

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

KETENCİK MÜSİLAJININ YAĞI AZALTILMIŞ
KURABIYE ÜRETİMİNDE KATI YAĞ İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasemin ÖZCAN

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ NECLA ÖZDEMİR ORHAN

EYLÜL 2024

BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

KETENCİK MÜSİLAJININ YAĞI AZALTILMIŞ
KURABIYE ÜRETİMİNDE KATI YAĞ İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASEMİN ÖZCAN

ORCID: 0000-0002-3838-2185

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ NECLA ÖZDEMİR ORHAN

EYLÜL 2024

BİTLİS

T.C
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum **“Ketencik Müsilajının Yağı Azaltılmış Kurabiye Üretiminde Katı Yağ İkame Maddesi Olarak Kullanımı”** başlıklı tezde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.
06.09.2024

Yasemin ÖZCAN

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI

“Ketencik Müsilajının Yağı Azaltılmış Kurabiye Üretiminde Katı Yağ İkame Maddesi Olarak Kullanımı” başlıklı yüksek lisans tezi Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.
06.09.2024

Yasemin ÖZCAN
Tezi Hazırlayan

Dr. Öğr. Üyesi Necla ÖZDEMİR ORHAN
Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Seda OĞUR
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı Başkanı

T.C
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY SAYFASI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Güvenliği Anabilim Dalı öğrencisi Yasemin ÖZCAN tarafından hazırlanan “**Ketencik Müsilajının Yağı Azaltılmış Kurabiye Üretiminde Katı Yağ İkame Maddesi Olarak Kullanımı**” adlı Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı 06/09/2024 tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

JÜRİ:

İMZA

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Necla ÖZDEMİR ORHAN
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Esmâ AKSOY KENDİLCİ
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Üye: Doç. Dr. Cansu Ekin BOACINA
(Ankara Üniversitesi)

.....

Bitlis Eren Üniversitesinin Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../... tarih ve sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek lisans tezi olarak kabulü onaylanmıştır.

..../..../2024

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL

Enstitü Müdürü

T.C.

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

**KETENCİK MÜSİLAJININ YAĞI AZALTILMIŞ KURABİYE ÜRETİMİNDE
KATI YAĞ İKAME MADDESİ OLARAK KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Yasemin ÖZCAN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Necla ÖZDEMİR ORHAN

Eylül 2024

ÖZET

Günümüzde tüketiciler beslenme konusunda giderek bilinçlenmekte ve buna bağlı olarak sağlıklı ürünler tüketme konusunda daha istekli olmaktadır. Bu anlamda yağ oranı ve enerji değeri düşük ancak diyet lif içeriği yüksek ürünler oldukça dikkat çekmektedir. Bilim dünyası ve gıda sanayii bu ihtiyaca cevap verebilmek için sağlıklı yağ ikame maddelerine yönelmiş durumdadır. Bu anlamda bitkisel kaynaklı müsilaajlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ilk defa, ketencik tohumu müsilaajı kurabiye formülasyonunda yağ ikame maddesi olarak kullanılmış ve müsilaaj ilave edilen kurabiyelerin fizikokimyasal, dokusal, duyuşsal ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Ketencik tohumu müsilaajının nem, protein, kül, yağ ve karbonhidrat içerikleri sırasıyla $6,46 \pm 0,35$, $17,44 \pm 0,62$, $11,49 \pm 0,39$, $1,27 \pm 0,10$ ve $63,16 \pm 0,58$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kurabiye formülasyonunda bulunan şortening %0, %20, %40 ve %60 seviyelerinde ketencik tohumu müsilaajı (KM) ile ikame edilerek, sırasıyla, Kontrol-kurabiye, %20 KM-Kurabiye, %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye elde edilmiştir. En yüksek nem oranı %60 KM-Kurabiye örneğine ($7,87 \pm 0,17$) ait iken en düşük nem oranı Kontrol-Kurabiye örneğine ($0,88 \pm 0,02$) aittir ($p < 0,05$). Kurabiyelerde kullanılan müsilaaj oranı arttıkça örneklerin protein oranı da artmıştır. %20 KM-Kurabiye, %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye örneklerinin yağ içerikleri Kontrol-Kurabiye örneği ile karşılaştırıldığında, sırasıyla, %12,52, %31,49 ve %50,12 oranında azalmıştır. En yüksek sertlik ve esneklik değerleri (sırasıyla $70,68 \pm 3,37$ N ve $11,52 \pm 0,34$ mm) %60 KM-Kurabiyeye ait iken en düşük sertlik ve esneklik değerleri (sırasıyla $19,42 \pm 1,42$ N ve $8,80 \pm 0,26$ mm) Kontrol-Kurabiye örneğine aitti ($p < 0,05$). Duyusal değerlendirmede tat

bakımından en yüksek puanı Kontrol-Kurabiye örneği ($7,77\pm0,19$) almış olup, bunu %40 KM-Kurabiye örneği ($7,45\pm0,13$) takip etmiştir ($p < 0,05$). Yağlılık ve genel kabul edilebilirlik açısından en çok beğenilen örnek %40 KM-Kurabiye olurken (sırasıyla $7,77\pm0,06$ ve $8,14\pm0,06$) en az beğenilen örnek %60 KM-Kurabiye (sırasıyla $6,59\pm0,45$ ve $7,05\pm0,06$) olmuştur ($p < 0,05$). Kurabiye formülasyonunda kullanılan müsilağ oranı arttıkça örneklerin toplam fenolik madde miktarı da artmıştır. Ancak, antioksidan aktivite değerlerinde bu artışa rastlanmamıştır. Sonuç olarak, KM'nın kurabiye yapımında yağ ikame maddesi olarak kullanılmasının önemli kalite kayıplarına neden olmadan başarılı sonuçlar verdiği görölmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Camelina sativa*, müsilağ, yağ azaltma, kurabiye, kalite özellikleri

Repuclic of Turkiye
Bitlis Eren University Graduate School
Department of Food Safety
THE USE OF CAMELINA MUCILAGE AS A SOLID FAT REPLACER IN
REDUCED-FAT COOKIES PRODUCTION

Master Thesis

Yasemin ÖZCAN

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Necla ÖZDEMİR ORHAN

September 2024

ABSTRACT

Nowadays, consumers have been becoming more conscious about nutrition and consequently more willing to consume healthy products. In this context, foods with low fat and energy content but high dietary fiber content have been attracting considerable attention. The scientific community and the food industry have turned to healthy fat replacers to meet this demand. In this regard, plant-based mucilages have been commonly used. In this study, for the first time, camelina seed mucilage was used as a fat replacer in cookie formulations, and the physicochemical, textural, sensory, and functional properties of the mucilage incorporated cookies were examined. The moisture, protein, ash, fat, and carbohydrate content of the camelina seed mucilage was $6.46\pm0.35\%$, $17.44\pm0.62\%$, $11.49\pm0.39\%$, $1.27\pm0.10\%$, and $63.16\pm0.58\%$, respectively. In the study, shortening in the cookie formulation was replaced with camelina seed mucilage (CM) at levels of 0%, 20%, 40%, and 60%, and the Control-Cookie, 20% CM-Cookie, 40% CM-Cookie, and 60% CM-Cookie were prepared. The highest moisture belonged to the 60% CM-Cookie ($7.87\pm0.17\%$), while the lowest ($0.88\pm0.02\%$) belonged to the Control-Cookie ($p < 0,05$). As the mucilage ratio used in the cookies increased, the protein ratio of the samples also increased. The fat content of the 20% CM-Cookie, 40% CM-Cookie, and 60% CM-Cookie samples decreased by 12.52%, 31.49%, and 50.12%, respectively, compared to the Control-Cookie. The highest hardness and flexibility values (70.68 ± 3.37 N and 11.52 ± 0.34 mm) belonged to the 60% CM-cookie, while the lowest (19.42 ± 1.42 N and 8.80 ± 0.26 mm) belonged to the Control-cookie ($p < 0,05$). The Control-Cookie had the highest taste score (7.77 ± 0.19), followed by the 40% CM-Cookie (7.45 ± 0.13) (p

$< 0,05$) in the sensory evaluation. The preferred sample in terms of oiliness and general acceptability was the 40% CM-Cookie (7.77 ± 0.06 and 8.14 ± 0.06 , respectively) while the least liked sample was the 60% CM-Cookie (6.59 ± 0.45 and 7.05 ± 0.06 , respectively) ($p < 0,05$). As the amount of mucilage used in the cookie formulation increased, the total phenolic compound content of the samples also increased. However, this increment was not observed in the antioxidant activity. Consequently, it was observed that the use of mucilage as a fat replacer in cookie production achieved successful results without significant quality losses.

Keywords: *Camelina sativa*, mucilage, fat reduction, cookie, quality properties



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda yanımda olan, tecrübesi ile yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Necla ÖZDEMİR ORHAN'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca laboratuvar imkanları ve tecrübesi ile her zaman yanımda olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zeynep EROĞLU'na ve değerli katkılarından dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Merve Sılanur YILMAZ'a teşekkür ederim. Yüksek lisans bitirme tezim için yapmış olduğum deneysel hazırlık evrelerinde ve ilerleyen aşamalarda benden desteğini esirgemeyen ve hep yanımda olan canım annem Ayşe ÖZCAN'a, canım babam Alaeddin ÖZCAN'a ve hayatın her alanında, her kararında, her zaman yanımda olup benim kendisi gibi iyi ve temiz kalpli bir insan olmamı isteyen, beni bu yönde hep destekleyen ve varlığı ile bana güç veren canım abim Fethi ÖZCAN'a sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Motivasyonumun düşük olduğu zamanlarda beni nazik bir şekilde uyaran ve tez yazmam konusunda sürekli hatırlatmalar yapan değerli iş arkadaşım Pınar BAKIR'a da ayrıca çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız...

Bu tez çalışması Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BEBAP) tarafından 2023.24 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tezde, sağlıklı gıda üretimi için alternatif yöntemler araştırılmış ve ketencik tohumu müsilağının kurabiye üretiminde yağ ikame maddesi olarak kullanılması araştırılmıştır. Bu kapsamda ketencik tohumu müsilağının karakterizasyonu sağlanmış ve ketencik tohumu müsilağı kullanılarak üretilen kurabiyelerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu çalışmanın hazırlanmasında bana destek olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Necla ÖZDEMİR ORHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, araştırmam süresince bana moral ve motivasyon sağlayan aileme ve arkadaşlarıma minnettarım. Bu tez çalışması, akademik hayatımın en zorlu fakat bir o kadar da öğretici süreçlerinden biri olmuştur. Bilimsel araştırma yapmanın inceliklerini öğrenirken, kişisel gelişimime de katkıda bulunan bu süreçten büyük bir keyif aldım. Umarım bu çalışma ilerleyen dönemlerde yapılacak araştırmalara katkıda bulunur ve sağlıklı gıda üretimi konusunda yeni ufuklar açar.

Yasemin ÖZCAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR.....	V
ÖNSÖZ	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
FOTOĞRAF DİZİNİ	XI
SİMGELER DİZİNİ.....	XII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kurabiye.....	2
1.2. Doymuş Yağlar	3
1.3. Doymuş ve Doymamış Yağ Asitlerinin Sağlık ile Olan İlişkisi	5
1.4. Sağlıklı Beslenme Trendleri	7
1.5. Yağ İkame Maddeleri	8
1.6. Yağ İkame Maddelerinin Gıda Ürünlerinde Kullanımı	10
1.7. Karbonhidrat Bazlı Yağ İkame Maddeleri.....	10
1.8. Müsilaj.....	11
1.9. Müsilajın Kullanım Alanları	14
1.10. Ketencik Tohumu	15
1.11. Bitki Tohum Müsilajının Unlu Mamüllerde Kullanımı	16
2.MATERYAL VE YÖNTEM	19
2.1. Materyal	19
2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Karakterizasyonu	19
2.2.1. Ketencik Tohumu Müsilajının Nem Tayini	19
2.2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Kül Tayini.....	19

2.2.3. Ketencik Tohumu Müsilajının Protein Tayini	19
2.2.4. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ Tayini	20
2.2.5. Ketencik Tohumu Müsilajının Karbonhidrat Tayini	20
2.2.6. Ketencik Tohumu Müsilajının Su Tutma Kapasitesi	20
2.2.7. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ Tutma Kapasitesi	20
2.2.9. Ketencik Tohumu Müsilajının Antioksidan Aktivitesi	21
2.3. Kurabiye Yapımı	21
2.4. Kurabiye Örneklerinin Karakterizasyonu	22
2.4.1. Kurabiye Örneklerinin Nem Tayini	22
2.4.2. Kurabiye Örneklerinin Kül Tayini	22
2.4.3. Kurabiye Örneklerinin Protein Tayini	22
2.4.4. Kurabiye Örneklerinin Yağ Tayini	22
2.4.5. Kurabiye Örneklerinin Karbonhidrat Tayini	22
2.4.6. Kurabiye Örneklerinin Enerji Değeri	23
2.4.7. Kurabiye Örneklerinin Su Aktivitesi	23
2.4.8. Kurabiye Örneklerinin Renk Analizi	23
2.4.9. Kurabiye Tekstür Analizi	23
2.4.10. Kurabiye Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Tayini	23
2.4.11. Kurabiye Örneklerinin Antioksidan Aktivitesi	24
2.4.12. Kurabiye Örneklerinin Duyusal Analizi	24
2.4.13. İstatistiksel Analiz	24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
3.1. Ketencik Tohumu Müsilaj Verimi	25
3.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Karakterizasyonu	25
3.2.1. Ketencik Tohumu Müsilajının Nem İçeriği	25
3.2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Kül İçeriği	25

3.2.3. Ketencik Tohumu Müsilajının Protein İçeriği	26
3.2.4. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ İçeriği	26
3.2.5. Ketencik Tohumu Müsilajının Karbonhidrat İçeriği	27
3.2.6. Ketencik Tohumu Müsilajının Su Tutma Kapasitesi	27
3.2.7. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ Tutma Kapasitesi	28
3.2.8. Ketencik Tohumu Müsilajının Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	28
3.2.9. Ketencik Tohumu Müsilajının Toplam Antioksidan Aktivitesi	29
3.3. Kurabiye Örneklerinin Karakterizasyonu	29
3.3.1. Kurabiye Örneklerinin Nem İçeriği	29
3.3.2. Kurabiye Örneklerinin Kül Miktarı.....	30
3.3.3. Kurabiye Örneklerinin Protein İçeriği.....	31
3.3.4. Kurabiye Örneklerinin Yağ İçeriği	31
3.3.5. Kurabiye Örneklerinin Karbonhidrat İçeriği	32
3.3.6. Kurabiye Örneklerinin Enerji Değeri	32
3.3.7. Kurabiye Örneklerinin Su Aktivitesi	33
3.3.8. Kurabiye Örneklerinin Renk Analizi	34
3.3.9. Kurabiye Örneklerinin Tekstür Analizi.....	35
3.3.10. Kurabiye Örneklerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı	36
3.3.11. Kurabiye Örneklerinin Antioksidan Aktivitesi	36
3.3.12. Kurabiye Örneklerinin Duyusal Analizi	37
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kurabiye örneklerinin kompozisyon (% , km) ve enerji değeri (kcal/100 g km)	30
Çizelge 3.2. Kurabiye örneklerinin su aktivitesi, renk parametreleri ve tekstürel özellikleri	35
Çizelge 3.3. Kurabiye örneklerinin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g km) ve antioksidan aktivitesi (mmol Trolox/g km)	37
Çizelge 3.4. Kurabiye örneklerinin duyu analizi sonuçları	38



FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 3.1. Kurabiye örneklerinin görünüşü.....	39
--	----



SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
≤	Küçük eşit
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
µg	Mikrogram (10 ⁻⁶ g)
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
dk	Dakika
log	Logaritma
g	Gram (10 ⁻³ kg)
kg	Kilogram
mL	Mililitre (10 ⁻³ L)
p	Anlamlılık düzeyi
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü/Asitlik-bazlık derecesi)
O ₂	Oksijen
α	Alfa
β	Vita
ε	Epsilon
ι	Iota
a _w	Su aktivitesi

KISALTMALAR DİZİNİ

LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asitleri
ALA	α -linolenik asid
TC	Toplam Kolesterol
KVH	Kardiyovasküler Hastalık
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ITF	İnülin Tipi Frukthanlar
DNA	Deoksiriboz Nükleik Asit
AOAC	Resmi analitik kimyacılar birliği
KM	Ktencik tohumu müsilağı
TFM	Toplam Fenolik Madde
km	Kuru madde
rpm	Dakikadaki devir sayısı
UV-vis	Ultraviyole görünür
GAE	Gallik asit eşdeğeri
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Trolox	6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit

1. GİRİŞ

Gıdanın insan sağığı üzerindeki önemi, güvenli ve sağıklı bir gıdanın tanımını belirlemekte temel bir rol oynamaktadır. Güvenli bir gıda, besleyici değerlerini koruyarak zararlı bileşenlerden arındırılmış olmalıdır. Son zamanlarda gıdaların daha az kalorili hale getirilmesi için, özellikle katı yağların azaltılması ve alternatif sağıklı bileşenlerin kullanılması yönünde birçok çalışma yürütölmektedir. Bu çalışmalarda, gıdaların lezzeti ve tekstürel özellikleri korunurken, enerji değerinin ve zararlı yağ içeriklerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Uzun süreli doymuş yağ tüketimi, serum kolesterol düzeyleri üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle kardiyovasküler hastalıkların gelişimi ile ilişkilendirilmektedir. Özellikle, diyetle fazla miktarda doymuş yağ tüketiminin düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyelerini artırdığı ve bunun kardiyovasküler hastalıklara neden olduğu uzun süredir öne sürölmektedir. Bu bağlamda, kurabiye gibi yüksek yağ içeriğine sahip gıda ürünleri dikkat çekmektedir. Kurabiye; un, şeker, yağ ve su gibi temel bileşenlerden oluşan popüler gıda ürünüdür. Yağ oranı genellikle un ağırlığı bazında %20-30 veya daha fazla olup, bu durum hem sağık açısından arzu edilmeyen sonuçlar doğurmakta hem de ürünü oksidatif hasara karşı hassas hale getirmektedir. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için hem bilim dünyası hem de gıda endüstrisi tarafından sağıklı yağ ikame maddelerine bir yönelim söz konusudur. Yağ ikame maddeleri, gıda ürünlerinde enerji değerini azaltmanın yanı sıra yağın sunmuş olduğu bir veya daha fazla teknolojik ve duyuşal işlevi yerine getiren karbonhidrat, protein veya yağ bazlı bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, ideal bir yağ ikame maddesi sağık açısından herhangi bir risk taşımamalıdır.

