilir (Ulhas ve diğ, 2023).

Bitki bazlı peynir alternatifi endüstrisi, en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir. Bitki bazlı peynir alternatiflerinin son yıllardaki satışları %70 artmış ve 2020'de Amerika'daki satışların 270 milyon dolar olduğu bildirilmiştir (Grossmann ve diğ, 2021). Bu endüstrinin popüleritesindeki artış, süt alerjisi olan bireylerin sayısının artması, toplumun bu tür gıdalara kabul göstermesi gibi çeşitli faktörlere bağlanabilir. Tüm artış ve taleplere rağmen hala bitki bazlı peynir endüstrisinde büyümeye ihtiyaç vardır (Dobson ve diğ, 2023).



Şekil 1. 1: ABD'de Yıllık Bitki Bazlı Peynir Satışları (Grossmann vd.2021).

Hayvansal peynirler, yüksek oranda protein içermeleri sebebi ile önemli protein kaynağı olarak kabul edilmektedir. Fakat bu peynirlerde doymuş yağ oranının yüksek olduğu

bilinmektedir. Bu duruma alternatif olarak geliştirilen bitkisel peynirlerin üretiminde de yüksek düzeyde doymuş yağ içeren palm yağı, Hindistan cevizi yağı gibi yağların ikame olarak kullanılması olumsuz bir durum olarak değerlendirilmektedir. Bu yağların aşırı tüketimi kardiyovasküler hastalıklar gibi sağlığa zararlı etkilere sahip olduğu ileri sürülmüş ve bu nedenle, Dünya Sağlık Örgütü'nün doymuş yağ alımının azaltılmasına yönelik uyarıları da dikkate alınarak peynirlerdeki yağ içeriğini azaltmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Daha önce test edilen yağ ikame maddelerinin çoğu, geleneksel yağlardan farklı kimyasal yapıya sahip olduğundan temelde yağın yerini tam olarak alamayarak potansiyel olarak peynirin kalite özelliklerini bozmaktadır. Bu nedenle, orijinal katı yağların sağlayacağı aynı kalite özelliklerini sağlayabilen, doymuş yağ oranı düşük uygun bitkisel yağların uygulanmasına ihtiyaç vardır (Moon ve diğ, 2021).

Olejeller genellikle, belirli bir konsantrasyonda yapılandırıcı madde (jelatör) tarafından oluşturulan, sıvı formdaki yağların üç boyutlu kristal bir ağ içinde tutulmasıyla yarı katı bir dokuya sahip olan ve doymamış yağ asitleri (UFA) açısından zengin bir yapıdır. Her bir oleojelin viskozite, sertlik ve erime noktası gibi özellikleri, jelleştirici ajana göre değişebilmekte ve bu sayede farklı ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda jelleştirici ajanlar olarak bitkisel mumlar, monogliseritler, fitosteroller, lesitin vb. kullanılmaktadır. Aynı zamanda oleojelasyon, gıdalardaki sağlıksız olarak kabul edilen (doymuş ve trans) yağların azaltılması veya değiştirilmesi için en popüler yöntemlerden biridir. Farklı yenilebilir oleojeller çeşitli tekniklerle oluşturulmakta ve sürülebilir ürünlerde, unlu mamullerde, şekerlemelerde, süt ve et ürünlerinde kullanılmaktadır (Silva ve diğ, 2023).

Kayısı (*Prunus armeniaca*), *Rosaceae* ailesinin üyesi olan çekirdekli bir meyvedir. Kayısı çekirdeği ise, insanlar tarafından tüketimi halinde sağlığa yararlı etkileri konusunda birçok faydaya sahip bir kayısı işleme yan ürünüdür. Doğada üç çeşit kayısı çekirdeği bulunur: tatlı, yarı tatlı ve acı. Kayısı çekirdeği ve yağı, çeşitli şekillerde kullanılabilen değerli biyoaktif bileşenler içermektedir. Ancak, pek çok kayısı çekirdeği posasının gıda endüstrisinde işlenmesinden sonra atık durumuna gelmektedir. Birçok araştırmanın da gösterdiği gibi kayısı çekirdeğinin biyoaktif bileşenlere sahip olduğu, sağlık açısından faydalı olduğu ve farklı şekillerde kullanılabilceği bilinmektedir. Kayısı çekirdeklerinin gıda endüstrisinde katma değere sahip olabileceği, fonksiyonel gıdalar ve yağ üretiminde kullanılma potansiyelinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Siddiqui ve diğ, 2022).

Bu çalışmanın temel amacı sağlıklı, ekonomik ve doğal kaynakları kullanarak bitki bazlı peynir alternatifi üretmektir. Bunu yaparken peynir alternatifi ürünindeki proteinin ve yağın elde edildiği kaynağın doğal, ekonomik ve üretim için kolay temin edilebilir olma kriterlerini karşılaması çalışmanın hedefleri arasındadır. Bir başka deyişle hem bitkisel proteinin hem de geleneksel peynirlerdeki süt yağını ikame etmek amacıyla kullanılacak bitkisel yağın aynı kaynaktan (kayısı çekirdeği) gelmesi çalışmanın özėün ve orijinal yönleridir. Kayısı ekirdeğinin soğuk pres ekstraksiyon yöntemiyle yağı alınması sırasında ortaya çıkan bir yan ürün olan kayısı çekirdeği pres kekinin yüksek protein oranına sahip olması göz önüne alınarak protein kaynağı olarak bu çalışmada kullanılmıştır. Soğuk pres işlemi sırasında elde edilen diğer bir ürün olan kayısı çekirdeği yağı ise oleojelasyon işleminin uygulanmasının ardından bitkisel peynir formölasyonuna dahil edilmiştir. Yapılan literatür araştırması sonucunda, çeşitli bitkisel yağların oleojelasyon işleminin ardından bitkisel peynire uygulandığı çalışmalar yok denecek kadar azdır. Diğer taraftan, kayısı çekirdeği pres keki ve kayısı çekirdeği yağının alternatif peynir üretiminde kullanılmasına dair çalışma bilgimiz dahilinde gerçekleştirilmemiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Kayısı ve Kayısı Çekirdeği

Kayısı (*Prunus armeniaca L.*) *Rosaceae* familyasının *Prunus* türleri altında sınıflandırılmakta olup, dünyanın ılıman bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. (Zhou ve diğ, 2016). Dünyada kayısı üretiminde Türkiye önemli bir yere sahiptir ve ülkemizde kayısı en çok Malatya ilinde üretilmekte ve ihraç edilmektedir (Öztürk ve Karakaş, 2017).

Kayısı meyvesinin bir yan ürünü olan kayısı çekirdeği zengin yağ, protein, vitamin ve karbonhidrat kaynağıdır. Ayrıca tıbbi amaçlarla ve gıda bileşenlerinin oluşturulmasında da kullanılabilir (Akhone ve diğ, 2022). Kayısı çekirdeği %23-27 protein, %43-53 ham yağ, %7-14 şeker içeren, ayrıca fosfor, demir, potasyum, inorganik tuzlar ve vitaminler ve yüksek düzeyde flavonoid ve fenolik asitler içermektedir ve bunların antioksidan özellikleri nedeniyle hem tıbbi hem de gıda amaçlı kullanılmaktadır (Zhou ve diğ, 2016).

Kayısı çekirdeğinin büyük bir kısmı gıda işleme endüstrisinden kayısıdan meyve suyu üretiminde yan ürün olarak elde edilmektedir. Geleneksel olarak kayısı çekirdeği ilaç sanayisinde ve kozmetik ürünlerde kullanılmakta ancak bu yan ürünün büyük bir kısmı atık olarak ayrılmaktadır. Son yıllarda bu konudaki farkındalık arttıkça araştırmalar da farmasötiklere ve kayısı çekirdeğinin tıbbi kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. Kayısı çekirdeğinin biyoaktif bileşenleri, özellikle kardiyovasküler hastalıkların, dejeneratif durumların ve kanser tedavisinde büyük rol oynamaktadır. Acı kayısı çekirdeğinin bileşenlerinden biri olan amigdalın, kanser tedavisinde önemli bir yere sahip olduğu belirtilmektedir. Amigladinin kanser tedavisinde, özellikle de karaciğer kanseri tedavisindeki rolünü araştırmak amacıyla birçok *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar yapılmaktadır. Sağlık endüstrisindeki yararlı potansiyel rollerinin yanı sıra, kayısı çekirdeği, özellikle de tatlı çekirdekleri, gıda endüstrisinde birçok alanda kullanılma potansiyeline sahiptir (Siddiqui ve diğ, 2023).

2.2 Kayısı Çekirdeği Yağı ve Pres Keki

Kayısı çekirdeği, yüksek miktarda yenilebilir yağ kaynağıdır. Başlıca yağ asidi olarak; bünyesinde oleik (%58,3-73,4) ve linoleik (%18,8-31,7) asit barındırmaktadır. Kayısı çekirdeği yağı, gıda emülsiyonlarını stabilize etme potansiyeline sahiptir (Alpaslan ve diğ, 2006).

Kayısı çekirdeği, kayısı meyvesinin yan ürünü olarak tanımlanır. Kayısı çekirdeğinden yağ ayırabilmek için kullanılan modern ekstraksiyon yöntemlerinin çoğu, süperkritik ekstraksiyon yöntemini kullanan sıvı ekstraksiyonu ve ultrason yardımıyla ekstraksiyondur. Kayısı çekirdeğinin yağında istenilen yağ asitleri ve antioksidanların tutulmasında soğuk pres yönteminin etkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık uygulamadan ve organik çözücü kullanmadan, sadece öğütme basıncı uygulayarak elde edilen yağ çıkarma yöntemi soğuk pres olarak adlandırılmaktadır. Yağlı tohumlardan soğuk pres yöntemi ile yağ elde edilmesinde temizleme, kurutma, öğütme ve pres aşamaları uygulanmaktadır. Az enerji harcanması, kolay uygulanabilmesi, kimyasal ve ısıl işlem aşamalarının olmaması, oldukça yüksek yağ kalitesinin olması soğuk pres yönteminin avantajlarıdır (Koç, 2016).

Yapılan bir çalışmada, kayısı çekirdeği yağının soğuk pres ekstraksiyon ile eldesinden sonra ayrılan pres kekinden protein izolatu elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen pres kekinin %34,5 ham protein içerdiği görülmüş ve kayısı çekirdeği pres kekinin, birçok gıda formülasyonunun beslenme profilini iyileştirmesi amacıyla protein izolatının hazırlanmasında kullanılabileceği bildirilmiştir (Sharma ve diğ, 2010).

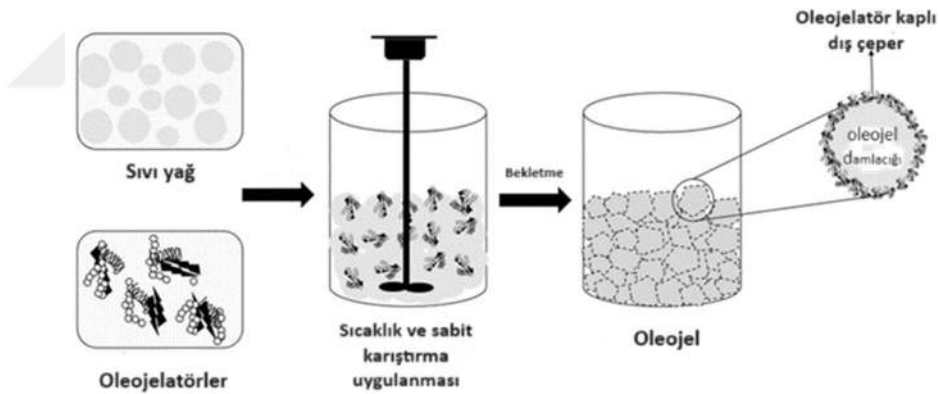
Diğer bir çalışmada ise, kontrol olarak süperkritik sıvı ekstraksiyonu ve soğuk presleme yoluyla elde edilen kayısı pres keklerinden protein izolatlarının hazırlanması ve biyofonksiyonel özelliklerini, *in vitro* sindirilebilirliğini tanımlamış ve karşılaştırmıştır. Protein izolatları, amigdalin içeriğinin düzenleyiciden oldukça düşük olduğu gıda bileşenleri olma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Üstelik protein izolatlarının tamamen sindirildiği de açıkça görülmüştür. Sonuç olarak, kayısı çekirdeği kekinden elde edilen protein izolatlarının, iyi fonksiyonel ve biyoaktif özellikleri ve kolay sindirilebilirliği ile gıda uygulamaları için umut verici bir doğal ürün kaynağı olduğu ortaya çıkmıştır.

2.3 Oleojel veya Organojel

Katı yağlar, gıda işlemede önemli bileşenlerdir ancak *trans*-yağ asidi veya doymuş yağ asidi içermesi nedeniyle eleştirilmektedir. Bu bakımdan, düşük doymuş yağ asidi içeriğine sahip katı yağ üretmenin alternatif yollarını bulmak için farklı girişimlerde bulunulmuştur. Umut verici yollardan biri oleojellerin kullanılması, yağların oleojelatörlerle yapılandırılmasıdır (Pehlivanoğlu ve diğ, 2018). Oleojelasyon, sıvı yağın, zararlı yağ asitleri üretmeden fiziksel yollarla yarı katı yağa veya jel benzeri yapı gösteren yağa dönüştürülmesi için sağlıklı yağ ikameleri hazırlamanın yeni bir yoludur (Hu ve diğ, 2023).

Sıvı yağların katılaştırılması işleminde 3 boyutlu ağ yapının oluşmasını ve sıvı kısmın immobilize olmasını sağlayan ajanlar olejelatörler olarak adlandırılmaktadır. Oleojeller üzerine yapılan çalışmalar genellikle GRAS (Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edilen) veya gıda katkı maddeleri olarak onaylanan olejelatörlerle yürütülmüştür. Sıklıkla kullanılan olejelatörler, bitki vaksları (kandelila, karnauba, pirinç kepeği), mono ve digliseritler, yağ asitlerinin alkolleri ya da esterleri, balmumu vaksı, fosfolipitler ve fitosterollerdir (Hwang, 2020).

Oleojel oluşumu için öncelikle kullanılan jel ajanının organik sıvı faza homojen olarak dağılması gerekmektedir. Bu amaçla olejelatör erime sıcaklığına kadar ısıtılarak eritilmekte ve aynı sıcaklıktaki sıvı formdaki yağa karıştırılmaktadır. Karıştırma işlemi bir manyetik veya mekanik karıştırıcı ile gerçekleştirilebilmektedir. Ardından karışım oda sıcaklıklarına (20-25 °C) soğutulmakta ve 4-5 °C sıcaklıklarda 24 saat boyunca bekletilerek ağ oluşumu sağlanmaktadır. Oluşan ağlar içerisine bitkisel sıvı yağ immobilize edilmekte böylece oleojel oluşumu gerçekleşmektedir (Pehlivanoğlu ve diğ, 2018).



Şekil 2. 1: Oleojel oluşum şeması (Parmar ve diğ, 2022).

Yapılan bir çalışmada, keten tohumu yağında (FXO) 5 ve 25 °C'de dut (berry) (BEW) veya ayçiçeği mumu (DSİ) ile gliserol monostearat (GMS) kombinasyonu olejelatör olarak değerlendirilmiştir. Oleojellerin termal ve mekanik özellikleri, mikroyapısı ve kararlılığı incelenmiştir. Buna göre, BEW'nin azaltılması ve GMS'nin eklenmesiyle ağ zayıflamış, bu da GMS'nin FXO'da BEW'nin kristal organizasyonunu engellemiş olabileceğini göstermiştir. Ancak DSİ ve GMS, 25 °C'de FXO'daki istenilen yapıyı verememiştir. Bununla

birlikte, GMS ile DSİ arasında pozitif bir etkileşim olduğu görülmüş ancak en iyi birleşimin GMS: DSİ oranı 1:1 ile kaydedildiği bildirilmiştir. Yaptıkları çalışma, özel dokulara sahip sistemler oluşturmak için doymamış bir yağda oleojelatörlerin farklı kombinasyonlarını keşfetme olasılıklarının önemini açığa çıkarmıştır (Barroso ve diğ, 2020).

Pirinç kepeği mumu ve etil selüloz ile yüksek oleik asit içerikli soya fasulyesi yağı ve normal soya fasulyesi yağına oleojelasyon işlemi uygulanmış ve elde edilen oleojellerin süt yağı ikamesi olarak düşük yağlı krem peynir üretiminde kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. Oleojel içeren krem peynirler tam yağlı ve yağsız ticari krem peynir örnekleriyle kıyaslanmış ve tüm oleojel bazlı krem peynir örneklerinin tam yağlı ticari kontrol krem peynir örneğine göre yaklaşık %25 daha az toplam yağ içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Pirinç kepeği mumu oleojeli ile hazırlanan krem peynirlerin sertlik, sürülebilirlik ve yapışkanlık gibi tekstür özelliklerinin kontrol krem peynire benzer olduğu belirlenmiştir (Bemer ve diğ, 2016).

Yapılan bir diğer çalışmada, yüksek oleik asit içeren soya fasulyesi yağının pirinç kepeği mumu kullanılarak oleojel elde edilmiş ve bu oleojel krem peynir formülasyonuna dahil edilmiştir. Elde edilen krem peynir örneklerinin oksidatif stabilite ve tokoferol içeriği araştırılmıştır. Kontrol örneği olarak iki adet ticari krem peynir kullanılmıştır. Oleojel içeren ve içermeyen krem peynir örnekleri toplam tokoferol içeriği bakımından aralarında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Diğer yandan, oleojel içeren peynir ve kontrol örneği arasında uçucu bileşenlerin farklılıklara sahip olduğu belirlenmiştir. Oleojel kullanımının üretilen krem peyniri düşük yağlı ve sağlıklı ürün özelliği kazandırdığı bildirilmiştir (Park ve diğ, 2018).

Bir başka çalışmada, dondurmada en uygun yağ yapısını oluşturmak ve katı yağ içeriğini değiştirmek için oleojel uygulanmasında emülgatörlerin, mumların, yağ konsantrasyonunun ve işleme koşullarının etkisini araştırmıştır. %10 veya %15 yağ içeren dondurmalar, %10 oranında balmumu ve pirinç kepeği mumu (RBW), kandelilla mumu (CDW) veya karnauba mumu (CBW) oleojelleri ile formüle edilmiştir. Dondurmalar kesikli veya sürekli dondurma işlemleri kullanılarak üretilmiştir. Dondurmanın mikro yapısını ve dondurma karışımlarındaki oleojel damlacıklarının ultra yapısını değerlendirmek için transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ve kriyo taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Kullanılan vakslar arasında pirinç kepeği vaksı kullanıldığında dondurmadaki kristal oluşumuna daha yüksek katkı sağlamıştır. Yapılan bu çalışma ile pirinç kepeği vaksı

oleojelinin dondurmada yağ yapımını geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Zulim ve diğ, 2013).

Yapılan bir çalışmada, karnauba mumu (CRW) ve kandelilla mumu (CDW) içeren iki farklı oleojelin kurabiyelerdeki şortening yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayçiçek yağına belirli oranlarda balmumunun eklenmesi, reolojik karakterizasyonu yüksek derecede kesmeye bağlı davranış ortaya koyan oleojeller ile sonuçlanmıştır. CRW veya CDW oleojelleri, ayçiçek yağı ile karşılaştırıldığında daha yumuşak kurabiyeler üretmiş ve sonuçta daha iyi yayılma oranı ve görünümüne sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak oleojellerin kullanılması, sıvı yağ kullanımına göre önemli bir gelişme sağlasa da ticari katı yağ içeren kurabiyelerin kalite özelliklerini yakalayabilmek için daha fazla optimizasyona ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Mert ve diğ, 2016).

2.6 Bitkisel Peynir

Peynir analogları, 1960'larda peynir ve işlenmiş peynir ürünlerine daha ucuz alternatifler olarak geliştirilmiştir. Çeşitli yenilebilir sıvı/katı yağlar, proteinler (örneğin kazein), su, emülsifiye edici tuzlar (ES) ve diğer bileşenlerin (örneğin peynir aromaları, nişastalar) ısı ve mekanik işlemler yardımıyla pürüzsüz homojen bir karışım halinde harmanlanmasıyla hazırlanmıştır. Süt yağı ve proteini, değişen derecelerde bitki materyalleri (yağ, protein, polisakkaritler) ile değiştirilebilir. Analog peynirlerin lezzet, doku ve pişirme özellikleri de dahil olmak üzere özellikleri formülasyon, işleme koşulları ve bileşim ile belirlenmektedir (Timothy ve diğ, 2022).

Correia ve diğ, (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, ham veya ekstrüde sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına dahil edilmesinin ürüne etkisi incelenmiştir. Tanen-sorgum unu ilavesinin ürünlerin duyuşal özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını da göstermiştir. Ham sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına eklenmesi, önceden işleme gerekmediği için daha karmaşık ve maliyetli olan ekstrüde sorgum ununa göre duyuşal ve operasyonel maliyetler açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Sorgum unu ilaveli krem peynir gibi yeni ürünlerle, insanlar için besinsel, işlevsel ve duyuşal yararları olan tüketilebilir ürünlere yönelik pazar talebinin karşılandığı belirtilmiştir.

Yu ve diğ, (2020) yaptıkları çalışmada, fıstık bazlı tofunun endüstriyel olarak uygulanabilir bir işleme teknolojisini oluşturmuş ve optimize etmişlerdir. Bu amaçla hammadde olarak %21,57 oranında yağ içeren fıstık kullanılarak üretilen fıstık bazlı tofu, su ile 3 kez homojenize edilmiş, %2,5 transglutaminaz eklenmiş ve bir pıhtılaştırıcı karışımı

(%1,125 CaSO₄ + %0.375 GDL) kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Bu işlemle üretilen fıstık bazlı tofunun yüksek verime sahip olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda, ticari olarak temin edilebilen ürünlerle karşılaştırıldığında, bu işlemle fıstıktan yapılan tofunun sertliği ve çiğnenebilirliğinde ticari peynirler ile arasında önemli ölçüde bir fark görülmediği bildirilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada, bitki bazlı peynir analogları geliştirmek için hammadde olarak farklı bakliyat unlarının (haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unlar) uygunluğunu değerlendirilmiştir. Haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unların, bitki bazlı peynir analogları üretmek için hammadde olarak kullanılmaya uygun olduğu kabul görmüştür. Bakliyat bazlı peynir analoglarının, yüksek lif içerikleri (6-8 g/100 g ürün) nedeniyle fonksiyonel gıdalar olarak tüketilebileceği belirtilmiştir. Geliştirilen bakliyat bazlı peynir analoglarının, mevcut bitki bazlı peynir pazarında potansiyel olarak daha sağlıklı alternatifler olabileceği ve bakliyat tüketimini artırmaya katkı sağlayacağı ileri sürülmüştür. Tüm bakliyat bazlı peynir analogları geliştirilmesinde referans olarak Gouda peynirini baz alınmıştır. Yapılan tüm analog peynirler daha sert, daha çiğnenebilir ve daha az yapışkanlık göstermiştir. Bu durumun, yüksek karbonhidrat (nişasta) içeriğine (üç ila sekiz kat daha yüksek) ve bakliyat bazlı peynir analoglarında kappa-karagenan kullanımına bağlı olduğu ileri sürülmüştür (Ferawati ve diğ., 2021).

Esen ve diğ., (2019) tarafından yapılan çalışmada, analog peynir üretiminde nohut, yer fıstığı ve susam protein izolatlarının kullanımı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, peynir benzeri üründe bitkisel protein ilave edilme miktarının artması ile duyusal olarak sadece lezzet kabul edilebilirliğin düştüğü, renk ve tekstür puanlarının etkilenmediğini belirtilmiştir. Çalışmada nohut, yer fıstığı ve susam olmak üzere her üç protein izolatının %15 oranına kadar peynir yapımında duyusal olarak kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada, soya bazlı analog ürünlerinin geliştirilmesindeki duyusal olarak beğeni problemleri, çoğunlukla istenmeyen fasulye aroması ve ağızda kumlu yapı hissine bağlanmıştır. Soya fasulyesinden fasulye aromasının, hasar görmemiş ham soya fasulyesinde oluşmayan lipoksigenaz aktivitesinin bir sonucu olarak ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte, su ve oksijenin varlığında enzimatik bir sürecin gerçekleştiği ve kötü tatları artırdığı belirtilmiştir. Ağızda kumlu bir his, proteinli, karbonhidratlı ve selülozik bileşenlerden oluşan daha büyük, kaba partiküllerin bir sonucu olduğu bildirilmiştir. Bu özelliklerin soya bazlı peynir analogunun genel kalitesini ve kabulünü azalttığını, süt

ürünleri muadilleri ile karşılaştırıldığında “off-lavour” “*kusurlu*” olarak kabul edildikleri belirtilmiştir. Çeşitli soya fasulyesi işleme yöntemlerinin uyarlanması (fermente etme, sütleri karıştırma, ağartma ve/veya sodyum bikarbonat ilave etme), genel beğeniyi artırmak için gerekli olan duyuşal özelliklerde bir iyileştirme sağladığı bildirilmiştir (Short ve diğ, 2021).

Diğeri bir çalışmada, dört ticari bitki bazlı blok tarzı peynir alternatifi ürünün bileşimi, yapısı ve fizikokimyasal özelliklerinin Cheddar ve eritme peyniriyle karşılaştırılması için sonuçları karşılaştırılmıştır. Bitki bazlı ürünler, Cheddar ve eritme peynirine (sırasıyla %25,04 ve %18,50) kıyasla önemli ölçüde daha düşük protein içeriğine (%0,11-3,00) sahip olduğu belirlenmiştir. Mikroyapı analizi, bitki bazlı ürünlerin, yağ globüllerinin nişasta ve diğeri hidrokolloidler tarafından stabilize edildiği sürekli bir protein ağına sahip olmadığını göstermiştir. Cheddar peyniri en yüksek sertlik değerlerine sahipken, bitki bazlı ürünlerden bazıları Cheddar peynirine benzer tekstürel özellikler göstermiştir. Ayrıca, bitki bazlı ürünlerin reolojisi ve ürünlerin eriyebilirlik profillerinin Cheddar peynirinkinden farklı olduğu bildirilmiştir (Grasso ve diğ, 2021).

Mattice ve diğ, (2020) yaptıkları bir çalışmada %0, %10, %20 ve %30 zein içeren peynirler üretmiş ve doku, reoloji, gerilebilirlik ve nem içeriği açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar, zein içeren peynirlerinin Cheddar peynirine oldukça benzer davranış gösterebildiğini ortaya koymuştur. %30 zein içeren örneklerin artan sıcaklıklarla yumuşadığı ve viskozitesinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu örnekler ayrıca, karşılaştırılabilir dokusal özellikler ve gerilebilirlik göstermiş (özel olarak tasarlanmış bir gerdirmeye teçhizatı ve doku analizi ile belirlenmiştir), bu özellikler bakımından karşılaştırmalı bitki bazlı Cheddar tarzı ticari üründen daha iyi bulunmuştur. Genel olarak, burada analiz edilen zein içeren peynir prototiplerinin gözlemlenen özellikleri, zein içeren bitki bazlı peynirler kavramının son derece umut verici olduğunu ve birçok insanın arzu ettiği duyuşal özellikleri sağlayan ekonomik, sürdürülebilir ürünler olma potansiyelinin büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Diğeri bir çalışmada ise, nohut bazlı peynir alternatiflerinin temel kalite özellikleri üzerine protein konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Örnekler, özellikle mikro yapı ve doku analizleri açısından protein içeriğine göre farklılıklar göstermiştir. Örneklerin mikroyapısal analizi, artan protein içeriği ile yağ globüllerini çevreleme ve birleşmeyi azaltma kabiliyetine sahip daha güçlü bir protein matrisi oluşumunun yoğunlaştığını göstermiştir. Test koşulları altında numunelerin hiçbirini erimemiştir ve daha fazla araştırma yapılarak peynire alternatif olarak uygulama için bu tür formülasyonların erime davranışını

iyileştirmeye odaklanılması önerilmiştir. Bir ay boyunca depolamanın etkisi, depolamadan sonra gözlenen daha düşük parlaklık ve daha yüksek sertlik ile yalnızca renk ve doku analizleri açısından farklı çıktığı görülmüştür (Grasso ve diğ, 2022b).

Yapılan bir çalışmada, modifiye nişasta, bitkisel protein izolatu ve hindistancevizi yağı kullanarak yüksek proteinli (%18 a/a) bitki bazlı peynir alternatifi oluşturulmuştur. Mumsu nişastanın kullanımına ek olarak bitkisel protein ve yağın da eklenmesiyle jelatinizasyonu sağlayarak mevcut viskoelastik özelliklerin geliştirebileceğini belirlemişlerdir. Oluşturulan peynir analogları ticari bitki bazlı peynirler ve hayvansal kaynaklı peynirler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda peynir analoglarının tekstür analizi sonuçlarının 15-90 Newton sertlik seviyelerine ulaşabileceğini göstermiştir. Yüksek proteinli bitki bazlı analogların erime ve esneme derecesi, ticari bitki bazlı peynir alternatiflerinde gözlemlenenden 2-3 kat daha fazla çıkmıştır ve hayvansal peynirin erime esneme özelliklerine daha fazla benzediği belirlenmiştir. Reolojik erime kinetiği, yüksek proteinli bitki bazlı peynir alternatifinin artan sıcaklıkla daha viskoz özellikler gösterdiği görülmüştür (Dobson ve Marangoni, 2023).

Bezelye protein izolatu (PPI), zein ve zein/PPI karışımlarından yapılan bitki bazlı model peynirler zein ile kombinasyon yapılmıştır. Ayrıca, nişasta, ayçiçek yağı, farklı seviyelerde κ -karragenan (κ C) ve CaCl_2 (CC) ve gliserol bitki bazlı peynirlerin diğer bileşenleri olarak kullanılmıştır. Tüm bitki bazlı ürün formülasyonların özellikleri Mozzarella ve Raclette peyniri ile karşılaştırılmıştır. PPI içeren formülasyonların ağ yapısı ısıtıldığında gevşemeyen bir jel oluşturduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık, zein bazlı peynirler, reolojik sıcaklık taraması sırasında gözlemlendiği gibi, ısıtma sırasında yapıda zayıflama / gevşeme görülmüştür. Bitki bazlı formülasyonlarının erime davranışı, Raclette peynirinin erime davranışıyla tam olarak kıyaslanabilir olmasa da son gözlem, artan zein içeriğiyle birlikte zein/PPI kombinasyonlarında da arttığı gözlemlenmiştir. Özetle, özellikle formülasyondaki toplam protein içeriği %30 olan zein/PPI kombinasyonları, geleneksel peynirin erimesini taklit etme konusunda iyi bir potansiyel gösterdiği bildirilmiştir (Sutter ve diğ, 2023).

Yapılan diğ er bir çalışmada, bitki bazlı krem peynir analoğu olarak geliştirilen bitki bazlı su içinde yağ emülsiyonunun tribolojik özellikleri üzerine yağın erime noktasının etkisi araştırılmıştır. Sistem, emülgatör olarak bezelye proteini ve koyulaştırıcı olarak bezelye ve patates liflerinin yanı sıra geçiş sıcaklığı vücut sıcaklığına (25-45  C) yakın olan sıvı veya katı yağları içeren viskoz bir sürekli fazdan oluştuğu bildirilmiştir. Yağın türü hem emülsiyon stabilitesi hem de fiziksel özellikler üzerinde etkili olmuştur. Gözlemlenen triboloji profili için, bitki bazlı emülsiyondaki yağ bileşimi ve fiziksel durumunun (yani katı yağ veya sıvı yağ)  r nlerinin fiziksel özellikleriyle duyusal niteliklerini ilişkilendiren gelecekteki çalışmalara fayda sağlayacak ve kontrollü yağda su gıda emülsiyonlarının tasarımına bilgi sağlayacağı belirtilmiştir (Michel ve diğ, 2022).

Ahsan ve diğ, (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, analog peynirlerde kazein ikamesi olarak oksitlenmiş patates nişastalarının potansiyeli araştırılmıştır. Okside nişasta, hidrojen peroksit kullanılarak hazırlanmış ve %0,0225 karboksil içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Analog peynir formülasyonunda %5 yağ ve %15 kazein yerine patates nişastası kullanılmıştır. Yağ/kazeinin kombine değişimi için nişastalar daha yüksek miktarda kullanıldığında, serbest yağ salınımını önemli ölçüde ($P < 0.05$) azalttığı görülmüştür. Duyusal açıdan bakıldığında panelistler, kontrol ile kazein/yağ ikameli analog peynirler arasında herhangi bir istatistiksel fark algılayamamışlardır. Dolayısıyla, oksitlenmiş nişasta, kazein/yağ değişimi için kullanıldığında yağ taklitçisi olarak umut verici sonuçlar gösterse de erime kabiliyetindeki %31'lik düşüş nedeniyle kazeini taklit etmek için kullanılamayacağı bildirilmiştir.

