T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ASPİR YAĞI ESASLI FARKLI OLEOJELLERİN ELDE EDİLMESİ VE KEKLERİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Şebnem BADEM
DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK

VAN-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ASPİR YAĞI ESASLI FARKLI OLEOJELLERİN ELDE EDİLMESİ VE KEKLERİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Şebnem BADEM

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2019-8258**nolu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK danışmanlığında, Şebnem BADEM tarafından sunulan "**Aspir Yağı Esaslı Farklı Oleojellerin Elde Edilmesi ve Keklerin Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması** " isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 01/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: **Prof. Dr. Elvan OCAK** **İmza:**

Üye: **Dr. Öğr. Üyesi Mubin KOYUNCU** **İmza:**

Üye: **Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK** **İmza:**
(Danışman)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …./..../2020 tarih ve .... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……/……/2020

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Suat ŞENSOY

TEZ BİLDİRİMİ

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

Şebnem BADEM

ÖZET

ASPİR YAĞI ESASLI FARKLI OLEOJELLERİN ELDE EDİLMESİ VE KEKLERİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

BADEM, Şebnem
Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK
Temmuz 2020, 87 sayfa

Bu tez çalışmasında aspir yağı kullanılarak, balmumu (%3, 5, 10), pirinç kepeği mumu (%5, 7, 10), propolis mumu (%5, 7, 10) ve karnauba mumu (%4, 6, 8) oleojelatörleri ile oleojeller üretilmiştir. Üretilen oleojeller ticari şorteninge alternatif olması açısından kek yapımında kullanılmıştır. Oleojellerde yağ bağlama kapasitesi (% YBK), katı yağ içeriği (% SFC) ve kristalizasyon süresi ölçümü yapılmıştır. Oleojeller ve kontrol grubu olan şortening ile üretilen keklerde % nem miktarı, pH tayini, tekstür ve duyusal analiz uygulanmıştır. Ayrıca oleojeller ve keklerden ekstrakte edilen yağlarda ise yağ asidi kompozisyonu, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien-trien ve 3-MCPD analizleri gerçekleştirilmiştir. Oleojellerin % SFC jelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. En iyi % YBK'ne sahip jelatör balmumu olmuştur. En kısa kristalizasyon süresi, pirinç kepeği mumunda 3 dk olarak tespit edilmiştir. Aspir yağının oleojelasyon sonrasında yağ asidi kompozisyonunda değişim olmadığı saptanmıştır. Oleojellerde toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asidi oranları sırasıyla yaklaşık %10 ve %88 iken, ticari şorteningde bu oranlar yaklaşık %51 ve %46 olarak belirlenmiştir. Oleojel ile üretilen kekler, şortening kullanılarak üretilen kek ile karşılaştırıldığında, tekstürel ve duyusal açıdan kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Keklerden ekstrakte edilen yağlarda 3-MCPD'nin 0.13-1.89 mg/kg arasında, glisidil esterlerinin ise 0.27-4.31 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Şortening ve %3 balmumu oleojeli ile üretilen keklerde glisidil esterlerine rastlanmamıştır. Sonuç olarak bu çalışma ile ticari şorteninge alternatif olarak sağlık ve beslenme açısından olumlu yönleri olan oleojeller üretilmiş ve başarılı bir şekilde kek yapımında kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: 3-MCPD, Aspir yağı, Oleojel, Oleojelatör, SFC.

ABSTRACT

OBTAINING DIFFERENT OLEOGELS BASED ON SAFFLOWER OIL AND INVESTIGATING THE EFFECTS ON THE QUALITY OF CAKES

BADEM, Şebnem
M. Sc. Thesis, Department of Food Engineering
Supervisor: Asist. Prof. Dr. AyhanBAŞTÜRK
July 2020, 87 pages

In this thesis, oleogels were produced using cold pressed safflower oil with beeswax (3, 5, 10), rice bran wax (5, 7, 10), propolis wax (5, 7, 10) and carnauba wax (4, 6, 8). Produced oleogels for being commercial shortening alternatives were used for making cake. Oil binding capacity (YBK), solid fat content (SFC) and crystallization time were measured in oleogels. In cakes produced with oleogels and control group shortening, moisture content, pH determination, texture and sensory analysis were applied. In addition, fatty acid composition, free fatty acidity, peroxide value, conjugated diene-triene and 3-MCPD analyzes were performed in oils extracted from cakes and oleogels. It was determined that solid fat content (SFC) of oleogels increased depending on the concentration of the gelator. The best gain fat capacity (%YBK) was gelator besswax. The fastest gelling has been in rice bran wax and it was detected in 3 minutes in the process of measurement crystallisation. It was detected that there was not any change in the fatty acid composition after safflower oil oleogelation. It was determined that when the ratio of oleogels SFA and UFA were about between 10 % and 88% , in commercial shortening this rates were about 51% and 46%. When we make a comparison between the cakes which were produced with oleogels and shortening we came to the conclusion that it was acceptable respect of the sensory and texture. In the analysis of 3-MCPD and glycidyl ester in oils extracted from cakes, it was found that 3-MCPD was between 0.13-1.89 mg/kg and glycidyl esters were between 0.27-4.31. It was not encountered any glyceride ester ın the cakes which were produced with shortening and 3 % beeswax oleogels. As a result, with this study, oleogels that have positive aspects in terms of health and nutrition were produced as an alternative to commercial shortenings and were used successfully in making cakes.

Keywords: Oleogel, Propolis wax, NMR, Oleogelator, 3-MCPD.