Bitki müsilağı, karbonhidrat bazlı bir yağ ikame maddesi olup, unlu mamullerde kullanılmak için uygun bir ajandır. Müsilağı; bitkilerin meyve, yaprak, çiçek, kök veya gövde gibi çeşitli kısımlarında jel benzeri bir yapı olarak doğal olarak bulunabileceğı gibi, su ile muamele edildikten sonra da oluşabilmektedir. Müsilağlar, fonksiyonel ve teknolojik özellikleri sayesinde kıvam artırıcı, stabilize edici, emülgatör ve yağ ikame maddesi olarak, gıda, ilaç ve kozmetik sanayinde geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Günümüzde insan beslenmesinde pek yeri olmayan ama eskiden yağ bitkisi olarak kullanılan ketencik tohumu önemli bir müsilağı kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ketencik tohumu, çoğu iklim ve toprak koşullarında kolaylıkla yetişebilmesi ve tarım ilaçlarına ihtiyaç duymaması nedeniyle de müsilaj kaynağı olarak avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada, geleneksel kurabiye yapımında kullanılan katı yağın ketencik tohumu müsilajı ile ikame edilmesiyle kalp ve damar hastalıkları riskini azaltan, az yağlı, besleyici ve biyoaktif bileşenlere sahip bir ürün elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu anlamda formülasyonunda müsilaj barındıran kurabiyelerin fizikokimyasal, tekstürel, duyuusal ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir.

Günümüzde yaşanan hızlı sosyo-ekonomik değişimler, unlu mamullerin dünya genelinde insanların günlük beslenmesinin önemli bir unsuru haline gelmesine yol açmıştır. Unlu mamuller içerikleri ve yapıları nedeniyle çok çeşitlilik göstermekte olup genel olarak ekmek, kek, bisküvi, kraker ve kurabiye gibi ürünleri kapsamaktadır. Bu ürünler, günlük olarak bol miktarda tüketilen ve insan beslenmesinde önemli bir yer tutan gıda maddeleridir.

1.1. Kurabiye

Üründe yeni özelliklerin geliştirilmesi veya tüketici taleplerini karşılayabilecek yeni ürünün geliştirilmesi gıda endüstrisinin temel stratejisidir. Günümüzde yoğun yaşam koşulları nedeniyle insanlar hazırlaması kolay, pişirmesi daha az zaman alan, sağlıklı, raf ömrü uzun ve tadı güzel olan hazır gıdalara yönelmektedir. Kurabiyeler, her kesimin atıştırmalık olarak yüksek oranda tükettiği işlenmiş gıdalardır. Genellikle şekil olarak yuvarlak ve yassı olup boyutu küçüktür. Birçok çeşidi mevcuttur. Ana malzemeleri türüne göre un, yağ, şeker, tuz ve sudur. Üretimi çok geniştir ve dünya çapında yaygın olarak tüketilmektedir (Singhal vd., 2022). Kurabiye yapımında rafine buğday unu iyi gelişmiş bir gluten ağı içeren hamur oluşturmak için şeker, yağ, su, tuz, kabartma tozu, yağsız süt, emülgatör, vb. bileşenlerle karıştırılır. Malzemelerin niteliği ve miktarı bisküvi veya kurabiyenin kalitesini belirler. Kurabiyeler yaklaşık olarak %10,89-%13,10 nem içeriği, %6,21-%8,43 protein içeriği, %1,96-%3,83 kül içeriği, %19,50-%23,33 yağ içeriği, %2,05-3,96 lif içeriği ve %57,94-47,59 karbonhidrat içeriği ile enerjisi yoğun olan gıdalar arasındadır (Goswami vd., 2020).

Kurabiyeler giderek daha popüler bir gıda haline gelmektedir. Şortening, benzersiz işlevsellikleri (hassasiyet, yapı, ağızda bıraktığı his ve lezzet) nedeniyle kurabiyelerin en kritik bileşenidir. Ancak, şorteningin yoğun kullanımı doymuş ve trans yağ asitlerinin alımını arttırmakta olup, bu yağ asitlerinin kardiyovasküler hastalık,

obezite, iskemik inme ve tip 2 diyabet riskini arttırmak gibi sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, sıfır trans ve yüksek doymamış yağ asitlerine sahip yeni katı yağ ikamelerinin geliştirilmesi sağlık için gereklidir. Bitki tohum müsilajı kullanımı, doymuş yağ asitlerinin azaltılması ve diyetteki trans yağ asitlerinin ortadan kaldırılması için uygun bir strateji olup doymamış yağların içeriğini arttırmaktadır (Li vd., 2021).

1.2. Doymuş Yağlar

Dünya çapında morbidite ve mortalitenin önde gelen nedeni kardiyovasküler hastalıklardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde kardiyovasküler hastalıklarının tedavisinin maliyeti yılda 200 milyar doların üzerindedir. Bu nedenle, diyet değişikliğini de içeren önleyici tedbirler, araştırma konusu olmuştur. Kardiyovasküler hastalıkların gelişimi, serum toplam kolesterol seviyelerinin artış göstermesi nedeniyle doymuş yağ alımıyla ilişkilendirilmiştir. Özellikle, normalin üzerindeki doymuş yağ tkzetiminin, kardiyovasküler hastalıkların bir nedeni olan düşük yoğunluklu lipoproteini (LDL) artırdığı uzun süredir bilinmektedir (Perna vd., 2022). Diyetle birlikte fazla miktarda doymuş yağ asidi alımı, hem dolaşımdaki glukoz ve yağ asidi düzeylerini hem de adipoz doku ve organlardaki yağ depolanmasını artırarak insülin mekanizmasını bozmaktadır. Ařırđ doymuş yağ asidi alımı (%63 doymuş yağ asidi-%42'si palmitik asit) 24 saat gibi kısa bir süre içerisinde dolaşımdaki trigliserit, glukoz ve serbest yağ asidi seviyelerinin artmasına neden olmaktadır (Koska vd., 2016).

Doymuş yağ asitleri; kısa zincirli doymuş yağ asitleri, orta zincirli doymuş yağ asitleri ve uzun zincirli doymuş yağ asitleri olmak üzere üç farklı gruba ayrılmaktadır. Kısa zincirli yağ asitlerinin uzunluğu altı karbondan azdır ve besin kaynakları açısından sınırlıdır. Kısa zincirli yağ asitlerinin çoğunluğu kolonda lif fermantasyonunun yan ürünleri olarak üretilir. Orta zincirli doymuş yağ asitleri, 6-12 karbon uzunluğuundadır. Hurma ekirdeği yağı, hindistancevizi yağı ve süt ürünlerini içeren gıda kaynaklarında bulunmaktadır. Son olarak, uzun zincirli doymuş yağ asitlerinin uzunluğu 12 karbondan fazladır ve ana besin kaynakları sığır eti, palm yağı ve domuz yağıdır (Perna vd., 2022).

İnsanlardaki toplam yağ asidi plazma konsantrasyonunun çok büyük bir kısmını (> %99) ift zincirli doymuş yağ asitleri oluşturmakta ve dolayısıyla yağ asidi metabolizması konusundaki çalışmalar daha çok çift zincirli doymuş yağ asitleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ancak, insan vücudunda tek zincirli doymuş yağ asitlerinin de

bulunduğu saptanmıştır. Bunlardan en önemlileri ve ölçülebilir olanları pentadekanoik (C15:0) ve heptadekanoik (C17:0) yağ asitleridir. Bunlar sığır ve koyun gibi hayvanların süt ve et yağlarında bulunur. Süt ve süt ürünlerinin tüketimiyle insanlara geçmekte olan bu yağ asitleri, hayvanların kolonunda bakteriyel fermentasyon sonucunda üretilmektedir. Süt ve süt ürünlerinin tek zincirli doymuş yağ asitlerinin ana kaynağı olduğu belirtilmektedir. Süt yağında tespit edilen tek zincirli doymuş yağ asidi miktarının %1.5-2.5 olduğu bildirilmiştir (Koptagel & Seremet Kürklü, 2020). Geleneksel olarak üretilen inek sütündeki pentadekanoik ve heptadekanoik yağ asitleri konsantrasyonları, sırasıyla, toplam yağ asidinin %1.2 ve %0.54'ünü oluşturmaktadır. Tek zincirli doymuş yağ asitlerinin konsantrasyonu organik sütlerde daha yüksektir (Koptagel & Seremet Kürklü, 2020).

Katı yağlar genellikle daha yüksek oranlarda doymuş yağ içerirken, sıvı yağlar tekli ve çoklu doymamış yağlar bakımından daha zengindir. Doymuş yağlar, birçok gıda teknolojisi ve ürününün dayandığı çeşitli işlevsel özellikler sergilemektedir. Örneğin, yağ şorteningleri, plastisiteleri ve elastikiyetleri nedeniyle gluten partiküllerini kaplayarak hamurda tabaka oluşturarak unlu mamullerde gluten ağı oluşumunu önler. Ayrıca katı yağlar, akma gerilmesinden daha yüksek bir gerilme uygulandığından sürülebilir ürünlerde de kullanılmaktadır. Bu fonksiyonel özelliklerin ve mekanik karakteristiklerin çoğu hayvansal yağlara veya palm yağına aittir (Temkov vd., 2021).

Doymuş yağ asitleri organellerin işleyişini de etkileyebilir. Endoplazmik retikulum; serbest yağ asitlerinin, trigliseritlerin, kolesterol esterler ve fosfolipidler dahil olmak üzere çeşitli lipid sınıflarının esterleştiği yerdir. Çok sayıda çalışma, yağ asitlerinin, özellikle de doymuş yağ asitlerinin anormal alımının adiposit hipertrofisine ve trigliserit lipazın inhibisyonuna yol açtığını göstermiştir (Ciesielska & Gajewska, 2023). Yine yapılan bir çalışmada, yüksek karbonhidrat ve doymuş yağ asitleri içeren bir diyetin uzun süreli hafızayı önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Sonuçlar ayrıca şekerler ve doymuş yağ asitleri açısından zengin hiperkalorik diyetlerin fazla tüketimi sonucunda; hipokampus ve limbik bölgelerde bulunan nöronların fonksiyonunu değiştirerek glutamat, dopamin, serotonin ve gama aminobütirik asit gibi nörotransmitterlerin sentezini değiştirdiğini göstermektedir. Söz konusu çalışmada; yüksek miktarda şeker ve doymuş yağ asidi içeren hiperkalorik diyetlere çok fazla maruz kalmanın hipotalamus, hipokampus ve frontal korteks gibi beyin bölgelerinde oksidatif stresi şiddetlendirdiğini, ayrıca metabolik bozulma ve hafıza kaybına neden olduğu

görülmüştür (Fuentes vd., 2023). Yine yapılan farklı bir çalışmada daha yüksek doymuş yağ asidi alımı, insan kolonik bağırsak mikrobiyotasında *Tyzzarella* ve *Fusobacterium*'un artmasıyla ilişkilendirilmiştir; her ikisi de gram negatif türlerdir bu da kardiyovasküler hastalık riskini artırmaktadır (Jamar & Pisani, 2023).

1.3. Doymuş ve Doymamış Yağ Asitlerinin Sağlık ile Olan İlişkisi

Doymuş yağ asitlerinde hidrokarbon zincirleri çift bağ içermezken doymamış yağ asitlerinde hidrokarbon zincirleri bir veya daha fazla çift bağ içerir. Zincirin metil ucundan ($=\omega$ -karbon) itibaren üçüncü ve dördüncü karbon arasında veya altıncı ve yedinci karbon arasında çift bağ bulunan çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), insan sağlığı için özellikle önemlidir. Bu yağ asitlerinin fizyolojik rolünün daha çok metil ucundan itibaren sayılan çift bağın konumuyla ilgili olduğu gerçeğini yansıtmak için alternatif olarak ω -3 ve ω -6 yağ asitleri olarak adlandırılır. Gerekli çoklu doymamış yağ asitlerini üretmek için insanlar ω -3 α -linolenik aside (ALA, $18:3\Delta^{9,12,15}$) ihtiyaç duyar. Vücudumuz α -linolenik asidi sentezleyecek enzimatik yetenekten yoksundur ve bu nedenle onu bitki kaynaklarından elde etmek zorundadır (Coniglio vd., 2023).

Tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin tüketimi kalp damar hastalıkları riskini azaltırken yüksek yağlı diyetlerin kalp damar hastalıkları için risk faktörü olduğu saptanmıştır. Doymuş yağlardan zengin, tekli ve çoklu doymamış yağlardan fakir olan tipik Batı Diyeti başta obezite olmak üzere birçok sağlık problemine neden olmaktadır. Ayrıca düşük posa, yüksek yağ ve protein, rafine karbonhidratlar ile karakterize olan Batı tarzı beslenme modeli yararlı bakteriler olarak tanımlanan *Bifidobacterium* ve *Eubacterium* yoğunluğunda azalmaya neden olarak bağırsak mikrobiyotasını olumsuz etkilemektedir (Kılınç vd., 2022).

Dolaşımdaki toplam kolesterol (TC) ve düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL) seviyelerinin azaltılması, insanlarda kardiyovasküler hastalıklar prevalansını kontrol etmek için birincil strateji olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle, çeşitli diyet kılavuzları ve sağlık kuruluşları, dolaşımdaki kolesterol ve LDL seviyelerini düşürmek için doymuş yağ asidi alımının sınırlandırılması gerektiğini ($< 10\%$ / gün) ve doymuş yağ asidi yerine çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) veya tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA'lar) tüketilmesi gerektiğini önermektedir. Trans yağlar; unlu mamuller, patates cipsleri ve derin yağda kızartılmış gıdalar gibi birçok gıda ürünüde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak trans yağların insanlarda dolaşımdaki TC/LDL seviyelerini

artırarak kalp hastalığı riskini önemli ölçüde artırdığı bilinmektedir. Örneğin, uzun zincirli doymuş yağ asitleri olan miristik asit (C14:0) ve palmitik asidin (C16:0) dolaşımdaki TC/LDL seviyelerini artırarak kalp hastalığı riskini yükselttiği görülmüştür. Bununla birlikte, bu iki uzun zincirli doymuş yağlar süt ürünlerinde yüksek miktarlarda bulunur. Ayrıca yağlar, 9 kcal/g enerji içerir; bu da karbonhidrat ve protein gibi diğer makro besin öğelerinin sadece 4 kcal/g olan kalori içeriğinden önemli ölçüde daha yüksektir (Chen vd., 2019).

Yine doymuş yağların metabolik sendrom üzerinde de olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Metabolik sendrom, aşağıdaki fizyolojik bileşenlerden en az üçünün bulunmasıyla karakterize edilen ciddi bir sağlık durumudur: hiperglisemi, abdominal obezite, aterojenik dislipidemi (düşük HDL kolesterol ve yüksek plazma triaçilgliseroller) ve hipertansiyon. Kendi başına bir hastalık olmasa da metabolik sendrom; insanları tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalık (KVH) ve felç dahil olmak üzere çok çeşitli başka hastalıklara yakalanmaya yatkın hale getirir. Günümüzde metabolik sendrom uluslararası bir sağlık krizi haline gelmiştir ve şu anda küresel nüfusun yaklaşık %25'ini etkilemektedir. Spesifik olarak, diyet müdahalesi metabolik sendromun önlenmesi ve yönetimi için temel öneri olmaya devam etmektedir. Şu anda, ABD ve uluslararası beslenme kılavuzları, kardiyometabolik hastalıkların önlenmesi için diyetle alınan doymuş yağın sınırlı bir şekilde tüketilmesini savunmaktadır (Unger vd., 2019).

Yüksek oranda doymuş yağ asidi tüketimi ile gestasyonel diyabet riski arasında anlamlı bir korelasyon olduğu ortaya konulmuştur. Yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi tüketiminin ise gestasyonel diyabet riskini azalttığı belirtilmiştir (Wang vd., 2000; Dirar vd., 2017). Günlük alınan enerjinin %1'lik kısmının doymuş yağ asitleri yerine çoklu doymamış yağ asitlerinden alınması durumunda, koroner arter hastalığı riskini %2-3 oranında azaldığı görülmüştür (Astrup vd., 2011). Günümüzde kadın sağlığına ilişkin araştırmalar büyük ölçüde gelişmiştir. Premenstrüel Sendrom üreme çağındaki kadınlarda sık görülen bir sağlık sorunudur ve kadının adet döngüsüyle ilgili, fiziksel belirtileri olsun ya da olmasın, duygusal belirtilerin toplamı olarak tanımlanır (Moghadam vd., 2014). Doymuş yağ içeriğinin azaltılması ve ω -3, magnezyum, çinko, B ve E vitaminleri tüketiminin artırılması gibi diyet düzenlemelerinin Premenstrüel Sendrom semptomlarını azaltmada etkili olduğu vurgulanmaktadır (Jin-Kwon vd., 2022).

Ağırlıklı olarak meyve, sebze ve tam tahıl tüketimiyle karakterize edilen sağlıklı beslenme düzenleri, hiperaktivite veya dikkat eksikliği bozukluğuna karşı koruyucu bir etki göstermektedir. Öte yandan, ağırlıklı olarak doymuş yağ asidi ve rafine şeker tüketimiyle karakterize edilen sağlıksız beslenme düzenleri, hiperaktivite veya dikkat eksikliği ve hiperaktif bozukluğuna oluşma riskinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir (Ponte vd., 2019). Ayrıca, diyetteki doymuş yağ asidi miktarının artırılması da cilt sağlığını olumsuz etkilemektedir. Akne vulgaris dünya çapında en yaygın dermatolojik rahatsızlıklardan biridir. Kimyasal yapılarına bağlı olarak, bazı yağ asitleri iltihaplanmayı yükseltir ve yağ kanalını döşeyen hücrelerin yapışkanlıklarının artmasını sağlar. Palmitik asit (PA, C16:0) gibi doymuş yağ asitleri sebositlerde (insan vücudundaki yağ bezlerini oluşturan hücreler) ve keratinositlerde (derinin en dış katmanı) iltihaplanmayı yükseltici sitokinlerin üretimini başlattığı görülmüştür (Cao vd., 2022).

1.4. Sağlıklı Beslenme Trendleri

Zorunlu ihtiyaç olan yiyecek içecek faaliyetleri günümüzde artan refah seviyesi, gelişen teknoloji, insanların seyahate ve turizme karşı değişen tutumları, sosyal yaşama verilen önemin daha da gelişmesi ile birlikte bu faaliyetler sosyal bir ihtiyaç olarak da yer edinmektedir. Bununla birlikte, tüketiciler son zamanlarda yeme içme eğilimlerinde farklılık arayışına girmiş (Uluçay, 2017) ve daha çok sağlıklı besinleri tüketmeye yönelmiştir. Son yıllardaki sağlıklı beslenme trendleri incelendiğinde; organik ürünlerin daha çok tercih edildiği, tüketicilerin doğrudan tarlaya yöneldiği, besinleri doğal renginde tüketme eğiliminde oldukları ve sağlıklı beslenme alışkanlığını hayatlarına oturtmaya çalıştıkları görülmektedir (Özdemir, 2020).

Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre bir diyet, her türlü yetersiz ve aşırı beslenmeye karşı korunmaya katkıda bulunduğunda sağlıklıdır. Sağlıklı bir beslenme aynı zamanda halk sağlığı açısından önemli bir sorun olan ve Batı ülkelerindeki sağlık sistemleri için yük olan diyabet, kalp hastalığı ve felç gibi bulaşıcı olmayan hastalıklardan da korur (Melini & Melini, 2019).

İnsanlar beslenmenin yanında çevre sorunları konusunda da giderek bilinçlenmekte ve bu konudaki endişeleri artmaktadır. Et tüketiminin azaltılması ve bitki bazlı gıdaların ve bitki bazlı alternatif proteinlerin tercih edilmesine yönelik artan bir tüketici ilgisinin olduğu görülmektedir. Bunun yanında, bu tüketici trendlerinden yararlanılarak gıda pazarında çeşitli yenilikler meydana gelmiştir. Bitki proteinleri; soya,

kenevir, keten tohumu, baklagiller, tohumlar, çimen, deniz yosunu vb. kaynaklardan elde edilebilmektedir. Ek olarak, ot veya yulaftan protein ekstraksiyonu veya patates nişastası üretiminden yan ürün olarak patates proteini eldesi de mevcuttur. Deniz yosunu ve algler gibi gelecekte daha önemli olabilecek başka potansiyel protein kaynakları da mevcut olup, ayrıca orman liflerinden ve havadaki CO₂'den protein üretimi ile ilgili çalışmalar da vardır (Witzel vd., 2020).

Günümüzde insanlar sağlıklı beslenmek adına bilinçli veya bilinçsiz olarak farklı popüler diyetlere de ilgi duymaktadır. Akdeniz, vegan, vejeteryan, paleo, ketojenik, aralıklı oruç ve fodmap diyetleri bunlara örnek olarak verilebilir. Bunun yanında gıda endüstrisi de insanların eğilimlerine cevap vermeye çalışmakta ve farklı ürünler piyasaya sürülmektedir. Doymuş yağ oranını azaltarak daha sağlıklı ürün elde etmek ve aynı zamanda enerji değerlerini de azaltmak için yağ ikame maddeleri kullanılmaya başlanmıştır (Dixon vd., 2023).

1.5. Yağ İkame Maddeleri

Yağlar su emilimini önlemek, un granüllerini yağlamak ve ufalanan bir yapı elde etmek için kullanılır. Bunun yanında yağlar; nişasta granüllerinin su emilimini geciktirerek kek, bisküvi ve krakerlere lezzet verme ve bu ürünlerin raf ömrünü artırma gibi önemli işlevlere de sahiptir. Bu bağlamda kullanılan yağ ikame maddelerinin de ürüne aynı özellikleri sağlaması ancak daha az kalori vermesi istenmiştir (Colla vd., 2018). Yağ ikame maddeleri, gıdaların yağ ve kalori içeriğini olabildiğince en aza indirirken aynı zamanda gıdaların duyuşal özelliklerini mümkün olduğu kadar korumak amacıyla kullanılan, gıdalardaki yağın bir kısmının ya da tamamının yerine geçen çok çeşitli ürünlerdir (Hui vd., 2006). Amerikan Diyetisyenler Birliği tarafından ise "yağın işlevlerinin bir kısmını veya tamamını sağlamak için kullanılabilen ve yağdan daha az kalori veren bir bileşen" olarak tanımlanmaktadır. Yağ ikame maddeleri gıda endüstrisinde geniş bir ürün yelpazesinde kullanım alanına sahiptir (Colla vd., 2018).

Gıdalarda doymuş yağın azaltılmasına ve daha az yağ alımına katkıda bulunan yağ ikame maddeleri; yağ ikameleri ve yağ mimetikleri olarak ikiye ayrılır. Yağ ikameleri, geleneksel lipidlerin fiziksel ve işlevsel özelliklerine sahip farklı teknolojik işlemler için uygun olan lipidlerdir. Buna ek olarak, yağ ikameleri daha az kalori sağlar veya hiç kalori sağlamaz ve 1:1 oranında geleneksel lipidlerin yerine kullanılabilir. Öte yandan, yağ mimetikleri genellikle polar, özellikte yani suda çözünebilen bileşiklerdir

(protein veya karbonhidrat bazlı) ve geleneksel yağların bazı özelliklerini taklit edebilirler. Yağ mimetikleri geleneksel yağların duysal veya fiziksel özelliklerine sahip değildir, gıda lipidlerinin yerini tam olarak alamaz ve belirli teknolojik işlemler için uygun değildir. Ancak, yağ mimetikleri yüksek su bağlama kapasiteleri sayesinde gıdalarda kremsilik hissinin oluşmasını sağlar (Temkov vd., 2021). Genel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında bu ürünlerin yağ ikameleri ve yağ mimetikleri olarak ayrıldığı ve hepsine birden yağ ikame maddeleri denildiği görülmüştür.

Yağ ikame maddeleri, doğal yağdan daha az kalorili olmasına rağmen yağın işlevlerini ve duysal özelliklerini sağlar. Vücuda <9 kcal/g (düşük kalorili yağ ikamesi) kalori sağlar, hatta emilmezse veya kısmen emilirse sıfır kalori sağlar. Genel olarak, bir ürünün "az yağlı" olarak kabul edilebilmesi için porsiyon başına 3 g/100 g veya daha az yağ içermesi gerekir. Ürünün üzerinde "azaltılmış kalori" veya "azaltılmış yağ" ibaresinin yer alması için orijinal üründen %25 daha az kaloriye veya daha az yağa sahip olması gerekir (Shaheen vd., 2023). İdeal bir yağ ikame maddesi, sağlık açısından hiçbir risk taşımayan, yağın duysal ve teknolojik özelliklerini taklit eden bir madde olmalıdır. Bu ikame maddeleri bileşimlerine, fonksiyonel ve endüstriyel uygulamalarına göre kategorize edilebilir. Fırıncılık endüstrisine ek olarak, çeşitli gıda sektörleri emülsifiye lipidler anlamında daha sağlıklı ürünler formüle etmek için et ürünlerinde, süt ürünlerinde, soslar ve mayonezlerde de kullanılmaktadır (Luna vd., 2021).

Yağ ikame maddeleri, üretimde kullanılan hammaddelere göre lipid bazlı, protein bazlı ve karbonhidrat bazlı olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Her grup farklı fonksiyonel özelliklere sahip olup tek başına veya karışım halinde kullanılabilir. Lipid bazlı yağ ikame maddeleri, emülsiyonları stabilize edebilen emülgatörler, orta zincirli triaçilgliseroller veya yüzey aktif yapısal lipidlerden oluşur. Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri; modifiye nişasta, maltodekstrinler, selüloz türevleri, inülin, pektin, polidekstroz ve diğer diyet liflerinden oluşur. Protein bazlı yağ ikameleri genellikle konsantre peynir altı suyu proteinlerinden üretilir. Dondurma üretiminde protein bazlı ve karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri tercih edilmektedir (Saentaweek & Chaikham, 2023).

Londra'da yapılan bir araştırmada; yağ ikame ürünlerine yönelik pazar büyüklüğünün 2025 yılına kadar 2,79 milyar dolara ulaşmasının beklendiği belirtilmiştir. Buna ek olarak, sağlıklı gıda eğiliminin, yakın gelecekte kardiyovasküler hastalıkların ve diğer kardiyometabolik hastalık türlerinin mortalite ve morbidite oranlarının önemli

ölçüde azalmasına yol açarak sağlık bakım maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı belirtilmiştir (Chen vd., 2019).

1.6. Yağ İkame Maddelerinin Gıda Ürünlerinde Kullanımı

Gıda uygulamaları için ideal bir yağ, 200 ila 1000 Pa aralığında bir kayma elastik modülü ve akma gerilimine sahip olmalıdır. Bu özellikler, yağın yumuşaktan sert değişen reolojik bir davranış sergilemesini sağlar. Yağ mimetikleri kullanarak yağın sertliğini eşleştirmek mümkündür, ancak yağ mimetikleri genellikle sert fakat kırılğan olduğundan bu maddelerin plastik akışı sağlaması zordur. Yağ mimetiklerinin kullanımı zor olduğundan, genellikle yağ ikame maddeleri tercih edilmektedir. Yüksek kaliteli yağ ikame maddelerinin kullanımı, lezzetli ve yağ oranı azaltılmış ürünler geliştirmeye yönelik bir yaklaşımdır. Bu ürünler tipik olarak yağlara kıyasla (9 kcal/100 g) daha düşük enerjiye sahiptir (Schädle vd., 2022).

1.7. Karbonhidrat Bazlı Yağ İkame Maddeleri

İlk ticari nişasta bazlı olan yağ ikame maddesi N-Oil, 1984 yılında National Starch ve Corporation tarafından icat edilmiştir. 1980'lerin sonlarında ise American Maize Products Company tarafından modifiye edilmiştir. Genel olarak, nişasta bazlı yağ ikame maddelerinin kullanımı, çeşitli gıda ürünlerinde yağ ve kalori içeriğini azaltmak amacıyla başarıyla uygulanmıştır (Chen vd., 2019). Parimalavalli vd. (2018) tarafından yapılan bir araştırmada sitrik asitle işlenmiş tatlı patates nişastasının yağ ikame maddesi olarak kullanılmasının, yağı azaltılmış dondurmanın genel kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Modifiye nişasta yağ ikame edicilerinin kullanımı dondurmaların donma kabiliyetini tehlikeye atsa da, %1 yağ ikame maddesi içeren yağı azaltılmış dondurmayla aynı duyuşsal kabulü sağlamış ve mikrobiyolojik stabiliteyi etkilememiştir (Chen vd. 2019). Başka bir çalışmada, mayonez yapımında yağ ikame maddesi olarak %30 ve %50 oranlarında modifiye ararot nişastası kullanılmıştır. Az yağlı mayonezin daha iyi emülsiyon stabilitesine ve daha yüksek viskoelastik özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak nişasta granülleri, uygun yapıyı vererek yağ damlacığını taklit etmiş ve ısı ile geri dönüşümlü jel oluşturarak ağızda yağ benzeri bir his yaratmıştır (Temkov vd., 2021).

Yağ ikame maddelerinin türü, bisküvi hamurunun reolojik özellikleri ve pişirilen bisküvilerin özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Son nemi %3-4 arasında olan kurabiye gibi düşük nemli unlu mamullerde yağın duyuşsal özelliklerinin değiştirilmesi

zordur. Maltodekstrinler genel olarak 3 ila 20 arasında bir dekstroz eşdeğerine sahiptir. Dekstroz eşdeğeri ne kadar yüksek olursa çözünürlük ve tatlılık da o kadar yüksek olur. Yağ ikame maddeleri üzerinde yapılan önceki çalışmalar; polidekstroz, maltodekstrinler ve Simplese'nin kurabiye özellikleri açısından en uygunları olduğunu ancak belirtilen asıl sorunun bisküvilerin yüksek sertlikte olduğunu göstermiştir (Chugh vd., 2013). Yağ sadece lezzet arttırıcı olarak değil aynı zamanda hamurun yapışkanlığını azaltır ve gluten ağı oluşumunu engelleyerek pişirme sırasında bisküvinin en iyi şekilde yayılmasını sağlar. Böylece daha ince ve narin bisküviler üretilir (Garcia vd., 2013). Günümüzde inulin çok çeşitli ürünlerde yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır. Frukstanlar, özellikle de inülin tipi frukstanlar (ITF) yağ ikamesi olarak bisküvide kullanılmıştır. ITF yağ ikamesi olarak %9,3 - %50 arasında değişen oranlarda bisküvi yapımında kullanılmıştır (Blonska ve diğerleri, 2014; Krystyjan ve diğerleri, 2015; Rodriguez-Garcia ve diğerleri, 2013). Ancak yağ/ITF ikame oranı %50'ye yükseldiğinde, bisküvilerin duyuşal niteliklerindeki farklılıkların giderek daha belirgin hale geldiği; tat, renk, aroma, şekil ve kıvam açısından daha düşük puanlar aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, hamurun yapışkanlık ve sertlik değerlerinde daha yüksek puanlar kaydedilmiştir (Jackson vd., 2023).

Bileşenlerin işlevselliğindeki teknolojik gelişmeler, üretimin artmasına ve daha düşük yağlı süt ürünlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu nedenle az yağlı ve serbest yağlı süt ürünleri piyasaya sürülmüştür. Örneğin, hidrokoloidal yağ ikamesi olarak β -glukan kullanılarak az yağlı çedar peyniri üretilmiştir. Kaşar peyniri; bileşimini, üretim verimliliğini, mikro yapısını ve lipitleri β -glukanla değiştirirken ürünün kabul edilebilirliği incelenmiştir. β -glukan kullanımıyla boyutun küçültülmesi ve daha tek biçimli yağ damlacıklarının bir sonucu olarak peynir dokusunda bir iyileşme olduğu görülmüştür (Saleh vd., 2017).

1.8. Müsilaj

Müsilaj, esas olarak glikozidik bağlarla bağlanmış monosakkaritler, üronik asitler, glikoproteinler ve biyoaktif bileşiklerden oluşan suda çözünebilir kompleks bir polisakkarittir. *Brassicaceae*, *Solanaceae*, *Linaceae* ve *Plantaginaceae* familyasına ait bitkilerin tohum kabukları müsilaj veya gam gibi zengin kompleks polisakkarit kaynağı içerir. Gam ve müsilajların fiziksel yapı ve bileşimlerdeki benzerlik karışıklık yaratmaktadır. Bu terimler sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılır ancak farklı anlamları

vardır. Gamlar, bitkiler zarar gördüğünde üretilen patolojik hücre dışı bileşiklerdir ve suda kolayca çözünürler. Ancak müsilağlar doğal olarak oluşan sümüksü fizyolojik bileşiklerdir. Müsilağın protein ve diyet lifi fraksiyonları su bağlama kapasitesini gösterirken, müsilağın lipid fraksiyonu yağ tutma kapasites ile ilişkilidir. Dolayısıyla ticari gamlarla rekabet edebilecek yağ ikame maddesi ve gıda katkı maddesi olarak çeşitli faydalara sahiptir. Ayrıca, eklenen gıda ürününün duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemeden yağ ikame maddesi olarak işlev görebilirler (Cakmak vd., 2023).

Bitki bazlı müsilağlar; ilaç, gıda, kozmetik ve kâğıt endüstrilerinde geniş bir uygulama alanına sahiptir ve bitki tohumu polisakkaritleri genellikle üç kategoride gruplandırılır: endospermin nişasta olmayan bileşenleri, tohum kabuğunun müsilağlı bileşenleri ve endospermin hücre duvarı malzemesi. Bu polimerler, kolayca bulunabilen ve uygun fiyatlı olan gamları ve müsilağları içerir. Müsilağlar doğada, özellikle bitkilerde bol miktarda bulunur. Bunlar: hücrenin temel bir bileşeni veya bitki hücre duvarlarının bir kısmı olarak oluşur. Tohum çimlenmesine yardımcı olarak tohumun su ve besin rezervlerine katkıda bulunur (Göksen vd., 2023).

Suyu emme ve tutma kabiliyeti sayesinde müsilağ, uygun bir mikro çevre sağlayarak tohum çimlenmesini teşvik eder. Diasporu toprağıya yapıştırarak tutunmayı kolaylaştırır ve kuş tüylerine veya hayvan kürküne yapışarak uzun mesafeli dağılıma yardımcı olur. Hidrasyon ve güçlü kimyasal bağlama özellikleri nedeniyle tohum müsilağı, farmasötiklerde bağlayıcı bir madde ve gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı bir bileşen olarak uygulama alanı bulmuştur. Ana müsilağ bileşeni olan pektinler, jelleştirici ve stabilizatör olarak önemli bir rol oynamaktadır. Bazı tohum müsilağlarının yapışma gücü ve viskozitesi, hidroksil-propil metilselüloz gibi bazı sentetik polimerlere kıyasla daha yüksek olabilir (Kreitschitz vd., 2021).

Tohum müsilağı sağlık açısından bakıldığında diyabet, obezite, koroner kalp hastalıkları risklerini azaltma, kolon ve rektum kanserini hafifletme, kolesterol seviyelerini düşürme ve bağırsak fonksiyonlarına yardımcı olma ile ilişkilendirilmiştir. Tohum kabuğı müsilağlarının protein içeriğı farklı türler arasında ağırlıkça %0,4 ile %24,1 arasında değişmektedir (Liu vd., 2021). Çiya, psyllium, fesleğen, bamya, keten tohumu ve ayva çekirdeğinden elde edilen müsilağlar anti-kanser, anti-enflamatuar ve yara iyileştirmenin yanı sıra iyi antimikrobiyal özellikler sergilemektedir (Waghmare vd., 2021).

Bitkilerin yapışkan ve nemli maddeleri genellikle kokusuz, renksiz ve tatsızdır. Ayrıca toksik değildir ve biyolojik olarak parçalanabilir. Müsilaj ayrıca iyi bir fotostabilite sergileyebilir; örneğin çiya tohumlarından elde edilen müsilaj, UV ışığı altında 120 dakika sonra %6,6'lık bir bozulma yüzdesi göstermektedir. Müsilaj ekstraksiyonunda kullanılan üç parametrenin müsilajın fonksiyonel özellikleri üzerinde büyük etkisi vardır. Bu parametreler sıcaklık, pH ve su/tohum oranıdır. Müsilajın kalitesinin çok önemli bir göstergesi de moleküler ağırlığıdır çünkü müsilaj çözündüğünde polimer zincirleri etkileşime girer ve yüksek moleküler ağırlığa sahip müsilaj viskoziteyi artırır. Bu özellik, gıdaların dokusunu iyileştirmek için kullanılır ve aynı zamanda tüketicinin ağız hissini de etkiler. Müsilajın moleküler ağırlığı aynı zamanda emülsifiye etme ve köpürme özelliklerini de etkiler. Farklı bitkilerin müsilajı farklı molekül ağırlıklarına sahiptir (Kucka vd., 2022).