Moon ve diğ, (2021) yaptıkları bir çalışmada, süt içermeyen imitasyon peynir ürünlerinde doymuş yağ oranını azaltmak için palm yağına alternatif olarak kullanılacak olan oleojellerin hazırlanmasında kanola yağı ve karnauba mumu kullanılmıştır. Palm yağının oleojellerle değiştirilmesi, imitasyon peynir örneklerinin elastik yapılarını artırarak dokusal ve reolojik özelliklerine olumlu katkı sağlamıştır. Ek olarak, palm yağı yerine %3 ve %6 oleojel kullanımı peynirin erime kabiliyetini etkilememiştir. Ayrıca oleojel içeren peynir örnekleri, doymuş ve doymamış yağ oranını 0,84'ten 0,06'ya önemli ölçüde düşürerek besinsel üstünlük göstermiştir. Oleojellerin imitasyon peynirlere uygulanmasına ilişkin ilk araştırma olan bu çalışmayla, oleojellerin süt içermeyen imitasyon peynirlerde işlenme performansına ilişkin temel sonuçlar sağlayabileceğini düşünmüşlerdir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 MATERİYAL

Çalışmada, 2017 yılında Avrupa Birliğinden coğrafi işaretlenerek tescillenen Hacıhaliloğlu çeşidi Malatya kayısının soğuk pres (Karaerler, model NF80, Ankara) yöntemi ile yağı alınması sonucu elde edilen kabuksuz kayısı çekirdeği pres keki ve yağı kullanılmıştır. Soğuk pres işlemi sırasında ayrılan kayısı çekirdeği yağına oleojelasyon işlemi uygulandıktan sonra bitki bazlı peynir üretimine dahil edilmiştir. Kullanılan diğer bileşenler ise; kayısı çekirdeği yağı oleojeli yapımı için; pirinç kepeği mumu (RBW), karnauba mumu (CRW), kandelila mumu (CDW) ile peynir üretiminde kullanılan sitrik asit, tuz, şeker, agar ve nişastadır.

3.1.1 Kayısı çekirdeğinden pres keki ve yağı üretimi

Kayısı çekirdekleri temin edildikten sonra ilk olarak kabuk soyma işlemi yapılarak ekstraksiyona hazırlanmıştır. Ekstraksiyon için soğuk pres ekstraksiyon yönteminden (Karaerler, NF-80) faydalanılmıştır. Bu amaçla seçilen parametreler şu şekildedir; 22 Hz, 110°C, 13 mm nozül. Elde edilen kabuksuz pres kekleri bir öğütücü (Thermomix TM6, Vorwerk, Wuppertal, Germany) kullanılarak öğütülmüş ve sonraki adımlarda kullanılmak üzere saklanmıştır. Kayısı çekirdeği yağı da aynı işlem sonucunda elde edilmiş ve kullanıma hazır olmak üzere karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Kayısı çekirdeği yağı ve pres keki eldesi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1: Kayısı çekirdeği yağı ve pres keki eldesi.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Kayısı çekirdeği yağında yapılan analizler

3.2.1.1 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Yağ asidi metil esterleri (FAME), Turan ve diğ, (2007) metodunda belirtildiği gibi yapılmıştır. Tüplere tartılan yaklaşık 100 mg yağ örneği 2 mL hegzanda çözülmüş ve üzerine metanolde hazırlanmış 2 N KOH çözeltisinden 0.2 mL eklenmiştir. Tüpler 30 sn vortekslelendikten sonra 3000 rpm'de 5 dk sanrifüjlenmiştir. Üst kısımdaki hegzan fazı analiz edilmek üzere viallere alınmıştır. FAME'lerin tespiti için bir alev iyonlaşma detektörü (FID), HP 7673A otomatik enjektör (Agilent Technologies, Palo Alto, CA) ve silika dolgulu DB23 kapiler kolonu (60 m x 0,25 mm iç çap, 0,25 mikron film kalınlığı; J&W Scientific, Folsom, CA) kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerden 1 µL enjeksiyon yapılmıştır. Fırın sıcaklığı şu şekilde programlanmıştır: 3 dk süreyle 170°C tutulmuştur, 3°C/dk hızla 220°C'ye çıkarılmıştır ve 15 dk süreyle 220°C'de sabit tutulmuştur. Enjeksiyon ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla 250 ve 260 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak azot ve gazın akış hızı 1 mL/dak olarak ayarlanmıştır. Split oranı 1/65 olarak enjeksiyon yapılmıştır. Sonuçlar pik alanının yüzdesi olarak ifade edilmiştir. İki tekrarlı olarak üretilen örneklerde yapılan yağ asidi bileşimi analiz sonuçları ortalama olarak verilmiştir.

3.2.1.2 Peroksit sayısı

AOCS Official Method Cd 8-53'te (AOCS, 1989) tanımlandığı gibi belirlenmiştir. Kısaca; yaklaşık 1 g örnek 10 mL kloroformda çözülerek üzerine 15 mL asetik asit ve 1 mL doymuş KI (potasyum iyodür) eklenerek 1 dakika boyunca çalkalanmıştır. Yaklaşık 5 dakika karanlıkta tutulduktan sonra 75 mL saf su ve 1 mL nişasta indikatörü eklenmiş ve renk açılıncaya kadar 0.01 N sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. Aynı deney kör için de yapılmıştır. Sonuç aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmış ve mili eşdeğer gram oksijen / kg yağ olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{[(V_1 - V_0) \times N]}{M}$$

V_1 : Örnek için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL)/ V_0 : Tanık için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL)

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi/ M: Örnek miktarı (g)

3.3 Kayısı Çekirdeği Yağı ile Oleojel Elde Edilmesi ve Yapılan Analizler

Bu çalışmada önemli aşamalardan biri kayısı çekirdeği yağına oleojelasyon işlemi uygulanmasıdır. Oleojelasyon, yenilebilir bitkisel bir yağ içinde düşük molekül ağırlıklı ve sınırlı çözünübilirliğe sahip oleojelatörlerin asimetrik kristalizasyon ya da kendiliğinden agregat oluşturma ile meydana gelen ısıyla değişebilen üç boyutlu, mikroyapılı kompleks bir ağ yapısı oluşturma esasına dayanmaktadır. Bu yapı, bitkisel peynir üretiminde çok önemli bir yere sahip olan bitkisel yağ içeriğini ikame etmektedir. Bu amaçla oleojelatör çeşidi (pirinç kepeği mumu (RBW), karnauba mumu (CRW), kandelila mumu (CDW) seçilmiş ve kullanılacak olan oranlar ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerde, ilk olarak 3 oleojelatör çeşidinin ayrı ayrı minimum jel oluşturma konsantrasyonları belirlenmiştir. Daha sonra Yanıt Yüzey Metodu (RSM) kullanılarak her oleojelatörün ayrı ayrı (%1-%12) arasında konsantrasyonları alınmış ve alınan tüm konsantrasyonlarda oleojeller üretilmiştir. Elde edilen oleojellerin her biri için renk ve tekstür gibi fiziksel özellikleri ölçülerek bitkisel peynir üretimi için istenilen özelliklerdeki mum çeşitleri ve oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan ölçümler ve gözlemler sırasında pirinç kepeği mumunun (RBW) sonuçlarının istenilen özelliklere sahip olmadığı (istenmeyen renk ve fazla akışkanlık) belirlenmiş ve diğer iki mum ile denemelere devam edilmiştir. Mumların minimum jel konsantrasyonları, elde edilen ölçüm sonuçları göz önüne alındığında ve yapılan literatür araştırmalarında; oleojelatör karışımları kullanılarak yapılan oleojellerin hem kullanılan mum konsantrasyonunun azaltılması hem de sinerjetik etki oluşturma sebebiyle mumların karışım olarak kullanılmalarına karar verilmiştir. Bu doğrultuda, CRW ve CDW'nin sırasıyla farklı oranlarda (100-0, 75-25, 50-50, 25-75, 0-100) karışımıyla oleojeller üretilmiştir.

Çizelge 3. 1: Oleojel oluşumunda kullanılan vaksalar.

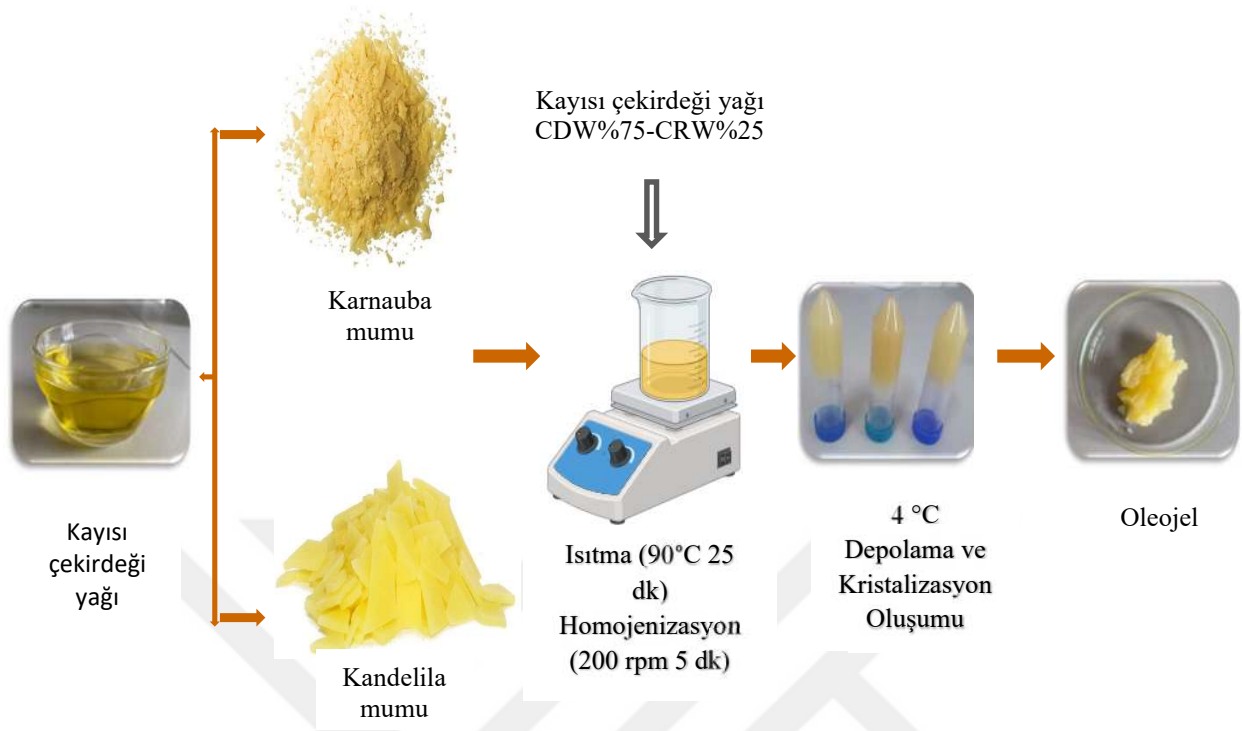
	Vaks oranı (%)				
	100	75	50	25	0
CDW	100	75	50	25	0
CRW	0	25	50	75	100

Elde edilen oleojellerin tekrar renk, tekstür (sertlik, yapışkanlık vb.) özellikleri ölçülmüş ayrıca bu oleojeller ile bitki bazlı peynir üretilmiş ve yağ sızması, yapı/tekstür özellikleri ve renk değerlerine bakılarak en uygun oleojel karışımının %75 CDW-%25 CRW

olduğu belirlenmiş ve asıl üretime geçilmiştir. Oleojel için kullanılan vaks oranları Çizelge 3.1’ de, RSM sonuçları Çizelge 3.2’ de, üretim aşaması ise Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2: Yanıt yüzey metodu (RSM) kullanılarak alınan oleojel oluşturma yanıtları.

Deney No	%Jelatör	Jelatör çeşidi	Sertlik	Yapışkanlık	Kesme kuvveti	Yapışma kuvveti	L^*	a^*	b^*
1	8,82	CRW	Maksimize	Minimize	Maksimize	Aralıkta	Maksimize	Minimize	Maksimize
2	0,84	RBW							
3	6,12	RBW							
4	11,34	CDW							
5	12	CRW							
6	3,3	CRW							
7	6	CDW							
8	8,64	CDW							
9	11,34	RBW							
10	0,84	CDW							
11	0	CRW							
12	3,48	RBW							
13	0,84	CDW							
14	8,82	CRW							
15	6,12	RBW							
16	6	CRW							
17	3,3	CRW							
18	6	CDW							



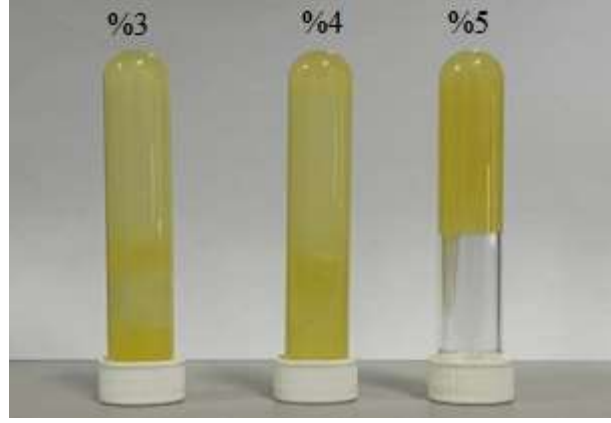
Şekil 3. 2: Kayısı çekirdeği yağı oleojeli oluşum şeması.

3.3.1 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Oleojelin yağ asidi bileşimi analizi 3.2.1’ de anlatılan metod ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.2 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK)

Jel oluşumu sağlayan minimum oleojelatör konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla tüp içerisine farklı konsantrasyonlarda (%1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) oleojelatörler ve kayısı çekirdeği yağı konulmuştur ve 90 °C’deki su banyosunda 25 dk bekletilmiştir. Daha sonra tüpler oda ısısında bir süre tutulmuş ve tüpler 90 derece çevrilerek paralel hale getirildiklerinde akışın olmadığı konsantrasyon minimum jelleşme konsantrasyonu olarak belirlenmiştir (Hwang ve diğ, 2012).



Şekil 3. 3: Minimum jel oluşturma konsantrasyonu belirlenen.

3.3.3 Kristalizasyon oluşum zamanı (KOZ)

KOZ ölçümü için, jel içeren tüpler su banyosunda 90 °C’de 2 saat boyunca eritilmiş ve sıcaklığın sabitlenmesi için bekletilmiştir. Ardından deney tüpleri oda sıcaklığına alınmış (20 ± 3 °C) ve tüpler 90° çevrilerek akışın durduğu süre kronometre tutularak belirlenmiştir. Jelleşmenin tam olarak oluştuğu süre kristalizasyon oluşum süresi olarak kaydedilmiştir (Dassanayke ve diğ, 2009).

3.3.4 Yağ bağlama kapasitesi (YBK)

Oleojellerin yağ bağlama kapasitesi, Giacomozzi (2019) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Bu amaçla, 1 g oleojel örneği önceden tartılmış eppendorf tüpüne koyularak 1 saat buzdolabında (4 °C) bekletilmiştir. Sonrasında eppendorf tüpleri oda sıcaklığında 15 dk bekletildikten sonra 9000 × g’de 15 dakika santrifüjlenmiş (Hettich model 320 R, Tuttlingen, Germany) ve ayrılan yağ uzaklaştırıldıktan sonra tüpler tekrar tartılmıştır. Yağ bağlama kapasitesi (%) aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$YBK (\%) = 100 - \frac{\text{Ayrılan yağ miktarı (g)}}{\text{Oleojel miktarı (g)}} \times 100$$



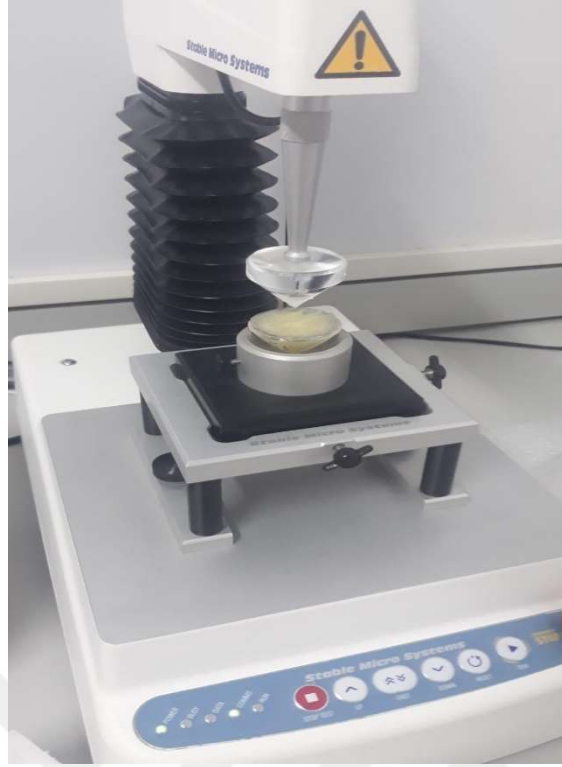
Şekil 3. 4: Yağ bağlama kapasitesi belirlenen oleojeller.

3.3.5 Renk analizi

Örneklerin renk analizleri CIE-Lab koordinatları Konica Minolta Chroma Meter CR-5 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiş ve bunlar arasında L^* değeri (parlaklık), a^* değeri (- yeşil/+kırmızı) arasında, b^* değeri ise (- mavi/+sarı) arasında ifade edilmiştir. Renk sonuçları üç ölçümün ortalaması şeklinde kaydedilmiştir (Uruç ve diğ, 2022).

3.3.6 Tekstür profili analizi

Oleojel numunelerinin dokusal özelliklerini araştırmak için doku analiz cihazı TA XT PlusC (Stable Microsystems, Surrey, UK) kullanılmıştır. Ölçüm için 25 mm çap ve 10 mm yüksekliğe sahip koni biçimli tekstür aparatı kullanılmıştır. Oleojeller tekstür analiz cihazının platformuna yerleştirilmiş ve ardından 10 mm/dk hızda konik bir prob (HDP/SR) (5 cm çapında) kullanılarak orijinal yüksekliğin %30'una iki kez sıkıştırılmıştır. Elde edilen kuvvete karşı zaman eğrilerinden dokusal parametreler (sertlik, yapışkanlık vb.) ölçülmüştür (Kim ve diğ, 2017).



Şekil 3. 5: Oleojellerin tekstür profil ölçümü.

3.3.7 Reolojik özelliklerin belirlenmesi

Örneklerin reolojik davranışlarının ölçümünde sıcaklık ve frekans tarama testleri AntoPaar Physica MCR 301 ile konik plakalı geometri (20 mm çap) kullanılarak yapılmıştır. Frekans tarama testleri 0.1-20 Hz arasında belirlenmiş ve depolama (G') ve kayıp (G'') modülüsleri tespit edilmiştir. Ölçümden önce oda sıcaklığına getirilmiş oleojeller, reometrenin Peltier plakasına yerleştirilmiş ve $3\text{ }^{\circ}\text{C/dk'lık}$ bir ısıtma hızında 20°C' den $80\text{ }^{\circ}\text{C'}$ ye yükseltilerek $100/\text{s'lik}$ bir kayma hızında ölçülmüştür (Kim ve diğ., 2017).

3.3.8 Oleojel katı yağ oranı (% SFC) analizi

Oleojeller ilk önce bir su banyosunda eritilmiş ve her bir numuneden 3.5 ml alınarak cam NMR tüpüne konulmuştur. Hazırlanan numuneler ilk önce $60\text{ }^{\circ}\text{C'}$ de (su banyosu) 5 dakika sonra $0\text{ }^{\circ}\text{C'}$ de 1 saat bekletilmiş ve daha sonra tüm tüpler sırasıyla 10, 20, 30 ve $35\text{ }^{\circ}\text{C'}$ de 30 dakika bekletilerek şartlandırılmıştır. Her şartlandırılan dereceden sonra NMR (Minispec Bruker, model Mq 7.5, The Minispec, Bruker Optics, Inc.) cihazı ile okuma yapılarak % katı yağ içeriği (Solid Fat Content) tespit edilmiştir. Analizde AOCS Cd 16b-93 metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998).

3.3.9 Peroksit sayısı

Oleojelin peroksit değeri analizi 3.2.1.2' de gösterilen yöntem uygulanarak yapılmıştır.

3.3.10 Oleojelin Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi

Oleojelin endotermal geçişleri DSC-50 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Oleojel örneği yaklaşık 10 mg'lık numune, alüminyum hermetik bir hücreye (Shimadzu, 201-53090) tartılmış ve kapatılmıştır. Numuneler, referans olarak boş bir hücre kullanılarak 5 °C/dakika hızla 20 ila 90 °C'ye ısıtılmıştır. Sıcaklık ve ısı akışı kalibrasyonu için İndiyum kullanılmıştır ($T, 156,4\text{ °C}; \Delta H_{\text{ai}=4}, 28.47\text{ J/g}$). Endotermik bir zirvede ısı girdisinin maksimum oranının meydana geldiği sıcaklık T_{peak} ile ifade edilmiştir. Tekrarlanabilirlik için, maksimum zirvenin sıcaklığı geçiş sıcaklığı olarak alınmıştır. Denatürasyon entalpileri (ΔH_d), DSC geçiş eğrisinin altındaki alan ölçülerek tahmin edilmiştir (Aktaş ve diğ, 2005).

3.4. Kayısı Çekirdeği Pres Kekiinde Yapılan Analizler

3.4.1 Kuru madde miktarı

Pres keki örneğinden darası alınmış kaplara 3 gr tartılarak etüve (Memmert model UN110, Almanya) konulmuş ve 105 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan örnekler desikatöre alınmış ve soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra örnekler tartılmış ve gravimetrik yöntemle % kuru madde miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.4.2 Protein oranı

Pres keki örneklerinin protein oranı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Kjeldahl tüplerine 0.5 g örnek tartılmış ve üzerine 1 g katalizör (30 g K_2SO_4 + 1 g CuSO_4 ölçüsü ile hazırlanmıştır) ilave edilmiştir. 10 mL %95-98'lik H_2SO_4 eklenerek 430°C'de 2 saat yakma işlemi uygulanmış ve limon sarısı ya da açık yeşil renk oluşunca yakma işlemi sonlandırılmıştır. Soğuyan tüplere distilasyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen distilat 0,1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiş ve sonuç aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır. Azot miktarı % olarak belirlendikten sonra elde edilen değer 6.25 faktörü ile çarpılmasıyla protein miktarı % olarak hesaplanmıştır (IDF, 1993).

$$\% \text{Azot} = \frac{(V1 - V0) \times N \times 0,014}{m} \times 100$$

3.4.3 Kül oranı

Pres kekinden 3 g tartılarak etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Daha sonra sıcaklığı 550°C'ye ayarlanmış olan kül fırınında (Carbolite, Elf 11, UK) 6 saat boyunca yakma işlemi uygulanmıştır. Örneklerin tartımı alındıktan sonra sonuç % kül olarak hesaplanmıştır (ICC, 1960).

3.4.4 Yağ oranı

Kayısı çekirdeği pres kekinin % yağ miktarı Soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Pres kekinden kartuş içerisine 5 g kadar tartılmış ve ekstraktöre yerleştirilmiştir. Önceden etüvde bekletilerek sabit tartıma getirilen balon jojelere yaklaşık 300 ml çözücü (Hegzan) konularak ekstraksiyon başlatılmıştır. İşlem sonrası balon jojeler rotary evaporatöre (Buchi rotavapor R-300) alınarak kalan çözücü uçurulmuş ve yağdan uzaklaştırılmıştır. Daha sonra balon jojeler 103°C de etüvde 1 saat bekletilmiştir ve tartım sonucu % yağ miktarı olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.4.5 pH

Pres kekinin pH değerleri dijital pH metre (Mettler Toledo pH meter S210, USA) kullanılarak ölçülmüştür.

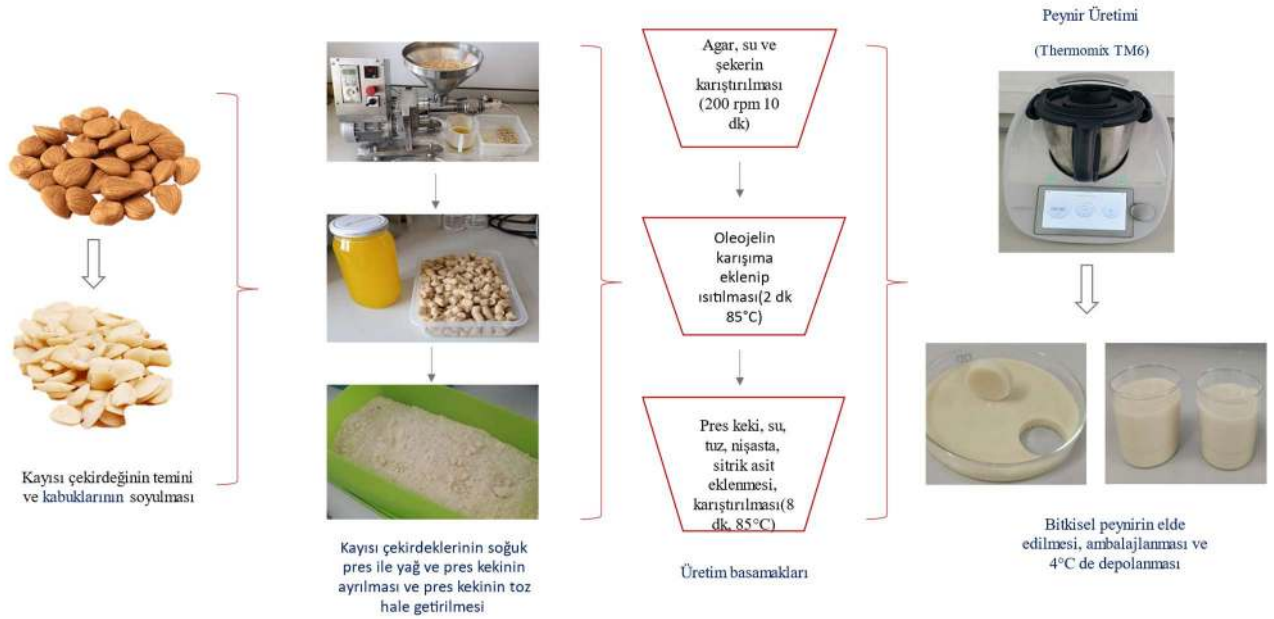
3.4.6 Karbonhidrat oranı

Karbonhidrat değerleri elde edilen veriler % bileşim üzerinden aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır (Kaya, 2022).

$$\% CHO = 100 - (\%nem + \%kül + \%protein + \%yağ)$$

3.5 Bitki-Bazlı Peynir Üretimi ve Peynirde Yapılan Analizler

Bitki bazlı peynir üretim şeması aşağıda verilmiştir. Kayısı çekirdeği pres kekinin (% 11,8) içerisine kayısı çekirdeği oleojeli (%8,4), nişasta (%4), agar (%1,5), sitrik asit (%0,5), su (%68), tuz (%1), şeker (%4.8) ve %0,1 oranında vegan besin mayası katılarak bir emülsiyon oluşturulmuştur. Jelleşme sağlandıktan sonra şekil verme işlemi yapılarak viskoelastik bir bitki bazlı peynir elde edilmiştir. Elde edilen bitki bazlı peynir 60 gün boyunca +4 °C'de depolanmıştır. Depolamanın 1. 30. ve 60. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bitki bazlı peynir üretimi Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 6: Bitkisel Peynir Üretim Şeması.

3.5.1 Kuru madde miktarı

Bitkisel peynir örneklerinde kuru madde miktarı belirleme analizi 3.4.1 de açıklanan yöntemle yapılmıştır.

3.5.2 Protein oranı

Bitkisel peynir örneklerinde protein oranı belirleme analizi 3.4.2 de açıklanan yöntemle yapılmıştır.

3.5.3 Kül oranı

Bitkisel peynir örneklerinde kül oranı belirleme analizi 3.4.3 de açıklanan yöntemle yapılmıştır.

3.5.4 Yağ oranı

Bitkisel peynir örneklerinde yağ oranı Gerber metodu kullanılarak belirlenmiştir (TSE, 1995). Gerber butirometresi skalasından direkt olarak % yağ oranı okunmuştur.

3.5.5 pH

Bitkisel peynir örneklerinin pH değerleri dijital pH metre (Mettler Toledo pH meter S210, USA) kullanılarak ölçülmüştür.

3.5.6 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Bitkisel peynir örneklerinde, yağın ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmesinin ardından yağ asidi bileşimi analizi OP ve HP için tüm depolama günlerinde uygulanmıştır. Yağ asidi bileşimi analizi 3.2.1’ de açıklanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

3.5.7 Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler üretilen bitkisel peynir örneklerinde yapılmıştır. Peynir örnekleri için; 10 g peynir örneği aseptik polietilen torbalara konularak, 90 mL sitrat tamponu (pH 7.2) içerisinde aseptik olarak çözündürülerek ve Stomacher içerisinde 1,5 dakika homojenize edilmiştir. %0,1’lik steril peptonlu veya Ringer’s çözeltisi kullanılarak seri dilusyonlar hazırlanmıştır (10^{-1} - 10^{-6} arası). Daha sonra, toplam mezofilik bakteriler (PCA Agar), toplam koliformlar (VRB Agar) ve maya ve küfler (DRBC Agar) uygun sıcaklık ve sürelerde geliştirilerek sayımları yapılmıştır (Harrigan, 1998, Hayaloglu ve diğ, 2007).

3.5.8 Renk analizi

Üretilen bitkisel peynir örneklerinin L^* , a^* , b^* , *chroma*, *hue*, *beyazlık indeksi* (*Whiteness index WI*) renk değerleri (Konika Minolta model CR-5 Tokyo, Japonya) renk ölçüm cihazı ile ISO-CIE standart önerdiği şekilde gerçekleştirilmiştir (Uruç ve diğ, 2022).

3.5.9 Doku (tekstür) profil analizi

Tekstür profil analizleri için peynirler 20 ± 0.5 mm çapında ve 15 ± 0.5 mm boyunda silindir şeklinde kesilmiştir. Daha sonra silindir şeklindeki peynirler plastik film ile kaplanarak oda sıcaklığına bırakılmış ve peynirlerin sıcaklıkları $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ’ye ulaşmaları sağlanmıştır. Tekstür profil analizleri (Texture Analyzer Model TAXT PlusC Stable Microsystems, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Soltani ve diğ, 2024).

3.5.10 Elektron mikro fotoğrafı (SEM)

Peynir örnekleri, bir bisturi yardımıyla $1 \times 1 \times 10$ mm boyutlara çubuk şeklinde kesilip %2,5’lik fosfat tamponlu (pH 7.2) glutaraldehit içerisinde 1 gece bekletilmiştir. Daha sonra 6 kez 1’er dk süreyle fosfat tamponu ile yıkanmıştır. Daha sonra 30’ar dk süreyle çeşitli konsantrasyonlardaki etil alkolle (%20, 40, 60, 80, 95, 100) muamele edilmiştir. Örnekteki yağı uzaklaştırmak için 15 dk arayla 3 kez kloroform ile muamele edilmiştir. Daha sonra örnekler sıvı azot içerisinde kırılarak alüminyum tablalara yerleştirilmiştir. Ardından Critical Point Drier (model K850, Quorum Technologies Ltd., Sussex, UK) cihazında kurutulduktan

sonra ve SEM için hazır hale getirilmiştir. Örnekler, SEM tablasına yerleştirilmeden önce çok ince (20-30 nm) altın-palladyum ile kaplanmıştır. (BAL-TEC, Model SCD 050; Baltec Inc., Liechtenstein) ve SEM tablasına yerleştirilmiştir. SEM'deki (LEO, EVO 40 Model, Carl Zeiss SMT, Oberkochen, Germany) ölçümler 20 kV'da gerçekleştirilmiştir ve mikro fotoğraflar 1000, 2500, 5000, 7000, 10000 kez büyütülerek kaydedilmiştir (Hayaloğlu ve diğ, 2010).



Şekil 3. 7: Elektron Mikro Fotoğrafı (SEM).

3.5.11 Eriyebilirlik testi

Bitkisel peynirlerin eriyebilirliği, küçük değişiklikler yapılan Schreiber testi kullanılarak belirlenmiştir. Dairesel bir kesici kullanılarak yüksekliği 5 mm ve çapı 41 mm olan silindir şeklinde örnekler kesilerek teste kadar 4°C'de saklanmıştır. Numuneler bir cam Petri kabına yerleştirilmiş ve etüvde (Memmert, Schwabach, Almanya) 232°C'de 5 dk süreyle ısı uygulanmıştır. Daha sonra numuneler etüvden çıkarılarak oda sıcaklığında 30 dakika soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örneklerin çap genişlemesi cetvel kullanılarak ölçülmüş ve fotoğrafları çekilmiştir. Yapılan üç ölçümün ortalaması alınmış ve sonuç yüzde olarak belirtilmiştir (Ramel ve Marangoni, 2018).