ÖN SÖZ

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an bile yardımlarını, engin bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK'e, GC/MS çalışmalarımda bana birçok yardımı olan kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK'e ve Sayın Arş. Gör. Neşe BADAK'a, kek yapım aşamasında desteğini ve imkanlarını esirgemeyen Doç. Dr. Raciye MERAL ve yüksek lisans öğrencisi M. Mustafa EKİN'e, her soruma sabırla cevap verip, yardım ve tecrübeleriyle bana destek olan Dr. Mehmet Murat CEYLAN'a, analizlerim sırasında birçok aşamada yardımcı olan sevgili arkadaşım Berfin YAVAŞ'a ve hep yanımda olan Kübra SADIKSOY TUNÇAY'a, oleojellerin %SFC analizi için beni üretim laboratuvarlarına kabul edip NMR cihazı kullanımında Besler Gıda ve Kimya Sanayi Tic. Aş.'ye, keklerin duyusal analizi için katılım yapan başta bölüm hocalarımız sonra da arkadaşlarıma beni kırmayıp katılım sağladıkları için sonsuz şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her evresinde sözlerini, nasihatlerini, okumaya ve okutmaya olan sevgisini bana da öğrettiği için rahmetli babam Nimet BADEM'e, her konuda arkamda olup, en yakın arkadaşım ve destekçim olduğu için kıymetli annem Şengül BADEM'e, her zaman yanımda ve her konuda destek olup buralara gelmemde büyük emeği olan sevgili ağabeyim Sabahattin BADEM'e ve yol gösteren, sevgisini desteğini hiç esirgemeyen, aynı zamanda dostum olan sevgili ablam Özlem GENÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Rahmetli babam Nimet BADEM'e ithafen

2020

Şebnem BADEM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖN SÖZ v
İÇİNDEKİLER vii
ÇİZELGELER LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR xiii
1. GİRİŞ 1
1.1. Oleojelasyon 1
1.2. Tez Kapsamında Kullanılan Oleojelatörler 4
1.2.1. Balmumu 4
1.2.2. Propolis mumu 5
1.2.3. Pirinç kepeği mumu 5
1.2.4. Karnauba mumu 6
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ 9
2.1. Aspir Yağı Oleojelleri 9
2.2. Balmumu Oleojelleri 10
2.3. Propolis Mumu Oleojelleri 12
2.4. Pirinç Kepeği Mumu Oleojelleri 13
2.5. Karnauba Mumu Oleojelleri 14
2.6. Oleojellerin Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı 16
3. MATERYAL VE YÖNTEM 19
3.1. Materyal 19
3.2. Yöntem 19
3.2.1. Balmumu ile oleojel hazırlanması 19
3.2.2. Pirinç kepeği mumu ile oleojel hazırlanması 19
3.2.3. Propolis mum üretimi ve propolis mumu ile oleojel hazırlanması 20
3.2.4. Karnauba mumu ile oleojel hazırlanması 21
3.2.5. Oleojel ve kek kodlamaları 22
3.3. Oleojeller ve Şortening ile Kek Yapımı 22

Sayfa

3.4. Yapılan Analizler 24
3.4.1. Hamurun özgül ağırlığı 24
3.4.2. Kekin hacim ve simetri indeksi 25
3.4.3. Kekin özgül hacmi 25
3.4.4. Renk analizi 25
3.4.5. Nem miktarı 26
3.4.6. pH tayini 26
3.4.7. Tekstürel özelliklerin belirlenmesi 26
3.4.8. Kristalizasyon zamanı ölçümü 27
3.4.9. Yağ bağlama kapasitesi (%YBK) ölçümü 28
3.4.10. Serbest yağ asitliği tayini 28
3.4.11. Peroksit sayısı tayini 29
3.4.12. Konjuge- dien ve konjuge- trien analizi 30
3.4.13. Yağ asidi kompozisyonu tayini (FAME) 31
3.4.14. 3-MCPD (3-Mono kloropropan 1,2 diol) ve glisidil esteri analizi 32
3.4.15. NMR ile katı yağ içeriği (% SFC) ölçümü 37
3.4.16. Duyusal analiz 37
3.4.17. İstatistiksel analiz 38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 39
4.1. Keklerde Belirlenen Bazı Fiziksel Özellikler 39
4.2. Oleojellere Ait Hunter Renk Değerleri 45
4.3. Keklerin Tekstürel Özellikleri 47
4.4. Keklerde Renk Analizi 50
4.5. Oleojellerde %Yağ Bağlama Kapasitesi, Katı Yağ İçerikleri (SFC), Kristalisyon Süresi 53
4.6. Oleojellerde Belirlenen Bozulma Parametreleri 57
4.7. Oleojellerin Kek Öncesi ve Sonrası Yağ Asidi Profili 63
4.8. 3-MCPD ve Glisidil Esterleri 69
4.9. Duyusal Analiz 71
5. SONUÇ 76
KAYNAKLAR 79
ÖZ GEÇMİŞ 85

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Oleojel ve kek kodlamaları 22

Çizelge 3.2. Kek formülasyonu..... 23

Çizelge 3.3. Peroksit değeri tayini için tartım yapılacak örnek miktarı..... 29

Çizelge 4.1. Oleojellerden yapılan keklerde belirlenen bazı fiziksel özellikler..... 45

Çizelge 4.2. Oleojellere ait renk değerleri 47

Çizelge 4.3. Oleojellerden yapılan keklerin tekstürel özellikleri..... 50

Çizelge 4.4. Keklerde belirlenen renk değerleri..... 53

Çizelge 4.5. Oleojellere ait %YBK, SFC, kristalizasyon süresi ölçüm parametreleri 57

Çizelge 4.6. Oleojellerde kek yapımı öncesi ve sonrasında belirlenen bazı bozulma parametreleri 62

Çizelge 4.7. Kek yapımı öncesi ve sonrası yağ asidi bileşimleri..... 66

Çizelge 4.8. Keklerden ekstrakte edilen yağlarda (oleojel ve şortening) belirlenen 3-MCPD ve glisil esterleri 71

Çizelge 4.9. Oleojellerden yapılmış keklerin duyusal analiz sonuçları 75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Aspir bitkisi, tohumu ve yağı. 3

Şekil 1.2. Balmumu. 4

Şekil 1.3. Propolis ve propolis mumu. 5

Şekil 1.4. Pirinç kepeği mumu. 6

Şekil 1.5. Karnauba mumu. 7

Şekil 3.1. Pirinç kepeği mumu ile oleojel yapımı. 20

Şekil 3.2. Propolis mumu ile oleojel hazırlanması. 21

Şekil 3.3. Karnauba mumu ile oleojel hazırlanması aşamaları. 21

Şekil 3.4. Üretilen keklerin bir kısmı. 24

Şekil 3.5. Ölçme şablonu (Yıldız, 2010). 25

Şekil 3.6. Nem miktarı analiz cihazı. 26

Şekil 3.7. Tekstür analiz cihazı. 27

Şekil 3.8. Eritilen ve ölçüm için gözlenmeye bırakılan jeller. 27

Şekil 3.9. Yağ örneklerinin metil esterleri ve kullanılan GC/ MS cihazı. 32

Şekil 3.10. 3-MCPD esterlerine karşı glisidil esteri kalibrasyon grafiği. 35

Şekil 3.11. 3-MCPD ve glisidil esterleri miktarının belirlenmesinde işlem basamakları (Ceylan, 2020). 36