Bazı tek yıllık bitkilerin tohumları müsilaj tabakasıyla kaplıdır. Tohum müsilajının genellikle kapalı tohumlularda, özellikle de sert çöl ortamlarında bir adaptasyon şekli olduğu düşünülmektedir. Müsilaj esas olarak pektin ve hemiselülozdan oluşur. Hidrasyon altında büyük ölçüde genişler. Müsilaj ayrıca selüloz mikrofibrilleri veya selüloz lifleri içerir. Tohum müsilajının ana bitkiden tohumların uzaklaşmasının azaltılması, tohumların embriyosundaki DNA hasarının onarılmasına yardımcı olmak, çimlenme ve/veya erken fide gelişimi için suyun tutulması ve mikroorganizmalar tarafından küçük moleküllere parçalandıktan sonra fide büyümesini iyileştirmek için besin işlevi görme gibi çeşitli ekofizyolojik rolleri vardır. Tohum müsilajı, tohumları toprak yüzeyine sabitleyerek tohum dağılımını engeller ve oksijen difüzyonunu azaltarak tohum dinlenmesini düzenler. Hasarlı DNA'yı onaran akenler için nemli bir ortam sağlar ve toprak tohum bankasını koruyarak kurak ortamlarda tohumları çevreleyen suyu tutarak çimlenmeyi teşvik eder (Zhao vd., 2021).

Uluslararası Kahve Örgütü'ne göre, kahve müsilajı gıdalarda rafine edilmemiş pektin, antioksidan ve flavonoid kaynağı olarak kullanılabilir. Tüm bu bileşikler gıda endüstrisinde özel ilgi uyandırmıştır. Kahve müsilajının insan tüketimi için bal olarak kullanılması da önerilmiştir. Bu balın kimyasal bileşimi; %30-40 nem, %4 protein, %2 lif ve 100 g başına 380 mg galik asit eşdeğerine karşılık gelen bir polifenol içeriği şeklindedir. Yüksek şeker içeriğine sahip bu kahve balı, 65 °C'nin altındaki sıcaklıkta vakumlu dehidrasyon işlemiyle elde edilerek yüksek sıcaklık kaynaklı zararı minimum olan, sindirilebilirliği ve lezzeti yüksek bir üründür. Kahve müsilajının tek uygulaması,

bağışıklık sistemini güçlendirmek gibi sağlığı geliştirici özelliklere sahip antioksidanların konsantresi olarak satılan baldır (Dehond vd., 2020).

Müsilaj; tohumlardan (çiya ve keten tohumu), baklalardan (bamya), alglerden (agar, aljinat ve karragenan) ve hayvanlardan (jelatin ve kitin) ekstrakte edilir. *Salvia* cinsine ait olan çiya tohumu, yüksek konsantrasyonda alfa linolenik asit ve omega-3 içermesiyle bilinir; ayrıca bileşiminde diyet lifi, proteinler, lipitler, karbonhidratlar, vitaminler, mineraller ve fenolik bileşikler bulunur. Çiya tohumu su ile temas ettiğinde, antioksidanlar, proteinler, çözünür lifler ve çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin, yüksek çözünürlüğe sahip ve kıvam artırıcı özelliklere sahip müsilajlı bir jel açığa çıkarır. Müsilaj tohum kabuğundan izole edilir ve tohumun kuru kütesinin yaklaşık %4-6'sını oluşturur. Çiya proteinleri emülsifiye edici özelliklerini desteklerken, yüksek karbonhidrat ve lif içeriği de jel oluşumunu destekler. Çiyanın tüketicilere sayısız faydası vardır. Çiya tohumu ürünleri gıda ve ilaç alanlarında çok sayıda uygulamada kullanılabilir. Çiya tohumu müsilajı; püskürterek kurutma ve enkapsülasyon işlemlerinde duvar malzemesi olarak, yenilebilir filmlerin geliştirilmesinde ana malzeme veya yardımcı malzeme olarak, emülsiyonların stabilizasyonunda ve liyofilizasyon tekniği ile nanoenkapsülasyon işlemlerinde kullanılabilir (Santos vd., 2023).

1.9. Müsilajın Kullanım Alanları

Müsilajdaki hidroksil gruplarının varlığı, gıda ve ilaç endüstrilerindeki çeşitli uygulamalar için önemli bir özellik olan su tutma kapasitesini artırır. Ayva çekirdeğinden elde edilen müsilajlarda bulunan polisakkaritler, köpük oluşturma ve stabilize davranışları açısından önemlidir. Ayrıca fırınlanmış ürünlerin raf ömrünü artırmak için de kullanılmaktadır. İlaç dağıtım uygulamaları için, kuşkonmaz ve çalı müsilajları kapsüllerin hazırlanmasında bağlayıcı bir madde olarak kullanılmaktadır (Waghmare vd., 2021).

Aloe vera, yoğun jel tabakalarına sahip etli bir bitkidir. Bitki, bir dizi terapötik ve kozmetik uygulama için değerlidir. Aloe vera müsilajı bitkinin her yerinde bulunur ve benzersiz yapısal özelliklere sahiptir. Aloe vera müsilajı püskürterek kurutma tekniği ile yapılan enkapsülasyon işlemlerinde kullanılmaktadır. Medina-Torres vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada müsilajın gallik asit için bir kapsülleme ajanı olarak etkinliği araştırılmıştır. Bir başka çalışmada püskürterek kurutulmuş ve ardından

sulandırılmış aloe vera müsilağının kıvam artırma davranışının olduğu rapor edilmiştir (Waghmare vd., 2021).

Çiya müsilağı, çiya tohumları suya batırıldığında ortaya çıkan şeffaf, müsilağlı bir jeldir. Bu jel, esasen çözünür diyet lifinden oluşur ve çiya tohumu bileşiminin yaklaşık %6'sına karşılık gelir. Çözünebilir diyet lifi esas olarak nötr şekerlerden oluşur; bu, müsilağın yapısını oluşturan çeşitli karbonhidratların varlığını gösterir. Jel oluşturuıcı özelliklerinden dolayı kek ve ekmekteki bitkisel yağın olası bir ikamesi olarak kullanılabilir (Luna vd., 2020).

Keten tohumu müsilağı, Arap zambkı ile karşılaştırıldığında daha iyi emülsifiye edici özellikler göstermiştir. Hem müsilağlar hem de sakızlar bitki bazlı polisakkaritler olup, birbirlerine oldukça benzemektedir. Keten tohumu müsilağı ile stabilize edilmiş emülsiyonların, Arap zambkı ile stabilize edilmiş emülsiyonlardan daha iyi koyulaştırma kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, 5 ve 7,5 dakika mikrodalga uygulaması ile elde edilen müsilağ emülsiyonları, düşük viskozite ve küçük damlacık boyutları sergilemiş ve bu da emülsiyon stabilitesine katkıda bulunmuştur (Özdemir-Orhan, 2024).

Müsilağın prebiyotik ve nutrasötik uygulamalarda kullanımı da dikkat çekicidir. Bağırsak bakterilerini modüle etme özelliğiyle sindirim sağlığına katkıda bulunur ve çeşitli sağlık faydaları sağlar. Bu özellikleri, müsilağı fonksiyonel gıda katkı maddesi olarak önemli kılar (Kassem vd., 2021) Müsilağ, tarım, gıda, kozmetik ve ilaç sanayilerinde geniş çapta kullanılabilen, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen bir bileşen olarak da öne çıkmaktadır. Gıda sanayisinde, doğal bir koyulaştırıcı veya emülgatör olarak kullanılabilir ve sentetik polimerlerin yerine tercih edilebilir. Ayrıca, gıdaların raf ömrünü uzatmak için yenilebilir kaplama olarak kullanılabilir (Kuça vd., 2024).

1.10. Ketencik Tohumu

Ketencik tohumu, *Brassicaceae* familyasına ait bir bitki olup, Kuzey Amerika'da yağlı tohum bitkisi olarak tanınmaktadır. Ana vatanı Avrupa ve Asya olan bu bitkinin geçmişi M.Ö. 600 yıllarına kadar uzanmakta ve Almanya'da yetiştiği bilinmektedir. ‘‘Keyif altını’’ olarak da bilinen ketencik tohumu, kısa büyüme döngüsü (85-100 gün) ve güçlü soğuk toleransı sayesinde ABD'ye kadar yayılmıştır. Ketencik tohumunun kimyasal bileşimi, türüne, yetiştiği yere ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genellikle, ketencik tohumu yaklaşık %30-49 oranında yağ, %23-30

oranında protein, %10 oranında karbonhidrat ve %6.6 oranında kül içermektedir (Cao vd., 2018).

Ketencik tohumu yağı; oleik asit (%14-16), linoleik asit (%15-23), linolenik asit (%31-40) ve eikosenoik asit (%12-15) açısından zengindir. Ayrıca, içeriğinde palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0) ve erusik asit (22:1) de bulunmaktadır. Ketencik tohumu yağı, kalp hastalığı, felç, romatoid artrit ve astım gibi birçok enflamatuvar durumun önlenmesinde önemli rol oynayan omega-3 yağ asitlerini içerir. Son çalışmalar, ketencik yağı küspesinin balık ve geviş getiren hayvan diyetleri için zengin bir protein kaynağı olduğunu göstermiştir (Krzyżaniak vd., 2019).

Ketencik tohumları, yüksek miktarda lipid (%27-49) ve protein (%24-31) içerir. Ayrıca, diyet lifi, karbonhidratlar, vitaminler, mineraller ve doğal antioksidanlar bakımından da zengindir. Ketencik yağı, insan beslenmesine katkıda bulunan önemli yağ asitlerinden biri olan alfa-linolenik asit (ALA, %31-40) ile çoklu yağ asitleri (PUFA, %50-66) içermektedir (Lopez vd., 2023).

Son zamanlarda ketencik tohumu yağı, ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından güvenli olarak tanınan bir ürün statüsüne alınmıştır. Potansiyel bir ürün olmasının yanı sıra, omega-3 açısından zengin bir yağ kaynağı olan ketencik tohumu %10 oranında yüksek müsilaaj içeriğine sahiptir. Müsilaaj, en dış katmanda mukus bulunan çözünür bir lif türüdür. Ketencik tohumu müsilaajı, koyulaştırıcı ve stabilize edici özelliklere sahip yeni bir hidrokoloid kaynağı olabilir. Bu nedenle çeşitli farmasötik ve gıda uygulamalarında kullanım potansiyeline sahiptir. Ketencik tohumu müsilaajı, aerojelleri ve bioaktif bileşik taşıyıcıları olarak kullanılabileceği gibi gıdalara reolojik özellikler kazandırabilir. Ketencik tohumu müsilaajının esas bileşenleri %70 karbonhidratlar ve %12 proteinlerden oluşmaktadır. Bir çalışmada ketencik tohumu müsilaajının galaktoz (%58), glikoz (%25), rhamnoz (%12) ve tiziloz (%5) olmak üzere dört ana monosakaritten oluştuğu belirtilmiş (Ubeyitogullari & Çiftçi, 2020). Ketencik tohumu, histidin, lösin, lizin, fenilalanin gibi esansiyel aminoasitler açısından zengin bileşime sahiptir (Parodi vd., 2021).

1.11. Bitki Tohum Müsilaajının Unlu Mamüllerde Kullanımı

Bitki tohum müsilaajı, birçok bitki türünde bulunan, su bağlama kapasitesi yüksek ve karmaşık bir biyopolimerdir. Müsilaajın özellikle yüksek su tutma kapasitesi, jelleşmesi ve kıvam artırma gibi işlevsel özellikleri nedeniyle son yıllarda gıda, ilaç ve tarım

sektörlerinde kullanımı artmaktadır. Bunun yanında, bilim dünyasında müsilağ özelliklerinin belirlenebilmesi ve kullanım alanlarının artırılması konusunda çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Çiya müsilağının katı yağ ikame maddesi olarak kullanılarak (%10 ve %20) yağ oranı azaltılan kurabiyelerin duysal analizinde; duysal kabul puanlarının “Biraz beğendim” ile “Orta derecede beğendim” arasında değıştiğı, satın alma niyetinin ise “Bilmiyorum” ile “Muhtemelen alırım” arasında olduğı tespit edilmiştir. Çalışmada çiya müsilağının yağ ikamesi olarak kullanılmasının, kurabiye üretim sürecinde gıda endüstrisi tarafından teknolojik bir yenilik olarak kullanılabilecek umut verici bir alternatif olduğı beliritilmiştir (Rocha vd., 2020).

Farklı bir çalışmada, glütensiz kek üretiminde doğal bir hidrokolloid olarak kaktüs (*Opuntia ficus-indica*) bitkisinden elde edilen müsilağın kullanımı araştırılmıştır. Bu çalışmada kaktüs müsilağı, keke sağladığı özellikler bakımından ksantam gum ile kıyaslanmıştır. Kaktüs müsilağı içeren kek, ticari hidrokolloid olarak kullanılan ksantan gam içeren örneklere benzer özellikler sergilemiştir. Ayrıca, kaktüs müsilağı kullanımı kek örneklerinde fizikokimyasal, tekstürel ve duysal özellikler bakımından iyileşme sağlamıştır. Kek formülüne %1 ve %2 oranlarında kaktüs müsilağı eklendiğinde, panelistler tarafından en yüksek beğeni puanı elde edilmiştir. Sonuç olarak, *Opuntia ficus-indica* kaktüsünden elde edilen müsilağ, glütensiz kek üretmek için gerekli nitelikleri karşılamıştır ve bu müsilağın gıda uygulamalarında işlevsel teknoloji bileşeni olarak kullanım potansiyeline sahip olduğı görülmüştür (Salem vd., 2024).

Senanayake vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada bamya müsilağı oldukça farklı bir kullanım ile karşımıza çıkmıştır. Söz konusu çalışmada bamya müsilağı yenilebilir kaplama olarak bisküvilerin kaplanmasında kullanılmıştır. Bamya müsilağının yenilebilir kaplama olarak bisküvilerin fırınlanmasından önce uygulanması, iyi bir nem bariyer özelliğı sağlamıştır. Çalışmada bamya müsilağının yenilebilir kaplama olarak kullanım potansiyelinin olduğı ancak kesin sonuçlara ulaşabilmek için üründe raf ömrü ve mikrobiyolojik testlerin yapılması gerektiğı vurgulanmıştır.

Farklı bir çalışmada taro müsilağı düşük kalorili kek üretiminde terayağı ikame maddesi olarak kullanılmıştır. Taro müsilağının %25 oranında tereyağı ile ikame edildiğı ürünün iyi bir performans sergilediğı ve üründe belirgin kalite kayıplarının olmadığı belirtilmiştir (Arafa & Badr, 2023).

Ahmadinia vd. (2023) tarafından yürütölen bir çalışmada ise keten tohumu müsilaı ve keten tohumu unu kek yapımında kullanılmıştır. Kek yapımında keten tohumu müsilaı kullanımının duysal analizde ürünün genel kabul edilebilirliğini artırdığı görölmüştür. Keten tohumu müsilaı ve ununun kek formölasyonunda birlikte kullanımı ürnün yağ, enerji ve peroksit değerlerinde azalmaya neden olmuştur.

Bu ve benzeri çalışmalar, bitki tohum musilaının unlu mamullerdeki işlevselliğini ve potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Musilaın besleyici bileşenleri, hamur özelliklerine yaptığı olumlu katkılar ve gıdaların duysal kabul edilebilirliği üzerindeki etkileri, hem tüketiciler hem de üreticiler için oldukça cazip bir seçenek sunmaktadır. Bu bağlamda, musilaın sürdürülebilir ve yenilikçi bir gıda bileşenini olarak gıda endüstrisinde kullanım alanlarının genişletilmesi, daha sağlıklı ve fonksiyonel gıdaların üretimine katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Müsilaj eldesi için ketencik tohumu kullanılmıştır. Ketencik tohumları yerel bir çiftlikten satın alındı (Oğuzhan Çiftliği, Yozgat, Türkiye). Kurabiye yapımı için kullanılacak malzemeler yerel marketlerden temin edilmiştir. Analizler için kullanılacak kimyasallar analitik saflıktadır.

2.2. Müsilaj Ekstraksiyonu

Müsilaj ekstraksiyonu için Sarv vd. (2017)'ne ait olan yöntem esas alınmıştır. Ketencik tohumu ile saf su 1:20 (tohum:su) oranında kullanılmış olup 60 °C'ye sabitlenen su banyosunda 1 saat boyunca karıştırılmıştır (500 rpm). Karıştırma işlemi ile tohumu kaplayan jel tabakasının deforme edilmesi sağlanmış ve böylece jel tabakasının tohumdan daha kolay ayrılması amaçlanmıştır. 1 saat sonra, ketencik tohumu/su karışımı metal bir süzgeç yardımıyla süzme bezi üzerinden süzülerek posa kısmı ayrıştırılmıştır. Daha sonra sıvı müsilaj uygun kaplara alınarak 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuruyan müsilaj havanda ezilerek toz haline getirilmiş ve oda sıcaklığında desikatör içerisinde bekletilmiştir.

2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Karakterizasyonu

2.2.1. Ketencik Tohumu Müsilajının Nem Tayini

Elde edilen müsilajın nem içeriğinin belirlenmesi için 0.5 g örnek tartılmış ve 102 °C'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Ağırlık farkından yararlanılarak ketencik tohumu müsilajının sahip olduğu nem hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

2.2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Kül Tayini

Ketencik tohumu müsilajının kül içeriği AACC (2010) 08-01.01 metoduna göre belirlenmiştir.

2.2.3. Ketencik Tohumu Müsilajının Protein Tayini

Ketencik tohumu müsilajının protein miktarı AOAC (2000) 990.03 metodu kullanılarak Dumas Nitrogen Analyzer cihazı (Leco FP 828, Leco Corporation, Saint Joseph, MI, ABD) yardımıyla toplam azot miktarı üzerinden ($N \times 6.25$) tespit edilmiştir.

2.2.4. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ Tayini

Ketencik tohumu müsilajının sahip olduğu yağ miktarı Soxhlet yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (IUPAC method 1.122, 1997). Yağ ekstraksiyonu için çözücü olarak hekzan kullanılmıştır.