Şekil 3. 8: Eriyebilirlik testi için hazırlanan örnekler.

3.5.12 Toplam serbest aminoasit miktarı belirleme

Analiz, Hayaloglu (2009) tarafından uygulandığı şekliyle yapılmıştır. Cd–Ninhidrin çözeltisi (0.8 g ninhidrin, 80 ml etanol ve 10 mL asetik asit karışımında çözündürülüp ve elde edilen karışıma 1 mL suda çözündürülmüş CdCl_2 ilave edilmiştir) ile hazırlanan örneğin absorbansı 507 nm’de ölçülmüştür. Bu amaçla, elde edilen ekstraktan 10–100 mL (beklenen serbest amino asit miktarına göre) alınmış ve saf su ile 1 mL’ye tamamlanıp üzerine 2 ml Cd–Ninhidrin çözeltisi eklenmiştir. Karışım 84 °C’de 5 dk tutulduktan sonra soğutulmuş ve 507 nm’deki absorbansı UV–spektrofotometrede (Shimadzu, UV–1800, Japan) okunmuştur.



Şekil 3. 9: Toplam serbest amino asit analizi için hazırlanan örnekler.

3.5.13 HPLC peptid profilinin belirlenmesi

Hayaloglu ve diğ (2005)’te belirtildiği gibi, peynirin suda çözünen ekstraktı hazırlanmış ve liyofilize edilmiştir. Liyofilize tozdan 10 mg tartılmış ve 1 mL (A) çözücüsünde çözündürülüp, ardından 0.45 µm selüloz asetat filtreden geçirilerek HPLC vialine alınmıştır. HLPC cihazına, filtrattan 80 µL enjekte edilmiştir. Likit sistemde kullanılacak solvent (A): %0,1 (v/v) trifloroasetik asit (TFA, sequencing grade) deiyonize HPLC kalitesindeki suda (Milli-Q) hazırlanmıştır. Solvent (B): %0,1 (v/v) TFA acetonitrilde (HPLC ye uygun hazırlanarak ve çözeltinin akış hızı 0.75 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler başlangıçta 5 dk süre ile %100 (A) çözücüsü ile geçirilerek ve daha sonra 55 dk %0-50 (B) çözücüsü ile geçirildikten sonra 6 dk süre ile %50 (B) çözücüsünde tutulup, ardından 4 dk süre ile %50-60 (B), ve son olarak 3 dk %60 (B) çözücüsünden geçirilmiştir. Kolon 5 dk süre ile %95 (B) çözücüsü ile yıkandıktan sonra, bir sonraki

enjeksiyon için %100 (A) ile kalibre edilmiştir. Bu amaçla, C18 analitik (250 x 4.6 mm, 5 µm) kolon kullanılmıştır ve kromatografik analiz PDA dedektörde 214 nm’de gerçekleştirilmiştir.

3.5.14 Elektroforetik Protein Profili Analizi

Bitki bazlı peynirleri içeren örnek solüsyonları SDS içeren 30 µL tampon, β-merkapto etanol, gliserol ve bromfenol mavisi ile karıştırılarak 95°C de 4 dk ısıtılacaktır. Sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılacaktır. Daha sonra SDS-PAGE elektroforez hazırlık, yükleme, boyama aşamaları Mirzapour ve diğ, (2016) ve Mutlu ve Hayaloğlu (2022)’de belirtildiği şekilde yapılacaktır.

3.5.15 Uçucu bileşen analizi

3 g bitki bazlı peynir örnekleri 15 mL’lik bir vial (Supelco, Bellefonte, PA, ABD) içerisine yerleştirilmiştir. Uçucu maddeler SPME fiberi (2 cm 50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS; Supelco, Bellefonte, PA, ABD) üzerine absorbe ettirilmiş ve 30 dakika 40 °C’de tepe boşluğunda bırakılmıştır. Fiber üzerine adsorbe edilen uçucu maddelerin belirlenmesi için Shimadzu GC-2010/QP-2010 MS kromatografik sistem (Shimadzu Corp.) kullanılmıştır. Kullanılan kapılar kolon (DB-5MS, 60 m × 0.25 mm × 0.25 µm; J&W Scientific, Folsom, CA, ABD) olmuştur ve uçucuların tanımlanması, doğrulanması için NIST ve Wiley kütüphaneleri kullanılmıştır. Sonuçlar pik alanı*10⁶ olarak ifade edilmiştir (Uruç ve diğ, 2022).

3.5.16 Reolojik analizler

Peynirlerin reolojik özelliklerini ölçmek için dinamik küçük genlikli salınımlı reometre kullanılmıştır. 3 mm kalınlığında ve 50 mm çapındaki peynir numuneleri dakikada 3°C hızla 10 ila 100°C arasında ısıtılmış ve 1 Hz frekans ve %0,5 sabit gerilim uygulanmıştır. Depolama modülü (G'), kayıp modülü (G'') ve kayıp tanjantı (LT= G''/G') her dakika kaydedilmiştir. G' değeri elastik özellikleri temsil eder, G'' değeri viskoz özellikleri temsil eder ve LT viskozun elastik modüllere oranını temsil etmektedir. Testler, en az üç kopya halinde gerçekleştirilmiştir (Reale ve diğ, 2020).



Şekil 3. 10: Reometre.

3.5.17 Duyusal analizler

Üretilen peynir benzeri ürünlerin duyusal karakterizasyonu 5 kişilik duyusal panel tarafından belirlenmiştir. Duyusal analiz panelistleri İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisans üstü öğrencileri ve akademik personelden seçilmiştir. Uygulamada kullanılan materyalleri ve duyusal analiz formunu tanıtmak amacıyla 5 paneliste eğitim verilmiştir. Duyusal test ile genellikle ürünlerin karşılaştırılması ve beğeniyi ön plana çıkarmak ve en kabul edilebilir uygulamanın bulunması amaçlanmıştır. Üretilen peynir benzeri ürünlerin değerlendirilmesinde 9 puanlı skala kullanılmıştır. Örnekler panelistlere 15-20 g olacak şekilde sunulmuştur. Her bir örneğin duyusal testinden sonra, panelistlerin ağızlarını nötralize etmesi için tuzsuz kraker ve su verilmiştir. Panelistlerin ürünler için daha önceden belirledikleri duyusal tanımlar eşliğinde her bir panel oturumunda 2 peynir örneği 2 tekerrür ve 2 paralel olacak şekilde sunulurken değerlendirme yapılmıştır. Panelistlerden değerlendirme formlarına duyusal özelliklerle ilgili belirtmek istedikleri ilave özellikler ile peynir örneklerini beğenilerine göre sıralamaları istenmiştir.

3.5.18 İstatistiksel analizler

Araştırma sonuçları one-way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile incelenmiş ve ortalamaların birbirinden farklı olup olmadıkları Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir (SAS, 1995). Bu amaçla SAS paket programı (versiyon 6.12) kullanılmıştır. Oleojel optimizasyonu için cevap yüzey metodu (Response surface methodology; RSM) kullanılmıştır ve laboratuvarındaki bilgisayarda kurulu bulunan lisanslı Design Expert version 9.0 programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde sırasıyla; kabukları ayrılan kayısı çekirdeğinden soğuk pres ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen kayısı çekirdeği yağında, pres kekinde, kayısı çekirdeği yağı oleojelinde ve son olarak tüm bu bileşenler kullanılarak elde edilen bitkisel peynirlerde yapılan analizlerin sonuçları ve tartışmaları verilmiştir.

4.1 Kayısı Çekirdeği Yağında Yapılan Analizler

4.1.1 Yağ asidi (%) bileşiminin belirlenmesi

Yapılan analizler sonucunda kayısı çekirdeği yağı içeren örneklerin doymamış yağ asitleri bakımından, Hindistan cevizi yağı içeren örneklerin ise doymuş yağ asitleri bakımından zengin olduğu görülmüştür (Şekil 4.4). Çizelge 4.1 ve Şekil 4,4'ten de görülebileceği gibi toplam doymamış yağ asitleri içerikleri kayısı çekirdeği yağı ve bu yağdan üretilen örneklerde ile Hindistan cevizi yağı ve bu yağdan üretilen örneklerde sırasıyla %93,13-93,48 ve %5,42-18,53 olarak, toplam doymuş yağ asidi içerikleri ise sırasıyla %6,52-6,87 ve %81,47-94,58 olarak tespit edilmiştir. Kayısı çekirdeği, yağ içeriği bakımından zengindir ve bu yağ yüksek oranda doymamış yağ asitlerine sahiptir (Siddigui ve diğ., 2023). Yağ asitleri kompozisyonunun belirlenmesi için yapılan analiz sonucunda kayısı çekirdeği yağında toplam 4 doymuş yağ asidiyle (C16:0, C17:0, C18:0 ve C20:0) 5 doymamış yağ asidi (C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 ve C20:1) belirlenmiştir (Şekil 4,4). Turan ve diğ., (2007), Malatya bölgesinde yetiştirilen 9 farklı kayısı çeşidinden elde ettikleri kayısı çekirdeği yağlarını karşılaştırdıkları çalışmada benzer yağ asitlerini belirlemiştir. Bu araştırmada kayısı çekirdeği yağlarının karakteristik yağ asidinin %66,53-70,51'lik oran ile oleik asit olduğu ve onu %17,16-26,14 ile linoleik asidin izlediği belirtilmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçların bu sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Buna göre Şekil 4.4 incelendiğinde KÇY'de belirlenen oleik asidin %66,03 ile en yüksek oranda belirlenen yağ asidi olduğu, onu %26,62 ile linoleik asit ve %5,21 ile palmitik asidin izlediği görülmektedir. Siddigui ve diğ., (2023) tarafından yapılan KÇY'nin kompozisyonu ve çeşitli özellikleri üzerine yaptıkları derleme çalışmada da KÇY'nin %69,79-71,43 oranında oleik asit%3,93 oranında ise palmitik asit içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Hindistan cevizi yağı (HCY), Hindistan cevizi meyve etinden elde edilen ve toplam yağ asidi içeriğinin %45-53'ünü laurik (C12:0) asidin oluşturduğu bir yağdır (Dayrit, 2015). HCY laurik asidin ayırt edici özellikleriyle karakterize edilir ve yüksek düzeyde düşük moleküler ağırlıklı doymuş yağ asitlerini içerir (Marina ve ark., 2009). HCY'de yapılan

analizler sonucunda toplam yağ asitleri içeriğinin %94,58'inin doymuş yağ asitlerinden ve toplam yağ asitlerinin %49,50'sinin laurik asitten oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Bu sonuçlarla uyumlu olarak Dayrit, (2015)'te 11 farklı HCY'de %46,64-48,03 oranında laurik asidin olduğunu ve onu %16,23-18,90 ile miristik (C14:0) asidin izlediğini bildirmiştir. Bu tez çalışmasında da laurik asitten sonra en yüksek oranda belirlenen yağ asidi %18,62 ile miristik asit olmuştur. Sonuç olarak KÇY ve HCY'nin belirlenen yağ asidi kompozisyonu ile literatür verilerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. 1: Bitkisel peynirlerin yağ asidi bileşimi (%).

Yağ Asidi	KÇY	Oleojel	OP1	OP30	OP60	HCY	HP1	HP30	HP60
<i>Doymuş Yağ Asitleri</i>									
C6:0	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,59±0,02	0,56±0,17	0,54±0,01	0,53±0,13
C8:0	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	8,00±0,11	7,58±0,25	7,40±0,09	7,43±0,04
C10:0	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	6,29±0,10	5,18±0,13	5,30±0,00	5,30±0,06
C12:0	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	49,50±0,13	41,89±0,31	41,64±0,05	41,98±0,03
C14:0	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	18,62±0,09	16,76±0,10	16,65±0,04	16,78±0,04
C16:0	5,21±0,05	5,47±0,49	5,25±0,03	5,23±0,01	5,38±0,15	8,24±0,04	7,19±0,03	7,19±0,03	7,21±0,03
C17:0	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00	0,15±0,04	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
C18:0	1,09±0,01	1,17±0,13	1,05±0,01	1,21±0,09	1,08±0,04	3,26±0,06	2,71±0,06	2,68±0,00	2,69±0,01
C20:0	0,11±0,01	0,12±0,01	0,11±0,00	0,12±0,01	0,11±0,00	0,09±0,00	0,08±0,00	0,08±0,00	0,08±0,00
Toplam	6,52	6,87	6,53	6,67	6,71	94,58	81,94	81,47	81,99
<i>Doymamış Yağ Asitleri</i>									
C16:1	0,70±0,00	0,64±0,07	0,70±0,01	0,70±0,00	0,70±0,00	T.E.	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00
C18:1	66,03±0,02	65,82±0,39	65,95±0,12	65,89±0,13	65,40±0,97	4,66±0,20	13,27±0,30	13,65±0,04	13,27±0,05
C18:2	26,62±0,02	26,46±0,19	26,48±0,04	26,49±0,01	26,99±0,66	0,75±0,03	4,67±0,01	4,77±0,05	4,65±0,04
C18:3	0,06±0,00	0,05±0,00	0,11±0,07	0,07±0,01	0,06±0,00	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
C20:1	0,09±0,00	0,09±0,00	0,09±0,01	0,09±0,01	0,10±0,01	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Toplam	93,48	93,13	93,47	93,33	93,29	5,42	18,06	18,53	18,01

4.1.2 Peroksit sayısı

Bitkisel yağlar, işleme ve depolama sırasında yağın kalitesini ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek oksidasyona eğilimlidir. Yenilebilir yağların peroksit sayısı belirlenmesi önemlidir çünkü peroksit sayısı, lipid oksidasyonunu izlemek ve yağ kalitesini kontrol etmek için en yaygın olarak kullanılan kalite parametrelerinden biridir (Zhang ve diğ., 2021). Çalışmada kayısı çekirdeği yağında peroksit analizi depolama olmadan soğuk pres ekstraksiyon yöntemiyle kayısı çekirdeği yağının eldesinden sonra gerçekleştirilmiştir. Türk Gıda Kodeksine göre, soğuk preslenmiş yağlarda peroksit sayısı en fazla 15 meq O₂/kg yağ

olarak belirlenmiştir (TGK, 2017). Elde ettiğimiz kayısı çekirdeği yağının peroksit sayısı 0,45 meq O₂/kg yağ olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2). Bu sonucun belirtilen üst limit değerinden çok daha düşük olduğu ve yağın çalışma boyunca kullanılacağı prosesler için uygun olduğu düşünülmektedir. Kaya ve diğ., (2017) tarafından fındık, zeytin ve pamuk yağlarında peroksit oluşum kinetiğinin araştırıldığı çalışmada, peroksit sayısının, özellikle depolanan yağlarda en önemli kalite kriterleri arasında yer aldığının bildirilmesinin ardından fındık yağı örneklerinin peroksit içerikleri 20. saate kadar düzenli bir artış gösterirken, zeytinyağı örnekleri 30. saate kadar belirgin bir artış, bu saatten sonra düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir. Pamuk yağında ise 32 saat boyunca peroksit sayısı sürekli bir artış göstermiş ve sayısı maksimum yaklaşık 35 meq O₂/kg yağ olurken fındık yağında ise ulaşılan maksimum peroksit sayısı 18.67 meq O₂ /kg yağ olmuştur. 45 ve 60°C’de tutulan fındık, zeytin ve pamuk yağlarının peroksit sayıları yakın bir düzeyde seyrederken, 75°C’de tutulan örneklerin peroksit sayılarının daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Depolama koşulları ve sıcaklığın bitkisel yağlar üzerinde etkili olduğu bilinmekle beraber çalışmamızda kullanılan yağın depolanmadan kullanılması ve sıcaklığa maruz kalmaması elde ettiğimiz düşük peroksit sayısı değeriyle paraleldir.

Çizelge 4. 2: Oleojel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Özellikler	Ortalama ±ss
MJK (%)	5
KOZ (dk)	5,15±0,21
YBK (%)	99,9±00
Oleojel peroksit değeri (meq O ₂ /kg yağ)	2,1±00
KÇY peroksit değeri (meq O ₂ /kg yağ)	0,45±00

4.2. Kayısı Çekirdeğinden Elde Edilen Pres Kekinde Yapılan Analizler

4.2.1 Kimyasal analiz sonuçları

Çalışmada, gün kurusu kayısı çekirdekleri kabuğundan ayrıldıktan sonra soğuk pres makinesinden (13 mm nozül) geçirilerek preslenmiştir. Ardından bir öğütücü kullanılarak (Thermomix TM6) toz forma getirilen pres kekinin kimyasal ve fiziksel analizleri (protein, yağ, kül, nem ve pH) gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4. 3: Pres keki bileşenler ve pH sonuçları.

Bileşen	Ortalama±ss
Protein (%)	30,77±0,58
Yağ (%)	18,33±1,49
Nem (%)	2,85±0,00
Kül (%)	4,5±0,05
Karbonhidrat (%)	43,55±0,2
pH	6,44±0,00

Çizelge 4.3'teki sonuçlarda, pres kekinin protein oranının %30,77, yağ oranının %18,33, nem değerinin %2.845, kül miktarının %4,5, pH değeri ise 6,43 olarak kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Yabani kayısı çekirdeği pres kekinin fizikokimyasal bileşimlerinin incelendiği çalışmada, kayısı çekirdeği pres kekinin nem oranının %8,89, toplam kül değerinin %2,67, protein oranının %33,60 ve yağ oranının ise %9,48 olduğu bildirilmiştir (Thakur ve diğ, 2019). Kayısı çekirdeği pres kekinden ezme üretiminin yapıldığı çalışmada, kabuksuz pres kekinin protein oranının %33,56, yağ oranının %18,20, kül ve nem değerlerinin sırasıyla %4,72, %2.50 olduğu bulunmuştur (Kaya, 2022). Yabani kayısı çekirdeği yağının (*Prunus armeniaca* Linn.) fiziko-kimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı çeşitlerdeki acı kayısı çekirdeği pres kekinin %4.9-7.2 nem, %34.30-44.50 ham protein, %5.4-9.7 ham lipid, %4.9-5.1 kül, %27.5-32.7 karbonhidrat içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Gupta ve diğ, 2012). Sonuçlar karşılaştırıldığında, protein ve kül değerlerinin benzer olduğu yağ ve nem değerinin ise farklı olduğu görülmektedir. Yağ oranının farklı olmasının sebebi pres kekinin elde edildiği ekstraksiyon yöntemine bağlı olabileceği, aynı zamanda kayısı çekirdeklerinin çeşidine ve hasat zamanı gibi koşullara bağlı olarak farklılık gösterebileceği düşünülmektedir. Diğer yandan kullanılan kayısı çekirdeğinin kabuklu ve kabuksuz olmasına bağlı olarak fizikokimyasal özelliklerin değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir.

4.3 Kayısı Çekirdeği Yağı Oleojelinde Yapılan Analizler

Kayısı çekirdeği yağı oleojelinde bazı analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4 te verilmiştir. İlk olarak, elde edilmesi planlanan oleojel için oleojelatör oranları belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Bu amaçla, kandelila mumu (CDW) ve karnauba mumundan (CRW) oluşan bir karışım hazırlanmıştır ve analizleri yapılmıştır.

4.3.1 Oleojelin yağ asidi (%) bileşimi

Kayısı çekirdeği yağından elde edilen oleojelin yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla analiz yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.5’ te gösterilmiştir. Oleojeller, yüksek miktarda doymamış yağ asitleri ile düşük miktarda doymuş yağ asitleri içermelerine rağmen katı yağ benzeri özellikler gösterirler (Kim ve diğ, 2017). Yağ asitleri kompozisyonunun belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda KÇY’den elde edilen oleojelin %93,13 oranında doymamış yağ asidine KÇY’ nin ise %93,48 doymamış yağ asidine sahip olduğunun belirlenmesi sebebiyle benzer yağ asidi profiline sahip oldukları görülmüştür. Bu durumu, oleojel oluşumu sırasında kullanılan jelatörlerin sıvı yağ üzerinde yalnızca fiziksel değişime sebep olduğu çok fazla miktarda kullanılmadığı sürece içeriğindeki yağ asidi kompozisyonunu değiştirmedeğini bildiren Yılmaz ve Öğütçü (2015)’ nün çalışmaları doğrulamaktadır. Yüksek doymamış ve düşük doymuş yağ asidi içeriğine sahip KÇY’ye katı yağ benzeri özellik kazandırılarak daha kararlı bir yapı elde edilmiş ve gıdalarda katı yağ ikamesi olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Oleojel kullanılarak bitki bazlı gıda üretiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada kanola yağına oleojelasyon işlemi uygulanmış ve palm yağı ile yağ asidi bileşimi kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda oleojel ilavesiyle elde edilen bitkisel peynirlerde yapılan yağ asidi kompozisyonu %5,20-6,17 arasında doymuş yağ asidi bulunurken palm yağı içeren aynı bitkisel peynirde bu oran %45,70 olarak bulunmuştur (Moon ve diğ, 2021). Bu sonuçlardan doymamış yağ asitlerince zengin bir yağdan bitki bazlı peynir alternatifi üretilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.2 Minimum Jel Oluşturma Konsantrasyonu (MJK)

(MJK) hem ayrı ayrı iki mum çeşidi (CDW, CRW) için hem de karışım halindeki mum formülasyonu için uygulanmıştır. İki farklı mumun birlikte kullanılmasının kristalizasyonu geliştirdiği, organoleptik özellikleri iyileştirdiği ve mikroyapısal özellikleri üzerinde etkili olabileceğinin beklendiği belirtilmiştir (Dassanayake ve diğ, 2011). MJK’nın amacı minimum seviyedeki oleojelatör konsantrasyonunu belirlenmesiyle fazla oleojelatör kullanımından kaçınmaktır. Analiz sonucunda CRW ve CDW’ nin sırasıyla MJK değerleri

%6 ve %2 bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu değerler oleojel oluşturmak için kullanılan mum karışımının içeriğindeki oranı belirlemede göz önüne alınmıştır. Karışımın mum formulasyonu ağırlıkça %6 olmak üzere %75CDW-%25CRW şeklindedir ve bu karışımın MJK değeri %5 bulunmuştur. Oleojelatör oranının fazla olması daha kısa sürede jelleşme sağlamaktadır. Jelleşmenin kısa sürede tamamlanabilmesi gıda uygulamalarında olumlu bir durum olarak görülse de, üründe renk, lezzet ve yapı kusurları gibi bazı kalite problemlerini beraberinde getirmektedir. Bu sebeple (Co ve Marangoni, 2012) tarafından oleojelatör oranının en fazla %10 civarında olması gerektiği önerilmiştir. Bu durum göz önüne alındığında çalışmamızda kullanılan % 6 lık karışım mum oranının olumlu sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir. Patel ve diğ, (2015) tarafından farklı doğal mumların jelleşme davranışları ve reolojik karakterizasyonunu belirlemek için yapılan bir çalışmada SW (ayçiçeği mumu) ve BW (balmumu)’nin MJK değerlerinin sırasıyla %0.5 ve %6 olduğu belirtilmiştir. Keten tohumu yağı, mısır yağı, ayçiçek yağı ve kamelya yağının farklı oranlardaki balmumu ile (%0.8-1.00-1.2-1.4-1.6-1.8-2.00) oleojeller hazırlanmış ve elde edilen oleojelin kristal ağ yapısı ile stabilitesi incelenmiştir. Sonuç olarak balmumu konsantrasyonunun %4 oranında stabil jel oluşturduğu bildirilmiştir (Han ve diğ, 2018). Bulunan MJK değerinin literatürdeki çalışmalarla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Jill ve diğ, (2023) tarafından MJK’nın kullanılan mumların çeşidi, yağın türü ve diğer bileşenlerinin yanı sıra oleojel oluşum mekanizmasına da bağlı olarak değişiklik gösterebileceği belirtilmiştir.

4.3.3 Kristalizasyon oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi

Kristalizasyon oluşum zamanı (KOZ) ve yağ bağlama kapasitesi (YBK) her iki mum için ayrı ayrı yapılmamıştır. Yalnızca belirlenen konsantrasyonda karışım yapılan mum karışımı için hazırlanan oleojele yapılmıştır (Çizelge 4.2). KOZ değeri 5,15 dk olarak kaydedilirken YBK değeri %99,9 olarak bulunmuştur. Ayçiçeği mumu ve balmumunun %3, %7 ve %10 oranlarında zeytinyağına eklenmesi ile oluşturulan oleojellerin kahvaltılık margarin ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, KOZ değerleri 3,5 ile 10 dakika aralığında, YBK değerleri ise %99,57 ile %99,69 arasında bulunmuştur (Öğütücü ve Yılmaz, 2014). Karnauba mumu ve monogliseritin nar çekirdeği yağı organojellerinin karşılaştırılmasının yapıldığı bir başka çalışmada karnauba mumunun ve monogliseritin ayrı ayrı %3, %7, %10 oranında nar çekirdeği yağına katılmasıyla oleojeller elde edilmiş ve ticari margarin ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada kaydedilen KOZ değerleri aralığı 8 ile 14 dk olarak bulunurken YBK değerlerinin aralığının ise %36,95 ile %97,29 arasında olduğu belirtilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2014).

Analiz sonucunda bulunan değerlerin literatürdeki verilerle benzerlik gösterdiği hem KOZ hem YBK değerlerinin başka çalışmalardaki değerlerle uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.3.4 Renk Değerleri

Oleojelin renk analizine ait sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Karışım mum formülasyonundan oluşan olejelin L^* (aydınlık), a^* (+ kırmızılık/ – yeşillik) ve b^* (+ sarılık/ – mavilik) değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda L^* değeri 33,36, a^* değeri -3,145 ve b^* değeri ise 4,25 olarak kaydedilmiştir. Kanola yağının balmumu ile oleojel oluşturduğu bir çalışmada β -karoten'in (0,0, 0,025, 0,05, 0,1, 0,2 ve 0,4 g) ilave edilmesiyle oleojellerin rengi, dokusal ve reolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bulunan L^* değerlerinin 24,04 ile 52,22 arasında değiştiği, a^* değerlerinin - 3,78 ile 20,35 arasında olduğu - 3,78 değerinin β -karotensiz oleojele ait olduğunu ve β -karoten ilavesinin kırmızılık değerinde belirgin bir azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında, b^* değerinin ise 3,91 ile 28,75 arasında kaydedildiği bildirilmiştir (Barragán ve diğ, 2022). Jelleştirici türünün ayçiçeği mumu, kandelilla mumu, beyaz balmumu, sarı balmumu ve monoasilgliseroller kullanılarak kolza tohumu yağından üretilen oleojellerin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada renk değerleri şu şekilde bulunmuştur; L^* değerleri 45,06 ile 55,68 arasında, a^* değerleri -2,19 ile -3,11 ve b^* değerlerinin ise -2,70 ile 3,09 arasında olduğu belirtilmiştir (Kupiec ve diğ, 2020). Burada kandelilla mumunun değerleri dikkate alınacak olursa L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 45,06,-3,11, -2,70 olarak kaydedilmiştir. Bulunan sonuçların literatür değerleri ile benzerlik gösterdiği, verilen aralıkların içerisinde olduğu görülmektedir. Sonuçlar arasındaki küçük farklılıkların ise yağ türünün farklı olmasına ve kullanılan jelatör çeşidine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4. 4: Oleojelin renk ve tekstür özellikleri.

Fiziksel özellikler	Ortalama $\pm$ss
Sertlik (g)	2351,78 $\pm$ 482,96
Kesme kuvveti (g.s)	2843,95 $\pm$ 572,64
Yapışkanlık (g)	-569,69 $\pm$ 103,67
Yapışma kuvveti (g.s)	-349,535 $\pm$ 65,89
L^*	33,36 $\pm$ 0,05
a^*	-3,145 $\pm$ 0,12
b^*	4,255 $\pm$ 0,64

4.3.5 Tekstür Analizi Sonuçları

Oleojelin gıdalardaki doymuş yağ ikameleri olarak kullanılması gıdanın tekstürel özellikleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Oleojellerin mekanik özelliklerinin tekstür analizi ile belirlendiği sertlik, yapışkanlık gibi parametrelerin oleojel sistemi hakkında bilgi verdiği belirtilmiştir. Sertlik, oleojel üzerinde deformasyon meydana getirmek için ihtiyaç duyulan kuvvet olarak düşünülebilir. Yapışkanlık ise probu örnekten çıkarmak için uygulanan kuvvettir (Puşcaş ve diğ, 2021). Oleojele uygulanan tekstür analizi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Sertlik değeri 2351,78 g, kesme kuvveti 2843,95 g.s, yapışkanlık değeri -569,69 g ve yapışma kuvveti ise -349,535 g.mm olarak bulunmuştur.

Farklı jelleştiriciler, ayçiçeği mumu, kandelilla mumu, beyaz balmumu, sarı balmumu ve monoasilgliserol kullanılarak kolza tohumu yağından üretilen oleojellerin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada oleojellerin tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Sertlik değerlerinin 447.65 g ile 1609 g aralığında, yapışkanlık değerinin -496,66 ile -2077,16 arasında bulunmuştur. Kandelilla mumunun sertlik değeri 1293 g, yapışkanlık değeri ise -1089 g olarak kaydedilmiştir (Kupiec ve diğ, 2020). Zeytinyağının balmumu ve ayçiçeği mumu ile organojel oluşturduğu ve kahvaltılık margarin ile karşılaştırıldığı bir çalışmada elde edilen organojellerin depolama süresi boyunca tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda balmumu ile hazırlanan oleojellerin sertlik değerleri 19,40 ile 636,41g aralığında, ayçiçeği mumu ile oluşturulan oleojellerin de ise bu aralık 110,05 ile 924,89 g şeklinde bulunmuştur. Ayçiçeği mumunun balmumundan daha

sert oleojeller oluşturabildiği belirtilmiş ve aynı zamanda sertlik değerinin artışının kullanılan mum miktarıyla doğru orantılı olduğu vurgulanmıştır. Kesme kuvveti de çalışmada incelenmiş olup sonuçları balmumu oleojeli için 20,70 ile 1752,04 g arasında değişirken, SW oleojellerinde 187,68 ile 2119,24 g arasında değiştiği belirtilmiştir. Kesme kuvvetinin oleojelin yayılabilirliği ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Öğütücü ve Yılmaz, 2014). Verilen literatür sonuçları ile elde ettiğimiz analiz sonuçları kıyaslandığında değerlerin literatüre benzerlik göstermekle birlikte fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeni kullanılan yağların farklı olması, oleojel elde etme yönteminin değişiklik gösterebilmesi ve aynı zamanda sonuçları etkileyen ve oleojeller için önemli bir parametre olan mum konsantrasyonlarının farklı olmasıdır. Çalışmamızda kullandığımız mum çeşitlerinin sıkı ve kolay jel oluşturabilme yeteneği ve formülasyon içindeki oranı sonuçlar arasındaki farklılığın sebepleri arasında sayılabilir.

4.3.6 Oleojelin peroksit sayısı

Peroksit sayısı yemeklik sıvı yağlarda birincil oksidasyonun en iyi göstergelerinden biridir ve yenilebilir bitkisel yağların kodeks standartlarına göre üst değeri 10 meq aktif O₂ / kg yağ olarak belirlenmiştir (TGK, 2017). Çalışmamızda kayısı çekirdeği yağı oleojelinin peroksit sayısı sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Oleojelde herhangi bir depolama yapılmamış ve analizler taze üretilen oleojele uygulanmıştır. Elde edilen peroksit değeri sonucu 2,1±0,0 meq aktif O₂ / kg yağ olarak bulunmuştur. Bu değer kabul edilebilir üst sınırın çok altında olduğu görülmüştür. Oleojelasyon uygulanmadan önce kayısı çekirdeği yağında peroksit analizi yapılmış ve sonuç 0,45±0,1 meq aktif O₂ / kg yağ olarak bulunmuştur. PV değerinin yağda daha düşükken oleojelde 2,1 meq aktif O₂ / kg yağ olması oleojel üretimi sırasında ısı kullanımına bağlı olarak artış göstermiş olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, kullanılan jelatörlerin hazır olarak satın alınmış olması, oleojel üretiminden önce bir süre beklemiş olması oksijenin varlığı ve ısı etkisiyle oksidasyona neden olabileceği ve sonuç olarak PV değerini arttırmış olabileceği düşünülmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, ayçiçek mumu ve poligliserol stearat organojelatörleriyle soğuk pres findık yağı oleojellerinin hazırlanması ve karakterize edilmesi konulu çalışmada peroksit değeri ayçiçeği mumu oleojelinde 2,0±0,9, poligliserol stearat ile hazırlanan oleojelde ise 2,3±1,2 meq aktif O₂ / kg bulunmuştur (Yılmaz ve Öz, 2023). Hwang ve diğ. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada farklı mumların balık yağının oksidasyondan korumadaki etkinliği araştırılmıştır. Mum konsantrasyonunun oksidasyona etkisini incelemek amacıyla 0. günde %1, 3, 5, 7 ve %9 SW oleojelleri için sırasıyla PV

değeri analiz edilmiş ve sonuçlar sırasıyla 4,36, 3,95, 4,31, 4,26 ve 4,47 meq aktif O₂ / kg olarak bulmuşlardır. Daha sonra 35 °C'de 7. günde %5 SW içeren oleojel diğer oleojellere göre daha düşük PV değerine sahip olduğu bulunmuş, ancak fazla mum kullanımının yağı daha iyi koruduğuna dair sonuç elde edemediklerini bildirmişlerdir. Son olarak, kullanılan mumun türü ne olursa olsun, yağın jelleşmesiyle balık yağı oksidasyonunun azaldığını vurgulamışlardır. Yağlardaki jelleşme nedeniyle yağın sirkülasyonu önemli ölçüde azaldığı ve bu nedenle, oleojeldeki yağın nispeten daha yavaş dolaşımının daha yavaş oksidasyonuna yol açtığını belirtmişlerdir. Tüm bu sonuçlara bakıldığında çalışmamızdaki oleojelin peroksit değerinin üst limitlerin altında, kabul edilebilir düzeyde ve çoğu literatür sonucundan da düşük çıkmasıyla, kullanılan kayısı çekirdeği yağı ve üretilen oleojelin oksidasyona karşı oldukça dayanıklı olduğu görülmüştür.