Şekil 3.12. 3-MCPD ve iç standartkromatogramı ve spektrumu. 36

Şekil 3.13. NMR ile katı yağ içeriği analiz aşamaları. 37

Şekil 3.14. Çalışmada yapılan duyusal analiz öncesi. 38

Şekil 4.1. Keklerin pH değerleri. 39

Şekil 4.2. Keklerin % nem miktarı grafiği. 40

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.3. Keklerin özgül hacimleri. 41

Şekil 4.4. Kek hamurlarının özgül ağırlığı. 42

Şekil 4.5. Keklerin hacim indeksleri. 43

Şekil 4.6. Keklerin simetri indeksleri. 44

Şekil 4.7. Üretilen keklerin hacim ve simetri indeks ölçümleri öncesi. 44

Şekil 4.8. Oleojel örneklerinin renk analiz grafiği. 46

Şekil 4.9. Keklere ait tekstürel analiz grafikleri. 49

Şekil 4.10. Keklerin iç ve dış renk analiz grafikleri. 52

Şekil 4.11. Oleojellerin % yağ bağlama kapasitesi grafiği. 54

Şekil 4.12. Santrifüj sonrası tartım için bekletilen oleojeller. 54

Şekil 4.13. Oleojellerin kristalizasyon süresi grafiği. 55

Şekil 4.14. Oleojellerin % katı yağ içeriği analiz grafiği. 56

Şekil 4.15. Oleojel ve keklerden ekstrakte edilen yağlara ait PS grafiği. 58

Şekil 4.16. Oleojeller ve kek yağlarına ait konjuge dien-trien analiz grafiği. 60

Şekil 4.17. Oleojellerin ve keklerden ekstrakte edilen yağların SYA grafiği. 61

Şekil 4.18. Balmumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği. 72

Şekil 4.19. Karnauba mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği. 73

Şekil 4.20. Pirinç kepeği mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği. 73

Şekil 4.21. Propolis mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği. 74

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
˚C	Santigrat derece
meq	Miliekivelan
ppm	Milyonda bir
ml	mililitre
g	Gram
mg	Miligram
dk	Dakika
HCI	Hidroklorik Asit

Kısaltmalar	Açıklama
3-MCPD	3-monokloropropan- 1,2 diol
3-MCPD-d5	3-Kloro-1,2-diol-propan-1,1,2,3,3-d5-diol
2-MCPD	2- monokloropropan- 1,3 diol
3-MBPD	3-bromo-1,2-propandiol
1,3-DCP	1,3-dikloropropan-2-ol
2,3-DCP	2,3- dikloropropan-1-ol
PS	Peroksit Sayısı
K232	Konjuge Dien
K270	Konjuge Trien
SYA	Serbest Yağ Asitliği
SFC	Katı Yağ İçeriği
YBK	Yağ Bağlama Kapasitesi

1. GİRİŞ

Yağ, kolesterol ve karbonhidratlar; toplam kolesterol, lipoprotein ve bunların alt fraksiyon seviyelerini belirleyen önemli üç diyet bileşenidir. Doymuş yağlar, koroner kalp hastalığı riskini arttırdığı gösterilen majör lipoprotein arttırıcı yağlardır. Doymuş yağ asitlerinin (SFA) aksine, diyetle çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA), karaciğer ve serumda abdominal yağ dokusu ve lipit birikimini azaltabildiği ayrıca hem lipit hem de glikoz metabolizmasında birçok enzimin düzenlenmesiyle hipertansiyon ve tip 2 diyabeti hafifletebildiği kabul edilmiştir (Langella, 2012). Fırıncılık ürünlerinde istenen yapısal özelliklerin sağlanabilmesi için katı formdaki yağlar tercih edilmektedir. Genel olarak bitkisel yağlarda istenen tekstürü sağlamak için hidrojenasyon tekniği başvurulan yöntemlerden birisidir. Bununla birlikte, hidrojenasyon işlemi sırasında üretilen trans ve doymuş yağlar, kardiyovasküler hastalıklar, oksidatif stres, endotel disfonksiyonu, obezite, artmış insülin direnci, diyabet ve kanser gibi birçok sağlık problemine neden olduğu bildirilmiştir (Micha ve Mozaffarian, 2009). Son yıllarda bu sorunların azaltılması ve önlenmesi amacıyla yeni teknikler kullanılmaktadır. Hidrojenizasyonun yanı sıra interesterifikasyon ve fraksiyonlama hali hazırda yararlanılan tekniklerdendir. Fakat yapılan araştırmalar bu yöntemlerle elde edilen yağların doymuş yağ içeriği yüksek ve belirli miktarda trans yağ asidi içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle yağları yapılandırmak amacıyla alternatif yöntemler kullanılmaya başlamıştır ve oleojelasyon da bunlardan birisidir (Öğütçü, 2014).

1.1. Oleojelasyon

Organojelasyon, trans veya doymuş yağ asitleri kullanılmadan bitkisel yağlara yapı ve doku sağlamak için umut verici bir alternatiftir (Toro-Vazquez ve ark., 2013). Organojelleri temel araştırmalar için ilginç bir konu haline getiren birçok özelliği vardır. Bu özelliklerden biri, çoğu organojelin nispeten düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerden oluşmasıdır. Organojellerin bir başka ilginç yanı ise faz davranışlarıdır. Organojellerde sıvı fazın yağ olması durumunda oleojel adını alırlar. Oleojel oluşumu, jelleşmiş çözücünün tipine büyük ölçüde bağlıdır. Oleojellerde sıvı fazı jelleştirme yeteneğinde olan bileşiklere oleojelatör denir.