2.2.5. Ketencik Tohumu Müsilajının Karbonhidrat Tayini

Ketencik tohumu müsilajının toplam karbonhidrat içeriği aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Toplam Karbonhidrat (\%)} = 100 - (\% \text{ Nem} + \% \text{ Kül} + \% \text{ Protein} + \% \text{ Yağ})$$

2.2.6. Ketencik Tohumu Müsilajının Su Tutma Kapasitesi

Müsilajın su tutma kapasitesi Chau vd. (1997) tarafından belirtilen metot üzerinde değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Yaklaşık 0,1 g müsilaj tartılmış ve 10 mL saf su ile birlikte bir santrifüj tüpüne alınmıştır. Karışım vortex yardımıyla 1 dakika boyunca karıştırılmış ve ardından 4000 rpm’de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Ardından üstteki sıvı faz alınarak geride kalan tortu tartılmış ve g müsilaj başına tutulan g su olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Su Tutma Kapasitesi (g su/g müsilaj)} = \frac{\text{Çökeltinin Ağırlığı (g)} - \text{Müsilajın Başlangıç Ağırlığı (g)}}{\text{Müsilajın Başlangıç Ağırlığı (g)}}$$

2.2.7. Ketencik Tohumu Müsilajının Yağ Tutma Kapasitesi

Müsilaj örneğinin yağ tutma kapasitesi Chau vd. (1997) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Santrifüj tüpüne yaklaşık 0,1 g numune tartılıp üzerine 10 mL mısır yağı ilave edilmiştir. Elde edilen süspansiyon vortekste 1 dakika boyunca karıştırılarak santrifüj işlemine tabi tutulmuştur (4000 rpm/30 dakika). Daha sonra üstteki faz atılıp ve alttaki çökeltinin ağırlığı tartılmıştır. Böylece müsilaj örneğinin yağ tutma kapasitesi belirlenip ve g numune başına tutulan g yağ olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Yağ Tutma Kapasitesi (g yağ/g müsilaj)} = \frac{\text{Çökeltinin Ağırlığı (g)} - \text{Müsilajın Başlangıç Ağırlığı (g)}}{\text{Müsilajın Başlangıç Ağırlığı (g)}}$$

2.2.8. Ketencik Tohumu Müsilajının Toplam Fenolik Madde İçeriği

Ekstraksiyon işlemi için 0,1 g ketencik tohumu müsilajı 50 mL metanolde çözülmüş ve elde edilen ekstrakt analiz için kullanılmıştır. Ketencik tohumu müsilajının Toplam Fenolik Madde (TFM) içeriğini belirlemek için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır (Singleton & Rossi, 1965). Bir mililitre ekstrakt, 5 mL Folin-Ciocalteu

reaktifi (%10) ile karıştırılmış ve reaksiyona girmeleri için 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra karışıma 4 mL Na₂CO₃ (%7,5) eklenmiş ve son karışım oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra karışımın absorbansı 765 nm'de UV/VIS spektrofotometre (UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Ketencik tohumu müsilağının TFM içeriği galik asit eşdeğeri (mg GAE/g km) olarak verilmiştir.

2.2.9. Ketencik Tohumu Müsilağının Antioksidan Aktivitesi

Ketencik tohumu müsilağının antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Blois, 1958). İlk olarak 0,1 g ketencik tohumu müsilağı tartılmış ve 50 mL saf su ile karıştırılarak iyice çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra, test tüpüne elde edilen ekstraktan 1 ml alınmış ve üzerine 2 mL DPPH çözeltisi (0,1 mM metanolde hazırlanmış) ilave edilmiştir. Karışım oda sıcaklığında ve karanlıkta bir ortamda 1 saat boyunca reaksiyona girmesi bekletilmiştir. Ardından karışımın absorbansı UV/VIS spektrofotometre (UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japonya) yardımıyla 517 nm'de ölçülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Trolox (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) çözeltisi kullanılarak bir standart eğri elde edilmiş ve sonuçlar mg Trolox/g dkm olarak verilmiştir.

2.3. Kurabiye Yapımı

Kurabiye yapımında un (200 g), şortening (120 g), şeker (80 g), yumurta (20 g), mısır nişastası (10 g), sodyum bikarbonat (2,5 g), tuz (2,1 g) ve vanilya (1 g) kullanılmıştır. Müsilağ ilaveli kurabiyelerin yapımında; yağ fazının %20, %40 ve %60'ı müsilağdan elde edilen jel ile ikame edilmiştir. Müsilağ jelinin eldesi için 1 g müsilağ örneği tartılmış ve 30 mL saf su içerisinde manyetik karıştırıcı yardımıyla iyice çözünmesi sağlanmıştır. Kurabiye yapımında öncelikle şortening ve şeker (Empero JP.MK.107, Empero Endüstriyel Mutfak Ekipmanları A.Ş., Konya, Türkiye) ile orta devirde (hız seviyesi: 5) 3 dakika boyunca karıştırılmıştır. Ardından bu karışıma yumurta ilave edilmiş ve 45 saniye daha karıştırma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra kalan malzemeler de karıştırma kabına ilave edilmiş ve düşük devirde (hız seviyesi: 3) 1.5 dakika boyunca karıştırma işlemine devam edilmiştir. Son olarak homojen bir hamur elde etmek için orta devirde (hız seviyesi: 4) 2.5 dakika daha karıştırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen hamur buzdolabında 1 saat soğutulduktan sonra (+4 °C) şekil verme aşamasına geçilmiştir. Kurabiye hamuru 5-6 mm kalınlığında merdane yardımıyla açılmış

ve çiçek şekilli bir kalıp yardımı ile şekillendirilmiştir. Ardından ev tipi bir fırın (Arçelik 8314 DG, İstanbul, Türkiye) kullanılarak 170 °C’de 13 dakika boyunca pişirme işlemi uygulanmıştır. Hamur karıştırma ve pişirme süreleri yapılmış olan ön denemeler ile belirlenmiştir. Pişirme işleminden sonra kurabiyeler oda sıcaklığında soğutulmuş ve ardından polietilen torbalara konularak analiz edilinceye kadar oda sıcaklığında saklanmıştır (Mohtarami vd., 2022).

2.4. Kurabiye Örneklerinin Karakterizasyonu

2.4.1. Kurabiye Örneklerinin Nem Tayini

Kurabiyeler analizden önce homojen olacak şekilde ufalanmıştır. Daha sonra 2 g örnek tartılmış ve 102 °C’de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Ağırlık farkından yararlanılarak örneklerin sahip olduğu nem hesaplanmıştır (AOAC, 1996).

2.4.2. Kurabiye Örneklerinin Kül Tayini

Kurabiyeler analizden önce homojen olacak şekilde ufalanmıştır. Daha sonra yukarıda müsilaj örneği için bahsedilmiş olan işlem basamakları takip edilmiştir.

2.4.3. Kurabiye Örneklerinin Protein Tayini

Kurabiyeler analizden önce homojen olacak şekilde ufalanmıştır. Numunelerinin protein miktarı AOAC (2000) 990.03 metodu kullanılarak, Dumas Nitrogen Analyzer cihazı (Leco FP 828, Leco Corporation, Saint Joseph, MI, ABD) yardımıyla toplam azot miktarı bulunarak üzerinden ($N \times 6.25$) tespit edilmiştir.

2.4.4. Kurabiye Örneklerinin Yağ Tayini

Kurabiye örneklerinin yağ tayini Soxhlet yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (IUPAC method 1.122, 1997). Yağ ekstraksiyonu için çözgen olarak hekzan kullanılmıştır.

2.4.5. Kurabiye Örneklerinin Karbonhidrat Tayini

Kurabiyelerin toplam karbonhidrat içeriği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Karbonhidrat (\%)} = 100 - (\%Nem + \%Kül + \%Protein + \%Yağ)$$

2.4.6. Kurabiye Örneklerinin Enerji Değeri

Kurabiye örneklerinin toplam enerji değerleri (kcal);protein, yağ ve karbonhidrat içeriklerinin sırasıyla 4, 9 ve 4 katsayıları ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Watt ve Merril, 1963).

2.4.7. Kurabiye Örneklerinin Su Aktivitesi

Numunelerin su aktivitesinin ölçümü, pişirme işleminden 24 saat sonra su aktivitesi cihazı (Novasina LabMaster, Novasina AG, Lachen, İsviçre), kullanılarak üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

2.4.8. Kurabiye Örneklerinin Renk Analizi

Kurabiyelerin renk ölçümü renk cihazı (PCE-CSM 1, PCE Instruments İngiltere Ltd., Southampton, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır. Her analizden önce cihazın kalibrasyonu için standart siyah ve beyaz fayanslar kullanılmıştır. Sonuçlar Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) $L^*a^*b^*$ sistemine göre ifade edilmiştir. L^* değeri; parlaklık/koyuluk (aydınlık değeri), a^* değeri; kırmızılık/yeşillik ve b^* değeri; sarılık/mavilik anlamına gelmektedir.

2.4.9. Kurabiye Tekstür Analizi

Kurabiyelerin tekstürel özellikleri, üç noktalı bükme probu (HDP/3PB) ile donatılmış bir tekstür analiz cihazı (TA.XT2i, Stable Micro Systems, İngiltere) kullanılarak değerlendirilmiştir. Deneysel parametre olarak ön test hızı: 1 mm/s, test hızı: 3 mm/s, son test hızı: 10 mm/s, mesafe: 5 mm, tetikleme kuvveti: 50 g ve veri toplama hızı: 500 pps olacak şekilde ayarlanmıştır. Kurabiyelerin sertliği ve esnekliği Texture Exponent Software (sürüm 6.118.0, Stable micro System, Surrey, İngiltere) kullanılarak hesaplanmıştır.

2.4.10. Kurabiye Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Tayini

Kurabiye örneklerinin ekstraksiyonunda Dick vd. (2020) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Yaklaşık 1 g kurabiye örneği deney tüpüne alınarak üzerine 10 mL metanol:su karışımı (7:3) ilave edilmiş ve vorteks yardımıyla şiddetli şekilde karıştırılmıştır. Ardından, karışım 6000 rpm'de 15 dakika boyunca iki kez santrifüj edilmiş ve üstteki sıvı faz TFM analizi için kullanıldı. Kurabiyelerin TFM içeriği için, ketencik tohumu müsilajının TFM analizinde belirtilen prosedür uygulanmıştır.

2.4.11. Kurabiye Örneklerinin Antioksidan Aktivitesi

Kurabiye örneklerinin antioksidan aktivitesini belirlemek için öncelikle ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Yaklaşık 5 g öğütülmüş kurabiye örneği deney tüpüne tartılmış ve üzerine 50 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım vorteks yardımıyla şiddetli şekilde karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 6000 rpm'de 15 dakika boyunca iki kez santrifüj edilmiş ve üstteki sıvı faz antioksidan aktivite analizi için kullanılmıştır. Kurabiyelerin antioksidan aktivitesi için ketencik tohumu müsilajının antioksidan aktivite analizinde belirtilen prosedür uygulanmıştır.

2.4.12. Kurabiye Örneklerinin Duyusal Analizi

Kurabiye örneklerinin duyusal analizinde 10 eğitimli panelist yer almıştır. Panelistler örnekleri görünüş, renk, koku, tat, tekstür, ağızda kalan tat, yağlılık ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirmiş olup değerlendirmede 9 puanlı hedonik skala kullanılmıştır (1=çok kötü, 9=çok iyi). Bütün örnekler iki tekerrürlü olarak test edilmiştir. Örnekler 3 haneli rakamlar ile rastgele numaralandırılmış ve örneklerin servis edilmesinde de rastgele dizilim yapılmıştır. Panelistlerin örnekleri tattıktan sonra tat algısını yenilemeleri ve ağızlarını çalkalamaları için galeta ve su servis edilmiştir.

2.4.13. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve SPSS programı (Windows, sürüm 16; IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki önemli farklılıkların saptanmasında Duncan testi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiş ve anlamlılık değeri $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ketencik Tohumu Müsilaj Verimi

Ketencik tohumu müsilajının verimi $6,17 \pm 0,42$ olarak bulunmuştur. Fabre vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ketencik tohumu 1:10 oranında su ile karıştırılarak oda sıcaklığında mekanik bir karıştırıcı (1000 rpm) yardımı ile 55 dk. boyunca ekstrakte edilmiştir. Elde edilen sıvı müsilaj dondurarak kurutma işlemine tabi tutulmuş ve ekstraksiyon verimi $4,5 \pm 0,1$ olarak bulunmuştur. Farklı bir çalışmada ise ketencik tohumu müsilajı verimi $10,9 \pm 0,9$ olarak bulunmuştur (Ubeyitogullari & Çiftci, 2020). Söz konusu bu çalışmada su:tohum oranı 15:1 olup ekstraksiyon işlemi $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 3 saat boyunca karıştırılarak (600 rpm) gerçekleştirilmiştir. Daha sonra süzme ve santrifüj işlemi gerçekleştirilmiş ve tohumdan ayrılan sıvı müsilaj $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de bir gece bekletilerek kurutulmuştur. Tarafımızca elde edilen sonuçların literatürde belirtilen değerlerin arasında kaldığı görülmektedir. Ekstraksiyon sıcaklığı, ortamın akış hızı ve bekleme süresi, ekstraksiyon üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (Fabre vd., 2020) Bahsi geçen çalışmalarda farklı kurutma yöntemlerinin (dondurarak kurutma ve konveksiyon kurutma) kullanılması, farklı pH'larda çalışılması, tohum türlerinin farklı olması ve farklı sıcaklıklarda karıştırma işleminin yapılması gibi faktörlerin elde edilen müsilaj verimlerinin farklı olmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

3.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Karakterizasyonu

3.2.1. Ketencik Tohumu Müsilajının Nem İçeriği

Ketencik tohumu müsilajının nem değeri $6,46 \pm 0,35$ 'dir. Ozdemir-Orhan (2024)'nın yaptığı benzer bir çalışmada, ketencik tohumu müsilajının nem içeriği $4,84 \pm 0,19$ olarak bulunmuştur. Bu çalışmada $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de püskürterek kurutma işlemi uygulanmıştır. Püskürtme işlemi esnasında uygulanan yüksek sıcaklık daha düşük nem içeriğine neden olmuştur. Nem içeriği; su aktivitesi, akışkanlık, yapışkanlık, kurutma verimliliği, biyoaktif maddelerin oksidasyonu ve mikrobiyal büyüme ile ilişkilidir. Toz ürünlerde nem içeriğinin %10'un altında olması, raf ömrünün yeterince uzun olduğunun göstergesidir (Mahdi vd. 2019).

3.2.2. Ketencik Tohumu Müsilajının Kül İçeriği

Ketencik tohumu müsilajı kül içeriği $11,84 \pm 0,76$ olarak bulunmuştur. Ozdemir-Orhan (2024) tarafından yapılan çalışmada ketencik tohumu müsilajının kül miktarı

%11.06 olarak belirtilmiş olup sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Literatürde ketencik tohumu müsilağının kül içeriğine dair farklı bir çalışma bulunamamıştır. Ancak, farklı tohum müsilağlarının kül içeriğine dair sonuçlar mevcuttur. Troshchynska vd. (2022) farklı hasat yıllarında farklı keten tohumu çeşitlerinden müsilağlar elde etmiş ve keten tohumu müsilağlarının kül içeriğinin %10,12 ile %19,62 arasında değiştiğini belirtmiştir. Çiya tohumu müsilağı üzerine yapılan bir başka çalışmada, müsilağ ekstraksiyon tekniğine bağlı olarak kül içeriği %7,68 ila %11,32 arasında değişmiştir (Wang vd., 2022). Çalışmamızda elde edilen sonucun literatüre uygunluk gösterdiği görülmektedir.

3.2.3. Ketencik Tohumu Müsilağının Protein İçeriği

Ketencik tohumu müsilağının protein miktarı $17,44 \pm 0,62$ olarak bulunmuştur. Ozdemir-Orhan (2024)'ın yapmış olduğu benzer ketencik tohumu müsilağ çalışmasında protein miktarı $14,28 \pm 0,13$ olarak bulunmuştur. Ayrıca, Sarv vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada püskürterek ve dondurarak kurutulmuş ketencik tohumu müsilağlarının protein miktarları %15 olarak belirtilmiştir. Fabre vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise ketencik tohumu müsilağının protein miktarının, uygulanan ultrasound ön işlem koşullarına bağlı olarak %8,30-14,90 aralığında değiştiği belirtilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuç ile literatürdeki sonuçlar arasındaki farklılıklar, kullanılan ketencik tohumlarının genotip farklılığından kaynaklanmış olabilir. Subaşı vd. (2022) 39 farklı ketencik bitkisi genotipini incelemiş ve protein içeriklerinin %21,81 ile %29,81 arasında değiştiğini bildirmiştir.

3.2.4. Ketencik Tohumu Müsilağının Yağ İçeriği

Çalışmamızda elde edilen ketencik tohumu müsilağının yağ içeriği $1,27 \pm 0,10$ olarak bulunmuştur. Literatürde ketencik tohumu müsilağının sahip olduğu yağ miktarı ile ilgili herhangi bir sonuca ulaşamamıştır. Rocha vd. (2020) tarafından yapılan çiya müsilağlı kurabiye çalışmasında elde edilen müsilağın yağ içeriği %1,03 olarak tespit edilmiştir. Muñoz vd. (2021) tarafından yürütülen farklı bir çalışmada da beyaz ve siyah benekli çiya tohumu müsilağlarının yağ içeriği sırasıyla %1,62 ve %1,68 olarak belirtilmiştir. Yağ miktarı açısından ketencik tohumu müsilağının çiya tohumu müsilağı ile benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

3.2.5. Ketencik Tohumu Müsilajının Karbonhidrat İçeriği

Ketencik tohumu müsilajının karbonhidrat miktarı $63,16 \pm 0,58$ olarak bulunmuştur. Böylece ketencik tohumu müsilajının majör bileşeninin karbonhidrat olduğu anlaşılmaktadır. Cao vd. (2018) püskürterek kurutulmuş ketencik tohumu müsilajının %59-62 oranında karbonhidrat içerdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuç Cao vd. (2018) tarafından elde edilen bulgular ile uyumludur.

3.2.6. Ketencik Tohumu Müsilajının Su Tutma Kapasitesi

Yüksek su tutma kapasitesine sahip müsilajlar, gıda ürünlerinde nem tutma, tekstürel özellikleri iyileştirme ve raf ömrünü uzatma gibi avantajlar sağlar. Bu, özellikle fırıncılık ürünlerinde (örneğin kurabiyeler ve kekler) nemin korunması ve ürünlerin bayatlamasının önlenmesi açısından faydalıdır. Yüksek su tutma kapasitesi, müsilajların yağ ikame maddesi olarak kullanılmasını sağlar. Bu, enerji değerini azaltırken gıdaların istenen tekstür ve duyu özelliklerini korumaya yardımcı olur. Su tutma kapasitesi yüksek müsilajlar, gıdalarda yağın yerini alarak enerji değerini düşürür ve böylece daha sağlıklı ürünler üretmeye olanak sağlar. İlaç taşıma sistemlerinde su tutma kapasitesinin yüksek olması, kontrollü salım ve emilim özelliklerini iyileştirir. Su tutma kapasitesi düşük müsilajlar, daha katı ve stabil jeller oluşturabilir ve bu özellik, belirli tekstür ve stabilite gerektiren gıda ve kozmetik ürünlerinde tercih edilebilir. Düşük su tutma kapasitesine sahip müsilajlar, bazı teknik uygulamalarda (örneğin kağıt ve tekstil endüstrisi) istenen özellikleri sağlar. Su tutma kapasitesi düşük müsilajlar, belirli viskozite kontrolü gerektiren uygulamalarda kullanışlı olabilir, bu da proses kontrolünü kolaylaştırır (Baş- Yıldırım, 2022).