4.3.7 Oleojelin katı yağ oranı

Katı yağlardaki % SFC değeri, ilave edildiği gıdanın kalitesini, kristallenme eğilimini, elastik yapısını ve sürelebilirlik gibi birçok özelliğine etki eden önemli bir parametredir (Pehlivanoğlu ve diğ, 2016). Çalışmamızda %6 oranında jelatör karışımı içeren kayısı çekirdeği yağı oleojelinin katı yağ oranı (%SFC) çeşitli sıcaklık değerlerinde analiz edilmiştir (Çizelge 4.5). Sonuçlar incelendiğinde katı yağ oranının 40°C'nin altında nispeten sabit kaldığı sıcaklık değeri arttıkça katı yağ oranının azaldığı söylenebilir. Sonuçların daha iyi ifade edilebilmesi adına literatür ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Yılmaz ve Ögütçü (2014) tarafından balmumu ve monogliserit ile yapılan fındık yağı organojellerinin özellikleri ve stabilitesinin incelendiği çalışmada her iki jelatör oranı ayrı ayrı %3, %7, %10 olarak kullanılmış ve ticari katı bir yağ ile karşılaştırılmıştır. Ticari katı yağın 20 °C'de SFC oranı %30,35 iken organojellerde bu oran %1,96-8,52 arasında çıkmıştır. Ayrıca 35 °C'de tüm organojellerin SFC'si azalmıştır. Organojelasyon yoluyla yağın SFC'sinin önemli ölçüde artmadığı ve yağ asidi doygunluğu veya izometrisinde herhangi bir kimyasal değişiklik olmadığının kanıtlanmış olduğunu bildirmişlerdir. Yılmaz ve Ögütçü, (2015) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise nar çiçeği yağına karnauba ve monogliserit ile oleojelasyon işlemi uygulanmış ve katı yağ oranları incelenmiştir. Karnauba vaksı oleojellerinin 20°C'de SFC değerleri %2,96-8,71 arasında değişirken monogliserid oleojellerinin SFC değerleri ise %2,59- 9,43 arasında bulunmuştur.

Çizelge 4. 5: Oleojel katı yağ içerikleri (%).

	20°C	30°C	35°C	40°C	50°C
Oleojel Kati Yağ Oranı (%)	5,34±0,10	5,07±0,014	4,46±0,11	3,35±0,10	2,29±0,08

Yi ve diğ, (2017) tarafından yapılan çalışmada kanola yağının karnauba ile yapılan oleojeli ve balmumunun üzüm çekirdeği yağı ile yapılan oleojellerinin fizikokimyasal özellikleri ve oksidatif stabilitesi incelenmiştir. SFC değerleri sırasıyla kanola oleojeli için 10°C sıcaklıkta %5, 10 ve 15 oranlarında %4,48, 9,08 ve 13,63, balmumu oleojelinde aynı sıcaklıkta %5, 10 ve 15 için %4,08, %8,66 ve 13,66 bulunmuştur. Bu durumu, kullanılan oleojelatörlerin ergime noktalarının farklı olması ve kullanılan jelatör oranının artmasıyla doğru orantılı olarak katı yağ oranının da arttığını bildirerek açıklamışlardır. Sonuç olarak çalışmamız dahilinde elde edilen katı yağ oranlarının literatür verileri ile uyumlu olduğunu söylemek mümkündür. Bunun dışında kullanılan jelatör oranının da önceki çalışmalara kıyasla uygun olduğu ve katı yağ oranını arttırmayacak düzeyde seçildiği görülmüştür. Katı yağ oranını etkileyen diğer bir faktör olan jelatörlerin erime noktası (CDW: 60-73°C, CRW:80-85°C) ve kullanılan stok yağın içeriğinin de farklı olmasıyla çalışmamız literatürden küçük farklarla ayrılmaktadır.

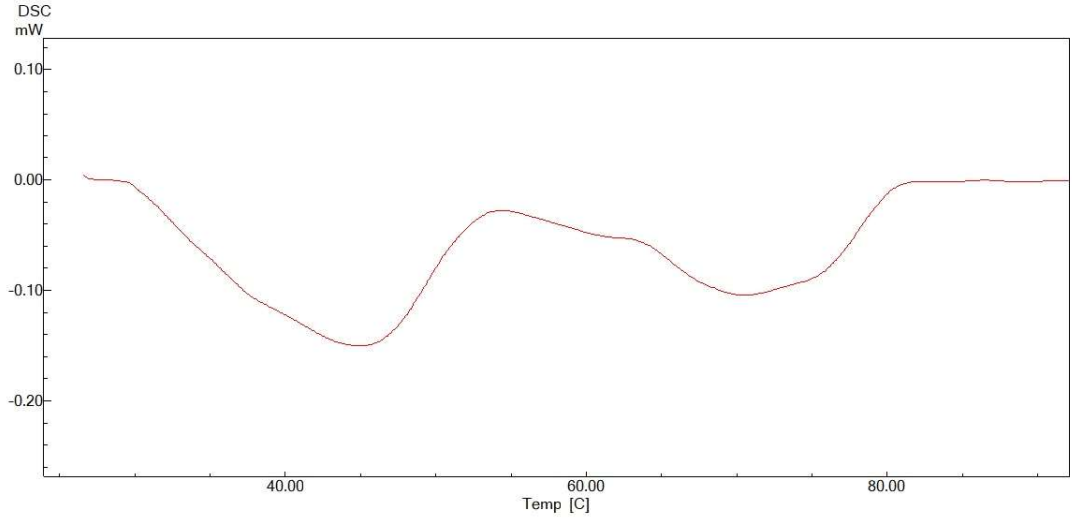
4.3.8 Oleojelin Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları (DSC)

Oleojeller de dahil tüm yapılandırılmış yağların termal özellikleri, ısı değişim işlemleri, ürünün depolama ve dağıtım potansiyellerinin yanı sıra diğer tüm teknolojik işlem tasarımı için önemlidir. Oleojelin, termal profiline ait bilgiler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Elde edilen termogramdan erime olaylarının başlangıcı (Onset), erime noktası (Tpeak), erime sonu (Endset) entalpileri (ΔH) hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 6: Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları.

OLEOJEL				
	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	Heat (J/g)
1. Pik	25,90±1,25	45,05±0,94	51,71±0,0	4,94±0,35
2. Pik	64,09±0,13	72,25±1,18	79,71±0,11	1,92±0,00

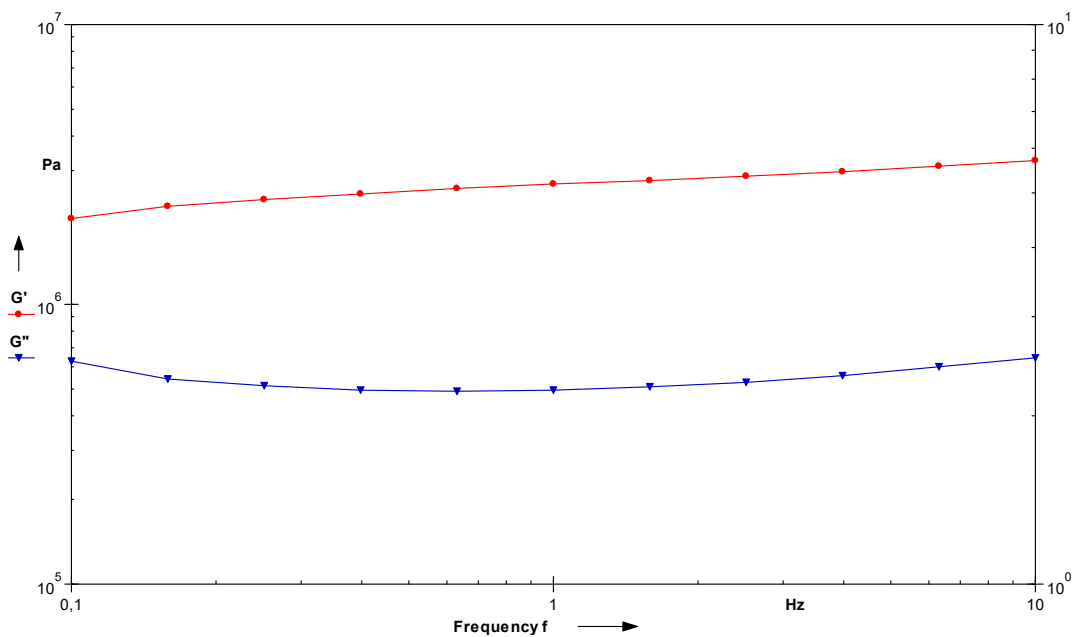
Analiz sonuçları incelendiğinde karnauba ve kandelila mumundan yapılan %6'lık oleojelin erime başlangıç sıcaklığının yaklaşık 64 °C erime bitiş sıcaklığının ise 79 °C olduğu görülmüştür. Heat değeri olarak verilen 1,92 j/g ise pik oluşumunun başladığı nokta ile bitiş noktası arasında geçen sürede oleojelin hapsedtiği enerjiyi ifade etmektedir. Literatür çalışmalarına bakıldığında, %5 pirinç kepeği mumu kullanılarak yapılan zeytinyağı oleojelinin erime sıcaklığı 57,9 °C olarak bulunmuştur (Dassanayake ve diğ, 2009). Yılmaz ve Öğütçü, (2015) tarafından yapılan çalışmada %3 oranında karnauba vaksı içeren narçiçeği yağı oleojelinin erime noktası 74,73 °C olarak tespit edilmiştir. Yılmaz ve Öğütçü, (2014) yaptığı başka bir çalışmada %7 karnauba mumu kullanılarak zeytinyağı oleojelleri elde edilmiş ve erime sıcaklığı 71,8 °C olarak kaydedilmiştir. Literatür sonuçları incelendiğinde çalışmamız sonucundaki veriler ile büyük oranda benzerlik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu değerlerin tamamen aynı çıkmaması kullanılan yağın ve mumun türü, mum konsantrasyonu ve mumların safsızlıkları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda kullanılan karnauba ve kandelila mumunun tek başına erime derecesi analiz edilmemiş fakat literatürde bu değerler sırasıyla 81 ila 86 °C, 70,5 °C arasında olduğu bilinmektedir (Freitas ve diğ, 2016, Morales-Rueda ve diğ, 2009). Bu durumda, oleojelin erime sıcaklığının kullanılan mumların erime sıcaklıklarına yakın oldukları düşünülmektedir.



Şekil 4. 1: Oleojele ait diferansiyel taramalı kalorimetri termogramı.

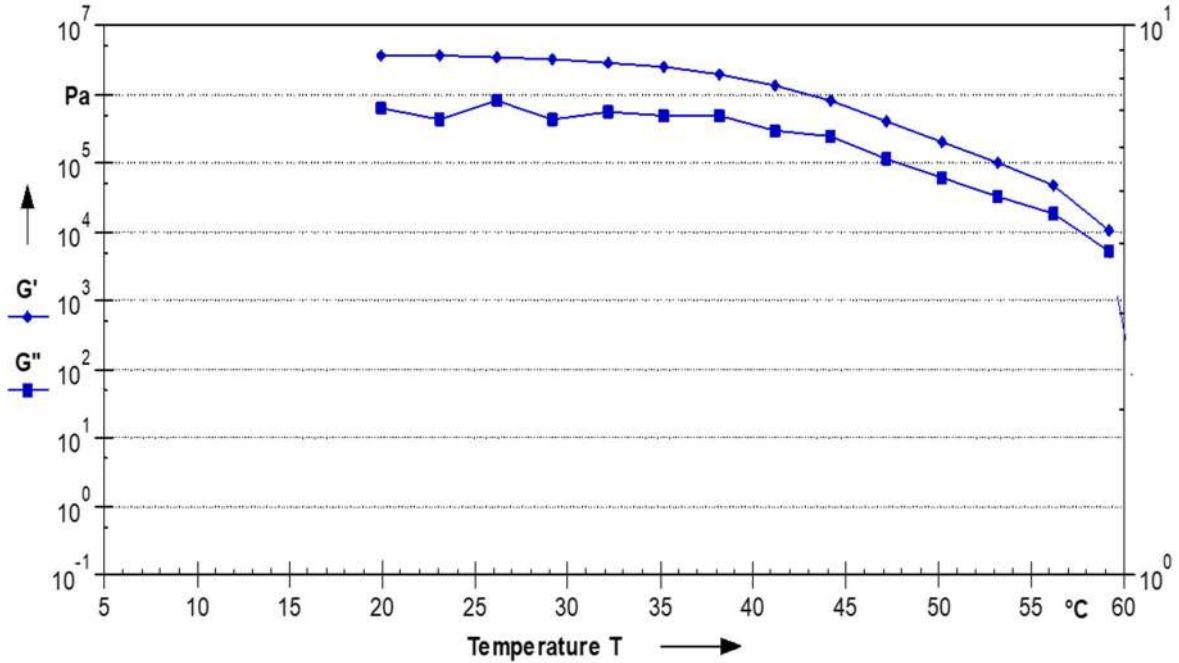
4.3.9 Oleojelin Reoloji Sonuçları

Olejele ait reolojik özellikler analiz edilmiş ve sonuçları verilmiştir. Gerçekleştirilen frekans tarama testi tahribatsız deformasyon aralığında bir numunenin zamana bağlı davranışını ölçmeye yardımcı olmaktadır. Frekans tarama ölçüm sonuçları Şekil 4.2’ de gösterilmiştir. Çalışmamızda analiz boyunca G' depolama modülünün G'' kayıp modülünden büyük olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, karışım mumlar ile hazırlanan olejelin yapısının jel olduğunu ve herhangi bir sinerez olmadan mevcut yapının korunduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 2: Oleojel frekans tarama sonuçları.

Oleojelin viskoelastik davranışını belirlemek için sıcaklık tarama testleri uygulanmıştır. Sıcaklığın 20 °C'den 80 °C'ye kadar 3'er derecelik sıcaklık artışıyla analiz gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık tarama testi sonuçları Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Oleojelin G' ve G'' değerleri başlangıç sıcaklığından yaklaşık 47 °C'ye kadar neredeyse sabit olarak devam ederken yaklaşık 60 °C de tamamen erime meydana gelmiştir. Bu durumun oleojelin oda sıcaklığında katı formda bulunacağını ve herhangi bir soğutma gerektirmeden kullanılabileceği için avantajlı olduğu düşünülmektedir (Yılmaz ve diğ, 2021). Ayçiçeği mumu ve balmumu oleojelinin hayvansal yağ ile kıyaslandığı bir çalışmada (G') ve (G'') değerlerinin açılal frekansın artmasıyla beraber artış gösterdiği bildirilmiştir. Aynı zamanda ayçiçek ve balmumu oleojellerinin (G') değerlerinin, (G'')'den daha büyük olması jel bir yapıya sahip olduklarını göstermiştir (Yılmaz ve diğ, 2020). Elde edilen reolojik analiz sonuçları incelendiğinde DSC analizi sonuçlarıyla uyum sağladığı görülmektedir. Sıcaklık tarama sonuçlarına bakıldığında oleojelin yaklaşık 40 °C -60 °C derece arasında erimeye başlamasına rağmen jel yapısını koruyabilmiştir.



Şekil 4. 3: Oleojel sıcaklık tarama sonuçları.

Mezger, (2014), bir oleojelin “güçlü jel” olarak tanımlanabilmesi için $G''/G' \leq 0.1$ koşulunu sağlaması gerektiğini belirtmiştir. Bu değerin aynı zamanda ‘kayıp faktörü’ ($\tan \delta$) olarak da adlandırıldığı ve 0,2-0,3 aralığının sineresis direncini ifade ettiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda oleojelin $\tan \delta$ değerinin artan sıcaklıkla birlikte artış gösterdiği ve ortalama değerinin 0,27 olduğu belirlenmiştir. Bu bilgiye dayanarak oleojelin güçlü jel özelliği gösterdiğini ve sineresise son derece dayanıklı olduğunu belirtmek mümkündür. Aynı zamanda oleojelin Çizelge 4.2’de gösterilen ve %99 oranındaki yağ bağlama kapasitesi de sineresise dayanıklı olduğunu kanıtlar özellikte bir bulgudur.

4.4 Bitki bazlı peynir analiz sonuçları

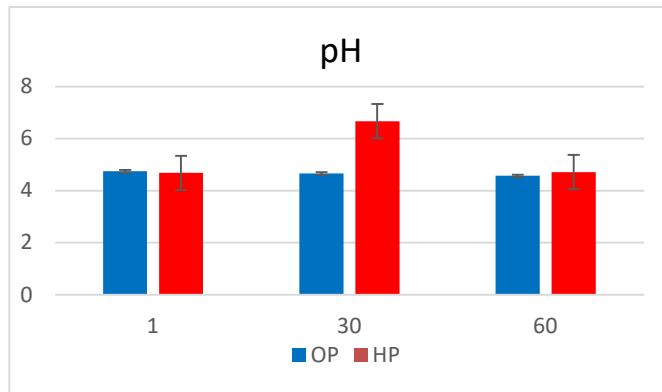
4.4.1 Kimyasal analiz sonuçları

Bitkisel peynirde protein, yağ, kuru madde, pH ve kül oranı yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir (Şekil 4.4, Çizelge 4.7). OP, oleojel içeren peynir, HP, Hindistan cevizi içeren peynir olarak kodlanmıştır.

Çizelge 4. 7: Bitkisel peynir kimyasal analiz sonuçları (%).

		Protein	Yağ	Kuru Madde	Kül
Bitkisel Peynirler	OP	7,04±0,01	10,05±0,00	34,94±1,68	1,40±0,78
	HP	7,19±0,04	10,02±0,05	33,82±0,03	1,18±0,72
	P	**	Ö.D	***	**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, Ö.D:Önemli değil.: örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4. 4: Bitki bazlı peynirlerin pH sonuçları.

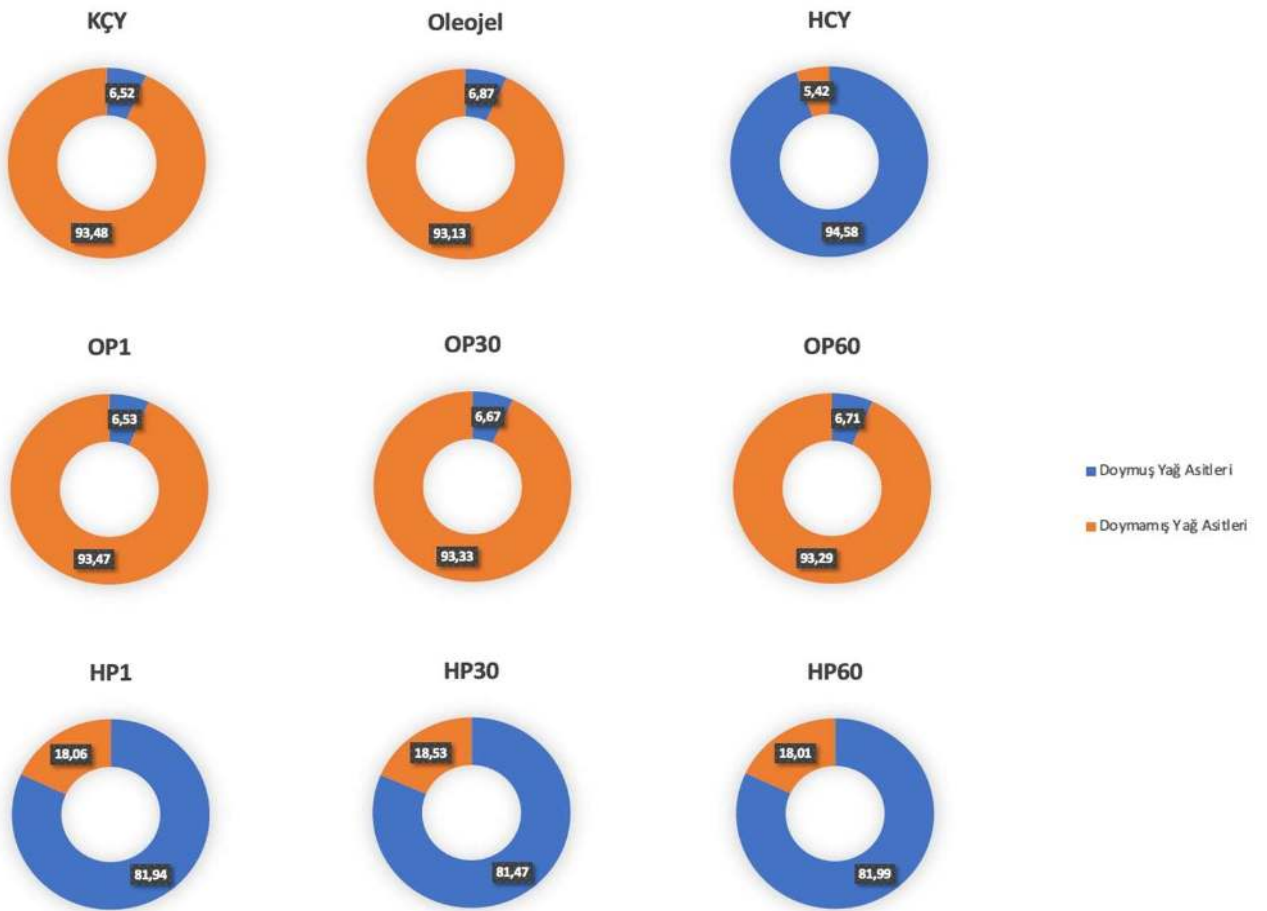
Çizelge 4.7 incelendiğinde, yağ ikamesi olarak oleojelin kullanıldığı bitkisel peynirin proteinin %7,04, yağ değerinin %10,05, kuru maddenin %34,94 ve kül miktarının da %1,40 olduğu görülmektedir. Hindistan cevizi yağı kullanılarak yapılmış olan bitkisel peynirin ise protein değerinin %7,19, yağın %10,02, kuru maddenin ve kül değerinin sırasıyla %33,82 ve %1,18 olduğu belirlenmiştir. Her iki bitkisel peynir çeşidinin sonuçları karşılaştırıldığında her bir bileşen ögesi için verilerin birbirine oldukça yakın oldukları görülmektedir. Grasso ve diğ, (2021) yaptığı bir çalışmada, dört ticari bitki bazlı blok peynirin bileşimi, yapısı ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiş, sonuçlar Cheddar ve işlenmiş peynir ile karşılaştırılmıştır. Cheddar ve işlenmiş peynirin protein sonuçları %25,04 ve %18,50 bulunurken, bitki bazlı 4 ticari peynirin protein değerleri %0,11-3,00 aralığında bulunmuştur. Yağ değerleri ise Cheddar ve işlenmiş peynirde sırasıyla %30,33 ve %24,67 iken bitki bazlı örneklerde %16,33- %20,67 arasında olduğu belirtilmiştir. Kuru madde ve kül oranları Cheddar ve işlenmiş peynir için sırasıyla %63,15-%53,89, %2,37-%3,85 olarak verilirken, bitkisel peynirler için bu aralıklar sırasıyla %52,81-%46,26, %0,41-%2,86 şeklinde bulunmuştur. Dobson ve Marangoni (2023) yaptıkları çalışmada modifiye nişasta, fava protein izolatu ve Hindistancevizi yağı kullanarak yüksek proteinli bitki bazlı peynir alternatifi üretmiş, çeşitli ticari bitki bazlı peynirler ve Cheddar peynirler ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda geleneksel Cheddar peynirlerin protein değeri aralığı %16-23, yağ aralığı %21-37 bulunmuştur. Ticari bitki bazlı Cheddar ve kaşar tipi peynirlerin ise protein ve yağ oranı aralığı sırasıyla %0-0,3, %23-24 şeklinde kaydedilmiştir. Protein bazlı bitkisel peynirin ise protein oranının %16, yağ oranının %21 olduğu bildirilmiştir. Literatürdeki bu veriler doğrultusunda, çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulguların uyumlu olduğu görülmüştür. Protein oranının literatürde belirtilen ticari bitki bazlı peynirlerden oldukça yüksek olduğu fakat kontrol olarak kullanılan hayvansal peynirlerden ise düşük değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında bitkisel peynirler için önemli bir parametre olan yağ oranı ve çeşidine bakıldığında çalışmamızdaki yağ oranının tüm bitkisel peynir örneklerinden düşük olduğu olumlu bir durum olarak kabul edilebilir. Ayrıca literatürde kullanılan yağların büyük çoğunluğunun Hindistan cevizi yağı olması ve yüksek oranda kullanılması çalışmamızdan farklı yanlarıdır. Bunun yanında literatürde incelenen kül değerlerinin elde ettiğimiz sonuçlar ile büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmüştür. Kuru madde miktarı sonuçlarının ise literatürden farklı olduğu gözlemlenmiş ve bu farklılığın peynir formülasyonunun içeriğine bağlı olabileceği düşünülmüştür.

Protein kaynağının peynir üretimine doğrudan izolat olarak katıldığı çalışmadaki protein oranı çalışmamızda elde ettiğimiz protein oranından fazla bulunmuş ve bu durumun kayısı çekirdeği pres kekinin bitkisel peynir içerisine izolat elde edilmeden doğrudan dahil edilmiş olmasına bağlanmıştır. pH değerleri arasında ise örnekler arası fark yokken, OP'nin depolamaları arasında pH değerleri bakımından önemli bir fark bulunmuştur. Salgado ve diğ, (2023) yaptıkları çalışmada zein-bezelye proteini bazlı bir formülasyon ile, ticari et ve peynir analoglarının dokusal özelliklerini geliştirecek şekilde, farklı konsantrasyonlarda kalsiyum hidroksit (%1-7) ilavesinin ürünün moleküler ve yapısal özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada pH aralığı 7,48-10,78 arasında bulunmuştur. Grasso ve diğ, (2021) tarafından yapılan çalışmada ise bitki bazlı peynir benzeri ürünlerin pH'sı 4,19 ila 4,31 arasında değişirken Cheddar ve eritme peynirlerinin pH değerleri sırasıyla 5,21 ve 5,87 arasında bulunmuştur. pH değerlerinin ise literatürdeki verilere benzerlik gösterdiği değerlendirilmiştir. pH değerleri arasında ise örnekler arası fark yokken, OP'nin depolamaları arasında pH değerleri bakımından önemli bir fark bulunmuştur. Salgado ve diğ, (2023) yaptıkları çalışmada zein-bezelye proteini bazlı bir formülasyon ile, ticari et ve peynir analoglarının dokusal özelliklerini geliştirecek şekilde, farklı konsantrasyonlarda kalsiyum hidroksit (%1-7) ilavesinin ürünün moleküler ve yapısal özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada pH aralığı 7,48-10,78 arasında bulunmuştur. Grasso ve diğ, (2021) tarafından yapılan çalışmada ise bitki bazlı peynir benzeri ürünlerin pH'sı 4,19 ila 4,31 arasında değişirken Cheddar ve eritme peynirlerinin pH değerleri sırasıyla 5,21 ve 5,87 arasında bulunmuştur. pH değerlerinin ise literatürdeki verilere benzerlik gösterdiği değerlendirilmiştir.

4.4.2 Bitkisel peynirlerin yağ asidi bileşiminin (%) belirlenmesi

Kayısı çekirdeği yağından elde edilen oleojel ile Hindistan cevizi yağı (HCY) kullanılarak iki çeşit bitkisel peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve bu peynirlerin yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Bu amaçla, ilk olarak her iki bitkisel peynir örneğinden ekstrakte edilen yağların yağ asidi kompozisyonları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Analiz sonucunda, 9 doymuş ve 5 doymamış yağ asidi olmak üzere toplam 14 farklı yağ asidi belirlenmiştir. Yapılan araştırmalara bakıldığında, vegan peynir formülasyonlarının en önemli bileşenlerinden birinin bitkisel yağlar olduğu görülmekte ve bu yağlar arasında en çok kullanılan bitkisel yağın, istenilen bileşim, doku ve çözünübilirlik, oda sıcaklığında mevcut formunu koruyabilme, dilimlenebilme veya sürülebilirlik konusunda hayvansal kaynaklı peynire en yakın sonuçları veren Hindistan cevizi yağı olduğu görülmüştür. Ayrıca

yapılan bitki bazlı peynirlerin piyasa araştırmasında %74'ünün hindistancevizi yağı içerdiğini bildirmiştir (Michel ve diğ, 2022). HCY' nin çalışmamız kapsamında da belirtilen yüksek doymuş yağ asidi oranına sahip olması (%94,58) bitkisel peynir üretiminde daha az doymuş yağ asidi içeren ikame yağlar ile değiştirilmesine yönelik çalışmalara da tüketicilerin daha sağlıklı beslenme arzuları karşılamak açısından gereksinim olduğunu ortaya koymuştur. KÇY doymamış yağ asitlerince zengin bir yağdır ve oda sıcaklığında sıvı haldedir. Bu çalışmada KÇY'ye yağ asitleri kompozisyonunu değiştirmeden katı yağ özellikleri kazandırmak için oleojelasyon işlemi uygulanmış ve bu şekilde bitkisel peynir üretiminde kullanılmıştır.



Şekil 4. 5: Bitkisel peynirlerin yağ asidi bileşimi.

Elde edilen bitkisel peynirler OP olarak adlandırılmış ve HCY içeren bitkisel HP peynirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde OP peynirlerinin HP peynirlerine kıyasla çok daha düşük düzeyde doymuş yağ oranına sahip olduğu ve bunun depolama boyunca devam ettiği tespit edilmiştir. Literatür araştırması sonucunda oleojel ile bitkisel

peynir üretimine yönelik çok az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bunlardan biri Moon ve diğ., (2021) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlarda kanola yağı oleojeli, palm yağı yerine kullanılmış ve yağ asidi bileşimi yönünden karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak oleojel içeren peynirlerin palm yağından yapılanlara kıyasla önemli oranda düşük doymuş yağ asidine sahip olduğu bildirilmiş ve oleojelin bitkisel peynir üretiminde kullanım potansiyeli olduğu belirtilmiştir. Huang ve diğ., (2018) tarafından yapılan çalışmada, işlenmiş peynir ürünleri formülasyonunda farklı oleojeller karşılaştırılmıştır. Bu amaçla ayçiçeği mumu ve pirinç kepeği mumu kullanılmış ve üründe yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Bunun sonucunda ticari kontrol peynirinin toplam doymuş yağ asidi %70 düzeyinde bulunurken, oleojel ikame edilmiş peynirlerde bu oran %48-50 aralığında olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında, yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda doymamış yağ asitleri bakımından zengin olan KÇY'den elde edilen oleojelin bitki bazlı peynir alternatifi ürün üretimi için uygun olduğu ve bitkisel peynir formülasyonlarında katı yağlara ikame olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

4.4.3 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Bitkisel peynir örneklerinin mikrobiyolojik analizleri 1. 30. ve 60. Günlerde +4 derecede depolama boyunca gerçekleştirilmiş ve toplam bakteri analiz sonuçları log kob/ml cinsinden hesaplanmıştır. Depolamanın ilk gününde herhangi bir bakteriyel gelişme oluşmazken 30. ve 60. günlerdeki sonuçların istatistiksel olarak ifadesi Çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4. 8: Mikrobiyoloji sonuçları (log kob/ml).