Bir oleojelatörün sıvı fazı jelleştirme yeteneğinin, oleojelatörün sıvı faz içindeki çözünürlüğü ile çözülmezliği arasında bir denge olduğu bilinmektedir. Eğer bir jelatör çözücü içinde çok fazla çözünürse, o zaman jel yerine bir çözelti oluşur. Eğer jelatör çok çözünmez ise, çözücü ile etkileşime girmez ve jel yerine bir çökelti oluşturur (Co ve Marangoni, 2012).

Çok etkili oleo-jelatörler, apolar sıvılarda, ağırlıkça %0.5 kadar düşük konsantrasyonlarda jel oluştururlar. Oleojelatörlerin düşük konsantrasyonlarda bile sıvı yağları jelleştirebilme yeteneği gıda endüstrisinde kullanımlarını arttırmıştır. Oleojeller, gıda uygulamalarında yeni olmasına rağmen, kozmetik ve farmasötik endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh ve ark., 2017). Oleojellerin gıda endüstrisinde kullanıldığı alanlar; şorteningler, kahvaltılık sürülebilir ürünler, margarinler, hayvansal yağ alternatifleri, dondurma, kakao yağ alternatifi olarak bilinmektedir.

Oleojel; tüketilebilir bir bitkisel yağ içerisinde, düşük moleküler ağırlıklı ve sınırlı çözünebilirliğe sahip oleojelatörün asimetrik kristalizasyon ya da kendiliğinden kümeleşme ile oluşturduğu sürekli, termo dönüşümlü ve üç boyutlu ağ yapısına sahip jel formudur (Mert ve Demirkesen, 2016a). Oleojelasyon tekniğinde sıvı fazı ya bir organik çözgen ya da ham/bitkisel yağ, jel ajanını (oleojelatör) da düşük molekül ağırlıklı organik jelatörler ya da polimerik jelatörler oluşturur. Sıvı fazın jel ağı içerisinde hareketsiz hale gelmesi, polimerik jelatörlerin fiziksel ve kimyasal etkileşimler sonucu çapraz ya da karışık bağlar kurması, düşük molekül ağırlıklı organik jelatörlerin de fiziksel etkileşimler sonucu iri kümeler oluşturması ile sağlanır. Sonrasında jel yapı, hidrojen bağları, Van der Waals kuvvetleri ve π-π etkileşimi gibi zayıf zincirler arası etkileşimler ile kuvvetlenir (Yenioğlu Demiralp ve ark., 2017).

Oleojel hazırlama işlemi, oleojelatöre ve bitkisel yağa göre değişmekle birlikte, genel olarak yüksek sıcaklıkta ve kesikli sistemde, oleojelatörün ve bitkisel yağın karıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklıklara çıkan bitkisel yağ içerisinde oleojelatörün erimesi sağlanırken, bu aşamada doymamış yağ asitlerinin oksidasyona karşı duyarlılıklarının da göz önünde bulundurulması önemlidir (Jimenez-Colmenero ve ark., 2015). Isıl işlem sırasında karıştırma işlemi gerçekleştirilerek mekanik etki de sağlanır. Solüsyonun belirli sıcaklık derecesine ulaştıktan sonra kısa süreli tutulması ve ardından 20 °C'ye kadar soğutulup, jelin içeriğine göre 4-5 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilmesi gerekir. Böylece bitkisel yağ, oleojelatörler aracılığı ile oluşturulan bağlar

arasında tutularak jel haline dönüşür (Barbut ve ark., 2016). Oluşan jelin ağ yeteneğinin korunmasını; karıştırma düzeyi, soğutma hızı, kristalleşme derecesi, dallanma oranı, porların büyüklüğü, ağın katılığı, bitkisel yağ ile ağ arasındaki ara yüzey alanının değişimi ve depolama koşulları belirler (Rogers ve ark., 2009).

Sıvı yağlara üç boyutlu jel yapısı kazandırmak amacıyla triaçilgliserol, diaçilgliserol, monoaçilgliserol, yağ asitleri, yağ alkolleri, lesitin, sorbitan tristearat, fitosteroller, mumlar, seramidler ve γ-oryzanol gibi farklı tipte organojelatörler gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Demirkesen, 2017; Öğütçü, 2014).

Oleojel tekniğinde sıvı fazı; kanola yağı, ayçiçek yağı, zeytinyağı, fındık yağı, soya yağı, hindistan cevizi yağı ve aspir yağı gibi tüketilebilir bitkisel yağların oluşturduğu bilinmektedir. Bunlardan aspir yağı gıda endüstrisinde kızartma yağı olarak kullanılmasının yanı sıra, salata sosları ve margarin üretiminde de kullanılmaktadır (Soylu ve ark., 2018). Tatsız ve renksiz olması yönünden ayçiçek yağına benzemektedir. Aspir, papatyagiller (Asteraceae) familyasından dikenli bir bitkidir. Tohum yağı içeriği %35 ila %50 arasındadır. Aspir yağı tatsız ve renksizdir ayrıca bileşimi ayçiçek yağına benzemektedir. Son yıllarda, mükemmel bir sağlık ürünü olarak aspir yağı tüketimine ve geliştirilmesine büyük önem verilmiştir. Hiperlipidemi, arterioskleroz ve koroner kalp hastalıklarının önlenmesinde kullanılmaktadır. Aspir yağı, margarin için hidrojenasyona, soya veya kanoladan daha uygundur. Ayrıca, aspir yağını insan tüketimi için besleyici ve terapötik olarak değerli olmasını sağlayan çoklu doymamış esansiyel yağ asidi olan linoleik asit bakımından zengin olmasıdır (Ny ve Rah, 2015).



Şekil 1.1. Aspir bitkisi, tohumu ve yağı.

Fırıncılık ürünlerinin önemli bir bileşeni olan şortening ikamesi olarak oleojellerin kullanılabilirliği hali hazırda araştırılmaktadır. Şortening hamur işleri, kekler ve kurabiyeler gibi fırıncılık ürünleri yapmak için geleneksel olarak kullanılan bir yağdır. Karıştırma sırasında gluten ve nişasta granüllerinin birbirine yapışmasını önler. Böylece şortening gluten parçacıklarının yağlanmasını sağlar ve ürünler piştikten sonra yumuşak ve düzgün bir şekle dönüşür (Mert ve Demirkesen, 2016a). Fakat yüksek düzeyde doymuş yağ asitleri ve olası trans yağ asitlerinin mevcudiyeti nedeniyle şorteningin kullanımını azaltma yoluna gidilmektedir. Fırıncılık ürünlerinde şortening yerine bitkisel yağ kaynaklı ürünlerin de kullanılabileceği görülmüştür (Jang ve ark., 2015). Nihai ürünlerin işlevselliği ve dokusu gibi jelleşmiş yağların yağ asidi profili korunur. Yenilebilir oleojeller, besin profillerini geliştirmeye ve gıda ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmeye yardımcı olmak için etkili bir şekilde kullanılabilmektedir (Stortz ve ark., 2012).