Ketencik tohumu müsilajının su tutma kapasitesi $13,37 \pm 0,75$ g su/g müsilaj olarak bulunmuştur. Literatürde ketencik tohumu müsilajının su tutma kapasitesi ile ilgili çalışma bulunmamakta olup farklı tohum müsilajlarına ait veri mevcuttur. Muñoz vd. (2021) tarafından yapılan beyaz çiya müsilajının su tutma kapasitesi $35,49 \pm 0,24$ g su/g müsilaj olarak bulunmuştur. Müsilajın su tutma kapasitesi, kullanılan kurutma yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir. Zain vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan çiya müsilajının su tutma kapasitesi $58,31 \pm 0,36$ g su/g müsilaj olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, konveksiyonel fırın kullanılarak kurutulan çiya müsilajının su tutma kapasitesi $41,26 \pm 0,33$ g su/g müsilaj bulunmuştur. Nazir ve Wani (2022) tarafından fesleğen tohumu müsilajının su tutma

kapasitesinin 30,75 g/g olduğu bulunmuştur. Alpizar-Reyes vd. (2017) tamarind tohumu müsilağının su tutma kapasitesinin kullanılan su sıcaklığına (25, 45 ve 65 °C) bağı olarak 0,18 g su/g müsilağ ile 1,07 g su/g müsilağ arasında değıştığını belirtmiştir. Sonuç olarak müsilağların su tutma kapasitesi müsilağın elde edildiğı kaynağı, kullanılan müsilağ elde etme yöntemine ve analiz şartlarına bağı olarak değışiklik göstermektedir.

3.2.7. Ketencik Tohumu Müsilağının Yağ Tutma Kapasitesi

Ketencik tohumu müsilağının yağ tutma kapasitesi $2,17 \pm 0,15$ g yağ/g müsilağ olarak bulunmuştur. Müsilağın yağ tutma kapasitesi, onun çeşitli uygulamalarda yağın işlevlerini yerine getirebilme yeteneğini ifade eder. Yüksek yağ tutma kapasitesine sahip müsilağlar gıda, kozmetik ve farmasötik ürünlerinde yağın sağladığı tekstür, lezzet ve stabilite gibi özellikleri taklit etme konusunda etkili olabilir. Yüksek yağ tutma kapasitesine sahip müsilağlar, gıda ürünlerinde yağın yerine kullanılarak toplam enerji değerini düşürürken, ürünün istenen tekstür ve lezzet özelliklerini korur. Yağ tutma kapasitesi, gıda ürünlerinde istenen yumuşaklık ve nemliliğı sağlayarak ürünlerin daha cazip hale gelmesine katkıda bulunur (Amid & Mirhosseini, 2012).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında çiya tohumu müsilağının, guar gamın ve fesleğen tohumu müsilağının yağ tutma kapasiteleri, sırasıyla, $12,97 \pm 1,90$ g yağ/g müsilağ, $0,87 \pm 0,06$ g yağ/g gam ve $8,37 \pm 1,02$ g yağ/g müsilağ olarak bulunmuştur (Rashid vd.2019;Correy vd.2019;Felisberto vd.2015;Monrroy vd.2017;Tosifvd.2021) Ürünün kaynağına bağı olarak yağ tutma kapasitesinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Meyve veya tohumlardan elde edilen müsilağlar, monopolar moleküllerin varlığı nedeniyle iyi bir yağ bağlama kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, meyve ve tohum müsilağları daha yüksek miktarda yağ partikülünü hapsedebilir ve aynı zamanda yağ ve lezzet kaybını önleyebilir. Sonuç olarak meyve veya tohum kökenli müsilağlar gıdalarda iyi bir fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir (Tosif vd., 2021).

3.2.8. Ketencik Tohumu Müsilağının Toplam Fenolik Madde İçeriğı

Ketencik tohumu müsilağının TFM içeriğı $202,32 \pm 4,83$ mg GAE/g km olarak bulunmuştur. Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve antioksidan özelliklere sahip olan kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler, sağlık açısından çeşitli faydalar sağlayabilir, çünkü serbest radikallerin zararlı etkilerini azaltma yeteneğine sahiptir. TFM miktarı, müsilağın antioksidan kapasitesini ve potansiyel sağlık faydalarını değılendirmek için önemli bir ölçüttür. Ayrıca, fenolik bileşiklerin varlığı, gıdaların raf

ömrünü uzatabilir ve besin değerini artırabilir (Sarv vd., 2017). Literatürde ketencik tohumu müsilağının TFM içeriği ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, farklı müsilağların TFM içeriği ile ilgili veriler mevcuttur. Santos vd. (2023), çiya ve bamya müsilağ tozunun TFM içeriğinin sırasıyla 821,86 ve 1636,21 mg GAE/g km olduğunu bildirmiştir. Charles-Rodriguez vd. (2020) tarafından yapılan farklı bir çalışmada, çiya tohumu müsilağındaki TFM miktarı $146,8 \pm 0,1$ mg GAE/g olarak bulunmuştur. Ketencik tohumu müsilağının TFM içeriğinin literatürde belirtilen değerler arasında olduğu görülmektedir.

3.2.9. Ketencik Tohumu Müsilağının Toplam Antioksidan Aktivitesi

Bitki tohumlarında bulunan antioksidan aktivite, bu tohumların içindeki bileşiklerin serbest radikalleri etkisiz hale getirme ve oksidatif stresi azaltma yeteneğini ifade eder. Antioksidan aktivite, genellikle fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer fitokimyasallar gibi bileşiklerin varlığıyla ilişkilidir. Bu bileşikler, hücreleri serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasardan koruyarak bağışıklık sisteminin güçlenmesine katkıda bulunmak çeşitli sağlık faydaları sunar (Cakmak vd., 2023).

Ketencik tohumu müsilağının antioksidan aktivitesi $76,34 \pm 2,30$ mmol Trolox/g km olarak bulunmuştur. Literatürde ketencik tohumu müsilağının antioksidan aktivitesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, Terpinc vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ketencik tohumu keki, ketencik tohumu ve ketencik yağının antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. Bu ürünlerin antioksidan aktivitesinden sinapın, 4-vinil türevleri ve flavonoidler, elajik asit, hidroksisinamik ve hidroksibenzoik asitler gibi diğer bileşiklerin sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşiklerden bazılarının ketencik tohumu müsilağında da mevcut olduğu ve antioksidan aktivitesine katkıda bulunduğu muhtemeldir. Farklı müsilağların antioksidan aktivitesine bakıldığında, Nampuak ve Tongkhao (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bamya müsilağının antioksidan aktivitesi $176,18 \pm 12,180$ μ mol Trolox eşdeğeri/100 mL olarak belirtilmiştir. Müsilağların sahip olduğu antioksidan aktiviteyi, müsilağın elde edildiği kaynak etkilediği gibi müsilağın elde edildiği ekstraksiyon koşulları ve ayrıca analiz şartları da etkilemektedir.

3.3. Kurabiye Örneklerinin Karakterizasyonu

3.3.1. Kurabiye Örneklerinin Nem İçeriği

Kurabiye örneklerinin nem içeriği Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Kurabiye örneklerinde kullanılan ketencik tohumu müsilağı miktarı arttıkça örneklerin nem

oranının da arttığı görülmektedir. Kurabiye örneklerinin nem değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Punia & Dhull (2019) tarafından yapılan bir çalışmada kurabiye yapımında çiya tohumu müsilağı kullanılmıştır. Çalışmada kontrol örneklerinin nem içeriği %5,32 iken %10 çiya tohumu müsilağı içeren kurabiyelerin nem içeriği %5,40 ve %20 çiya tohumu müsilağı içeren kurabiye örneklerinin nem içeriği %5,59 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada da kurabiye yapımında kullanılan müsilağ oranı arttıkça nem miktarı artmıştır. Bu durum müsilağların şorteninge göre daha fazla su içermesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca müsilağın yüksek diyet lif oranı kurabiyelerin nem içeriğine katkıda bulunmuş olabilir çünkü diyet lifin su bağlama özelliği mevcuttur (Mohtarami vd., 2022).

Çizelge 3.1. Kurabiye örneklerinin kompozisyon (% , km) ve enerji değerleri (kcal/100 g km)

Parametre	Kontrol-Kurabiye	%20 KM-Kurabiye	%40 KM-Kurabiye	%60 KM-Kurabiye
Nem	0,88±0,02 ^d	1,31±0,11 ^c	3,19±0,25 ^b	7,87±0,17 ^a
Kül	0,71±0,03 ^c	0,70±0,02 ^c	0,86±0,04 ^b	1,01±0,04 ^a
Protein	5,03±0,00 ^b	5,46±0,15 ^b	6,03±0,21 ^a	6,23±0,31 ^a
Yağ	29,78±0,78 ^a	26,05±0,30 ^b	20,40±0,22 ^c	14,85±0,12 ^d
Karbonhidrat	64,47±0,75 ^d	67,79±0,46 ^c	72,71±0,02 ^b	77,91±0,17 ^a
Enerji	546,03±3,99 ^a	527,46±1,46 ^b	498,59±1,22 ^c	470,25±0,50 ^d

Aynı satırda yer alan “a-d” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

3.3.2. Kurabiye Örneklerinin Kül Miktarı

Kurabiye örneklerinin kül miktarları incelendiğinde en yüksek kül miktarına %60 KM-Kurabiye örneği sahip iken en düşük kül miktarına %20 KM-Kurabiye ve Kontrol-Kurabiye örneklerinin sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Çizelge 3.1). Ketencik tohumu müsilağı içeren örneklerin kül miktarının kontrol örneğine göre daha yüksek olmasının nedeni; kontrol grubunda kullanılan şortening kül içermemesi ve onun yerine kullanılan ketencik tohumu müsilağının yüksek oranda (%11,84±0,76) kül içermesidir. Literatürde bulgularımızı destekleyen benzer çalışmalar mevcuttur. Rauf vd. (2024) tarafından yapılan çiya müsilağlı muffin çalışmasında çiya müsilağının kül miktarı %6.56 olarak bulunmuştur. Kontrol örneklerinin kül miktarı %2,34 iken %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında müsilağ eklenen muffinlerin kül miktarı sırasıyla %2,72, %2,76, %2,89, %2,99 ve %3,09 olarak bulunmuştur.

3.3.3. Kurabiye Örneklerinin Protein İçeriği

Kurabiyelerin protein içeriklerine bakılacak olursa en düşük protein miktarının kontrol grubuna ait olduğu görülmüştür (Çizelge 3.1). En yüksek protein içeriğine ise %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye örneklerinin sahip olduğu görülmüştür. Bu durum şorteningin protein içermemesi ve yerine kullanılan ketencik tohumu müsilağının %17,44 oranında protein içermesinden kaynaklanmaktadır. Ahmadinia vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Söz konusu çalışmada keten tohumu müsilağı pandispanya yapımında kullanılmış olup kontrol örneklerinin protein miktarı %6,85 iken %28 keten unu ve %60 keten tohumu müsilağı içeren pandispanyaların protein miktarı %7,88 olarak belirtilmiştir. Kadry vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, kontrol grubu keklerin protein miktarı %12,01 iken, %25 çiya jeli içeren keklerin protein miktarı %12,95, %50 çiya jeli içeren keklerin %13,75, %75 çiya jeli içeren keklerin %14,55 ve %100 çiya jeli içeren keklerin %15,75 olarak bulunmuştur. Bu çalışmalardan da anlaşılabacağı üzere, bitki tohum müsilağının unlu mamullerde kullanımı ürünün protein içeriğini artırmıştır. Bu durumun müsilağın protein içeriği ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ahmadinia vd. (2023) ve Kadry vd. (2021) tarafından yapılan araştırmalar, bitki tohum müsilağlarının gıdalardaki protein oranını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, müsilağların besin değeri açısından önemini vurgulamaktadır.

3.3.4. Kurabiye Örneklerinin Yağ İçeriği

Günlük yağ gereksinimi bir yetişkin için 50-70 g civarındadır. Yağlar, besin öğeleri arasında en yüksek enerji veren bileşenlerdir. Bir gramının yanması sonucu yaklaşık 9 kcal enerji açığa çıkarmaktadır.

Kurabiye hamurunu yağ ikameleri ile yeniden formüle etmenin en zor yanı; orjinal ürüne eşdeğer oranda, ağız hissi, tekstür, tat-koku ve yağlılığın sağlanabilmesidir (Şahan, 2022). Çalışmamızda da ketencik tohumu müsilağı yağ ikamesi olarak kullanılmış ve elde edilen kurabiyelerde yapılan yağ tayini analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Yağ miktarı kontrol örneğinde $29,78 \pm 0,78$ iken %60 KM-Kurabiye örneğinde ise $14,85 \pm 0,12$ olarak bulunmuştur. %20 KM-Kurabiye, %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye örneklerinin yağ miktarı kontrol örneğine göre sırasıyla %12,52, %31,49 ve %50,12 oranlarında azalmıştır. Kurabiye formülasyonunda kullanılan müsilağ oranı arttıkça örneklerin yağ oranının azaldığı görülmektedir ve örnekler arasındaki bu farklılık

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bunun nedeni şortening yerine kullanılan müsilağın çok düşük oranda ($1,27 \pm 0,10$) yağ içermesidir. %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye örneklerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK) tarafından belirtilen yağı azaltılmış ürün beyanına uygun olduğu görülmektedir. TGK'ne göre yağı azaltılmış bir ürünün eyağ miktarında benzer bir ürüne göre en az %30'luk bir azalma sağlanması gerekmektedir (TGK, 2017). Kadry vd. (2021) tarafından yapılan benzer bir çalışmada sadece şortening yağı kullanılarak yapılmış keklerin yağ oranı %19,63 olarak bulunmuş iken %25 çiya jeli kullanılan keklerin yağ oranı %17,71 olarak bulunmuştur. Yağ fazı olarak sadece çiya jeli kullanılarak elde edilen kek örneklerinin yağ oranı ise %3,98 olarak belirtilmiştir. Keklerde sadece çiya jelinin kullanımı yağ miktarının %80 oranında azalmasına neden olmuştur.

3.3.5. Kurabiye Örneklerinin Karbonhidrat İçeriği

Kurabiye örneklerinin içerdiği ketencik tohumu müsilağı oranı arttıkça örneklerin karbonhidrat içerikleri de artmıştır ve örnekler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Çizelge 3.1). Bu durum şortening ikame maddesi olarak kullanılan ketencik tohumu müsilağının yüksek oranda karbonhidrat ($63,16 \pm 0,58$) içermesinden kaynaklanmaktadır. Buna benzer farklı bir çalışmada Kadry vd. (2021) tarafından çiya jeli kullanılarak kek yapılmıştır. Kontrol örneklerinin karbonhidrat miktarı 29,82 g/100 g olarak bulunmuştur. Keklere %25 çiya jeli eklenmesiyle karbonhidrat miktarı 30,49 g/100 g'a, %50 çiya jeli eklenmesiyle 32,52 g/100 g'a, %75 çiya jeli eklenmesiyle 35,02 g/100 g'a ve %100 çiya jeli eklenmesiyle 38,96 g/100 g'a çıkmıştır. Sonuçlar, çiya jeli oranının artmasıyla birlikte toplam karbonhidrat miktarında bir artış olduğunu göstermektedir.

3.3.6. Kurabiye Örneklerinin Enerji Değeri

Kurabiye örneklerinin kalori değerleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Beklenildiği üzere en yüksek kalori değerine Kontrol-Kurabiye örneği sahip iken en düşük kalori değerine %60 KM-Kurabiye örneği sahiptir. %20 KM-Kurabiye, %40 KM-Kurabiye ve %60 KM-Kurabiye örneklerinin enerji değerleri Kontrol-Kurabiye örneğinin enerji değerine göre sırasıyla %3,40, %8,69 ve %13,88 oranında azalmıştır. Kurabiye örneklerinin enerji değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu durum temel olarak ketencik tohumu müsilağı kullanılan kurabiye örneklerinin yağ oranının azalmasıyla ilişkilidir. Ancak, müsilağ kullanılarak elde edilen

kurabiyelerin enerji değerlerindeki bu düşüş TKG tarafından belirtilen kriteri karşılamamaktadır. TKG'ne göre enerjisi azaltılmış bir ürünün enerji miktarında benzer bir ürüne göre en az %30'luk bir azalma sağlanması gerekmektedir (TKG, 2017). Salem vd. (2024) tarafından yapılan benzer bir çalışmada ekmek yapımında kaktüs mäsılajı kullanılmıştır. Ekmek yapımında kullanılan pirinç ununun %1, %2 ve %3'ü kaktüs mäsılajı ile ikame edilmiştir. %100 pirinç unuyla yapılan kontrol örneğinin enerji değeri 402,43 kcal/100 g olarak bulunmuş olup %97 pirinç unu ve %3 kaktüs mäsılajıyla yapılan ekmeğın kalori değeri 398.44 kcal/100 g olarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan kaktüs mäsılajı oranı arttıkça ekmeğın kalori değeri azalmıştır. Rocha vd. (2020) tarafından yürütölen farklı bir çalışmada, kontrol grubu kurabiye örneğlerinin enerji değeri 422,07 kcal/100 g olarak belirtilmiş olup %30 çiya mäsılajı içeren kurabiye örneğlerinin enerji değeri 397,71 kcal/100 g olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, %30 çiya mäsılajı içeren kurabiye örneğlerinin kontrol grubu kurabiyelere göre enerji değeriinde %6 oranında bir azalma olduğunu göstermektedir.

3.3.7. Kurabiye Örneğlerinin Su Aktivitesi

Mikrobiyolojik çoğalma ve kimyasal reaksiyonlar için indikatör olarak kullanılan su aktivitesinin 0,6'nın altında olması ürünün mikrobiyolojik açıdan daha stabil olduğunu göstermektedir (da Silveira Ramos vd., 2021). Gıda işleme ve depolama uygulamalarının çoğunda referans parametre olarak nem içeriğinden ziyade su aktivitesinin (a_w) kullanımı söz konusudur. Çünkü su aktivitesi mikroorganizmaların büyümesi için belirleyici olup kimyasal, enzimatik ve fiziksel bozulma reaksiyonlarının çoğuyla ilişkilidir (Maltini vd., 2003).

Çalışmamızda Kontrol-Kurabiye örneğlerinin su aktivitesi $0,11 \pm 0,00$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2). Kurabiye üretiminde kullanılan ketencik tohumu mäsılajı oranı arttıkça kurabiye örneğlerinin su aktivitesi de artmıştır. Kurabiye örneğlerinin su aktivitesi sonuçları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Ancak mäsılaj ilaveli kurabiyelerin su aktiviteleri 0.6'nın altında kaldığı için mikrobiyal gelişme açısından problem teşkil etmemektedir. Ayrıca, kurabiye örneğlerinin su aktivitesi değeriinin nem sonuçları ile uyumlu olduğu görölmektedir. Gıda ürünlerine mäsılaj ilave edilmesi, suda çözünen moleküllerin artmasına ve ürünün nem içeriğini kontrol eden su geçirgen bir yapının oluşmasına neden olmaktadır (Ahmadinia vd., 2023). Felisberto vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada kek yapımında bitkisel yağ yerine

farklı oranlarda çiya müsilağı kullanılmıştır. Söz konusu çalışmada kontrol örneğinin su aktivitesi $0,90\pm0,01$ olarak bulunmuştur. Bitkisel yağ yerine %25, %50, %75 ve %100 oranlarında çiya müsilağı kullanılan keklerin su aktivitesinin 0,87-0,91 aralığında değiştiği görülmüştür.