	Bitkisel Peynir	Depolama Günleri			<i>P</i> süre
		1	30	60	
TMAB (log kob/ml)	OP	0	3,27±0,03	3,96±0,02	**
	HP	0	2,08±0,00	2,16±0,07	**
	<i>Pörnek</i>	-	**	***	
Maya-küf	OP	T.E	T.E	T.E	-
	HP	T.E	T.E	T.E	-
	OP	T.E	T.E	T.E	-
Koliform	HP	T.E	T.E	T.E	-

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001, Ö.D:Önemli değil.: örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir

Literatüre bakıldığında, bitkisel ve süt bazlı protein kaynaklarından üretilen analog peynirlerin fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri ile aroma profilleri değerlendirildiği bir çalışmada, mikrobiyoloji sonuçları hayvansal peynirde TMAB (toplam mezofilik aerobik bakteri) sayısının 3,24 log kob/g'dan 4,69 kob/g'a bitkisel peynirdeki TMAB ise 3,04 kob/g'dan 6,43 kob/g'a yükseldiği belirtilmiştir. Depolama boyunca hayvansal peynirdeki maya-küf sayısının yaklaşık 5 log artış gösterdiği, bitkisel peynirde ise bu artışın ortalama 4,42 kob/g olduğu gözlemlenmiştir (Esen ve diğ., 2019). Acı bakla tohumlarının laktik asit bakterileri ve *Penicillium camemberti* ile bitki bazlı Camembert peyniri alternatifinde kullanıldığı bir çalışmada, laktik asit bakteri (LAB) sayısının başlangıçtaki 9.75×10^7 kob/g, maya-küfün ise 1.11×10^6 kob/g olduğu bildirilmiştir Olgunlaşma sırasında bu değerler önemli düzeyde artmış ve en yüksek LAB sayısı 35. günde gözlenmiştir ($3,16 \times 10^{12}$ kob/g; Lopusiewicz ve diğ., 2022). Çalışmamızda elde edilen mikrobiyolojik sonuçlar ile literatür değerleri karşılaştırıldığında Lopusiewicz ve diğ., (2022) tarafından bulunan sonuçlarda fermentasyonun gerçekleşmesi sebebiyle mikrobiyal aktivitede farklılıklar bulunmaktadır. OP ve HP peynirlerinin içerisinde herhangi bir starter veya LAB olmadığı için mikrobiyal gelişme benzer çalışma olan Esen ve diğ., (2019) tarafından elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Toplam maya-küf ve koliform grubu bakterilere ise 60 günlük depolama süresince rastlanmamıştır.

4.4.4 Bitki bazlı peynirlerin renk sonuçları

Bitkisel peynirlerde renk sonuçları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Analizler her iki peynir alternatifi için 1., 30. ve 60. depolama günlerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar depolamalar sonunda analiz edildiğinde OP ve HP arasında L^* değerlerinde örnekler arasında önemli bir fark bulunmazken HP örneğinin depolamaları arasında önemli farklılık olduğu görülmüştür ($P<0,05$). İki peynir örneği arasında a^* değerlerinde örnekler arasında fark yokken, HP örneğinin depolamaları arasında önemli fark oluşmuştur ($P<0,05$). Ayrıca, b^* değerleri arasında örnekler arasındaki fark önemli bulunurken, her iki peynirin depolamaları arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Örneklerin b^* değerlerinin farklı olması iki peynirin yağlarının farklı olmasına bağlanabilir. Hindistan cevizi yağı beyaz renklidir ve b^* değerini etkilememiştir, ancak OP'ye katılan oleojel sarı renktedir ve buna doğrusal olarak sarılık değeri daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Ferawati ve diğ., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unların farklı un su oranları (1:3, 1:3,5, 1:4, 1:4,5, 1:5) ve farklı gam oranları kappa ve iota-karragenan, kappa-karragenan ve ksantan gamı (10:90, 50:50, 90:10) ile bitki bazlı peynir analogları

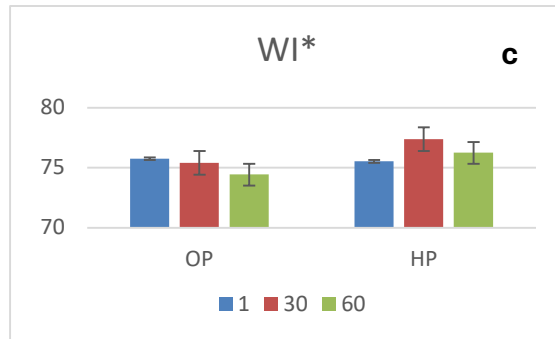
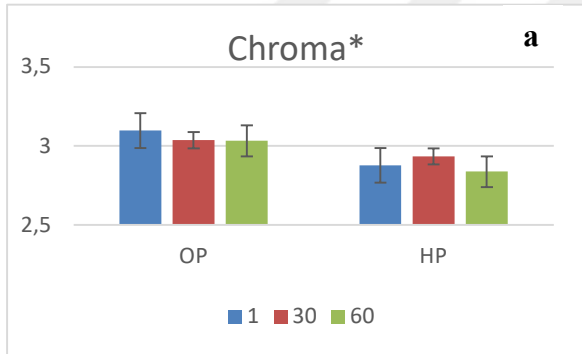
geliştirmek için kullanılmış ve Gouda peyniri ile ticari bir vegan peynir analoğu referans alınarak renk, tekstür gibi özellikleri incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda renk değerleri kaydedilmiştir. Dört farklı un ile üretilen bitkisel peynirlerin L^* değeri 69-75 arasında a^* değerinin 1-6 arasında ve b^* değerinin ise 17 ile 27 arasında olduğu bulunmuştur. Referans Gouda ve ticari vegan peynir analoğunun ise sırasıyla L^* , a^* ve b^* değerleri 78, 3, 25 ve 84, 4, 32 olarak kaydedilmiştir. Kavrulmuş unlardan yapılan peynirlerin L^* değerlerinin daha düşük olması rengin koyu olması kavrulma sırasında Maillard reaksiyonunun gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir. Formülasyona katılan bakliyatların renginin ve işleme şekillerinin peynirlerin renk özelliklerini etkilediği bildirilmiştir. Rengin doygunluğu hakkında bilgi veren kroma değeri, rengin kantitatif özelliği olarak kabul edilmektedir. Kroma değeri solgun renklerde düşük, canlı renklerde yüksek değerler almaktadır (Lopez ve diğ, 2017). Çalışmada elde edilen kroma değerleri Şekil 4.6a’ da verilmiştir. OP peynirinin kroma değerleri nispeten HP’ den yüksek çıkmakla beraber depolama boyunca önemli bir artış görülmemektedir. Hue açısı ise herhangi bir rengin mavimsi, kırmızımsı vb. olarak tanımlanmasını sağlayan kalitatif bir özellik olup, 0° ile 360° arasında değerler almaktadır. Hue açısı değerleri Şekil 4.6b’ de verilmiştir. Beyazlık indeksi (WI) sonuçları L^* aydınlık/parlaklık değerleriyle paralel sonuçlar göstermiştir. (Şekil 4.6c). HP peynirinin OP’den daha yüksek beyazlık indeksi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, HP peynirinin Hindistan cevizi yağı içermesi ve bu yağın OP’ye katılan oleojelden daha beyaz bir renge sahip olması sebebiyle bu sonuçlarla uyduğu söylenebilir.

Çizelge 4. 9: Bitkisel peynirlerin renk sonuçları.

	Bitkisel Peynir	Depolama Günleri			Ortalama	Örnek	Depolama	Örnek*Depolama
		1	30	60				
L^*	OP	78,86±0,282 ^b	78,21±0,18 ^b	77,07±0,16 ^a	78,04±0,82	Ö. D	Ö. D	**
	HP	77,73±0,02 ^a	80,13±0,46 ^b	78,63±0,28 ^a	78,83±1,11			
a^*	OP	-2,1±0,11 ^a	-2,01±0,46 ^a	-1,94±0,10 ^a	-2,01±0,10	Ö. D	Ö. D	**
	HP	-1,73±0,04 ^b	-2,03±0,04 ^a	-2,13±0,09 ^a	-2,03±0,20			
b^*	OP	11,70±0,27 ^a	11,23±0,09 ^a	11,02±0,09 ^a	11,31±0,33	***	Ö. D	*
	HP	10,03±0,02 ^a	10,63±0,12 ^a	10,23±0,37 ^a	10,33±0,33			

a,b,c : Depolamanın ortalamalar üzerinde oluşturduğu farklılıkları göstermektedir.

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001, Ö.D:Önemli değil.: örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir.



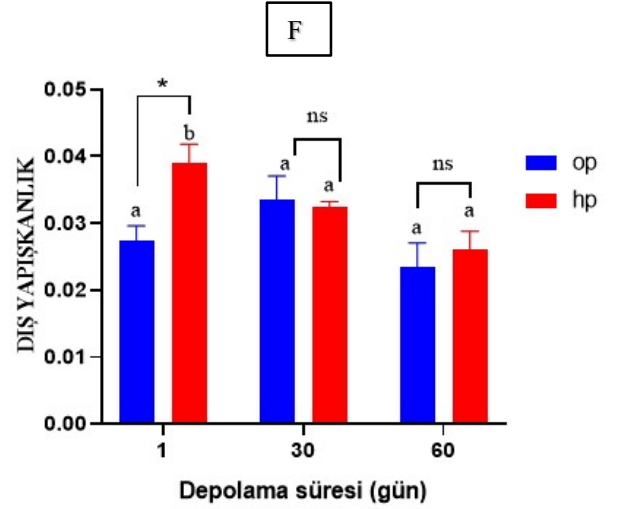
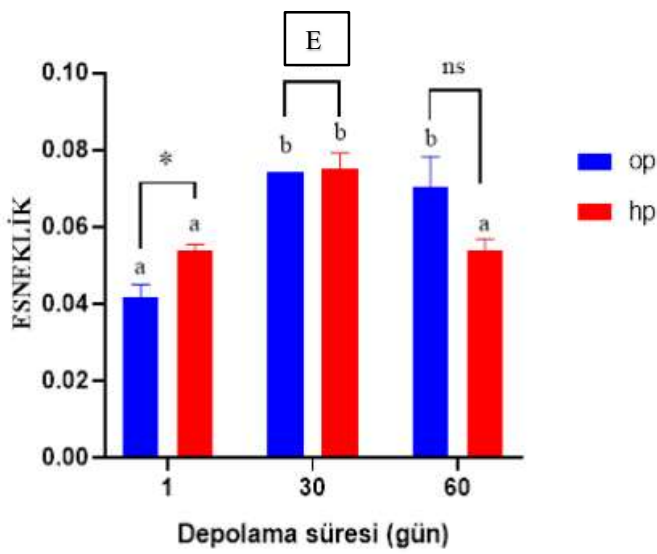
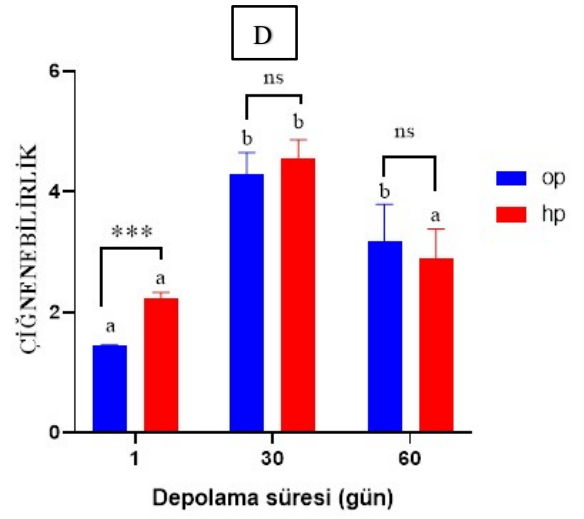
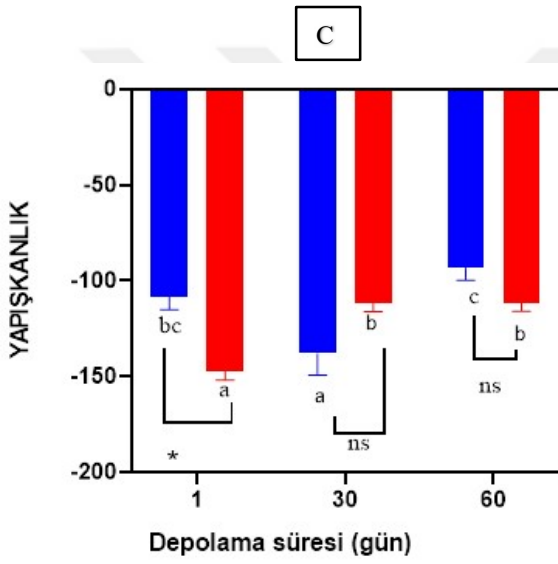
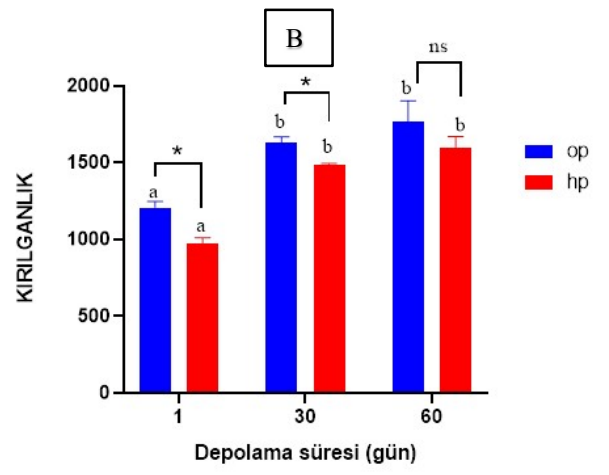
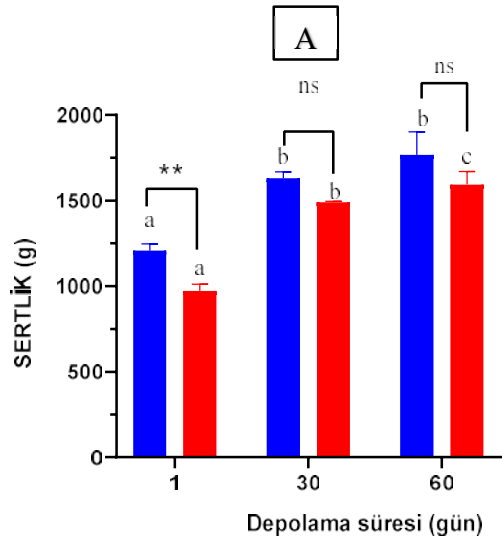
Şekil 4. 6: Renk sonuçları; chroma (a), hue (b), WI (c).

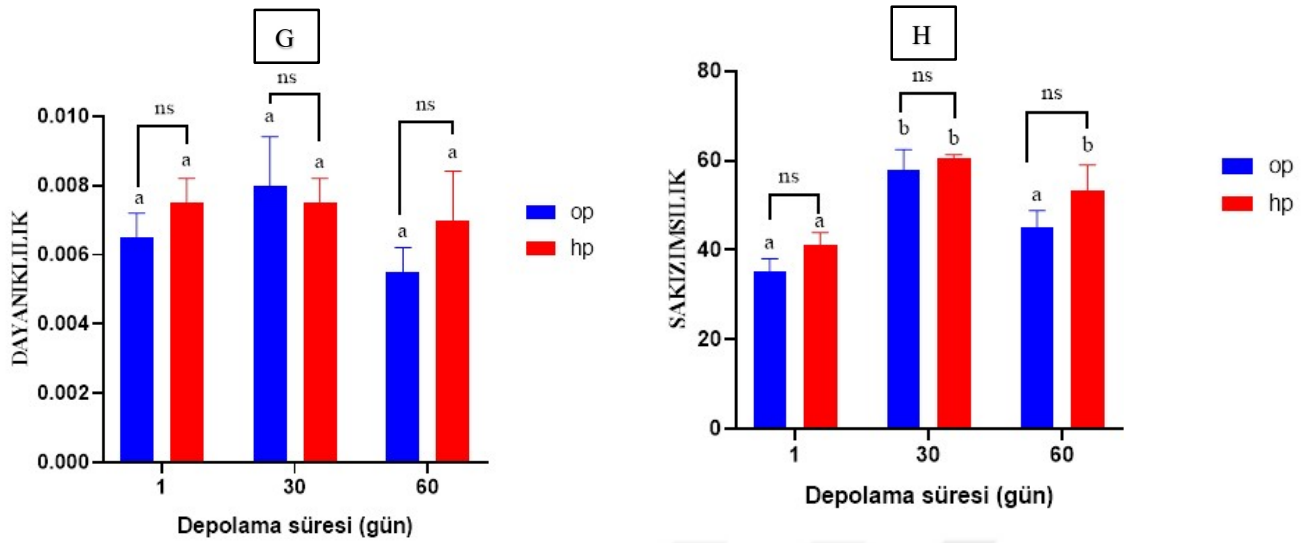
Salgado ve diğ, (2023) yaptıkları çalışmada zein-bezelye proteini bazlı bir formülasyon ile, ticari et ve peynir analoglarının dokusal özelliklerini geliştirecek şekilde, farklı konsantrasyonlarda kalsiyum hidroksit (%1-7) ilavesinin ürünün moleküler ve yapısal özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Buna göre, L^* değerlerinin 71,1-71,8, a^* değerinin 7,2-9,9 ve b^* değerinin 47,6-53,6 aralığında olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızdaki renk sonuçları literatür verileri ile karşılaştırıldığında, her iki bitki bazlı peynirin L^* değerlerinin daha yüksek, a^* değerlerinin verilen aralıklar içerisinde ve nispeten düşük olduğu peynirlerin herhangi bir kırmızılık göstermemesi sebebiyle a^* değerlerinin kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Sarılık ifadesi olan b^* değerinin ise literatürdeki verilerden oldukça düşük olduğu ve duruma peynir formülasyonunu oluşturan bileşenlerin tamamen farklı olmasının ve her bir bileşenin rengi etkilemiş olacağı düşünülmektedir.

4.4.5 Tekstür analiz sonuçları

Bitki bazlı peynirlerin tekstür analizleri depolama boyunca gerçekleştirilerek sertlik, kırılgenlik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik, dış yapışkanlık, dayanıklılık ve sakızimsılık değerleri incelenmiştir. Sonuçlar Şekil 4.7’de grafikler halinde gösterilmiştir. Her iki bitkisel peynir arasındaki farklılıklar ve depolama süresince gerçekleşen değişikliklerin istatistiksel karşılaştırması grafik üzerinde ifade edilmiştir. Bir gıdanın tekstürü yapısal unsurlarından kaynaklanan ve esas olarak dokunma duyusu ile algılanan birtakım fiziksel özellikler olarak tanımlanmaktadır. Belirli bir kuvvet uygulanan gıdanın bu kuvvet altındaki deformasyonu, direnci, parçalanması ve akması ile doğrudan ilgilidir (Giha ve diğ, 2021). Peynirlerin sertlik değerlerine bakıldığında örnekler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$). OP peynirinin HP peynirinden daha sert olduğu ve depolama boyunca her iki peynirde de sertliğin arttığı görülmüştür. Peynirlerde incelenen kırılgenlik ($P<0,05$), iç yapışkanlık ($P<0,05$), çiğnenebilirlik ($P<0,001$), esneklik ($P<0,05$) ve dış yapışkanlık ($P<0,05$) değerleri örnekler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Sakızimsılık ve dayanıklılık değerlerinde ise her iki örnek arasında ve bu örneklerin depolamaları boyunca herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir ($P>0.05$). Bakliyat unlarının bitki bazlı peynir analoglarının geliştirilmesinde kullanıldığı bir çalışmada tekstür özellikleri incelenmiştir. Çalışmada sertlik değerinin bakliyat unlarından yapılan peynirlerde 1883 g ile 2903 g arasında olduğu, referans olarak kullanılan Gouda ve ticari vegan peynirin sertlik değerleri ise sırasıyla 1636 g ve 5787 g olduğu kaydedilmiştir. Bakliyatların öğütülmeden önce farklı işlemlere bağlı olarak nişastada meydana gelen jelatinizasyon ve proteindeki denatürasyon derecesi birtakım değişikliklere ve netice olarak tekstürel özelliklerinde

farklılıklara neden olduğu değerlendirilmiştir. Bu değerler ile elde ettiğimiz sonuçlar karşılaştırıldığında HP ve OP peynirlerinin bakliyat unlarından yapılan peynir ile 30. ve 60. günlerindeki değerlere yakın olduğu görülmüştür. Ticari vegan peynir OP ve HP'den daha yüksek sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerine sahiptir. Ticari vegan peynirin sertlik ve çiğnenebilirliğinin bakliyat unlarından yapılan peynirlerden daha yüksek çıkması, yüksek nişasta barındırmasından kaynaklandığı ve yapıdaki suyu hapsedtiği değerlendirilmiştir (Ferrawati ve diğ, 2021). Yapışkanlık değeri ise depolamanın ilk gününde OP ve HP örnekleri arasında önemli bir farklılığa sahipken ($P<0,05$) 30. ve 60. günlerde önemli bir fark görülmemiştir. Grasso ve diğ, (2023) tarafından yapılan çalışmada zein protein izolatu (ZPI) ve nohut proteini konsantresi (CPC) kullanılmış ve %0 ZPI-100 CPC içeren peynir en yüksek yapışkanlığa sahipken %25 ZPI-75 CPC içeren peynir en az seviyede yapışkanlık sergilemiştir. Yapışkanlık, gıda ile temas yüzeyi arasındaki yapışma ve protein matrisinin yapısını etkileyen yağ ve protein arasındaki etkileşimlerle ilişkili bir parametredir. OP ve HP peynirlerinin protein miktarlarının, nişasta içeriklerinin benzer olması ve bu parametrelerin tekstürel özellikler üzerinde etkili olması sebebiyle genel olarak örneklerin tekstürel özellikleri arasında büyük farklar görülmemiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki veriler ile yakın olmakla beraber birtakım farklılıklara da sahiptir. Bu duruma sebep olarak, peynir formülasyonunun ve peynir üretiminde kullanılan tekniklerin (ısıtma işlemi vb.) tekstür üzerinde etkili olması gösterilebilir.





Şekil 4. 7: Tekstür analizleri grafik gösterimi.

A: Sertlik, B: Kırılgenlik, C: Yapışkanlık, D: Çiğnenebilirlik, E: Esneklik, F: Dış yapışkanlık, G: Dayanıklılık, H: Sakızimsılık grafikleri

a,b,c : ANOVA ile (Duncan çoklu karşılaştırma testi) yapılan ve depolama farkını gösteren istatistiksel analizler.

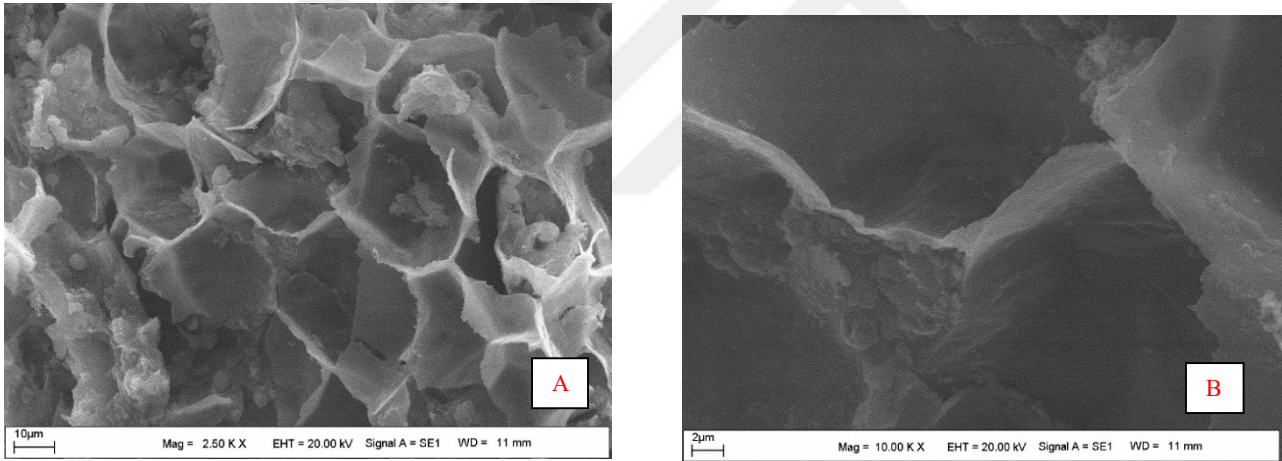
*: P<0.05, **: P<0.01, ***: P<0.001, ns: non significant: t-testi ile yapılan ve örnekler arasındaki farklılıkları gösteren istatistiksel analizler.

4.4.6 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile elde edilen mikroyapı sonuçları

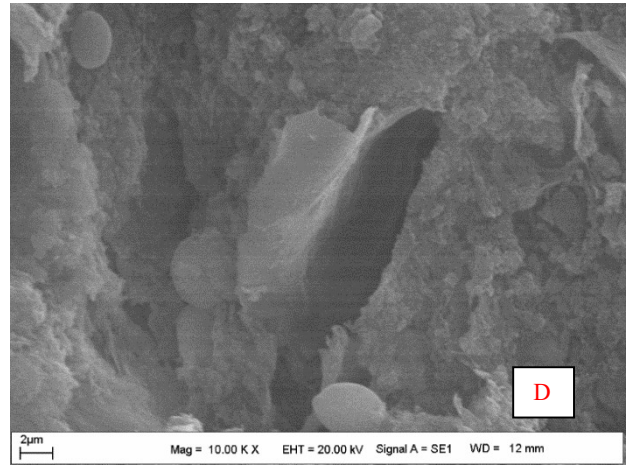
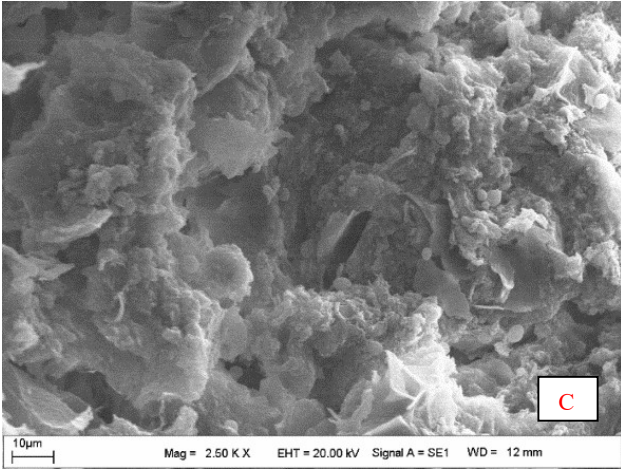
SEM, gıdaların mikro yapısının, kimyasal bileşiminin ve fiziksel (boyut ve şekil) karakterizasyonlarının incelenmesi ve analizi için kullanılmaktadır. Mikroyapı, peynirlerin teknolojik ve dokusal özelliklerinin geliştirilmesinde temel bir husustur. Peynirin mikro yapısı, içerdiği bileşenlere, pıhtılaştırıcılara (örneğin; enzimler, laktik asit bakterileri veya doğrudan asitlendirme), olgunlaşma derecesine ve depolama koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Mehda, 2018). Bitkisel peynirlerin taramalı elektron mikroskopu altında görüntüsünün incelendiği, farklı büyütme ve depolama günlerine ait mikrofotografılar Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11’de gösterilmiştir. Gözenek, peynirlerin mikroyapı yüzeyindeki birçok protein bağlantısı arasındaki açık alan olarak tanımlanan yapısal bir birimdir. Bu alanlar hava boşluklarının mevcut olduğu bölgelere karşılık gelmektedir. Peynir analoglarındaki gözenekler hakkında literatürde sınırlı bilgi olmasıyla birlikte, yapılan çalışmaların çok azında bu konuyla ilgili veriler bulunmaktadır. Bu çalışmalar, kısmi veya toplam süt yağı ikameli peynir analoglarının, geleneksel peynirlere kıyasla daha fazla sayıda

gözeneğe sahip olduğu ve bulunan gözeneklerin boyutlarının artış gösterdiğini bildirmişlerdir (Giha ve diğ, 2021). Bu durum, OP ve HP peynirlerinin mikrofotograflarında bulunan çok sayıda geniş boşluklu yapıların bulunması ile ilişkilendirilebilir. Bitkisel peynirlerin, taramalı elektron mikrofotograflarında, analiz için numune hazırlama sırasında yağın etanol, hekzan ve kloroform kullanılarak yapıdan uzaklaştırılmasıyla ayrılan yağ kürelerini temsil eden açık alanlar/boşluklar olabileceği düşünülmektedir. Verilen mikroyapı sonuçlarında OP ve HP peynirleri için depolamanın ilk günü ve son günü analizi yapılmış ve burada 2500 ve 10000 büyütmede sonuçlar gösterilmiştir. Örnekler arasında ilk gün analiz sonuçlarında orta ve büyük ölçekte ve kısmen düzenli çokgen şekilli küme gövdelerine sahip yapılar görülmüştür. Bu yapıların HP peynirinde OP peynirine kıyasla daha büyük çapa sahip olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu yapıların HP peynirinde OP ye nazaran daha stabil olduğu söylenebilir. Diğer yandan, iki peynirinde 60. depolama günündeki sonuçları incelendiğinde peynir matrisinin deformasyona uğradığı kısmen düzenli çokgen şekillerinin parçalandığı fakat OP de bu parçalanmanın daha az olduğu görülmüştür. Huang ve diğ, (2018) tarafından yapılan SEM analizi sonuçlarında oleojel içeren bitkisel krem peynirlerin oleojel içermeyen peynirde gözlemlenen yağ topaklaşmasını azalttığını ortaya çıkarmış ve bu durumun yüksek yağ bağlama kapasitesini de doğruladığı yorumu yapılmıştır. Bu bilgi doğrultusunda, oleojelde elde ettiğimiz yüksek yağ bağlama kapasitesi de düşünülerek OP nin HP den depolama sonunda daha az deformasyona uğraması ve yapının daha az bozulması, oleojellerin yağ topaklaşmasını azalttığı ve yapıyı sıkılaştırdığına bağlanabilir. Öte yandan, OP peynirinin oleojel içermesi dolayısıyla her ne kadar analiz öncesi yağ uzaklaştırılmış olsa da, oleojelin yapısında bulunan mumların ağsı yapı oluşturup dağılmayı engelleyebildiği de değerlendirilmektedir. İki bitkisel peynir örneği arasında bileşimsel olarak yağ ikamelerinin farklı olması dışında bir değişikliğe sahip olmamaları oluşan farkın yağ kaynağıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Mehta (2018), peynirin mikroyapısının fermentasyon ve proteolitik aktiviteye bağlı olarak değişebileceğini bildirmiştir. OP ve HP de düşük proteolitik aktivite olduğu ve depolama boyunca değişiklik göstermediği yapılan toplam serbest amino asit ve peptid profili analizleri ile belirlenmiştir (Şekil 4.13, Çizelge 4.11). Dolayısıyla 60. gündeki yapı farklılıklarının sebebi olarak biyokimyasal değişimden çok tekstürel deformasyon olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak, tekstür analiz sonuçlarının 1. ve 60. günlerinde sertlik, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık gibi parametrelerin örnekler arasında ve depolama günlerinde değişiklik göstermesi SEM sonuçlarını da etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, OP ve HP peynirleri ilk üretim gününden ilerleyen depolama gününe stabil kalmadığı, yapısının kısmen bozulduğu SEM

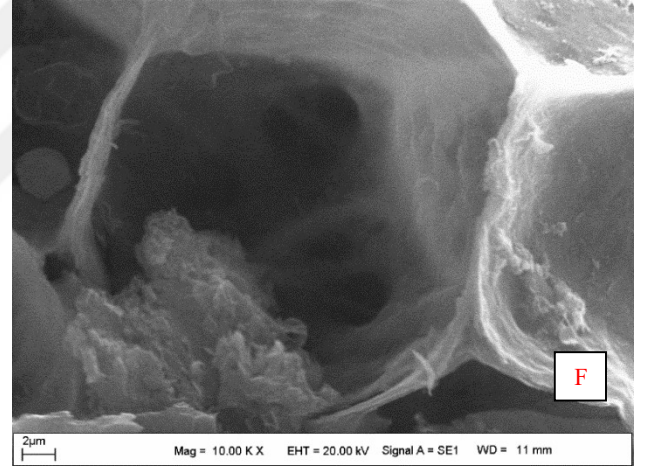
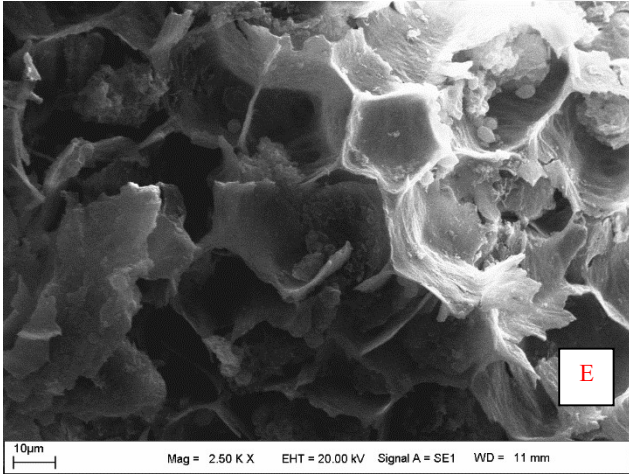
analizi sonuçlarında görülebilmektedir. Cunha ve diğ, (2010) tarafından yapılan bitkisel yağ ile yapılan sürülebilir işlenmiş peynir analogunun mikroyapı, doku, renk ve duyusal değerlendirmesi çalışmasında süt yağının bir kısmının (%25 ve %50) hidrojene bitkisel yağ ile ikame edilmesi, işlenmiş peynirin mikro yapısında önemli değişikliklere yol açmakla beraber bitkisel yağ yüzdesinin artmasıyla birlikte yağ globüllerinin boyutunun arttığını ve protein matrisindeki dağılımlarının düzgün olmayan yapılar gösterdiği bildirilmiştir. Ramel ve Marangoni (2018) tarafından yapılan peynirde süt yağının kanola yağı ile değiştirilmesine yönelik çalışmada, kanola yağının stabil hale getirilip peynire ilave edildikten sonra mikroyapı analizi gerçekleştirilmiş ve susuz süt yağı kullanılarak yapılan peynirlerin mikrograflarında yağ parçacıkları ile protein matrisi arasında pürüzsüz bir arayüz oluşurken, kanola yağından yapılan peynirdeki yağ damlacıkları, kaba bir yağ-protein arayüzüne sahip olmuştur. Aynı zamanda kanola yağı mikrografında çok sayıda boşluklar bulunduğu bildirilmiştir.