1.2. Tez Kapsamında Kullanılan Oleojelatörler

1.2.1. Balmumu

Balmumu, 49.9 °C erime sıcaklığı ve esas olarak hidrokarbonlar, mum esterleri, yağ asitleri ve yağ alkollerinden oluşan en az %1 konsantrasyonda bile jel oluşturabilme özelliğine sahip çok bileşenli bir mumdur (Alizadeh ve ark., 2020). Bal arıları tarafından üretilir ve E901 ile tanımlanan bir gıda katkı maddesidir. Gıda endüstrisinde sakız, şekerleme, çikolata kaplamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Öğütçü, 2014).



Şekil 1.2. Balmumu.

1.2.2. Propolis mumu

Propolis, arılar tarafından bitki, tomurcuk ve eksüda parçalarından toplanan doğal bir reçinedir ve antimikrobiyal, anti-inflamatuar ve anti kanser özelliklerine sahiptir (Fayaz ve ark., 2017a; Marcucci, 1995). Coğrafi kökenlerine göre farklı propolis örneklerinde 300'den fazla bileşen tanımlanmıştır. Bunlar esas olarak reçine (%50), balmumu (%30), uçucu yağlar (%1-2), polen (%5) ve biyolojik aktivitelerden sorumlu diğer organik bileşiklerdir (%5). Propolis mumunun %2 (w/w) gibi düşük konsantrasyonlarda bile jelatör özelliği gösterdiği görülmüştür (Fayaz ve ark., 2017a). Şekil 1.2'de propolis ve propolisten elde edilen mum resmi verilmiştir.



Şekil 1.3. Propolis ve propolis mumu.

1.2.3. Pirinç kepeği mumu

Pirinç (*Oryza sativa*) kepeği mumu, pirincin öğütme işleminden sonra bir yan ürün olan pirinç kepeğinden elde edilen doğal bir bitki mumudur. Pirincin ana besin olduğu Doğu Asya'da önemli bir mum kaynağıdır (Dassanayake ve ark., 2009). Pirinç kepeği mumu, biyoaktif bileşikler olan polikosanolden oluşur. Polikosanol, 20-36 atomluk karbon uzunluğuna sahip, uzun zincir alkol grubudur. Polikosanol, kendi

kendine bir araya gelebilir ve organojellerin üç boyutlu yapısını oluşturabilir. Birçok çalışma, uzun zincirli yağ alkollerinin veya polikosanolün organojelatör olarak potansiyel uygulamasını göstermiştir (Pandolsook ve Kupongsak, 2020). Şekil 1.4'te ambalajlı pirinç kepeği mumu görülmektedir.



Şekil 1.4. Pirinç kepeği mumu.

1.2.4. Karnauba mumu

Karnauba mumu, Brezilya palmiyesi *Copernicia prunifera*'nın yapraklarından elde edilen bir bitki mumudur (Co ve Marangoni, 2012). Karnauba mumu toplanan palmiye yapraklarının kurutulması ve sıcak su ile mumun ekstraksiyonu sonucu elde edilip, solvent ekstraksiyonu veya santrifüjleme ile saflaştırılmaktadır (Öğütçü, 2014). Uygulama alanları arasında otomobil ve sörf tahtası mumu, ayakkabı cilası, şekerleme kaplamaları ve mobilya cilaları bulunmaktadır (Co ve Marangoni, 2012). Karnauba mumunu gösterir resim Şekil 1.5'te verilmiştir.



Şekil 1.5. Karnauba mumu.

Bu tez çalışması ile;

1- Balmumu, propolis mumu, pirinç kepeği mumu ve karnauba mumu gibi farklı oleojelatörler farklı konsantrasyonlarda kullanılarak aspir yağı esaslı oleojeller elde edilmiştir.
2- Elde edilen oleojellerin kristalizasyon zamanı, yağ bağlama kapasitesi (% YBK), renk, serbest asitlik, yağ asidi bileşimleri, katı yağ içeriği (SFC), konjuge dien (K232)-trien (K270) ve peroksit sayısı (PS) gibi özellikleri belirlenmiştir.
3- Elde edilen oleojeller ve kontrol grubu olan şortening ile kek üretilmiştir.
4- Üretilen keklerde tekstürel özellikler ve duyusal analizler yapılarak, söz konusu oleojellerin keklerin kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.
5- Ayrıca keklerden yağ ekstrakte edilerek, bu yağlarda oksidasyon ürünleri düzeyleri ve 3-MCPD oluşumu araştırılmıştır.
6- Fırıncılık ürünlerinde kullanılan şortening tipi yağların yüksek doymuş yağ asidi oranı ve trans yağ içeriği açısından sağlık sorunları ortaya çıkardığından oluşturulan oleojellerle bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.
7- Pirinç üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan pirinç kepeğinden mum elde edilerek bu ürünün de değerlendirilmesi sağlanmış olacaktır.
8- Beslenme açısından daha sağlıklı kek elde etmek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Aspir Yağı Oleojelleri