3.3.8. Kurabiye Örneklerinin Renk Analizi

Kurabiye örneklerinin L^* a^* b^* değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Şortening yağının L^* değeri $67,73\pm1,21$ iken ketencik tohumu müsilağı jelinin L^* değeri $40,47\pm0,18$ olarak bulunmuştur (çizelgede gösterilmemiştir). Bu farklılık şortening yağının parlak ve beyaz renginden kaynaklanıyor olabilir. Şortening yağının a^* değeri $-0,10\pm0,06$ iken ketencik tohumu müsilağı jelinin a^* değeri $0,54\pm0,04$ olarak tespit edilmiştir (çizelgede gösterilmemiştir). Ketencik tohumu müsilağı jelinin a^* değerinin pozitif bir değer olması renginin daha kırmızımsı olduğunu göstermektedir. Şortening yağının b^* değeri ise $12,66\pm0,39$ iken ketencik tohumu müsilağı jelinin b^* değeri $2,81\pm0,08$ olarak ölçülmüştür (çizelgede gösterilmemiştir).

Kurabiye örneklerine bakıldığında %60 KM-Kurabiye örneğinin en yüksek L^* değerine sahip olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Ketencik tohumu müsilağının yüksek oranda kullanılması örneğin aydınlık değerinin artmasına neden olmuştur. Kurabiye yapımında kullanılan müsilağ oranı %40’tan %60’a çıktığında a^* değerinde belirgin bir azalma görülmektedir ($p < 0,05$). Formülasyonda kullanılan müsilağ oranı arttıkça b^* değerlerinde de belirgin bir artış görülmüştür. Kurabiye örneklerinin b^* değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu durum müsilağın yeşilimsi ve sarımsı renginden kaynaklanmış olabilir. Müsilağın yapısında bulunan pigmentler kurabiye formülasyonunda bulunan diğer bileşenler ile bir araya geldiğinde daha aktif hale gelmiş ve ürünün renginde belirgin değişimlere neden olmuştur.

Çizelge 3.2. Kurabiye örneklerinin su aktivitesi, renk parametreleri ve tekstürel özellikleri

Parametre	Kontrol-Kurabiye	%20 KM-Kurabiye	%40 KM-Kurabiye	%60 KM-Kurabiye
Su aktivitesi (a_w)	0,11±0,00 ^d	0,20±0,01 ^c	0,27±0,01 ^b	0,49±0,01 ^a
L*	70,07±0,66 ^b	68,98±0,96 ^c	69,46±1,02 ^{bc}	73,92±0,96 ^a
a*	1,86±0,12 ^a	1,89±0,13 ^a	1,30±0,18 ^b	0,76±0,09 ^c
b*	22,98±0,63 ^d	25,96±0,86 ^c	37,68±0,57 ^b	41,88±0,45 ^a
Sertlik (N)	19,42±1,42 ^d	40,82±2,81 ^c	46,66±2,50 ^b	70,68±3,37 ^a
Esneklik (mm)	8,80±0,26 ^d	9,80±0,35 ^c	9,21±0,55 ^b	11,52±0,34 ^a

L*: parlaklık/koyuluk (100→0), +a*→kırmızılık, -a*→yeşillik, +b*→sarılık, -b*→mavilik.

Aynı satırda yer alan “a-d” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Literatürde elde ettiğimiz sonuçları destekleyen çalışmalar mevcuttur. Elrashidy vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada bisküvi yapımında yağ ikame maddesi olarak %10, %15 ve %20 oranlarında çiya müsilağı kullanılmıştır. Çalışmada bisküvi formülasyonundaki müsilağ miktarı arttıkça örneklerin a* değerinde azalma görülmüş olup b* değerinde ise artış görülmüştür. Müsilağ miktarı arttıkça bisküvi renginin soluklaştığı, bisküvilerin renginin açık kahverengiden kremi sarıya doğru değiştiği bildirilmiştir.

3.3.9. Kurabiye Örneklerinin Tekstür Analizi

Kurabiye örneklerinin sertlik ve esneklik değerleri Çizelgede 3.2’te verilmiştir. Kurabiye örnekleri sertlik açısından değerlendirildiğinde, kontrol örneğinin en düşük sertlik değerine sahip olduğu, kurabiye formülasyonundaki müsilağ miktarı arttıkça kurabiyelerin sertlik değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Müsilağ içeren formülasyonların daha sert olmasının nedeni azalan yağ miktarı olabilir. Unlu mamullerde kullanılan yağ, hamurun yağlanmasını artırır (Polachini vd., 2023). Böylece gluten ve nişasta granüllerinin yapışmasını önleyerek nihai üründe daha yumuşak bir yapının oluşmasına neden olur (Arepally vd., 2020; Mert ve Demirkese, 2016). Fernandes vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, kek yapımında yağ ikame maddesi olarak çiya tohumu müsilağı kullanımının etkisi araştırılmıştır. Bizim çalışmamızda olduğu gibi ürün formülasyonunda kullanılan müsilağ oranı arttıkça keklerin sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür.

Kurabiye örneklerinin esneklik sonuçlarına bakıldığında en düşük değerin Kontrol-kurabiye örneğine ait iken en yüksek değerin %60 KM-Kurabiye örneğine ait olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Kurabiye grupları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kurabiye formülasyonuna yağ yerine musilaj eklenmesi nedeniyle örneklerin esneklik değerleri artmıştır. Aynı zamanda, bu durum musilaj içeren kurabiyelerin azaltılmış yağ içeriğiyle de ilgili olabilir çünkü formülasyonda yağ olmadığında ürünün ağı daha fazla elastikiyet ve esneklik gösterir (Peng & Yao, 2017). Quleqileo vd. (2022) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları bizim sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir. Söz konusu çalışmada kurabiye yapımında şortening ikame maddesi olarak farklı bigeller kullanılmıştır. Bigel formülasyonunda oleojel olarak balmumu-kanola yağı oleojeli kullanılmış olup hidrojel olarak da sodyum aljinat veya karboksimetil selülöz hidrojeni kullanılmıştır. Çalışmada bigel kullanılarak yapılan kurabiyelerin esneklik değerlerinin arttığı ve dolayısıyla daha az kırılğan olduğu görülmüştür. Bu durum bigel kullanılarak yapılan kurabiyelerin daha fazla nem içeriğine sahip olması ile ilişkilendirilmiştir.

3.3.10. Kurabiye Örneklerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı

Kurabiye örneklerinin TFM içeriği Çizelge 3.3'de gösterilmiştir. Kurabiye fomülasyonundaki ketencik tohumu müsilağı oranı arttıkça örneklerin TFM miktarı da artış göstermiştir. Bu artış, ketencik tohumu müsilağında bulunan yüksek TFM miktarı ile ilgilidir. Dick vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlar ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Söz konusu çalışmada kraker yapımında yağ ikame maddesi olarak kaktüs müsilağı kullanılmıştır. Kontrol kraker örneklerinin TFM miktarı $0,26 \pm 0,02$ mg olarak tespit edilirken, kaktüs müsilağı içeren kraker örneklerinin TFM miktarı $0,45 \pm 0,03$ mg olarak tespit edilmiştir.

3.3.11. Kurabiye Örneklerinin Antioksidan Aktivitesi

Kurabiye örneklerinin antioksidan aktivitesi Çizelge 3.3'de gösterilmiştir. Kurabiye örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine bakıldığında Kontrol-Kurabiye ve %20 KM-Kurabiye örneklerinin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. Bu iki örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). En düşük antioksidan aktiviteye sahip formülasyon ise %40 KM-Kurabiye olmuştur ($p < 0,05$). Kurabiyelerin antioksidan aktivitesi ile TFM içeriği arasında ters bir ilişki olduğu görülmektedir. Genel olarak diyet life bağlı fenolik bileşiklerin antioksidan

aktiviteye katkıda bulunduğu bilinmektedir. Ancak bu ilişkinin her zaman doğrusal olmadığı ve malzemenin fenolik profiliyle ilişkili olabileceği unutulmamalıdır (Wanlapa vd., 2015).

Çizelge 3.3. Kurabiye örneklerinin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g km) ve antioksidan aktivitesi (mmol Trolox/g km)

Parametre	Kontrol-Kurabiye	%20 KM-Kurabiye	%40 KM-Kurabiye	%60 KM-Kurabiye
TFM	3,03±0,03 ^c	3,58±0,11 ^b	3,61±0,04 ^b	3,82±0,04 ^a
Trolox	0,62±0,02 ^a	0,61±0,01 ^a	0,40±0,01 ^c	0,47±0,01 ^b

Aynı satırda yer alan “a-c” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Literatüre bakıldığında Mohtarami vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçların, çalışmamızda elde edilen sonuçları desteklemediği görülmektedir. Söz konusu çalışmada keten tohumu müsilağı ve Pysllium müsilağı ikame oranları arttıkça, kurabiye örneklerinin antioksidan aktivitesi artmıştır. Keten tohumu müsilağının, örneklerin antioksidan aktivitesi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Kek üretiminde yağ ikamesi olarak kahve zarı kullanılan farklı bir çalışmada keklerin antioksidan aktivitesi kıyaslanmıştır. Formülasyondaki yağın %20 ve %25'inin kahve zarı ile ikame edilmesi durumunda örneklerin antioksidan aktivitesi artmış olup ikame seviyesi %30 olduğunda ise antioksidan aktivite azalmıştır (Ateş & Elmacı, 2018).

3.3.12. Kurabiye Örneklerinin Duyusal Analizi

Kurabiye örneklerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Kurabiye örnekleri görünüş açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer %40 KM-Kurabiye örneğine ait olduğu görülürken en düşük değer Kontrol-Kurabiye örneğine ait olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Renk açısından bakıldığında ise en çok beğenilen örnek %60 KM-Kurabiye örneği iken bunu %40 KM-Kurabiye örneği takip etmiştir. Renk açısından en az beğenilen örnek ise Kontrol-Kurabiye örneği olmuştur. Ancak, renk değerindeki bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir ($p > 0,05$). Kurabiye örneklerinin görünüş ve renk farklılıkları Şekil 4.1’de gösterilen görselden de anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.4. Kurabiye örneklerinin duyuşal analiz sonuçları

Parametreler	Kontrol-Kurabiye	%20 KM-Kurabiye	%40 KM-Kurabiye	%60 KM-Kurabiye
Görünüş	7,73±0,00 ^b	7,77±0,19 ^b	8,36±0,13 ^a	7,95±0,06 ^b
Renk	7,55±0,13 ^a	7,73±0,45 ^a	8,18±0,26 ^a	8,27±0,00 ^a
Koku	7,32±0,06 ^a	6,68±0,19 ^b	7,09±0,26 ^{ab}	7,09±0,19 ^{ab}
Lezzet	7,77±0,19 ^a	6,95±0,32 ^{bc}	7,45±0,13 ^{ab}	6,86±0,13 ^c
Tekstür	7,91±0,19 ^a	7,55±0,51 ^{ab}	8,05±0,32 ^a	6,68±0,06 ^b
Ağızda Kalan Tat	7,82±0,13 ^a	7,05±0,58 ^{ab}	7,77±0,06 ^a	6,41±0,45 ^b
Yağlılık	7,45±0,19 ^a	7,50±0,32 ^a	7,77±0,06 ^a	6,59±0,45 ^b
Genel Beğeni	7,82±0,32 ^a	7,59±0,32 ^a	8,14±0,06 ^a	7,05±0,06 ^b

Aynı satırda yer alan “a-c” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Koku açısından en çok Kontrol-Kurabiye örneği beğenilmiş iken en az %20 KM-Kurabiye örneği beğenilmiştir ($p < 0,05$). Muhtemelen müsilaıda bulunan koku bileşenleri panelistler tarafından yabancı bir koku olarak algılanarak müsilaı içeren kurabiyelerin daha düşük puan almasına neden olmuştur. Ancak verilen puanlar yine de kabul edilebilir değeri olan 6’nın üzerindedir. Lezzet açısından en fazla Kontrol-Kurabiye örneği beğenilmiş olup bunu %40 KM-Kurabiye örneği takip etmiştir ($p < 0,05$). Lezzet bakımından en az beğenilen örnek ise %60 KM-Kurabiye örneği olmuştur. Kurabiyelerin lezzet değeri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Örnekler tekstürel açıdan değerlendirildiğinde, %40 KM-Kurabiye örneğinin en yüksek puanı aldığı görülmüş olup bunu Kontrol-Kurabiye örneği takip etmiştir. Ancak, %40 KM-Kurabiye ve Kontrol-Kurabiye örnekleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). En düşük puanı ise %60 KM-Kurabiye örneği almıştır ($p < 0,05$). Tekstür analizinde elde edilen farklılıkların duyuşal analize yansıdığı görülmektedir. Kurabiye formülasyonunda bulunan yağ %40 oranında ketencik tohumu müsilaı ile ikame edildiğinde kurabiyelerin sertlik değeri artmıştır. Ancak, bu durum panelistler tarafından olumlu algılanmıştır.



Fotoğraf 3.1. Kurabiye örneklerinin görünüşü

Ağızda kalan tat açısından değerlendirme yapıldığında, en yüksek puanın Kontrol-Kurabiye ve %40 KM-Kurabiye örneklerine ait olduğu görülmektedir ($p > 0,05$). Örnekler yağlılık açısından değerlendirildiğinde ise en çok beğenilen örnek %40 KM-Kurabiye örneği olurken panelistler tarafından en az beğenilen örnek %60 KM-Kurabiye örneği olmuştur. Son olarak genel beğeni açısından değerlendirme yapıldığında, en çok beğenilen örneğin %40 KM-Kurabiye olduğu görülmüş olup bunu Kontrol-Kurabiye örneği takip etmiştir. Ancak, %40 KM-Kurabiye ve Kontrol-Kurabiye örneklerinin genel beğeni puanları arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Genel beğeni açısından en az beğenilen örnek %60 KM-Kurabiye örnekleri olmuştur ($p < 0,05$).

Farimani vd. (2020) tarafından bir çalışmada kek yapımında yağ ikame maddesi olarak hatmi çiçeği müsilağı kullanılmıştır. Söz konusu çalışmanın duyusal analiz sonuçları ile bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlar birbirini desteklemektedir. Renk olarak en çok beğenilen örnek kontrol grubu olmuştur. Koku açısından en çok beğenilen örnek ise %25 hatmi çiçeği müsilağı içeren kek olmuştur. Gözenek yapısı, görünüş, lezzet ve genel beğeni açısından ise en çok beğenilen örnek %100 hatmi çiçeği müsilağı içeren kek örnekleri olmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ketencik tohumu müsilağının kurabiye üretiminde yağ ikame maddesi olarak kullanılmasının etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, ketencik tohumu müsilağı ile ikame edilen kurabiyelerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerinde anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir. Müsilağ oranının artmasıyla birlikte kurabiyelerde nem ve protein oranlarında artış, yağ oranında ise azalma kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, kurabiye örneklerinin yağ içeriğini azaltırken aynı zamanda protein içeriğini artırarak besin değerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Ayrıca, ketencik tohumu müsilağı içeren örneklerin enerji değerlerinde de %3,40-%13,88 arasında bir düşüş gerçekleşmiştir. Ketencik tohumu müsilağının ikame oranı arttıkça kurabiyelerin sertlik ve esneklik değerleri de artmıştır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre %40 KM-Kurabiye örneği; görünüş, tekstür, yağlılık ve genel beğeni açısından en olumlu geri bildirimi almıştır. Ancak, müsilağ ikame oranının %60'a çıkarılması durumunda; tat, tekstür, ağızda kalan tat, yağlılık ve genel beğeni kriterleri açısından panelist puanlarında belirgin bir düşüş görülmüştür. Kurabiyelerin TFM içeriği şortening yerine ketencik tohumu müsilağı kullanılmasıyla artarken, antioksidan aktivitede açısından ise tam tersi bir durum gözlenmiştir. Bu durum, ketencik tohumu müsilağının fonksiyonel özelliklerinin daha derinlemesine araştırılması gerektiğini işaret etmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular, ketencik tohumu müsilağının uygun oranlarda kullanıldığında kurabiye gibi unlu mamullerde yağ ikame maddesi olarak kullanım potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda ketencik tohumu müsilağının farklı ürünlerde özellikle de glutensiz unlu mamullerde yağ ikame maddesi olarak kullanımının araştırılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- AACCI. (2010). *Approved Methods of Analysis* (11th ed). St. Paul: AACC International.
- Abdalla, L. A., Helmy, S., & Riyad, Y. M. (2023). The Impact of Inulin and Chia Mucilage on Biscuit Formula as a Fat Replacer. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(5), 261-271.
- Ahmadinia, F., Mohtarami, F., Esmaili, M., & Pirs, S. (2023). *Investigation of physicochemical and sensory characteristics of low calorie sponge cake made from flaxseed mucilage and flaxseed flour*. *Scientific Reports*, 13(1), 20949.
- Amid, B. T., & Mirhosseini, H. (2012). Optimisation of aqueous extraction of gum from durian (*Durio zibethinus*) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid. *Food chemistry*, 132(3), 1258-1268.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed). Gaithersburg: AOAC International.
- Arafa, S. G., & Badr, M. R. (2023). Preparation untraditional low calorie cake formula by taro (*Colocasia esculenta*) mucilage. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 14(6), 149-153.
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., & Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. *Lwt*, 131, 109726.
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., & Perez-Cueto, F. J. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(18), 3119-3128.
- Astrup, A., Dyerberg, J., Elwood, P., Hermansen, K., Hu, F. B., Jakobsen, M. U., ... & Willett, W. C. (2011). The role of reducing intakes of saturated fat in the prevention of cardiovascular disease: where does the evidence stand in 2010? *The American journal of clinical nutrition*, 93(4), 684-688.
- Ateş, G., & Elmacı, Y. (2018). Coffee silverskin as fat replacer in cake formulations and its effect on physical, chemical and sensory attributes of cakes. *Lwt*, 90, 519-525.
- Baş Yıldırım, H. (2022). *Laurencia pyramidalis makroalginden proteinlerin ekstraksiyon koşullarının yanıt yüzey metodolojisi ile optimizasyonu: Ekstraktların biyoaktif ve teknofonksiyonel potansiyelinin araştırılması ve karakterizasyon çalışmaları* [Master's thesis, Aksaray Üniversitesi].

- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- Borlu, M. H. (2009). *Lavaş ekmeğine farklı seviyelerde keten (Linum usitatissimum) tohum unu katkılamaının hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkisi, omega 3, omega 6 ve lignan açısından değişimin belirlenmesi* [Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi].
- Cakmak, H., Ilyasoglu-Buyukkestelli, H., Sogut, E., Ozyurt, V. H., Gumus-Bonacina, C. E., & Simsek, S. (2023). A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocolloids for Health*, 3, 100131.
- Câmara, A. K. F. I., Okuro, P. K., da Cunha, R. L., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., & Pollonio, M. A. R. (2020). Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: Technological, physicochemical, and rheological characterization. *Lwt*, 125, 109193.
- Campos, B. E., Ruivo, T. D., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S., & Bergamasco, R. D. C. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 874-883.
- Cao, K., Liu, Y., Liang, N., Shen, X., Li, R., Yin, H., & Xiang, L. (2022). Fatty acid profiling in facial sebum and erythrocytes from adult patients with moderate acne. *Frontiers in Physiology*, 13, 921866.
- Cao, X., Li, N., Qi, G., Sun, X. S., & Wang, D. (2018). Effect of spray drying on the properties of camelina gum isolated from camelina seeds. *Industrial Crops and Products*, 117, 278-285.
- Charles-Rodríguez, A. V., Rivera-Solís, L. L., Martins, J. T., Genisheva, Z., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., ... & Flores-López, M. L. (2020). Edible films based on black chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage containing *Rhus microphylla* fruit phenolic extract. *Coatings*, 10(4), 326.
- Chen, Y., She, Y., Zhang, R., Wang, J., Zhang, X., & Gou, X. (2020). Use of starch-based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases. *Food science & nutrition*, 8(1), 16-22.

- Chugh, B., Singh, G., & Kumbhar, B. K. (2013). Development of low-fat soft dough biscuits using carbohydrate-based fat replacers. *International Journal of Food Science*, 2013(1), 576153.
- Ciesielska, K., & Gajewska, M. (2023). Fatty acids as potent modulators of autophagy activity in white adipose tissue. *Biomolecules*, 13(2), 255.
- Colla, K., Costanzo, A., & Gamlath, S. (2018). Fat replacers in baked food products. *Foods*, 7(12), 192.
- Coniglio, S., Shumskaya, M., & Vassiliou, E. (2023). Unsaturated fatty acids and their immunomodulatory properties. *Biology*, 12(2), 279.
- da Silveira Ramos, I. F., Magalhães, L. M., do O Pessoa, C., Ferreira, P. M. P., dos Santos Rizzo, M., Osajima, J. A., ... & Costa, M. P. (2021). New properties of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.) and potential application in cosmetic and pharmaceutical products. *Industrial Crops and Products*, 171, 113981.
- Del-Ponte, B., Quinte, G. C., Cruz, S., Grellert, M., & Santos, I. S. (2019). Dietary patterns and attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): a systematic review and meta-analysis. *Journal of affective disorders*, 252, 160-173.
- Dick, M., Limberger, C., Thys, R. C. S., de Oliveira Rios, A., & Flôres, S. H. (2020). Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. *Food Chemistry*, 314, 126178.
- Dirar, A. M., & Doupis, J. (2017). Gestational diabetes from A to Z. *World journal of diabetes*, 8(12), 489.
- Direkvand-Moghadam, A., Sayehmiri, K., Delpisheh, A., & Kaikhavandi, S. (2014). Epidemiology of premenstrual syndrome (PMS)-a systematic review and meta-analysis study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 8(2), 106.
- Dixon, K. A., Michelsen, M. K., & Carpenter, C. L. (2023). Modern diets and the health of our planet: An investigation into the environmental impacts of food choices. *Nutrients*, 15(3), 692.
- Fabre, J. F., Lacroux, E., Gravé, G., & Mouloungui, Z. (2020). Extraction of camelina mucilage with ultrasound and high flow rate fluid circulation. *Industrial crops and products*, 144, 112057.
- Farimani, T. Y., Hesarinejad, M. A., & Tat, M. (2020). Research Full Papers A new study on the quality, physical and sensory characteristics of cupcakes with *Althaea*

- officinalis mucilage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16, 25-35.
- Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 1049-1055.
- Fuentes, E., Venegas, B., Muñoz-Arenas, G., Moran, C., Vazquez-Roque, R. A., Flores, G., ... & Guevara, J. (2023). High-carbohydrate and fat diet consumption causes metabolic deterioration, neuronal damage, and loss of recognition memory in rats. *Journal of chemical neuroanatomy*, 129, 102237.
- Goksen, G., Demir, D., Dhama, K., Kumar, M., Shao, P., Xie, F., ... & Lorenzo, J. M. (2023). Mucilage polysaccharide as a plant secretion: Potential trends in food and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 230, 123146.
- Goswami, M., Sharma, B. D., Mendiratta, S. K., & Pathak, V. (2021). Quality improvement of refined wheat flour cookies with incorporation of functional ingredients. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), e14945.
- Gutiérrez-Luna, K., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2020). Flax and hempseed oil functional ingredient stabilized by inulin and chia mucilage as a butter replacer in muffin formulations. *Journal of Food Science*, 85(10), 3072-3080.
- Gürsoy, O., Kocatürk, K., Dal, H. Ö. G., Yakalı, H. N., & Yılmaz, Y. (2020). Physicochemical and rheological properties of commercial kefir drinks. *Akademik Gıda*, 18(4), 375-381.
- Hui, Y. H., Nip, W. K., Nollet, L. M., Paliyath, G., & Simpson, B. K. (Eds.). (2006). Food biochemistry and food processing (Vol. 769). Hoboken: Blackwell Publishing.
- Iriondo-DeHond, A., Iriondo-DeHond, M., & Del Castillo, M. D. (2020). Applications of compounds from coffee processing by-products. *Biomolecules*, 10(9), 1219.
- Jackson, P. P. J., Wijeyesekera, A., & Rastall, R. A. (2023). Inulin-type fructans and short-chain fructooligosaccharides—their role within the food industry as fat and sugar replacers and texture modifiers—what needs to be considered!. *Food Science & Nutrition*, 11(1), 17-38.
- IUPAC. (1997). *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives* (7th ed). International Union of Pure and Applied Chemistry, Oxford: Blackwell.

- Jamar, G., & Pisani, L. P. (2023). Inflammatory crosstalk between saturated fatty acids and gut microbiota–white adipose tissue axis. *European Journal of Nutrition*, 62(3), 1077-1091.
- Kadry, M. M., Salama, A., & Ammar, M. S. (2021). Chia gel as fat substitute for producing low fat cake. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 4(1), 9-24.
- Kassem, I. A., Ashaolu, T. J., Kamel, R., Elkasabgy, N. A., Afifi, S. M., & Farag, M. A. (2021). Mucilage as a functional food hydrocolloid: Ongoing and potential applications in prebiotics and nutraceuticals. *Food & function*, 12(11), 4738-4748.
- Kılınç, G. E., & Uçar, A. (2022). Farklı beslenme şekilleri ve intestinal mikrobiyota. *Sağlık Bilimlerinde Değer*, 12(1), 164-170.
- Koptagel, E., & Kürklü, N. S. (2020). Tek Zincirli Doymuş Yağ Asitleri ve Sağlık İlişkisi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5(3), 307-312.
- Koska, J., Ozias, M. K., Deer, J., Kurtz, J., Salbe, A. D., Harman, S. M., & Reaven, P. D. (2016). A human model of dietary saturated fatty acid induced insulin resistance. *Metabolism*, 65(11), 1621-1628.
- Kreitschitz, A., Kovalev, A., & Gorb, S. N. (2021). Plant seed mucilage as a glue: Adhesive properties of hydrated and dried-in-contact seed mucilage of five plant species. *International journal of molecular sciences*, 22(3), 1443.
- Krzyżaniak, M., Stolarski, M. J., Tworowski, J., Puttick, D., Eynck, C., Załuski, D., & Kwiatkowski, J. (2019). Yield and seed composition of 10 spring camelina genotypes cultivated in the temperate climate of Central Europe. *Industrial Crops and Products*, 138, 111443.
- Kučka, M., Harenčár, L., Ražná, K., Nôžková, J., Kowalczewski, P. Ł., Deyholos, M., ... & Tomka, M. (2024). Great potential of flaxseed mucilage. *European Food Research and Technology*, 250(3), 877-893.
- Kwon, Y. J., Sung, D. I., & Lee, J. W. (2022). Association among premenstrual syndrome, dietary patterns, and adherence to mediterranean diet. *Nutrients*, 14(12), 2460.
- Li, S., Wu, G., Li, X., Jin, Q., Wang, X., & Zhang, H. (2021). Roles of gelator type and gelation technology on texture and sensory properties of cookies prepared with oleogels. *Food Chemistry*, 356, 129667.

- Liu, Y., Liu, Z., Zhu, X., Hu, X., Zhang, H., Guo, Q., ... & Cui, S. W. (2021). Seed coat mucilages: Structural, functional/bioactive properties, and genetic information. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2534-2559.
- Lopez, C., Sotin, H., Rabesona, H., Novales, B., Le Quéré, J. M., Froissard, M., ... & Anton, M. (2023). Oil bodies from chia (*Salvia hispanica* L.) and camelina (*Camelina sativa* L.) seeds for innovative food applications: microstructure, composition and physical stability. *Foods*, 12(1), 211.
- Mahdi, A. A., Mohammed, J. K., Al-Ansi, W., Ghaleb, A. D., Al-Maqtari, Q. A., Ma, M., ... & Wang, H. (2020). Microencapsulation of fingered citron extract with gum arabic, modified starch, whey protein, and maltodextrin using spray drying. *International journal of biological macromolecules*, 152, 1125-1134.
- Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E., & Bertolo, G. (2003). Water activity and the preservation of plant foods. *Food chemistry*, 82(1), 79-86.
- Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106-128.
- Melini, V., & Melini, F. (2019). Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*, 11(1), 170.
- Mert, B., & Demirkesen, I. (2016). Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food chemistry*, 199, 809-816.
- Mohtarami, F., Rashidi, Z., & Pirsá, S. (2022). Extraction of flaxseed and Plantago Psyllium mucilage: Investigation of rheological properties and efficiency as a fat substitute for the production of low-calorie cookies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e16964.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*, 108(1), 216-224.
- Ozdemir-Orhan, N. (2024). Characterisation and emulsifying properties of microwave pretreated camelina seed mucilage. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(4), 2780-2793.
- Özbek, T., & Yeşilçubuk, N. Ş. (2018). Süper besin: Chia tohumu (*Salvia hispanica* L.). *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 46(1), 90-96.

- Özdemir, B. (2020). Gastronomi Akimlarında Sağlıklı Mor Yiyecekler. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 3(1), 16-30.
- Parodi, E., La Nasa, J., Ribechini, E., Petri, A., & Piccolo, O. (2023). Extraction of proteins and residual oil from flax (*Linum usitatissimum*), camelina (*Camelina sativa*), and sunflower (*Helianthus annuus*) oilseed press cakes. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(3), 1915-1926.
- Peng, X., & Yao, Y. (2017). Carbohydrates as fat replacers. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8(1), 331-351.
- Perna, M., & Hewlings, S. (2022). Saturated fatty acid chain length and risk of cardiovascular disease: a systematic review. *Nutrients*, 15(1), 30.
- Polachini, T. C., Norwood, E. A., Le-Bail, P., & Le-Bail, A. (2023). Clean-label techno-functional ingredients for baking products—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(25), 7461-7476.
- Punia, S., & Dhull, S. B. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage (a heteropolysaccharide): Functional, thermal, rheological behaviour and its utilization. *International journal of biological macromolecules*, 140, 1084-1090.
- Qian, M., Liu, D., Zhang, X., Yin, Z., Ismail, B. B., Ye, X., & Guo, M. (2021). A review of active packaging in bakery products: Applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 459-471.
- Quilaqueo, M., Iturra, N., Contardo, I., Millao, S., Morales, E., & Rubilar, M. (2022). Food-grade bigels with potential to replace saturated and trans fats in cookies. *Gels*, 8(7), 445.
- Rauf, M. A., Sharif, M. K., Naz, T., Razzak, M. A., Shahid, F., Aslam, T., ... & Ahmad, T. (2024). Utilization Of Chia Seed Mucilage To Reduce The Fat Contents In Muffins. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 56-61.
- Rodríguez-García, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2013). Effect of fat replacement by inulin on textural and structural properties of short dough biscuits. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 2739-2750.
- Rocha, M. C., da Penha Piccolo, M., de Abreu, W. C., Maradini Filho, A. M., & Barcelos, M. D. F. P. (2020). Physicochemical properties and use of chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) in the reduction of fat in cookies. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 69019-69034.

- Saentaweesuk, S., & Chaikham, P. (2023). Effect of whey protein isolate incorporated with various carbohydratebased fat replacers on physicochemical and sensorial properties of low-fat chocolate ice cream. *Food Res*, 7, 167-176.
- Saleh, M., Al-Baz, F., & Al-Ismail, K. (2018). Effects of hydrocolloids as fat replacers on the physicochemical properties of produced Labneh. *Journal of texture studies*, 49(1), 113-120.
- Salem, M., El-Zayet, F., Rayan, A., & Shatta, A. (2024). Impact of Cactus Mucilage Powder as New Natural Hydrocolloid on Physicochemical, Staling Rate and Sensory Characteristics of Gluten-free Egyptian Flat Bread. *Studies in Medical and Health Sciences*, 1(1), 1-13.
- Santos, F. S. D., Figueirêdo, R. M. F. D., Queiroz, A. J. D. M., Paiva, Y. F., Moura, H. V., Silva, E. T. D. V., ... & Gomes, J. P. (2023). Influence of dehydration temperature on obtaining chia and okra powder mucilage. *Foods*, 12(3), 569.
- Sarv, V., Trass, O., & Diosady, L. L. (2017). Preparation and characterization of Camelina sativa protein isolates and mucilage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94, 1279-1285.
- Satouf, M., & Köten, M. (2023). Usability of Chia (*Salvia hispanica* L.) Flour in Production of Rice and Corn Flour Based Gluten-Free Cupcake. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(5), 897-904.
- Senanayake, C. M., Nayanakanthi, T., & Siranjiv, P. (2021). Development of an edible coating from okra mucilage to preserve the crispiness in soft dough biscuits upon storage. *Advances in Technology*, 307-320.
- Schädle, C. N., Sanahuja, S., & Bader-Mittermaier, S. (2022). Influence of fat replacers on the rheological, tribological, and aroma release properties of reduced-fat emulsions. *Foods*, 11(6), 820.
- Shaheen, S., Kamal, M., Zhao, C., & Farag, M. A. (2023). Fat substitutes and low-calorie fats: a compile of their chemical, nutritional, metabolic and functional properties. *Food Reviews International*, 39(8), 5501-5527.
- Singhal, K., Singh, A. P., Khare, A., Lal, A. B., & Singh, A. (2022). Ready To Bake Multigrain Cookies. *Nveo-Natural Volatiles & Essential Oils Journal| Nveo*, 189-200.

- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Şahan, A. (2022). *Glutensiz kek üretiminde bamya tohumu unu kullanım olanaklarının araştırılması* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Temkov, M., & Mureşan, V. (2021). Tailoring the structure of lipids, oleogels and fat replacers by different approaches for solving the trans-fat issue, A review. *Foods*, 10(6), 1376.
- Terpinc, P., Polak, T., Makuc, D., Ulrih, N. P., & Abramovič, H. (2012). The occurrence and characterisation of phenolic compounds in *Camelina sativa* seed, cake and oil. *Food Chemistry*, 131(2), 580-589.
- Thomas, S. W., Alcantar, N. A., & Pais, Y. (2012). Electrospun cactus mucilage nanofibers. *Republic Of Turkey Gaziantep University Graduate School Of Natural & Applied Sciences*, 2020.
- Tomić, J., Škrobot, D., Dapčević-Hadnađev, T., Maravić, N., Rakita, S., & Hadnađev, M. (2022). Chia Seed Hydrogel as a Solid Fat Replacer and Structure Forming Agent in Gluten-Free Cookies. *Gels*, 8(12), 774.
- Tosif, M. M., Najda, A., Bains, A., Kaushik, R., Dhull, S. B., Chawla, P., & Walasek-Janusz, M. (2021). A comprehensive review on plant-derived mucilage: characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. *Polymers*, 13(7), 1066.
- Troshchynska, Y., Bleha, R., Synytsya, A., & Štětina, J. (2022). Chemical composition and rheological properties of seed mucilages of various yellow-and brown-seeded flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. *Polymers*, 14(10), 2040.
- Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği. (2017, 26 Ocak). Resmi Gazete (Sayı: 29960 (Mükerrer)).
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M1-6.htm>
- Ubeyitogullari, A., & Ciftci, O. N. (2020). Fabrication of bioaerogels from camelina seed mucilage for food applications. *Food Hydrocolloids*, 102, 105597.
- Uluçay, D. M. (2017). Gastronomi Turizmi İşletmelerinin Web Siteleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Erciyes iletişim dergisi*, 5(2), 196-208.

- Unger, A. L., Torres-Gonzalez, M., & Kraft, J. (2019). Dairy fat consumption and the risk of metabolic syndrome: an examination of the saturated fatty acids in dairy. *Nutrients*, 11(9), 2200.
- Veljković, V. B., Kostić, M. D., & Stamenković, O. S. (2022). Camelina seed harvesting, storing, pretreating, and processing to recover oil: A review. *Industrial Crops and Products*, 178, 114539.
- Waghmare, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Mucilages: Sources, extraction methods, and characteristics for their use as encapsulation agents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(15), 4186-4207.
- Wang, W., Jiang, Y., & Zhou, W. (2013). Characteristics of soy sauce powders spray-dried using dairy whey proteins and maltodextrins as drying aids. *Journal of Food Engineering*, 119(4), 724-730.
- Wanlapa, S., Wachirasiri, K., Sithisam-ang, D., & Suwannatup, T. (2015). Potential of selected tropical fruit peels as dietary fiber in functional foods. *International Journal of Food Properties*, 18(6), 1306-1316.
- Yazar, G., & Rosell, C. M. (2023). Fat replacers in baked products: Their impact on rheological properties and final product quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(25), 7653-7676.
- Zain, N. M., Ghani, M. A., Kasim, Z. M., & Hashim, H. (2021). Effects of different drying methods on the functional properties and physicochemical characteristics of chia mucilage powder (*Salvia hispanica* L.). *Sains Malaysiana*, 50(12), 3603-3615.
- Zhao, C., Zheng, R., Shi, X., & Wang, L. (2021). Soil microbes and seed mucilage promote growth of the desert ephemeral plant *Nepeta micrantha* under different water conditions. *Flora*, 280, 151845.