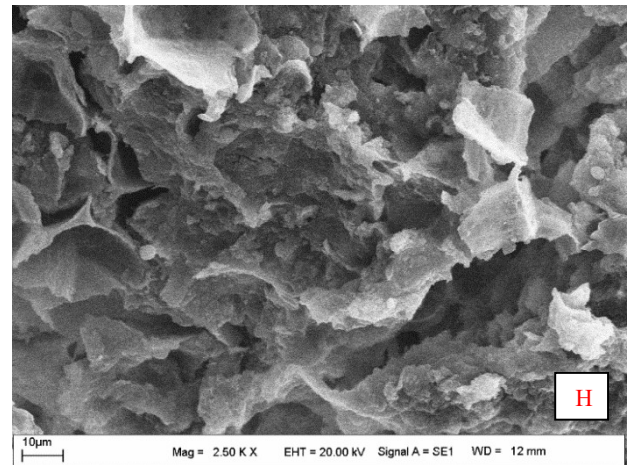
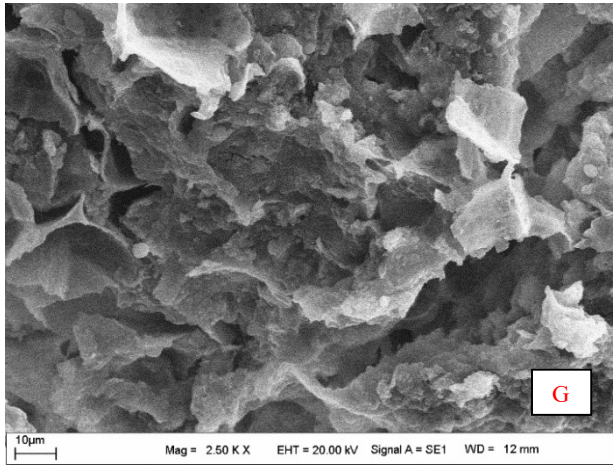
Şekil 4. 8: HP-1 örneğine ait 2500 (A) ve 10000 (B) büyütme SEM görüntüleri.



Şekil 4. 9: HP-60 örneğine ait 2500 (C) ve 10000 (D) büyütmeli SEM görüntüleri.



Şekil 4. 10: OP-1 örneğine ait 2500 (E) ve 10000 (F) büyütmeli SEM görüntüleri.



Şekil 4. 11: OP-60 örneğine ait 2500 (G) ve 10000 (H) büyütmeli SEM görüntüleri.

4.4.7 Eriyebilirlik sonuçları

Bitkisel peynirlerin erime özellikleri Shreiber testi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçların istatistiksel karşılaştırmaları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Her iki peynir örneği arasında eriyebilirlik noktasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). OP örneğinin depolamaları arasında önemli bir fark bulunmazken, HP peynirinde depolamalar arasında önemli düzeyde fark olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$). HP peynirinin erime kabiliyetinin depolama boyunca azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni peynirin depolamanın son gününde yapısında deformasyonlar olmasına ve sertlik değerinin artmasına bağlı olarak erimenin azalmış olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda HP nin içerdiği yüksek miktarda doymuş yağ asidi içeriği sebebiyle erime özelliğini etkilediği düşünülmektedir. Peynirlerin eriyebilirliğine ait görseller Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 10: Eriyebilirlik (% değişim) sonuçları.

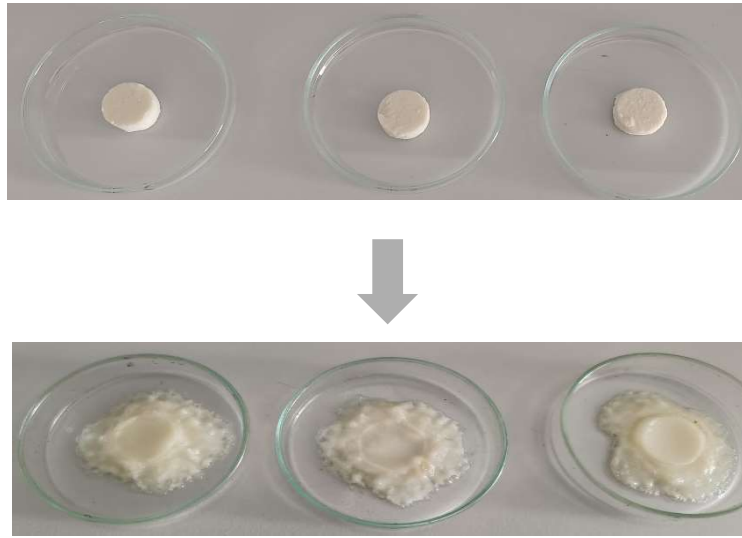
Bitkisel Peynir	Depolama Günleri			Ortalama	Örnek	Depolama	Örnek*Depolama
	1	30	60				
Eriyebilirlik (%)	OP	138±2,82 ^{ab}	151±7,57 ^b	127,08±8,83 ^a	138,75±12,04	Ö.D	
	HP	147,91±2,94 ^b	138,40±7,17 ^b	104,16±00	130,16±20,87	***	*

a,b,c : Farklı harflerle gösterilen değerler arasında $P<0.05$ düzeyinde farklılık vardır.

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$, Ö.D: Önemli değil.: Depolama ve örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ve interaksyonu göstermektedir.

Grasso ve diğ, (2021) tarafından dört farklı ticari bitki bazlı blok peynirin bileşimi, yapısı ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiş, sonuçlar Cheddar ve işlenmiş peynir ile karşılaştırılmıştır. Bitki bazlı peynirlerin %5,59 ile %21,00 arasında çap genişliklerinde artışlar gösterdikleri belirtilmiştir. Moon ve diğ, (2021) palm yağı yerine oleojel kullanılmasının analog peynirin eriyebilirliği üzerindeki etkisini incelediği çalışmada, palm yağından yapılan peynirlerin eriyebilirlik değeri 82,75 mm olarak belirlenmiş olup, bu değerin %3 ve %6 oleojel içeren peynir numunelerinin sırasıyla 82,25-80,50 mm %9 oleojel içeren örneğin ise 78,50 mm olduğu bulunmuştur. %9 oranında oleojel kullanımının analog peynirin erime özelliklerinin azalmasına yol açtığı ve bunun sebebinin kullanılan karnauba mumunun alifatik esterlerden oluşan bir karışımdan ileri geldiği, sert dokunun yanı sıra yüksek bir erime noktasına sahip doğal mum olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Mumun fazla kullanımının peynirin eriyebilirliği üzerinde olumsuz etki yaratabileceği belirtilmiştir.

Grasso ve diğ, (2023) tarafından zein protein izolatu ve nohut proteini konsantresi içeriklerinin karışımları kullanılarak formüle edilen bitki bazlı peynirlerde erime özellikleri incelenmiş ve çalışmada en yüksek erime değerini %100 zein katılan peynirde %25 olarak kaydederken, zein içermeyen peynirde hiç çap genişlemesi gözlemlenmemiştir.



Şekil 4. 12: Peynirlerin eriyebilirliğine ait görseller (OP).

Fu ve Yano, (2022) tarafından Mozzarella peyniri (MPC), Gouda peyniri ve Cheddar peyniri karışımı (MNC) ve soya sütünden yapılan vegan peynirinin (MVC) erime yayılma ve esneme davranışlarını incelemişlerdir. MNC ve MPC sırasıyla yaklaşık 17 -23 mm ve 16 - 24 mm arasında değişen erimeye sahipken, MVC ise analiz sırasında yanmasına rağmen

erimemiştir. Literatür sonuçları ile bu çalışmadaki bulgularımız kıyaslandığında OP ve HP peynirlerinin daha yüksek erime özelliği sergilediği görülmektedir. Ayrıca yapılan bir çok çalışmalarla geliştirilmeye çalışılan ve önemli bir parametre olduğu belirtilen eriyebilirlik için elde ettiğimiz sonuçlar kayda değer bir bulgu olduğu değerlendirilmiştir.

4.4.8 Toplam serbest amino asit miktarı sonuçları

Toplam serbest amino asit analizi OP ve HP örneklerine depolama günlerinde yapılmış ve analiz sonuçlarının istatistiksel olarak karşılaştırması Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Analiz yönteminin prensibi peptit bağlarının kadmiyum reaktifi ile parçalanıp açığa çıkan bir amino grubunun kromojenik bir madde (ninhidrin) ile reaksiyonu sonucu 507 nm’de verdiği absorbans değerinin ölçülmesine dayanmaktadır (Hayaloğlu ve diğ, 2011).

Çizelge 4. 11: Peynirlerin toplam serbest amino asit miktarları.

	Bitkisel Peynir	Depolama Günleri			Ortalama	Örnek	Depolama	Örnek * Depolama
		1	30	60				
Toplam Serbest Amino Asit	OP	26,26±0,6 ^a	25,83±3,70 ^a	28,93±0,77 ^a	27,00±2,27	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	HP	25,93±0,07 ^a	27,94±2,35 ^a	22,96±2,27 ^a	25,61±2,67		Ö.D	

a,b,c : Farklı harflerle gösterilen değerler arasında P<0.05 düzeyinde farklılık vardır.

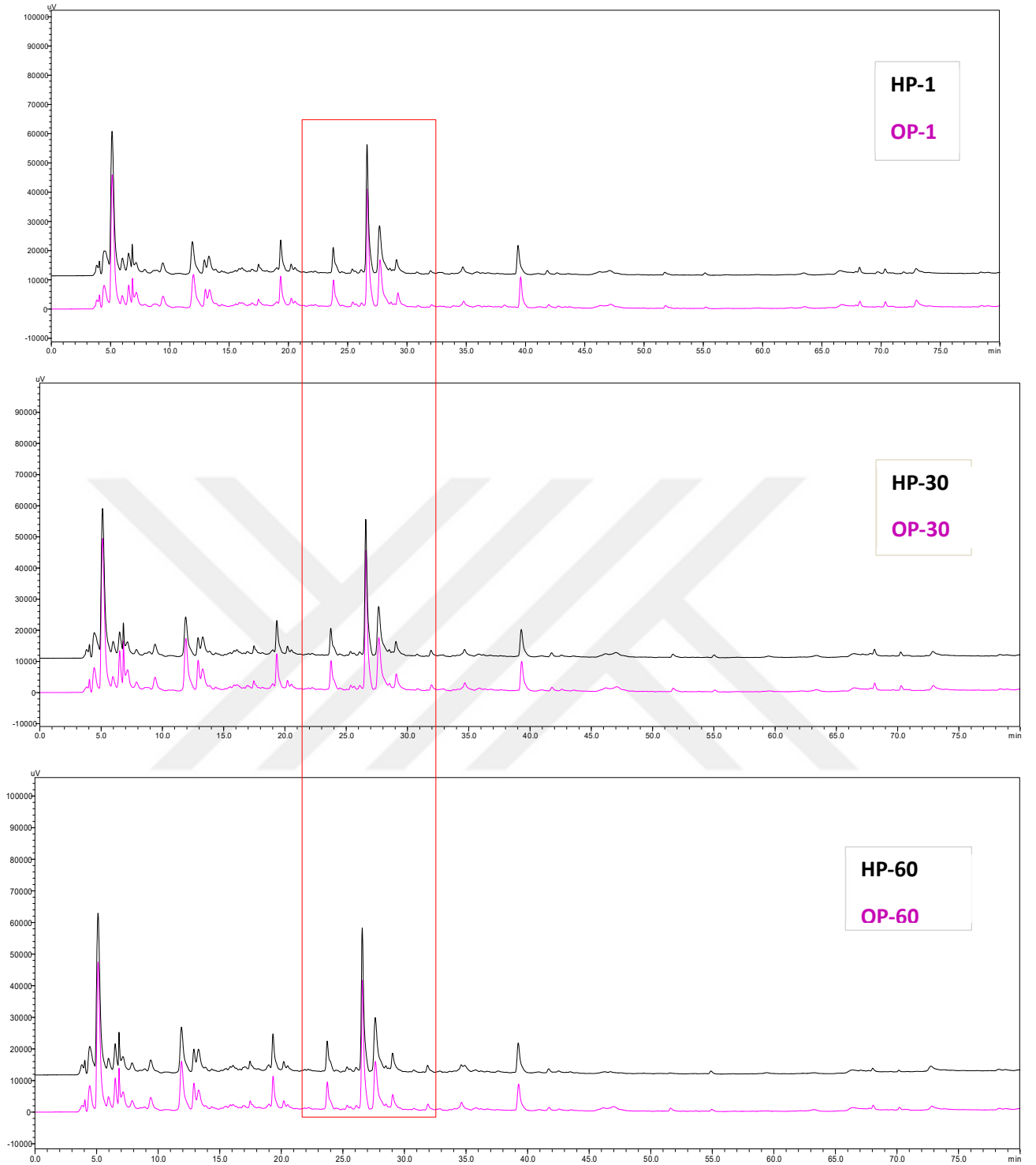
*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001, Ö.D: Önemli değil.: Depolama ve örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ve interaksyonu göstermektedir.

Lopusiewicz ve diğ, (2022) tarafından acı bakla tohumlarının laktik asit bakterileri ve *Penicillium camemberti* ile yapılan bitki bazlı Camembert alternatifinin olgunlaşma sırasındaki (7 hafta) fizikokimyasal değişikliklerinin incelendiği bir çalışmada bitki bazlı peynirlerin toplam serbest amino asit analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, depolamanın ilk gün ve son gün olmak üzere 8,32-358 mg Gly/g şeklindedir. Çalışma sonucunda acı bakla proteininin mikroorganizmalar tarafından kolaylıkla fermente edilebildiği ve bu durumun doğrudan ilerleyen proteolizi gösterdiği bildirilmiştir. Proteoliz, olgunlaşma sırasında peynirlerin dokusunda ve lezzetinde önemli bir rol oynadığı ve proteolizin derecesinin peynirin olgunlaşmasının önemli bir gösterge olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca pH değişikliklerinin de proteolize ait bilgiler verebileceğine değinmişlerdir. Çizelge 4.11 incelendiğinde OP ve HP peynirlerinin örnekleri arasında önemli bir farklılık olmadığı

($P>0,05$) görülmektedir. Depolama boyunca yapılan analiz sonuçlarında her iki peynir alternatifinde de istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Bu durumda literatür bilgileri de göz önüne alınarak toplam serbest amino asit miktarının değişmemesi depolama boyunca önemli bir proteolizin gerçekleşmediğini göstermektedir. Çalışmamızdaki her iki bitkisel peynir örneğinde de herhangi bir starter kültür kullanılmaması ve kayda değer bir fermentasyonun gerçekleşmemiş olması proteolizin gerçekleşmemesine sebep olarak gösterilebilir. Ayrıca Şekil 4.4'deki pH sonuçlarına bakıldığında depolamalar arasında önemli bir değişim olmaması da proteolizle ilişkilendirilmiştir.

4.4.9 HPLC peptid analiz sonuçları

Peynirde ikincil proteolizin belirlenmesinde, genellikle suda çözünen ekstraktların HPLC ile analizi uygulanmaktadır (McSweeney ve Fox 1997, Hayaloğlu 2013). HPLC kromatogramları; meydana gelen pik sayıları, yükseklikleri ve oluştuğu bölgeler (alınma zaman periyotları) peynirde proteoliz konusunda önemli bilgiler verebilmektedir. Peynir örneklerinin peptid profili bileşenlerin polaritesinden yararlanılarak belirlenmiştir. Örnek, apolar sabit bir faz içerisinden polar hareketli bir faz ile geçirilmiş ve bileşenler adsorpsiyon/desorpsiyon işlemi yardımıyla kolonu farklı sürelerde terk etmiştir (Law ve diğ, 1992). Çalışmamız dahilinde OP ve HP peynirlerinde 1., 30. ve 60. günlerde peptid profili ve bunların olgunlaşma süresindeki değişimleri incelenmiş ve analize ait kromatogramlar Şekil 4.13'de verilmiştir. Verilen şekillere bakıldığında toplam pik sayısında ve pik alanlarında örnekler arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda, her üç depolama için bitkisel peynirlerin profillerinin benzer olduğunu belirtmek mümkündür. Bu duruma ek olarak, OP ve HP peynirlerinde yapılan ve proteoliz oluşumu hakkında bilgi veren, toplam serbest amino asit analizi sonuçları da peptid sonuçları ile paralellik göstermekte ve bu durumu desteklemektedir. Diğer taraftan, Katsiari ve diğ, (2000) tarafından, proteoliz sonucunda oluşan ürünlerin peynirin yapı ve aromasını direkt ve dolaylı olarak etkilediği bildirilmiştir. Şekil 4.22'de gösterilen duyu analizi sonuçlarında da örnekler arasında ve depolama boyunca yapılan analizlerde panelistler tarafından peynirlerin benzer şekilde değerlendirilmesi, depolama boyunca tadında ve yapısında bariz farklılıkların olmaması da peptid sonuçları ve dolayısıyla proteolizin çok sınırlı düzeyde gerçekleşmesi ile paraleldir. OP ve HP arasındaki en önemli fark yağ ikamelerinin farklı olmasıdır. Bu durumda, oleojel ve Hindistan cevizi yağının kullanımının peynirlerdeki biyokimyasal reaksiyonları büyük ölçüde etkilemediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. 13: OP ve HP' nin HPLC ile peptid profil analizi kromotogramı.

Literatür çalışmalarına bakıldığında, bitkisel peynirlerde peptit profilinin incelendiği çok fazla çalışmaya rastlanılmamakla birlikte bitkisel bazlı süt ürünleri üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Soya sütü-inek sütü karışımının enzimle modifiye edilmiş beş proteinaz, bir peptidaz ve üç lipaz ile peynir alternatifine uygulanması sonucu peynirlerin

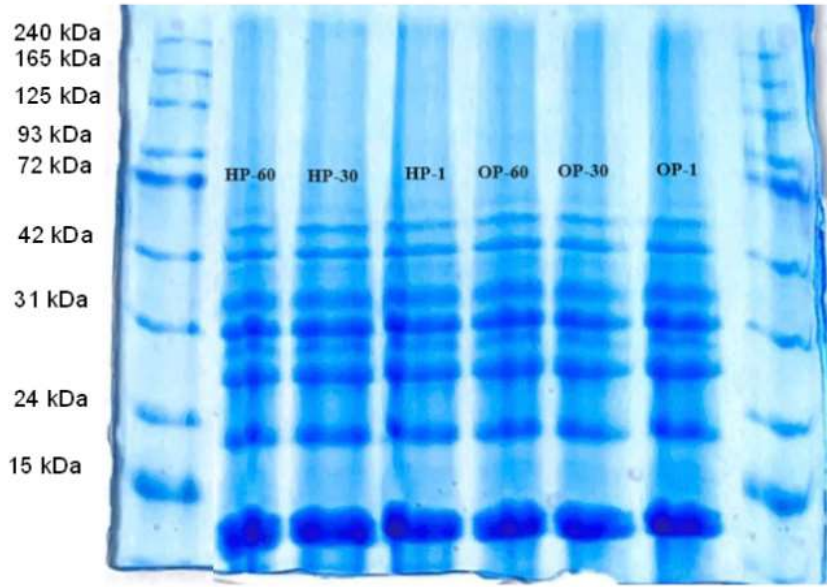
bileşimleri, proteoliz, lipoliz ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, peynirlerin enzimler ile proteoliz edilmesiyle serbest amino asit içerikleri ve peptit profillerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu duruma paralel olarak pH'nın depolama süreci boyunca düşüş gösterdiği bildirilmiştir

Sonuç olarak, proteolizin artması için proteinaz kombinasyonlarının daha fazla kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir (Ali ve diğ, 2017). Probiyotik suşlarının acı bakla yulaf bazlı yoğurdun proteolitik aktivitesi ve peptid profilleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, farklı probiyotik türlerinin uygun koşullar altında bitki bazlı yoğurda eklenmesi proteolitik aktiviteye, peptit oluşumuna, besin değerini artmasına ve ACE-inhibitör aktivitesi göstermesine katkıda bulunduğı belirtilmiştir.

Bununla birlikte, yoğurtların peptid profillerinin, kullanılan starter kültür kombinasyonuna bağılı olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Dhakal ve diğ, 2024). Çalışmamızda, iki bitkisel peynir çeşidinin formülasyonunda herhangi bir starter kültür olmaması, proteolizi tetikleyecek bir enzim ilavesi yapılmaması ve fermentasyonun gerçekleşmemesinin de etkisiyle başlangıçta belirlenen pik profili örnekten örneğe ve depolama boyunca önemli bir değışiklik göstermemiştir.

4.4.10 Elektroforetik protein profili

Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE), protein moleküllerinin boyut farklılıklarını, moleküler büyüklüklerini ve proteinlerin saflıklarının değılendirildiğı bir yöntemdir (Scopes, 1993). Bitki bazlı peynir örneklerinin elektroforetik protein profilinin belirlenmesi amacıyla depolama boyunca SDS-PAGE analizi gerçekleştirilmiştir. Ayırma ve sıralama olmak üzere pH değıerleri ve bileşimleri farklı olan jeller kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.14'te gösterilmiştir. OP ve HP peynirlerinin moleköl ağırlıklarının 72-15 kDa arasında olduğu görölmektedir. Bitki bazlı peynirler arasında büyük farklar oluşmamakla birlikte artan depolama süresiyle de örnekler arasında önemli bir değışiklik gerçekleşmediğı görölmektedir. Belirgin bantların oluşabilmesi amacıyla sıralama jeli kullanılmıştır. Bu doğrultuda, bantların her iki örnek içinde belirgin düzeyde bantlara sahip olduğu fakat bant yoğunluğunun ve bant koyuluğunun birbirine oldukça yakın olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. 14: Elektroforetik protein profili sonuçları.

Elde edilen sonuçlara dayanarak, proteinlerin SDS-PAGE ile moleküler ağırlık dağılımı nispeten düşük düzeyde bir olgunlaşma aşaması geçirmesinden dolayı küçük peptitlere rastlanmamıştır. Aynı zamanda molekül ağırlıkları azaldıkça jel içerisindeki bant yoğunluklarının azalmadığı görülmüştür. Son olarak, örnekler ve depolamalar arasında değişimin yaşanmaması yapıdaki peptitler arasında kısmen de olsa değişimler yaşanmış olsa da molekül ağırlığını değiştirmeden gerçekleştiği ve başlangıçtaki protein profiline benzer profil sergilediği söylenebilir. Elektroforez sonuçlarını düşük biyokimyasal olayların gerçekleştiği hakkında bilgi veren HPLC peptit profili sonuçları (Şekil 4.13), uçucu bileşen sonuçları (Çizelge 4.13) ve toplam serbest amino asit sonuçları (Çizelge 4.11) gibi sonuçlarla paralel olduğu söylenebilir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, *Bacillus subtilis* ile fermente edilmiş tofunun SDS-PAGE görüntüsünün ve fermentasyonun etkisinin incelendiği çalışmada, fermentasyonun artan sürelerinde, proteinlerin bant yoğunluğunun azaldığı düşük molekül ağırlıklı yeni protein bantlarının ortaya çıktığı bazı alt birimlerin büyük ölçüde kaybolduğu ve rengin soluklaştığı bildirilmiştir. Artan fermentasyon ile proteinlerin alt birimlerine tutarlı şekilde ayrıştığı söylenmiştir (Lee ve diğ, 2018). Bu noktada, fermentasyonun elektroforez sonuçlarını büyük ölçüde değiştirdiği görülmekle beraber çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların değişmemesinin herhangi bir fermentasyonun yaşanmamasına bağlanabileceği düşünülmüştür. Probiyotik suşlarının acı bakla-yulaf bazlı yoğurdun proteolitik aktivitesi,

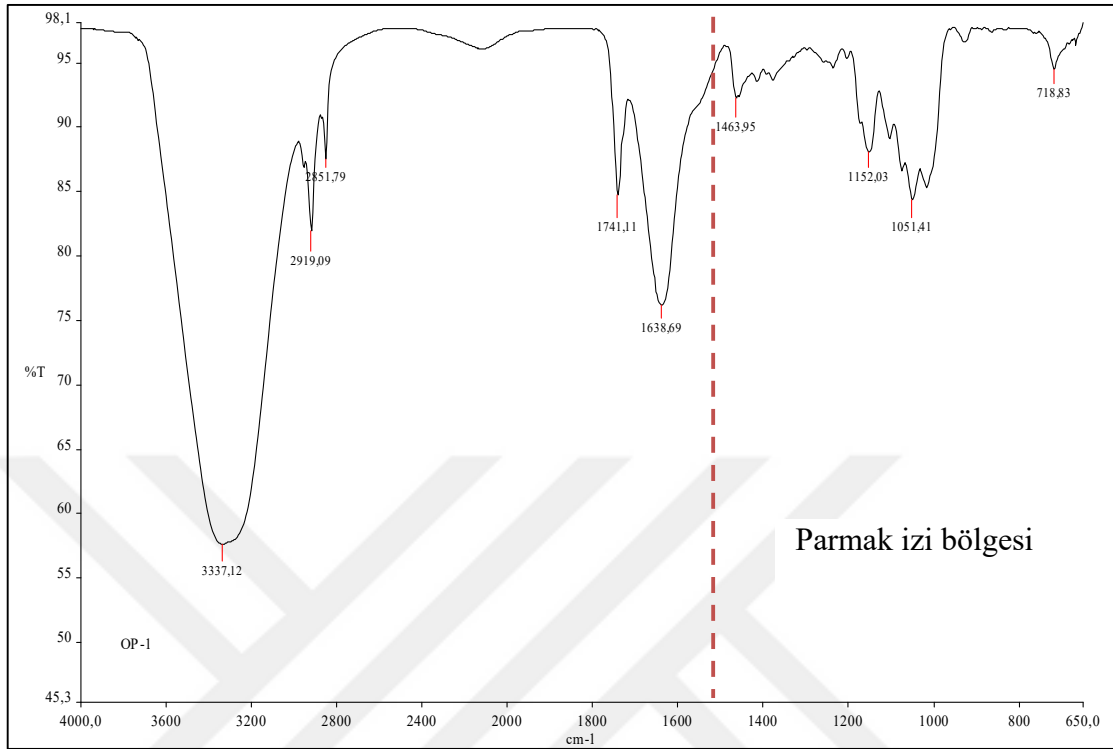
peptid profilleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise acı bakla -yulaf yoğurdunda bulunan mikroorganizmaların yoğurt izolatlarının elektroforetik profilini etkilediği bildirilmiştir (Dhakal ve diğ, 2024). Bu etki, SDS-PAGE profilinde polipeptitlerin kısmi ayrışması veya değiştirilmesi olarak gözlemlendiği belirtilmiştir.

4.4.11 FT-IR spektroskopisi

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR), çeşitli gıdalarda kimlik doğrulama, taşıyıcı sorunlarını tespit etmekle beraber gıda analizlerinde kullanılan kantitatif bir kontrol yöntemidir. İnfrared dalga (IR) boyu spektrumunun, yatay eksen boyunca frekans, dalga sayıları (cm^{-1}) olarak rapor edilirken, dikey eksen üzerinde geçirgenlik T (%) veya absorbans değerleri ifade edilir. Birçok uygulamada dalga boyu aralığı orta IR bölgesinde 4000 ila 400 cm^{-1} arasındadır. Bir organik maddenin orta bölgede 3.600 cm^{-1} ile 1.500 cm^{-1} aralığında kalan bölgeye fonksiyonel gruplar bölgesi, 1.500 cm^{-1} ile 700 cm^{-1} arasındaki bölgeye ise bölgedeki her molekülün kendine özgü özellikleri olması sebebiyle "parmak izi bölgesi" adı verilmektedir. Orta-IR bölgesi, genellikle moleküldeki küçük yapısal ve bileşim farklılıklarını araştırmak için kullanılmaktadır (Campanella ve diğ, 2021). Bu çalışmada, OP ve HP peynirleri için FT-IR spektrum taraması 4000 - 650 cm^{-1} aralığında gerçekleştirilmiştir ve tarama sonuçları Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir. Her iki spektrum örneğine bakıldığında, OP için 3337 cm^{-1} de görülen geniş bölge ile HP deki 3339 cm^{-1} de görülen bölge, proteinlerin karboksil ucundaki ve nişastanın glikoz birimlerindeki hidroksil gruplarının göstergesi olduğu düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, moleküller arası hidrojen bağlarının N-H gerilme titreşimini ve O-H gerilmesini temsil etmektedir. Salgado ve diğ, (2023) yaptıkları bitki bazlı formülasyonlarda zein ve kalsiyum hidroksit kullanılarak ticari et ve peynir ürünlerinin dokusal özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada, örnekler arasında 3700 - 3000 cm^{-1} de geniş bir pik olduğunun görüldüğü ve bu durumun hidroksil gruplarını belirttiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada proteinlerde ve yağ asitlerinde bulunan metil ($-\text{CH}_3$) ve metilen ($-\text{CH}_2$) gruplarının sırasıyla 2927 ve 2872 cm^{-1} de tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışmamız sonucunda her iki bitkisel peynir örneğinde de benzer değerlere sahip olan 2919 ve 2851 cm^{-1} arasında bulunan piklerin metil ve metilen gruplarının C-H gerilme titreşimlerini ifade ettiği düşünülmektedir.

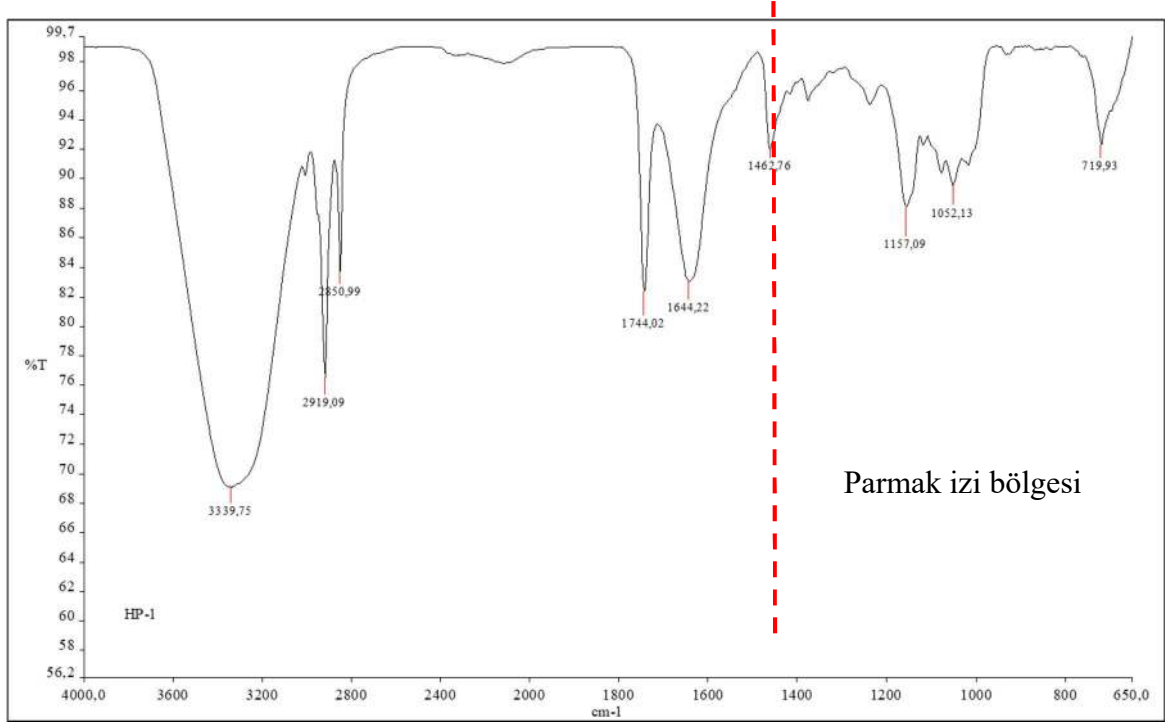
Liu ve diğ, (2023) yaptıkları zein bazlı peynirde yağın arpa β -glukanıyla değiştirilmesi çalışmasında 1780 - 1720 cm^{-1} 'de oluşan FT-IR spektrumunun, asit ve esterlerin ($\text{C}=\text{O}$) karbonil grubunu temsil ettiğini bildirmişlerdir. Bu bilgiye dayanarak, OP ve HP peynirlerinde sırasıyla elde edilen 1741 - 1744 cm^{-1} deki tepe noktalarının yapıda bulunan asit

ve esterlerin karbonil grubu olduğu düşünülmektedir. OP peynirine ait tepe noktasının HP ye kıyasla azalış yönünde bir kayma olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 15:OP bitkisel peynirine ait FT-IR spektrumu.