Morales-Rueda ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, kandelilla mumunda bulunan karmaşık bir n-alkan karışımı ile geliştirilen organojellerin termo-mekanik özellikleri araştırılmış ve saf bir n-alkan olan dotriacontane (C32) ile geliştirilen organojeller ile karşılaştırılmıştır. Organojellerin sıvı fazını aspir yağı oluşturmuştur. Jelatör konsantrasyonu %1 ve 3, soğutma oranları 1 ve 10 °C/dk ve jel sertleşme sıcaklığı 5 ve 25 °C olarak ayarlanmıştır. C32, kandelilla mumu ile yapılan organojel ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir çözünürlük ve daha hızlı kendi kendine bir araya gelme kabiliyeti gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte, aynı jelator konsantrasyonu ve zaman-sıcaklık koşulları için, C32 organojellerinin kandelilla mumu organojellerinden daha düşük G 'profilleri (elastikiyet) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre aspir yağı esaslı kandelilla mumu ile organojelasyonda trans yağ kullanılmadan jelleşmenin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Toro-Vazquez ve ark. (2007) çalışmalarında, aspir yağı ile kandelilla mumlu (CW) organojel oluşumunu araştırmışlardır. Analiz sonuçları, 1 ve 10 °C/dk soğutma hızları ve jel sertleşme sıcaklığından bağımsız olarak, CW organojellerinin ısıyla geri kazanılabilir bir davranış sergilediğini göstermiştir. Bu çalışmada iki ısıtma-soğutma çevriminden sonra organojel oluşumunu (jelasyon sıcaklığı, Tg; jelasyon ısısı, ΔH_g, erime sıcaklığı, Tp; erime ısısı, ΔH_M) karakterize eden termal parametreler değerlendirilmiştir. 25 °C'de farklı konsantrasyonlardaki (%0.5, %1.0 ve %3) CW organojellerin yapısal mekanizması ve ΔH_M ve Tp' nin büyüklüğünün, jelasyon için soğutma hızı, termodinamik kuvvet ve sertleştirme işlemine bağlı olduğu bildirilmiştir. 25°C'lik Tset (ayarlanan sıcaklık)'ta, organojeli oluşturan mikro tabakalar, depolama süresinin bir fonksiyonu olarak bir araya toplanmıştır, bu da organojel sertliğinde bir artışla sonuçlanmıştır. Buna karşılık, 5 °C'lik Tset'te sertleşme sınırlı bir ölçüde meydana gelmiş ancak jeller 25 °C'deki jellerden daha yüksek katı yağ içeriğine ve daha küçük boyutlu mikro tabakalara sahip olduğu belirlenmiş ve üç boyutlu ağ yapısı olarak 25°C'deki oleojellerden daha fazla sertliğe sahip oldukları görülmüştür. %3 CW

organojelleri, oda sıcaklığında 3 ay depolama sonunda faz ayrımı göstermemiş ve potansiyel olarak gıda endüstrisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Toro-Vazquez ve ark. (2010) yaptıkları bir araştırmada, (R)-12-hidroksioktadekanamid, (R)-N-propil-12-hidroksioktadekanamid ve (R) -N-oktadesil-12-hidroksioktadekanamid arasındaki termo-mekanik ilişki, sıvı faz olarak oleik asit (HOSFO) bakımından yüksek aspir yağı kullanılarak geliştirilen %2 (wt/wt) organojellerin özellikleri ve karşılaştırma amaçlı kandelilla mumu (CW) incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, amid grupları arasındaki ve amidlerde bulunan hidroksil grupları arasındaki çekici etkileşimlerin (yani hidrojen bağı ve dipolar etkileşimler), CW organojelinde bulunanlardan daha yüksek erime sıcaklığı, erime ısısı ve kristalizasyon parametreleri olan organojeller ile sonuçlandığını göstermektedir. Bu araştırmada bildirilen sonuçlar, jelator yapısı ile düşük moleküler kütleli organik jelator amidlerin termo-mekanik özellikleri arasında bazı ilişkiler olduğunu göstermiştir.

2.2. Balmumu Oleojelleri

Öğütçü (2014) tarafından yapılan tez çalışmasında, balık yağı (BY), fındık yağı (FY), nar çekirdek yağı (NY) ve natürel zeytinyağı (ZY) ile %3, 7 ve 10 katım oranlarında Monogliserid (MG), Ayçiçek mumu (AM), Carnauba mumu (CM) ve Balmumu (BM) kullanılarak yemeklik yağ oleojelleri üretilmiştir. Zeytinyağı ve fındık yağı ile %5 oranında AM ve BM kullanılarak biyo-aktif bileşenlerce zenginleştirilmiş (β-karoten, vitamin A ve D) ve aromatize edilmiş (çilek, muz ve tereyağ) oleojeller ile emülsiyon oleojelleri de geliştirilmiştir. Üretilen oleojellerin 90 gün boyunca 4 ve 20 °C depolamadaki stabiliteleri izlenmiştir. Ayrıca, üretilen oleojellerin duyusal değerlendirilmesi, tüketici testleri ve kurabiye üretimindeki kullanımları da araştırılmıştır. Üretilen oleojellerin % SFC, erime ve kristalizasyon sıcaklığı, sertlik ve yapışkanlık değerleri ve duyusal analizlerine bakılarak kahvaltılık sürülebilir yağ benzeri ve fırıncılık şorteningi olarak başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir.

Dursun (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında, kanola yağı örneklerine %3, 6, 9 konsantrasyonlarında balmumu oleojelatörü ilave edilerek katı fazda yapılandırılmış yemeklik yağlar üretilmiştir. Üretilen oleojeller, oda sıcaklığı (25 °C) ve buzdolabı koşullarında (4 °C) 90 gün boyunca depolama yapılarak ticari referans yağ ile

kıyaslanmıştır. Balmumunun ticari referans yağa göre %99'dan daha fazla % YBK'ne sahip olduğu saptanmıştır. Balmumu konsantrasyonu arttıkça kristalleşme süresinin kısaldığı belirlenmiştir. Oleojellerde konsantrasyon arttıkça % SFC'de ve renklerdeki parlaklık değerlerinin (L) arttığı da belirlenmiştir. Depolama ile peroksit ve malonaldehit değerlerinin arttığı görülmüştür. Tekstürel analiz sonucunda, oleojellerin ticari referans yağa göre daha sürülebilir olduğu saptanmıştır. Yağ sanayi için başka yöntemlere kıyasla daha düşük maliyetli, dayanıklı ve tamamen sıvı yağ bazlı, trans yağ içermeyen katı yağa alternatif olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kara (2019) yaptığı tez çalışmasında, doymamış yağ asitleri açısından zengin olan ayçiçek yağından, karnauba, balmumu vaksı ve bunların karışımlarını içeren oleojellerin, erime profili ve moleküler yapısını incelemiştir. Vaks konsantrasyonları %3, 5, 7 ve 10 olarak belirlenip, oleojeller oluşturulmuştur. Oleojellerin DSC ile erime profili, FT-IR spektroskopisi ile moleküler yapısı incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda %3, 5, 7 ve 10 konsantrasyonlardaki balmumu oleojellerinin erime noktaları 49.78, 57.18, 59.55, 62.26 °C ve karnauba mumu oleojellerinin ise 81.16, 83.83, 85.20 ve 86.37 °C olarak saptanmıştır. Böylece karnauba mumunun yüksek erime noktasından dolayı balmumu ile karıştırılarak daha düşük erime noktasına sahip oleojeller oluşturulmuştur. Oleojellerin moleküller arası etkileşimlerini incelemek amacıyla bakılan FT-IR spektrometresinde küçük farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların da esas olarak van der Waals etkileşimlerinden kaynaklandığı saptanmıştır. Sonuç olarak ilave edilen oleojelatörlerin çeşidine ve konsantrasyonuna bağlı olarak erime noktası ve moleküler yapıda değişikler olabileceği belirlenmiştir.

Alizadeh ve ark. (2020) yaptıkları bir araştırmada, hidroksipropil metilselüloz (HPMC) (0-2 g/100 g), sodyumcaseinat (CN) (0-4 g/100 g), balmumu (0-5 g/100 g) kullanılarak emülsiyon oleojelleri oluşturulup, yağ tutma kapasitesi, reolojik ve tekstürel özellikler response surface metodu (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir. Balmumu ilavesiyle numunelerin % YBK'nde ve yapı geri kazanımında önemli bir iyileşme olmuştur. Yapılan analiz sonuçlarına göre ticari şorteninge yakın özelliklere sahip trans yağ içermeyen ve düşük doymuş yağ asidi miktarı olan oleojellerin üretiminin mümkün olduğu belirlenmiştir.

2.3. Propolis Mumu Oleojelleri

Fayaz ve ark. (2017a) tarafından yapılan çalışmada, yeni bir organojelatör olan propolis mumu (PW) potansiyel uygulaması, farklı yağlarda (kanola, susam, ayçiçeği ve keten tohumu yağı) incelenmiştir. PW'nin organojel oluşumu için nispeten verimli bir yapılandırma maddesi olduğunu öne sürmüşlerdir. FTIR ve DSC analizleri yapılmıştır. PW organojellerin dokusal özellikleri 30 günlük depolama süresince kararlı olduğu belirtilmiştir. Keten tohumu yağı organojelinin en yüksek sıkılığa ve yapışkanlığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, yağ viskozitesinin PW jel davranışı üzerindeki etkisini göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmada (Fayaz ve ark., 2017b) çikolata çekirdeğindeki yağ fazının kısmi bir ikamesi olarak nar çekirdeği yağı oleojelinin etkinliğini araştırmışlardır. Monogliserit (MG), balmumu (BW) ve propolis mumu (PW), %5 konsantrasyonlarda nar çekirdeği yağına jel ajanları olarak eklenmiştir. Elde edilen oleojeller 1:1 oranında palm yağı ile birleştirilmiştir. Oleojeller ve sürülebilir çikolatanın fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek için polarize ışık mikroskobu, senkrotron XRD, mekanik analizler ve % YBK gibi farklı teknikler kullanılmıştır. Sonuçlara göre, MG, BW ve PW kimyasal doğasının palm yağı oleojel sistemlerinde farklı kristal ağ oluşumuna yol açtığını göstermiştir. Depolama sırasında MG, PW ve BW numunelerde yapısal sertlikte kademeli bir azalma ve artış gösterdiği belirtilmiştir. Bu bulgular, nar çekirdeği yağının şekerlemeler için sektöre faydalı bilgiler sağlayabileceğini göstermiştir.

Sharifi ve ark. (2019) tarafından yapılan araştırmada, propolis mumu içeren zeytinyağı organojelinin fiziko-kimyasal özellikleri üzerine yüksek yoğunluklu ultrasonun (HIU) etkisi araştırılmıştır. Deney, farklı ultrasonik güç seviyelerinde, ultrasonik zamanlarda ve soğutma sıcaklıklarında yanıt yüzey yöntemi (RSM) ile gerçekleştirilmiştir. Maksimum sıkılık ve minimum yağ göçüne ilişkin olarak, en uygun HIU koşulu olarak 300 W ultrasonik güç, 5 °C soğutma sıcaklığı ve 120 s ultrasonik zaman verilmiştir. Optimize edilmiş HIU-organogel, kontrol ile karşılaştırılarak karakterize edilmiştir. Sonuçlar, küçük kristaller oluşturarak HIU' nun çekirdeklenmeyi başlattığını, yüksek % YBK'ne sahip güçlü bir ağ oluşturduğunu göstermiştir. DSC ve XRD analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte, HIU modifiyeli organojel için hafif bir

peroksit değeri artışı gözlenmiştir. Bu bulgular HIU' nun margarin ve şortening gibi gıda uygulamaları için uygun organojel üretmek için olası bir ikame aracı olabileceğini göstermiştir.

2.4. Pirinç Kepeği Mumu Oleojelleri

Dassanayake ve ark. (2009) pirinç kepeği mumunun (RBX) ve yağ-balmumu karışımlarındaki termal davranışını, kristal yapısını ve kristal morfolojisini incelemek ve karşılaştırmak için diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC), optik mikroskopi ve X-ışını kırınımı (XRD) kullanmışlar ve daha sonra onları karnauba mumu (CRX) ve candellila mumu (CLX) ile de karşılaştırmışlardır. RBX kristallerinin sıvı yağlar içindeki dağılımının CRX ve CLX kristallerinden çok daha fazla olduğu görülmüştür. Ağırlıkça %1:99 konsantrasyon oranında RBX ve zeytinyağı karışımı, 20 °C'de bir organojel oluştururken, CRX'in zeytinyağı içinde bir organojel oluşturması için gereken en düşük konsantrasyon ağırlıkça %4 ve CLX ağırlıkça %2 olmuştur. DSC ve viskozite ölçümleri sonucunda da RBX kristalleşmesinden hemen sonra jel yapısının oluştuğu fakat CRX ve CLX de kristalleşme ve jel oluşumu arasında bir gecikmenin olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, sıvı yağ fazında uzun iğne benzeri kristallerin ince dağılımı nedeniyle RBX'in iyi organojel oluşturucu özellikleri gösterdiği belirtilmiştir.