Her iki bitki bazlı peynirin 1638 ve 1644 cm^{-1} de gösterdiği tepe noktalarının protein varlığından kaynaklandığı ve amid I ($\text{C}=\text{O}$ gerilmesine) bağlı olduğu düşünülmüştür. Amid grubunun varlığı, proteinin varlığını yansıtmaktadır. Bu ifadeyi, Öztürk ve diğ., (2021) tarafından yapılan çalışmada proteinlerin tipik amid I bölgesini $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ aralığı olarak tanımlamaları desteklemektedir. Aynı çalışmada bildirilen ve 1450 cm^{-1} civarında gözlemlenen pikin protein yapısında mevcut olan C-H gerilmesine atfedilmiştir.



Şekil 4. 16: HP bitkisel peynirine ait FT-IR spektrumu.

Çalışmamızda elde edilen ve OP ile HP için sırasıyla 1463-1464 cm^{-1} deki piklerin yapıdaki proteinlerin olan C-H gerilmesini belirttiği düşünülmektedir. Her iki bitkisel peynirde de bulunan ve yakın değerler olan OP ve HP için sırasıyla 1152- 1157 cm^{-1} , 1051-1052 cm^{-1} tepe noktalarının karbonhidratlara özgü bölgeler olduğu, α -1,4 glikozidik bağlantılarda C-O gerilmesi ile C-C ve C-O-C gerilmesini temsil ettiği düşünülmektedir ve aynı sonuçlar Öztürk ve diğ., (2021) tarafından yapılan çalışmada bulunan sonuçlar ile uyum içindedir. Çalışmada sırasıyla 1001 ve 1157 cm^{-1} arasındaki piklerin karbonhidratlara özgü olduğu ve C-O, C-C ve C-O-C gerilmesini temsil ettiği bildirilmektedir. Bitkisel peynirlerin FT-IR spektrum sonuçları değerlendirildiğinde, yeni bir pik oluşumu, tepe noktası kaybolması veya büyük oranda tepe noktası kayması oluşmamıştır. Bu durumda her iki bitkisel peynirin toplam kimyasal bileşiminde büyük değişiklikler olmadığı görülmüştür.

4.4.12 Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Sonuçları

Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), bir numune ve inert bir referans arasındaki sıcaklık farkını ölçen ve genellikle sabit bir hızda, sıcaklığın yükseltilip ve / veya düşürülerek uygulandığı termoanalitik bir yöntemdir. Ölçümler, endo-termik süreçleri (ısı absorpsiyonu oluştuğunda), ekzotermik (ısı oluşumu gerçekleştiğinde) veya ısı kapasitesindeki değişiklikleri içeren kimyasal ve fiziksel değişimler hakkında nicel ve nitel

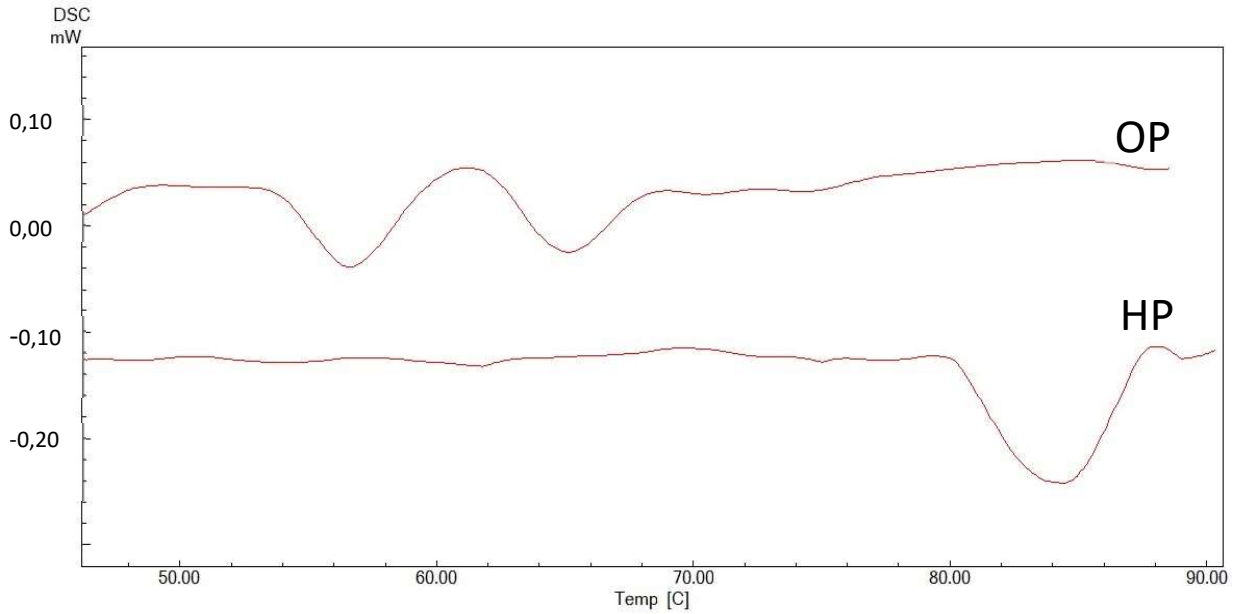
bilgiler vermektedir (Dahimi ve diğ, 2014). OP ve HP için erime başlangıç sıcaklığı (Onset), erime sıcaklığı (Endset) ve erime entalpisi (Hm) değerleri Çizelge 4.12 ve Şekil 4.17’ de verilmiştir. Isı akış yönü dikkate alındığında örneklerin endotermik bir reaksiyonda gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4. 12: Diferansiyel taramalı kalorimetri sonuçları.

		Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	Heat (J/g)
OP	1. Pik	50,26±6,09	54,43±3,01	57,96±1,51	0,64±0,17
	2. Pik	63,8±2,23	69,12±5,75	73,05±7,50	0,85±0,55
HP	1. Pik	79,45	85,61	87,12	2,35

Sonuçlara bakıldığında OP’nin erime sıcaklığı aralığının 50,76-73°C olduğu görülmektedir. HP peynirine ait erime sonuçlarında ise tek bir pik oluşumu gözlemlenmiş ve erime 79,45-87,12°C arasında gerçekleşmiştir. OP peynirinin HP peynirinden daha düşük erime sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür. Bu durumda, HP peynirinin termal stabilitesinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Her iki bitkisel peynir örneğinin bileşimlerinin yağ ikamesi haricinde aynı olması sebebiyle HP peynirine termal stabilite kazandıran ve ısıya maruz kaldıkça yapıyı belirli bir sıcaklığa kadar bozulmadan koruyan bileşenin hindistan cevizi yağı olduğu düşünülmekle birlikte peynir yapısını oluşturan protein, karbonhidrat ve yağ etkileşiminin her iki peynirde farklı gerçekleşmesi de bu sonuca sebep olmuş olabilir. Aynı şekilde oleojelin hindistan cevizi yağına kıyasla daha erken deformasyona uğradığı söylenebilir. Bunun sebebi olarak, Hindistan cevizi yağının yapılan analiz sonucunda yağ asidi bileşiminin %94,58’inin doymuş yağ asitlerinden oluşması gösterilebilir. Yüksek doymuş yağ asidine sahip olması nedeniyle termal stabilitesi % 6,37 doymuş yağ asidine sahip oleojelin katıldığı OP den yüksektir ve elde edilen DSC sonuçlarında bu durum görülebilmektedir. Diğer yandan her iki bitkisel peynir örneğine de uygulanan Çizelge 4.10’daki eriyebilirlik sonuçları DSC sonuçlarını desteklemekle birlikte aslında OP nin daha erken sıcaklıklarda erime ile birlikte çap genişlemesi gösterdiğini HP nin belirli bir sıcaklığa kadar stabil kaldığını fakat uygulamış olduğumuz eriyebilirlik metodu itibariyle yüksek sıcaklık (232°C) uygulandığı için her iki örnek bu sıcaklıkta erime anlamında tatmin edici

sonuçlar göstermekle birlikte tam olarak erime sıcaklığı veya süresi bu test ile sağlanamamıştır. Bunun sağlanabilmesi için kademeli sıcaklık artışıyla erime prosedürü uygulanması önerilebilir. Yapılan literatür çalışmalarında, Liu ve diğ, (2008) tarafından yapılan çalışmada, Pektin jeli katılan tam yağlı ve az yağlı peynir analoglarının termal analizlerin incelendiği çalışmada yağ içeriğinin artmasının erime entalpisi (ΔH) zerinde olumlu, erime başlangıç sıcaklığı üzerinde ise olumsuz etkisinin olduğu belirtilmiştir. Yüksek yağ içeriğine sahip peynir analogları düşük yağa sahip olan örneklere kıyasla daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğu ve zayıf erime özelliği gösterdiği bildirilmiştir. Tüm analog peynirler için erime sıcaklığı aralığı 42,21-46,61°C , entalpilerinin aralığı ise 0,63-1,45 j/g olarak bulunduğu belirtilmiştir.



şekil 4. 17: Diferansiyel taramalı kalorimetri termogramı.

Grasso ve diğ, (2023) tarafından yapılan kalsiyumla zenginleştirilmiş bitki bazlı peynir alternatiflerinin fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada peynir analoglarının tümünde shea yağı kullanıldığı ve bu yağın termogramlarında shea yağının camsı geçiş sıcaklığı olan 30 °C de pik göstermişlerdir. Formülasyonda bulunan %6,7 oranındaki nişastanın termogramda bir etkiye sahip olmadığı, yağ ve proteinin etkileşimine bağlı olarak pik şekillerinin farklı olduğu bildirilmiştir. Literatür sonuçları ile veriler arasında benzerlikler bulunsa da içerdiği bileşenlerin çeşitliliği sebebiyle farklılık gösterdiği düşünülmektedir. Ayrıca, Grasso ve diğ, (2023) tarafından yapılan kalsiyumla zenginleştirilmiş bitki bazlı peynir alternatiflerinin fizikokimyasal özelliklerini

incelemişlerdir. Çalışmada peynir analoglarının tümünde shea yağı kullanıldığı ve bu yağın termogramlarında shea yağının camsı geçiş sıcaklığı olan 30 °C de pik göstermişlerdir. Formülasyonda bulunan %6,7 oranındaki nişastanın termogramda bir etkiye sahip olmadığı, yağ ve proteinin etkileşimine bağlı olarak pik şekillerinin farklı olduğu bildirilmiştir. Literatür sonuçları ile veriler arasında benzerlikler bulunsa da içerdiği bileşenlerin çeşitliliği sebebiyle farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

4.4.13 Uçucu bileşen kompozisyonu

Peynirde uçucu bileşen kompozisyonu kullanılan sütte (ham madde), üretim ve olgunlaşma koşullarından ve olgunlaşma süresinden etkilenebilmektedir (Tekin ve Hayaloglu, 2023). Bitki bazlı peynir alternatiflerinde ise kullanılan ham madde, elde edilen son ürünün lezzetinde önemli rol oynamaktadır. Katı faz mikro ekstraksiyon tekniği kullanılarak yapılan uçucu bileşen analizleri sonucunda kayısı çekirdeği pres kekinden elde edilen bitki bazlı peynir alternatifi örneklerinde aldehytler (6), alkoller (7), benzen bileşenleri (4), esterler (8), hidrokarbonlar (9) ve çeşitli bileşenler (8) olmak üzere toplam 42 uçucu bileşen tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4. 13: OP ve HP peynirlerde belirlenen uçucu bileşikler(pik alanı×10⁶).

Bileşenler	OP			HP		
	1	30	60	1	30	60
<i>Aldehytler</i>						
Asetaldehit	1,60±0,42	0,15±0,00	T.E.	0,11±0,01	T.E.	T.E.
3-Metil-bütanal	0,85±0,06	0,28±0,17	0,10±0,00	0,66±0,00	0,42±0,00	T.E.
Hekzanal	2,01±0,53	1,85±0,03	1,61±0,12	1,21±0,04	1,06±0,05	0,89±0,12
Heptanal	0,54±0,00	0,34±0,16	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Oktanal	0,26±0,05	0,24±0,03	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Nonanal	1,40±0,01	0,88±0,18	0,46±0,01	0,94±0,01	0,86±0,03	0,69±0,16
Toplam (6)	6,66	3,74	2,17	2,91	2,33	1,58
<i>Alkoller</i>						
Etanol	2,02±0,28	1,55±0,22	2,10±0,30	1,21±0,00	1,12±0,07	2,45±0,01
3,3-Dimetil-2-bütanol	T.E.	T.E.	T.E.	13,84±0,00	32,49±0,00	14,44±0,00
3-Metil-1-bütanol	3,56±0,53	2,61±0,21	2,05±0,15	3,24±0,35	2,70±0,32	1,78±0,44
2-Metil-1-bütanol	0,95±0,16	0,73±0,05	0,57±0,02	0,68±0,09	0,58±0,05	0,40±0,09
1-Hekzanol	1,10±0,17	1,19±0,03	0,58±0,00	0,79±0,00	0,63±0,16	0,43±0,14
4-Metil-2-propil-1-pentanol	T.E.	0,10±0,00	0,15±0,00	T.E.	0,25±0,00	0,24±0,00
Hekz-2-enol	0,48±0,10	0,33±0,02	0,27±0,00	0,32±0,01	0,32±0,00	0,13±0,00
Toplam (7)	8,10	6,50	5,72	20,09	38,10	19,88
<i>Benzen bileşenleri</i>						

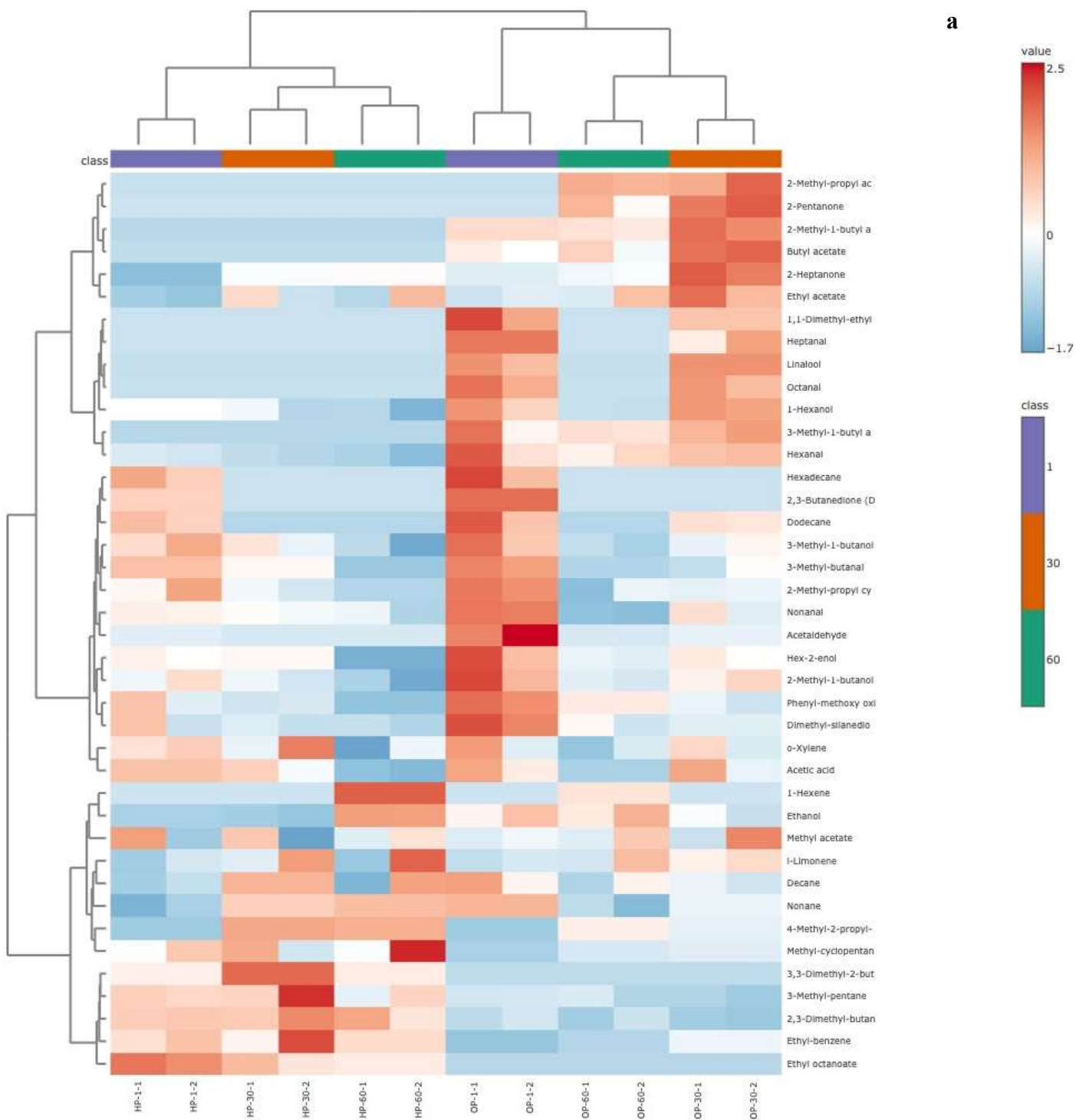
Metil-benzen (Toluen)	0,67±0,09	0,61±0,05	0,54±0,23	0,52±0,03	0,88±0,20	0,59±0,30
Etil-benzen	T.E.	0,13±0,00	0,05±0,00	0,22±0,03	0,29±0,16	0,21±0,00
Benzaldehit	401,51±24,79	615,61±7,99	268,40±2,48	566,75±10,25	475,25±92,00	318,00±84,84
1,1-Dimetil-etil benzen	0,20±0,05	0,13±0,00	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Toplam (4)	402,38	616,48	268,99	567,49	476,42	318,81
Esterler						
Metil asetat	0,78±0,07	1,10±0,67	0,98±0,34	0,94±0,74	0,69±0,77	0,91±0,23
Etil asetat	4,48±0,26	7,60±1,02	5,65±1,55	3,35±0,18	5,16±1,34	5,31±2,14
2-Metil-propil siyanat	0,86±0,04	0,49±0,01	0,38±0,16	0,67±0,17	0,47±0,05	0,36±0,00
2-Metil-propil asetat	T.E.	0,27±0,06	0,22±0,01	T.E.	T.E.	T.E.
Bütil asetat	0,08±0,02	0,22±0,01	0,09±0,04	T.E.	T.E.	T.E.
3-Metil-1-bütil asetat	0,32±0,18	0,35±0,03	0,23±0,00	T.E.	T.E.	T.E.
2-Metil-1-bütil asetat	0,16±0,00	0,28±0,02	0,14±0,01	T.E.	T.E.	T.E.
Etil oktanoat	T.E.	T.E.	T.E.	0,44±0,03	0,29±0,07	0,22±0,00
Toplam (8)	6,67	10,30	7,70	5,41	6,61	6,8
Hidrokarbonlar						
2,3-Dimetil-bütan	1,06±0,16	0,70±0,04	0,91±0,27	2,12±0,04	2,43±0,45	2,17±0,48
3-Metil-pentan	0,30±0,00	0,17±0,04	0,26±0,09	0,60±0,02	0,83±0,33	0,49±0,17
Metil-siklopentan	T.E.	0,28±0,00	0,24±0,00	0,53±0,20	0,52±0,42	0,83±0,62
1-Hekzen	T.E.	T.E.	0,15±0,00	T.E.	T.E.	0,35±0,00
o-Ksilen	1,00±0,42	0,85±0,24	0,54±0,20	1,02±0,07	1,07±0,46	0,49±0,38
Nonan	0,41±0,00	0,31±0,00	0,24±0,04	0,23±0,03	0,38±0,00	0,40±0,00
Dekan	0,62±0,18	0,37±0,05	0,38±0,16	0,27±0,06	0,68±0,00	0,44±0,42
Dodekan	0,26±0,08	0,16±0,01	T.E.	0,20±0,02	T.E.	T.E.
Hekzadekan	0,31±0,11	T.E.	T.E.	0,24±0,05	T.E.	T.E.
Toplam (9)	3,96	2,85	2,73	5,22	5,91	5,17
Çeşitli bileşenler						
2,3-Bütandion (Diasetil)	0,07±0,00	T.E.	T.E.	0,04±0,00	T.E.	T.E.
Asetik asit	3,03±0,77	2,73±1,15	1,09±0,02	3,14±0,00	2,51±0,57	0,68±0,11
2-Pentanon	T.E.	0,19±0,02	0,09±0,05	T.E.	T.E.	T.E.
Dimetil-silandiöl	1,50±0,13	0,69±0,00	0,73±0,18	0,86±0,39	0,63±0,08	0,54±0,06
2-Heptanon	0,11±0,00	0,32±0,02	0,13±0,01	T.E.	0,14±0,00	0,15±0,00
Oksime metoksi fenil	0,71±0,06	0,23±0,05	0,39±0,00	0,38±0,19	0,21±0,01	T.E.
l-Limonen	1,43±0,11	2,01±0,13	1,91±0,63	1,31±0,26	2,09±0,73	2,01±1,33
Linalool	0,13±0,02	0,14±0,00	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Toplam (8)	6,97	6,31	4,35	5,73	5,58	3,36

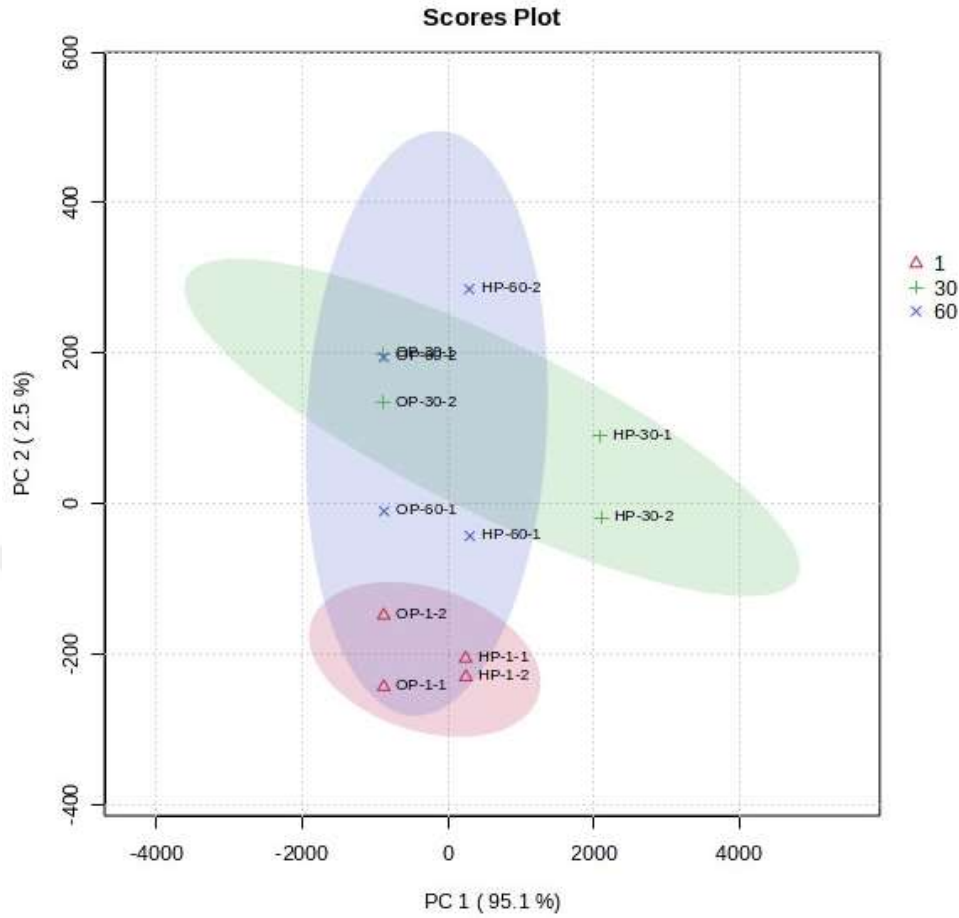
Olgunlaşma boyunca peynirin uçucu bileşen profili depolama sırasında meydana gelen glikoliz, proteoliz ve lipoliz gibi biyokimyasal olaylara bağlı olarak değişim göstermektedir (Tekin ve Güler, 2021). Çizelge 4.13 incelendiğinde olgunlaşma süresinin uçucu bileşen kompozisyonunu önemli düzeyde değiştirmediği belirlenmiştir. Bitki bazlı peynir alternatifi

örneklerinde yapılan ve proteolitik aktiviteyi gösteren TSAA (Çizelge 4.11) ve peptit profili (Şekil 4.13) sonuçlarında da değişimin olmaması bu açıklamayla uyumludur. Bu durum temel bileşen analizi (PCA) sonuçlarıyla da örtüşmektedir (Şekil 18b).

Yapılan ısı haritası kümeleme (heat map) analizleri sonucunda örneklerin 3 grup şeklinde kümelendiği görülmektedir (Şekil 4.18a). Buna göre OP1 ile OP30 örneklerinin, HP1 ile HP30 örneklerinin ve OP60 ile HP60 örneklerinin uçucu bileşen kompozisyonu bakımından birbirleriyle benzer dağılım gösterdikleri görülmüştür. Bu durum depolama sırasında proteoliz ve lipoliz gelişmemiş de olsa Tekin ve Hayaloglu (2023)'nın da belirttiği gibi uçucu bileşenlerin birbirlerine dönüşmüş olabileceği veya mevcut bulunan organik asitlerden, serbest amino asitlerden ve serbest yağ asitlerinden uçucu bileşenlerin oluşmuş olabileceğiyle açıklanabilir. Ayrıca kullanılan yağ çeşidine bağlı olarak özellikle depolamanın başlangıcında örneklerin birbirlerinden ayrıldığı da görülmektedir (Şekil 4.18). Tespit edilen uçucu bileşenler, pik alanı olarak verilmiştir ve bütün örneklerde en yüksek pik alanına sahip bileşen benzaldehit olmuştur (Çizelge 4.13). Benzaldehit kayısı çekirdeğinin karakteristik uçucu bileşenidir (Uruc ve diğ, 2022) ve bu bileşen akrilamidin parçalanması sonucunda oluşmaktadır (Zang ve diğ, 2020). Kayısı çekirdeğinde yapılan uçucu bileşen analizleri sonucunda benzaldehitin bütün uçucu bileşenler içerisinde %94,41 (Zang ve diğ, 2019) ve %78,77 (Zang ve diğ, 2020) olarak en yüksek orana sahip bileşen olduğu bildirilmiştir. Uruc ve diğ, (2022)'nin kayısı çekirdeği sütünden elde ettikleri bitki bazlı kefir örneklerinde de benzaldehit ve benzil alkolün majör bileşenler içerisinde olduğu belirtilmiştir. İçeceklerde benzaldehit varlığının sadece iyi bir lezzet sağlamakla kalmadığı, aynı zamanda öksürük semptomları, bronşit, amfizem ve astım gibi semptomları tedavi edici etkisinin olduğu vurgulanmıştır (Zang ve diğ, 2020).

Hayvansal kaynaklı peynirlerin karakteristik uçucu bileşenlerinden olan asetik asit, etanol, 3-metil-bütanol ve etil asetat (Tekin ve Hayaloglu, 2023) gibi bileşenler bu çalışmada da diğer bileşenlerden daha yüksek miktarda belirlenen bileşenler olmuştur. Bu durum, kayısı çekirdeğinden yapılan bitki bazlı peynir alternatifinin adı geçen bileşikler açısından hayvansal kaynaklı peynirlere benzerlik gösterdiği ve duyu analizlerde bunun bir yansıma yapabileceği düşünülmüştür.



b

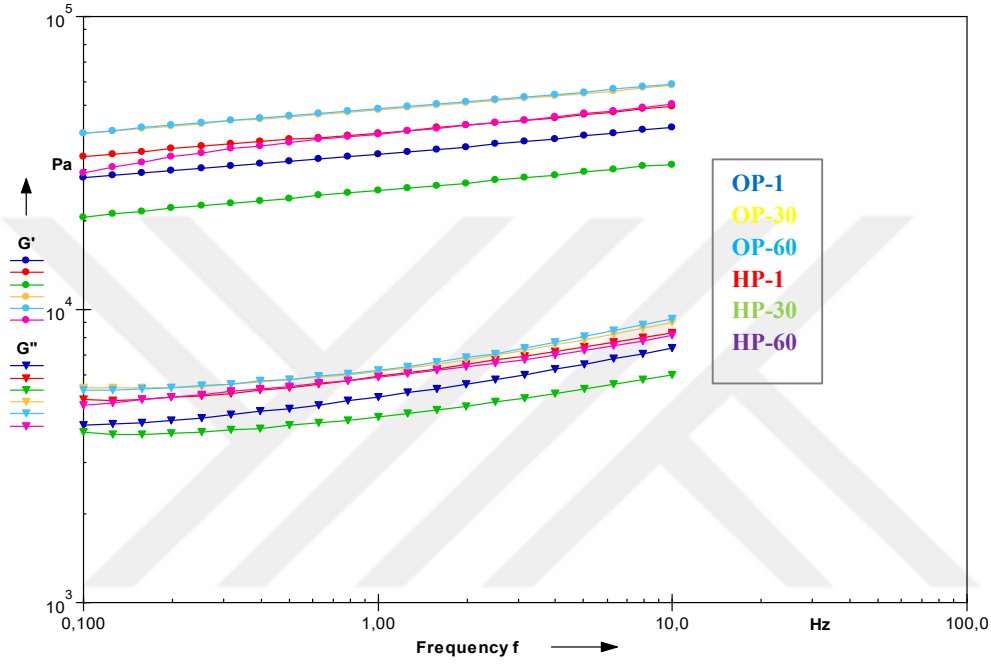
Şekil 4. 19: OP ve HP' nin a) Temel bileşen analizi (PCA) sonuçları b) Isı haritası kümeleme (heat map) analizleri sonuçları (pik alanı*106).

4.4.14 Reolojik analiz sonuçları

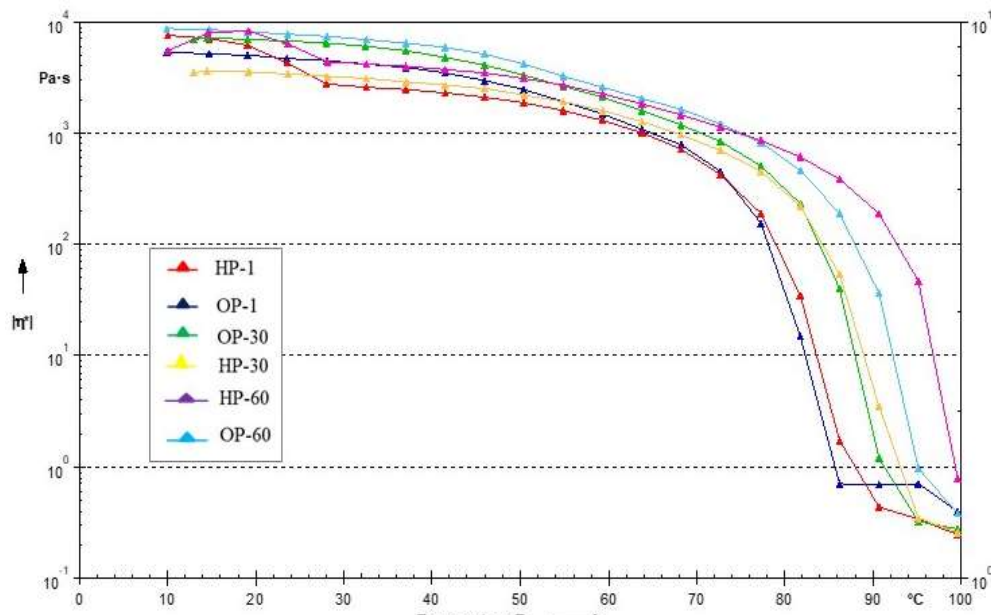
Reoloji, maddelerin akış ve deformasyon özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Reolojik analizlerle gıdanın tekstür ve duysal özellikleri belirlenebilmekte, kalite kontrol uygulamaları ve raf ömrü çalışmalarında yararlanılmaktadır. Depo modülü (G') bir örneğin katı-benzeri viskoelastik özelliklerini ve kayıp modülü (G'') ise likit-benzeri özelliklerini tanımlamaktadır. Bir gıdaların reolojik özellikleri dokusal, duysal ve mikroyapısal özellikleriyle yakından ilişkilidir (Giha ve diğ, 2021).

Bitki bazlı peynirlerin reolojik özellikleri, 1., 30. ve 60. depolama günlerinde incelenmek üzere frekans tarama ve sıcaklık tarama analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 4.20 ve 4.21'de gösterilmiştir. OP ve HP formülasyonlarının elastik ve viskoz bileşenlerinin değişen frekanslara karşı davranışı ve viskoelastik özelliklerin yanı sıra yapısal mukavemeti anlamak için bir frekans tarama testi yapılmıştır. Şekil 4.20'da de görüldüğü gibi G' ve G'' değerlerinin frekansa bağlı olarak değişmesi, peynirlerin

viskoelastik karakterde olduğunu göstermiştir. Frekans değerleri arttıkça hem depolama modülü (G') hem de kayıp modülü (G'') artış göstermiştir. Aynı zamanda, frekans taraması boyunca, $G' > G''$ olması ise peynirlerde elastik özelliğin hakim olduğu ve bitkisel peynir örneklerinin viskoelastik katı özelliği gösterdiği görülmektedir. Bu durum bitki bazlı formülasyonlarda viskoelastik madde olarak zein ve kalsiyum hidroksit kullanılarak ticari et ve peynir ürünlerinin dokusal özelliklerinin eşleştirilmesi çalışmasında yapılan reolojik ölçüm sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Salgado ve diğ, 2023).



Şekil 4. 20: Frekans Tarama Sonuçları.

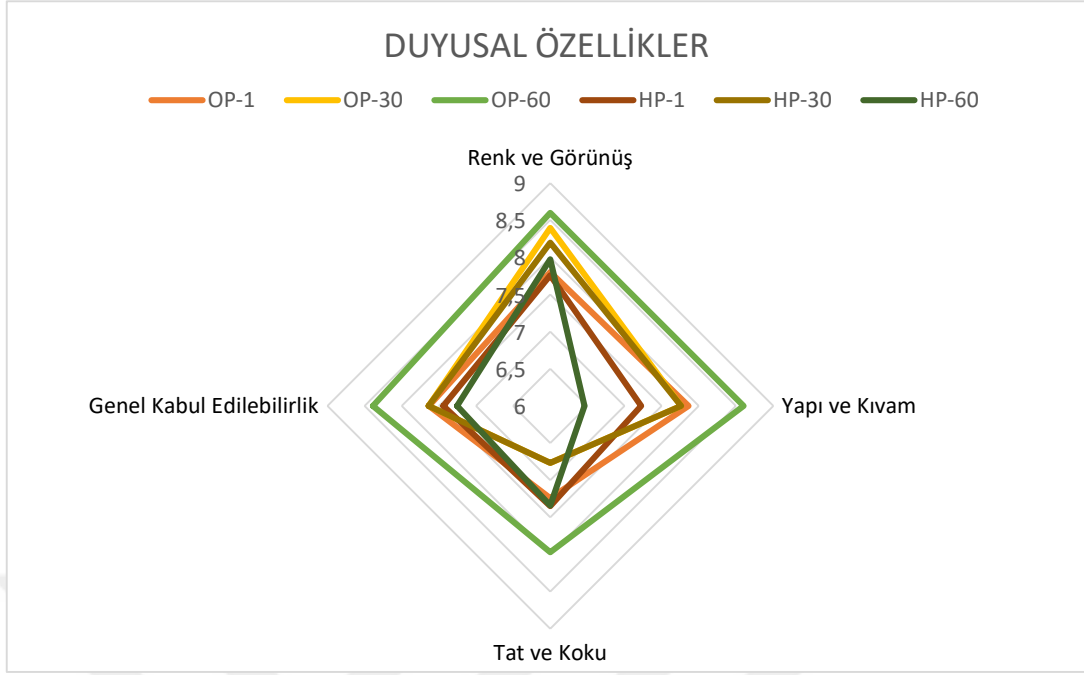


Şekil 4. 21: Sıcaklık Tarama Sonuçları.

Sıcaklık tarama testi, bitkisel peynir örneklerinin termo-mekanik özelliklerini değerlendirmek ve bu özelliklerde değişikliklerin meydana geldiği sıcaklık aralığını belirlemek için kullanılmıştır. Bitkisel peynir örnekleri 10°C'den 100°C'ye kadar sıcaklık taramalı ısıtma yoluyla analiz edilmiştir. Bitkisel peynir örnekleri için depolama modülü (G'), test edilen sıcaklık aralığı boyunca kayıp modülünden (G'') daha yüksek çıkmıştır ve örneklerin katı benzeri davranış sergilediğini göstermektedir. Bitkisel peynirler, düşük sıcaklıklarda daha katı bir davranış göstermiş $G' > G''$, ardından artan sıcaklıklarla nişastanın jelatinleşmesiyle de bağlantılı olarak erime ve yumuşama başlamıştır. Isıtma devam ettikçe OP ve HP daha akışkan hale gelmiş ($G'' > G'$) ve erime özelliklerini göstermişlerdir. Faz açısı olan $\tan \delta = (G''/G')$ oranı olarak hesaplanır ve sıvının katı davranışına oranını gösterir. Aynı zamanda meydana gelen erime derecesi ile ilgilidir. $\tan \delta$ değerinin 1'den küçük olması peynirlerin viskoelastik özelliklerinin bir kanıtıdır. Artan sıcaklıkla birlikte $\tan \delta$ açısının arttığı görülmektedir (OP $\tan \delta$, 0,18-1,4, HP $\tan \delta$, 0,15-1,5). OP ve HP peynirlerinin viskoz modülündeki artış, gözlemlenen yüksek erime özelliğini (Çizelge 4.10) desteklemektedir. Sonuç olarak OP ve HP peynirlerinin hem frekans tarama hemde sıcaklık tarama grafiklerine bakıldığında sonuçların oldukça yakın olduğu görülmektedir. Aynı zamanda her iki bitkisel peynirin depolamaları arasında da büyük farklılıklar gözlemlenmemiştir. Kimyasal bileşimlerinin benzer olması reolojik özelliklerinin de benzer olmasını sağladığı düşünülmektedir. Diğer yandan Lucey ve diğ., (2005) tarafından belirtilen peynirlerin olgunlaşma sürecinde reolojik özelliklerde meydana gelen değişimlerden büyük ölçüde proteolizin sorumlu olduğunun belirtildiği literatür bilgisi dikkate alındığında, sonuçların depolama boyunca büyük oranda değişmemesi düşük proteolitik aktiviteyle ilişkilendirilebilir.

4.4.15 Duyusal analiz sonuçları

Peynir örneklerinin depolama boyunca tat-koku, yapı-kıvam, renk-görünüş ve genel kabul edilebilirlik gibi parametreleri takip edilmiştir. Örnekler depolama boyunca +4°C de saklanmıştır. Duyusal analiz sırasında örnekler panelistler tarafından 1-9 arasında puanlanmış, 1 en düşük, 9 en yüksek puan olarak değerlendirilmiş ve sonuçları kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.22' de gösterilmektedir.



Şekil 4. 22: Duyusal analiz sonuçları grafiği.

Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, OP ve HP peynirlerinin renk-görünüş, tat-koku, yapı-kıvam ve genel kabul edilebilirliği için en yüksek puanı OP-60 örneği almıştır. Diğer depolama günlerine bakıldığında genel kabul edilebilirlik değerleri birbirine çok yakın olmakla birlikte HP-60 en düşük değeri almıştır. Bu duruma sebep olarak Şekil 4.7’de gösterilen tekstür sonuçlarında sertlik değerinin yükselmiş olması peynirin yapısal olarak deformasyona uğraması gösterilebilir. Renk ve görünüş sonuçlarına bakıldığında OP-60’tan sonra en yüksek değere sahip örneğin OP-30 olduğu görülmüştür. Tat-koku ve yapı-kıvam için ise en yüksek değere OP-60’tan sonra OP-1 in sahip olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak depolama boyunca örnekler arasında büyük farklılıklar görülmezken OP peynirlerinin HP peynirlerine oranla daha çok beğeni gördüğü söylenebilir. Depolama boyunca beğenin azalmaması peynirin özelliğini kaybetmediğini göstermekle beraber olumlu bir durum olarak yorumlanabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kayısı çekirdeğinin soğuk pres ekstraksiyon işlemi sırasında iki ürün ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri kayısı çekirdeği yağı diğeri ise pres kekidir. Kayısı çekirdeği yağı, gıda, kozmetik ve ilaç sanayisinde kullanılmakta fakat pres kekinin büyük bölümü atık veya hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, kayısı çekirdeği yağı ve pres keki kullanılarak bitki bazlı peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve hem yağ kaynağının hem de protein kaynağının tek bir gıdadan gelmesiyle önem kazanmıştır. Çalışmada, kayısı çekirdeği yağına oleojelasyon işlemi uygulanmış ve fiziksel, kimyasal analizleri yapılmıştır. Minimum jel oluşturma konsantrasyonu, kristalizasyon oluşum zamanı, yağ bağlama kapasitesi de dikkate alınarak % 6 oranında %75 kandelila mumu %25 karnauba mumu karışımı hazırlanarak likit formdaki kayısı çekirdeği yağına ilave edilerek başarılı ve stabil jel oluşumu gerçekleştirilebilmiştir. Peroksit değeri sonucunda oleojelin düşük oksidasyon seviyesine sahip olduğu görülmüştür. Kayısı çekirdeği pres kekinin ve bitki bazlı peynirlerin bileşen analizleri genel olarak literatür ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Bitkisel peynirlerin 1, 30 ve 60. depolama günlerinde yapılan analiz sonuçlarında her iki bitki bazlı peynirin kendi arasında ve depolama günleri arasında proteolitik aktiviteyi gösteren toplam serbest amino asit, peptid profili analiz sonuçları ve pH sonuçları arasında farklılık görülmemiştir. Bitki bazlı peynir formülasyonlarına fermentasyonu sağlayacak herhangi bir bakteri katılmamış olması nedeniyle düşük proteolitik aktivite tespit edilmiş ve bu sonuçların diğer sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Geleneksel peynirler için önemli bir parametre olan eriyebilirlik sonuçlarının bitkisel peynirlerde çap genişlemesi dikkate alınarak başarıyla sağlandığı görülmüştür. Bitki bazlı peynirlerin mikrobiyolojik analiz sonuçlarında maya-küf gelişimi depolama günleri boyunca gözlemlenmezken TMAB sayılarının kabul edilebilir seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, kayısı çekirdeği yağından oleojel oluşumunun başarıyla sonuçlandığı, oleojelin fiziksek analizlerinin sonucunda bitki bazlı peynirlerde yapıyı sağlayabildiği görülmüştür. Protein kaynağı olarak pres kekinin bitkisel peynir formülasyonunda kullanımının bitki bazlı peynirin, eriyebilirlik ve besleyici özelliklerini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Bitkisel peynir endüstrisinde çoğunlukla doymuş yağ oranı yüksek olan Hindistan cevizi yağının kullanılmasına alternatif olarak doymuş yağ oranı düşük olan kayısı çekirdeği oleojelinin başarı ile uygulanabildiği tespit edilmiştir.

Bu alışma sonucunda, yapılmasının faydalı olacağı düşünölen bazı konuları ortaya koymuştur. Oleojelasyon için farklı bitkisel yağ kaynakları kullanılarak doymuş yağ oranı düşük ikameler elde edilebilir. Farklı özelliklerde jelatör çeşitleri ve farklı oranlar kullanılarak son ürüne uygun çeşitli yapılarda oleojeller oluşturulabilir. Aromayı geliştirmek adına fermentasyonu sağlayacak starter kültür, LAB bakterileri ilave edilebilir. Kayısı ekirdeği pres kekinin izolatu elde edilip formölasyona ilave edilerek daha besleyici özelliklere sahip ürünler elde edilebilir.



ÖZGEÇMİŞ



KAYNAKLAR

- AOCS**, (1989). Official and Recommended Methods of the American Oil Chemists' Society, American Oil Chemists' Society, Method Ce 2-66, Champaign, IL.
- AOCS**, (1997). Methods Cd-3a-63, Cd 8-53, Cd 18-90 Official and Recommended Methods of the American Oil Chemists' Society. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society.
- AOCS** (1998). Method Ca 5a-40, Free Fatty Acids. Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemist's Society (5th ed.). American Oil Chemist's Society, Champaign: IL, USA.
- Ahsan, M., Ali, T. M., & Hasnain, A.** (2023). Use of oxidized potato starch as simultaneous fat and casein replacer in analogue mozzarella cheese-II: Impact on functional and sensory properties of cheese. *Food Hydrocolloids*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108810>.
- Aktaş, N., Aksu, M. I., & Kaya, M.** (2005). Changes in myofibrillar proteins during processing of pastirma (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food chemistry*, 90(4), 649-654.
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Xu, L., Wu, F., Tao, H., & Xu, X.** (2017). Imitation of soymilk-cow's milk mixed enzyme modified cheese: Their composition, proteolysis, lipolysis and sensory properties. *Journal of food science and technology*, 54, 1273-1285.2071492
- Alpaslan, M., & Hayta, M.** (2006). Apricot Kernel : Physical and Chemical Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(5), 469-471.
- Akhone, M. A., Bains, A., Tosif, M. M., Chawla, P., Fogarasi, M., & Fogarasi, S.** (2022). Apricot kernel: Bioactivity, characterization, applications, and health attributes. *Foods*, 11(15), 2184.
- Bemer, H. L., Limbaugh, M., Cramer, E. D., Harper, W. J., & Maleky, F.** (2016). Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Research International*, 85, 67-75.
- Barragán-Martínez, L.P., Alvarez-Poblano, L., Vernon-Carter, E.J.** (2022). Effects of β -carotene on the color, textural, rheological and structural properties of canola oil/beeswax oleogel. *Food Measure*16, 3946-3956 <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01449-4>.
- Barroso, N. G., Okuro, P. K., Ribeiro, A. P. B., Cunha, R. L.** (2020). 'Tailoring Properties of Mixed-Component Oleogels:Wax and Monoglyceride Interactions Towards Flaxseed Oil Structuring', *Gels*, 6(1), 5.
- Campanella, B., Palleschi, V. & Legnaioli, S.** (2021). Introduction to vibrational spectroscopies. *ChemTexts* 7, 5. <https://doi.org/10.1007/s40828-020-00129-4>
- Co, E.D., Marangoni, A.G.** (2012). Organogels: An alternative edible oil-structing method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89: 749-780. doi 10.1007/s11746-012-2049-3.

- Correia, V. T. V., D'Angelis, D. F., Santos, A. N., Ronchetti, E. F. S. R., Queiroz, V. A. V., Figueiredo, J. E. F., Silva, W. A., Ferreira, A. A.F., Fante, C. A.** (2022). "Tannin-sorghum flours in cream cheese: Physicochemical, antioxidant and sensory characterization", *LWT*, 112672.
- Cunha, C. R., Dias, A. I., & Viotto, W. H.** (2010). Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43(3), 723-729.
- Dahimi, O., Hassan, M. S., Rahim, A. A., & Abdulkarim, S. M.** (2014). Differentiation of Lard from Other Edible Fats by Gas Chromatography-Flame Ionisation Detector (GC-FID) and Chemometrics. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 2(1).
- Dassanayake LSK, Kodali DR, Ueno S, Sato K.** (2009). Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 86, 1163–1173.
- Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R., Ueno, S.** (2011). Formation of oleogels based on edible lipid materials. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16(5), 432-439.
- Dayrit, F. M.** (2015). The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 1-15.
- Dhakal, D., Younas, T., Bhusal, R. P., Devkota, L., Li, L., Zhang, B., & Dhital, S.** (2024). The effect of probiotic strains on the proteolytic activity and peptide profiles of lupin oat-based yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 149, 109570.
- Dobson, S., & Marangoni, A. G.** (2023). Methodology and development of a high-protein plant-based cheese alternative. *Current Research in Food Science*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100632>.
- Esen, B. N., Güneşer, O., Akyüz, S.** (2020). "Bitkisel ve süt bazlı protein kaynaklarından üretilen analog peynirlerin fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri ile aroma profilleri değerlendirilmesi ", *Pamukkale Univ Muh Bilim Dergi*, 26(7), 1214-1222.
- Ferawati F, Hefni M, Östbring K, Witthöft C.** (2021). The Application of Pulse Flours in the Development of Plant-Based Cheese Analogues: Proximate Composition, Color, and Texture Properties. *Foods*. 2021; 10(9):2208. <https://doi.org/10.3390/foods10092208>.
- Giacomozzi, A.S., Palla, C.A., Carrín, M.E., Martini, S.** (2019). Physical Properties of Monoglycerides Oleogels Modified by Concentration, Cooling Rate, and High-Intensity Ultrasound. *J Food Sci*, 84: 2549-2561.
- Giha, V., Ordoñez, M. J., & Villamil, R. A.** (2021). How does milk fat replacement influence cheese analogue microstructure, rheology, and texture profile?. *Journal of food science*, 86(7), 2802-2815.
- Grossmann, L., Julian, D., McClements,** (2021). "The science of plant-based foods: Approaches to create nutritious and sustainable plant-based cheese analogs" *Trends in Food Science & Technology* 207-229.
- Grasso, N., Bot, F., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., O'Mahony, J. A.** (2022a). "The influence of protein concentration on key quality attributes of chickpea-based alternatives to cheese", *Current Research in Food Science*, 2004-2012.

- Grasso, N., Lynch, N. L., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A.** (2022b). Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(1), 435-452.
- Grasso, N., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., O'Mahony, J. A.** (2021). 'Composition and physicochemical properties of commercial plant-based block-style products as alternatives to cheese', *Current Research in Food Science*, 100048.
- Grasso, N., Bot, F., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A.** (2023). Plant-Based Alternatives to Cheese Formulated Using Blends of Zein and Chickpea Protein Ingredients. *Foods*, 12(7), 1492.
- Gupta, A., Sharma, P. ., Tilakratne, B. M. K. ., & Verma, A. K.** (2012). Studies on physico-chemical characteristics and fatty acid composition of wild apricot (*Prunus armeniaca* Linn.). *Journal of Natural Products and Resources*, 3(3), 366–370.
- Han, W., Chai, X., Liu, Y., Xu, Y., & Tan, C. P.** (2022). Crystal network structure and stability of beeswax-based oleogels with different polyunsaturated fatty acid oils. *Food Chemistry*, 381, 131745.
- Harrigan, W. F.** (1998). *Laboratory methods in food microbiology*, (3rd edition). London: Academic Press, 532.
- Hayaloğlu AA.** (2003). Starter olarak kullanılan bazı *Lactococcus* suşlarının beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşmaları üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 170s.
- Hayaloglu, A. A.** (2009). Volatile composition and proteolysis in traditionally produced mature Kashar cheese. *International journal of food science & technology*, 44(7), 1388-1394.
- Hayaloglu, A. A., Deegan, K. C., McSweeney, P. L. H.** (2010). 'Effect of milk pasteurization and curd scalding temperature on proteolysis in Malatya, a Halloumi-type cheese', *Dairy Science & Technology*, 90:99–109.
- Hayaloglu, A. A., Guven , M., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H.** (2005). 'Influence of Starters on Chemical, Biochemical, and Sensory Changes in Turkish White-Brined Cheese During Ripening', *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3460-3474.
- Hayaloglu, A. A., Tolu, C., Yasar, K., & Sahingil, D.** (2013). Volatiles and sensory evaluation of goat milk cheese Gokceada as affected by goat breeds (Gokceada and Turkish Saanen) and starter culture systems during ripening. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2765-2780.
- Hayaloğlu, A. A., Topçu, A., & Koca, N.** (2011). *Peynir Biliminin Temelleri* (A. A. Hayaloğlu & B. Özer, Eds.). Sidas Yayıncılık. <https://www.nobelkitabevi.com.tr/gida-tarim-ve-hayvancilik/12564-peynir-biliminin-temelleri-9786058797611>.
- Hu, X., Jiang, Q., Du, L., & Meng, Z.** (2023). Edible polysaccharide-based oleogels and novel emulsion gels as fat analogues: A review. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 322). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121328>.

- Huang, H., Hallinan, R., & Maleky, F.** (2018). Comparison of different oleogels in processed cheese products formulation. *International journal of food science & technology*, 53(11), 2525-2534.
- Hwang, H. S.** (2020). A critical review on structures, health effects, oxidative stability, and sensory properties of oleogels. In *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (Vol. 26). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101657>.
- Hwang, H. S., Phaner, M., Winkler-Moser, J. K., & Liu, S. X.** (2018). Oxidation of fish oil oleogels formed by natural waxes in comparison with bulk oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(5), 1700378.
- Hwang, H.S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J., Liu, S.** (2012). Organogel formation of soybean oil with waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(4), 639-647.
- ICC** (1960). Method for the determination of ash in cereals and cereal products. Standard No: 104.
- IDF** (1993). Milk Determination of the Nitrogen (Kjeldahl Method) and Calculation of the Crude Protein Content. IDF Standard 20B, Brussels: International Dairy Federation.
- Jill K. Winkler-Moser, Hong-Sik Hwang, Frederick C. Felker, Jeffrey A. Byars, Steven C. Peterson** (2023). Increasing the firmness of wax-based oleogels using ternary mixtures of sunflower wax with beeswax:candelilla wax combinations. <https://doi.org/10.1002/aocs.12679>.
- Katsiari, M. C., Alichanidis, E., Voutsinas, L. P., & Roussis, I. G.** (2000). Proteolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *International Dairy Journal*, 10(9), 635-646.
- Kaya, B.** (2022). Kayısı Çekirdeği Pres Kekinden Ezme Üretimi Ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kim, J. Y., Lim, J., Lee, J., Hwang, H. S., & Lee, S.** (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: Physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *Journal of food science*, 82(2), 445-452.
- Türk Gıda Kodeksi (TGK)** (2017). Codex Alimentarius, International Food Standards, Standard for Named Vegetable Oils, Codex Standarts 210-1999.
- Kupiec M, Zbikowska A, Marciniak-Lukasiak K, Kowalska M.** (2020). Rapeseed Oil in New Application: Assessment of Structure of Oleogels Based on their Physicochemical Properties and Microscopic Observations. *Agriculture*. 10(6):211. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060211>.
- Law, J., Fitzgerald, G. F., Daly, C., Fox, P. F., & Farkye, N. Y.** (1992). Proteolysis and Flavor Development in Cheddar Cheese Made with the Single Starter Strains *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* UC317 or *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* HP. *Journal of Dairy Science*, 75(5), 1173–1185. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(92\)77864-3](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(92)77864-3).
- Liu, L., Huang, G., Li, S., Meng, Q., Ye, F., Chen, J., ... & Lei, L.** (2023). Replacement of fat with highland barley β -glucan in zein-based cheese: Structural, rheological, and textual properties. *Food Chemistry: X*, 20, 100907.

- Liu, H., Xu, X. M., & Guo, S. D.** (2008). Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International journal of food science & technology*, 43(9), 1581-1592.
- Lopusiewicz, Ł., Śmietana, N., Lichwiarska, E., Mazurkiewicz-Zapałowicz, K., Gefrom, A., & Drozłowska, E.** (2022). The Biotransformation of Lupine Seeds by Lactic Acid Bacteria and *Penicillium Camemberti* into a Plant-Based Camembert Alternative, and Its Physicochemical Changes during 7 Weeks of Ripening. *Fermentation*, 8(9), 447.
- Mattice, K. D., Marangoni, A. G.** (2020). 'Physical properties of plant-based cheese products produced with zein', *Food Hydrocolloids*, 105746.
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I.** (2009). Chemical properties of virgin coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 301-307.
- McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F.** (1997). Chemical methods for the characterization of proteolysis in cheese during ripening. *Le lait*, 77(1), 41-76.
- Mert, B., & Demirkesen, I.** (2016). Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food chemistry*, 199, 809-816.
- Mehta, B. M.** (2018). *Microstructure of Dairy Products*, ed. M. El-Bakry, A. Sanchez and BM Mehta.
- Mezger, T.G.** (2014). *Applied Rheology*. Anton Paar GmbH: Austria.
- Michel, S. E. S., Scheermeijer, R., Ambühl, M., & Fernández Farrés, I.** (2022). Novel plant-based cream cheese: A tribology perspective. *Journal of Food Engineering*, 335. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111172>.
- Mirzapour M, Rezaei K, Sentandreu MA, Moosavi-movahedi AA.** (2016) In vitro antioxidant activities of hydrolysates obtained from Iranian wild almond (*Amygdalus scoparia*) protein by several enzymes. *Int J Food Sci Technol* 51:609–616.
- Moon, K., Choi, K. O., Jeong, S., Kim, Y. K., Lee, S.** 2021. 'Solid Fat Replacement with Canola Oil-Carnauba Wax Oleogels for Dairy-Free Imitation Cheese Low in Saturated Fat' *Foods* 10(6), 1351.
- Morales-Rueda, J., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M., Toro-Vazquez, J.** (2009). rheological properties of kandelilla wax and dotriacontane organogels measured with a true-gap system. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(8), 765-772.
- Öğütçü, M., & Yılmaz, E.** (2014). Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas y Aceites*, 65(3), e040-e040.
- Öğütçü, M., & Yılmaz, E.** (2015). Comparison of the pomegranate seed oil organogels of carnauba wax and monoglyceride. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(4).
- Öztürk, D. ve Karakaş, G.** (2017). Kayısı üretimi ve pazarlama sorunları; Malatya ili örneği, *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*, 2(4), 113-125.
- Ozturk, O. K., Kaasgaard, S. G., Palmén, L. G., Vidal Jr, B., & Hamaker, B. R.** (2021). Protein matrix retains most starch granules within corn fiber from corn wet-milling process. *Industrial Crops and Products*, 165, 113429.

- Parmar, V., Sharma, R., Sharma, S., & Singh, B.** (2022). Recent advances in fabrication of food grade oleogels: Structuring methods, functional properties and technical feasibility in food products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(6), 4687-4702.
- Park, C., Bemer, H. L., Maleky, F.** (2018). 'Oxidative Stability of Rice Bran Wax Oleogels and an Oleogel Cream Cheese Product, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 95:1267–1275.
- Patel, A.R.** (2015). *Alternative Routes to Oil Structuring*. Springer International Publishing: AG Switzerland
- Pehlivanoglu, H., Toker, Ö. S., İmamoğlu, H., & Demirci, M.** (2016). Determination of textural, rheological properties and SFC, SMP values of oleogels prepared using sunflower oil. In *19. International Sunflower Conference*.
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., & Sagdic, O.** (2018). Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), 1330–1341. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1256866>.
- Ramel, P. R., & Marangoni, A. G.** (2018). Processed cheese as a polymer matrix composite: A particle toolkit for the replacement of milk fat with canola oil in processed cheese. *Food Research International*, 107, 110-118.
- Reale, E., Lucey, S. G., Johnson, M. E., Jaeggi, J. J., Molitor, M., Lu, y., Lucey, J. A.** (2020). 'Effects of the depletion of whey proteins from unconcentrated milk using microfiltration on the yield, functionality, and nutritional profile of Cheddar cheese' *Journal of Dairy Science*, Pages 9906-9922.
- Salgado, A. M., Ozturk, O. K., Hamaker, B. R., & Campanella, O. H.** (2023). Matching textural properties of commercial meat and cheese products using zein as the viscoelastic agent and calcium hydroxide as the textural modifier in plant-based formulations. *Food Hydrocolloids*, 137, 108323.
- Scopes, R. K.** (1993). Protein purification: principles and practice. Springer Science & Business Media.
- Sharma, P. C., Tilakratne, B. M. K. S., Gupta, A.** (2010). Utilization of wild apricot kernel press cake for extraction of protein isolate. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 682–685. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0096-z>
- Sema, K. A. Y. A., BAKKALBAŞI, E., & Cavidoğlu, İ.** (2017). Fındık, zeytin ve pamuk yağlarında peroksit oluşum kinetiği. *Akademik Gıda*, 15(1), 36-42.
- Short, E. C., Amanda J. Kinchla and Alissa A. Nolden,** (2021) 'Review -Plant-Based Cheeses: A Systematic Review of Sensory Evaluation Studies and Strategies to Increase Consumer Acceptance', *Foods*, 10(4), 725.
- Siddiqui, S. A., Anwar, S., Yunusa, B. M., Nayik, G. A., & Khaneghah, A. M.** (2023). The potential of apricot seed and oil as functional food: Composition, biological properties, health benefits & safety. *Food Bioscience*, 51, 102336.
- Silva, R. C. D., Ferdaus, M. J., Foguel, A., & da Silva, T. L. T.** (2023). Oleogels as a fat substitute in food: A current review. *Gels*, 9(3), 180.

- Soltani, M., Saremnezhad, S., Kanmaz, H., Tekin, A., Gökçe, Y., Kaya, B., ... & Hayaloglu, A. A.** (2024). Influence of using different ratios of small ruminants (ovine and caprine) milk on compositional and proteolytic changes during ripening of raw milk lighvan cheese. *International Dairy Journal*, 149, 105821.
- Song, W., Fu, J., Zeng, O., Lu, H., Wang, J., Fang, L., Liu, X., Min, W., Liu, C.** (2023). 'Improving ACE inhibitory activity of hazelnut peptide modified by plastein: Physicochemical properties and action mechanism' *Food Chemistry*, 134498.
- Sutter, R., Assad-Bustillos, M., & Windhab, E.** (2023). Zein improves desirable melt-stretch properties in plant-based cheeses made from pea protein. *Food Hydrocolloids*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108981>.
- Tekin, A., & Guler, Z.** (2021). The effect of ripening medium (goat skin bag or plastic barrel) on the volatile profile, color parameter and sensory characteristics of Tulum cheese. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), 19-38.
- Tekin, A., & Hayaloglu, A. A.** (2023). Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. *International Dairy Journal*, 137, 105508.
- Thakur, A., Vaidya, D., Kaushal, M., & Gupta, A.** (2019). Physicochemical properties , mineral composition , FTIR spectra and scanning electron microscopy of wild apricot kernel press cake. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 4(2), 140-143.
- Turan, S., Topcu, A., Karabulut, I., Vural, H., & Hayaloglu, A. A.** (2007). Fatty acid, triacylglycerol, phytosterol, and tocopherol variations in kernel oil of Malatya apricots from Turkey. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(26), 10787-10794.
- Ulhas, R. S., Ravindran, R., Malaviya, A., Priyadarshini, A., Tiwari, B. K., & Rajauria, G.** (2023). A review of alternative proteins for vegan diets: sources, physico-chemical properties, nutritional equivalency, and consumer acceptance. *Food Research International*, 113479.
- Uruc, K., Tekin, A., Sahingil, D., Hayaloglu, A. A.** (2022). 'An alternative plant-based fermented milk with kefir culture using apricot (*Prunus armeniaca* L.) seed extract: Changes in texture, volatiles and bioactivity during storage' *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82: 103189.
- Yılmaz, E., Keskin Uslu, E., Toksöz, B.** (2020). Structure, rheological and sensory properties of some animal wax based oleogels. *Journal of Oleo Science*, 69(10), 1317-1329.
- Yılmaz E., Demirci Ş.** (2021). Preparation and Evaluation of Virgin Olive Oil Oleogels Including Thyme and Cumin Spices with Sunflower Wax. *Gels*; 7(3):95. <https://doi.org/10.3390/gels7030095>.
- Yılmaz, E., & Öz, C.** (2023). Ayçiçek Mum ve Poligliserol Stearat Organojelatörleriyle Soğuk Pres Fındık Yağı Oleojellerinin Hazırlanması ve Karakterize Edilmesi. *Akademik Gıda*, 21(1), 38-48. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1274003>
- Yu, C. B., Zhai, L.Q., Hui, H., Shi, M., Shah, F., Qiang, W., Zhi, L. H.** (2020). 'An optimized industry processing technology of peanut tofu and the novel prediction

model for suitable peanut varieties ‘ ‘ Journal of Integrative Agriculture, 19(9): 2340–2351.

Zhang, N., Zhang, Q. A., Yao, J. L., & Zhang, X. Y. (2019). Changes of amygdalin and volatile components of apricot kernels during the ultrasonically-accelerated debitterizing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 104614.

Zhang, N., Zhang, Q. A., & Yao, J. L. (2020). Consecutive membrane filtration and re-utilization of the debitterizing wastewater of apricot kernels for a flavor beverage-making. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121360.

Zhou, B., Wang, Y., Kang, J., Zhong, H., & Prenzler, P. D. (2016). The quality and volatile-profile changes of Longwangmo apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oil prepared by different oil-producing processes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(2), 236-243.

Zulim Botega, D.C., Marangoni, A.G., Smith, A.K., Goff, H.D. (2013). The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J Food Sci*, 78(9): 1334-1339.