Co ve Marangoni (2012) tarafından yapılan bir derlemede, doymuş yağ alımı ve trans yağları diyetlerimizden azaltma gerekliliğinden dolayı sıvı yağların yapılandırılması konusunda birçok araştırma olduğunu belirtmişlerdir. Bu derlemede, oleojel araştırmada alanın durumu hakkında kapsamlı bir genel bakış ve geleceğe yönelik bakış açıları sağlamak için bu bileşenlerin her biri üzerindeki araştırmalar özetlenmiştir.

Doan ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, doğal mumların yağ yapılandırma özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamayı amaçlamışlardır. Bir dizi doğal mum, reoloji, diferansiyel tarama kalorimetrisi ve polarize ışık mikroskopisi gibi tekniklerin bir kombinasyonu kullanılarak yağ jelleştirme özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Reolojik ölçümlere dayanarak, pirinç kepeği mumu, karnauba Brezilya mumu ve meyve mumu pirinç kepeği yağında %5 w/w konsantrasyonlarda hazırlanan, mumların zayıf jelleşme davranışı gösterdiğini saptamışlardır. Bunların

aksine, karnauba mumu, dut mumu, kandelilla mumu, balmumu ve ayçiçeği mumu ağırlıkça <%2 konsantrasyonda güçlü jeller oluşturan etkili oleojelatörlerdir. Jelleşme davranışında gözlemlenen bu farklılıkları jelin kristal morfolojisi, ağ oluşumu ve kristal fazın son miktarı ile açıklamaya çalışmışlardır.

Yapılan bir başka araştırmada, Thai ağartılmış pirinç kepeği mumundan ekstrakte edilen polikasanol (PC) kullanılmıştır. Policosanol organojelleri (PCO'ler) pirinç kepeği yağının ağırlıkça %12, 13.5 ve 15 konsantrasyonlarda ekstrakte edilmiş PC ile karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. %15'lik PC konsantrasyonu kullanılarak hazırlanan PCO'nin, % YBK, doku parametreleri, termal davranış ve %SFC gibi en iyi özellikleri sergilediği belirlenmiştir. PCO'dan %15 PC konsantrasyonunda (PCE) üretilen emülsiyon, emülsiyon stabilitesi göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, PC'nin organojeller için potansiyel organojelatör olduğunu ve bir emülgatör veya stabilizatör eklenmeden üretilen W/O emülsiyonlarında kullanılabileceğini göstermiştir (Pandolsook ve Kupongsak, 2020).

2.5. Karnauba Mumu Oleojelleri

Yılmaz ve Öğütcü (2014) en uygun sürülebilir ürünü belirlemek amacıyla, natürel zeytinyağı esaslı karnauba mumu ve monogliseritli oleojelleri hazırlamışlardır. Bu çalışmada, monogliserit oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin, karnauba mumu oleojellerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek % SFC, %10 monogliserit oleojelde (%9.38) olmasına rağmen, 20 °C'de ticari kahvaltı margarininde %12.15 olarak saptanmıştır. Oleojellerin erime entalpileri 1.25 ila 103.97 $J.g^{-1}$ arasında değişirken, margarin örneği için 94.19 $J.g^{-1}$ olduğu görülmüştür. Sertlik ve yapışkanlık değerleri oleojel örneklerinde genellikle margarin örneğinden daha düşük olarak saptanmıştır. Depolama sırasında iyi yapısal stabilite gösteren doku parametrelerinde önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Bu oleojellerin, sağlıklı yağ tüketim alışkanlıklarını teşvik etmek için, sürülebilir kahvaltılık margarin benzeri ürünlerde kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Öğütcü ve ark. (2015) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, morina karaciğer yağı ile karnauba mumu (CW) ve balmumu (BW) oleojelleri hazırlanıp, ticari bir margarin (CM) ile karşılaştırılmıştır. BW organojellerinin yağ bağlama kapasiteleri

(OBC) %99'un üzerindeyken, CW' nin %91.28'lik maksimum OBC değeri olduğu saptanmıştır. BW'nin kristal oluşum süresi daha kısa olduğu görülmüştür. En yüksek % SFC, %10 CW içeren örnekte (%8.69) olmasına rağmen, 20 °C'de CM örneğinde %28.99 olarak belirlenmiştir. Organojellerin sertlik ve yapışkanlık değerleri CM örneğinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Depolama sırasında doku parametrelerinde iyi bir stabilite olduğunu gösteren önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir. Depolama sırasında organogelasyon ile oksidasyona engel olmadığı saptanmıştır. Bu çalışma sonucunda morina karaciğer yağı esaslı organojellerin uygun sürülebilir ürünler olabileceği belirlenmiştir.

Demirkesen (2017) tarafından yapılan bir çalışmada farklı mumların (ayçiçeği, pirinç kepeği ve karnauba) yağ-yapı oluşturma özelliklerinin anlaşılmasını sağlamayı amaçlamıştır. Ayçiçeği yağı ile mumların oleojel oluşturma özellikleri reoloji, tekstürel ve katı yağ oranı ölçümleri gibi farklı teknikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayçiçeği mumu içeren oleojelleri, takiben pirinç kepeği ve karnauba mumu oleojelleri, en yüksek sertlik değerlerini sergilemişlerdir. Ayrıca, en yüksek iç ve dış yapışkanlık özellikleri karnauba mumu oleojellerinden elde edilirken; en düşük iç ve dış yapışkanlık değerleri ayçiçeği mumu oleojellerinde gözlenmiştir. Arrhenius eşitliğine göre, en yüksek aktivasyon enerjisi (Ea) karnauba mumu oleojellerinden elde edilmiştir. Sonuç olarak oleojel örnekleri arasında, karnauba mumu oleojel örneklerinin katı yağ oranı vücut sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta sabit kaldığı belirtilmiştir.

Yi ve ark. (2017) yılında yapılan bir araştırmada, kanola yağı esaslı karnauba mumu oleojeli (CWO) ve üzüm çekirdeği yağı esaslı balmumu oleojelleri (BWO) hazırlamışlardır. Fiziksel karakterizasyon ve oleojellerin oksidatif stabiliteleri değerlendirilmiştir. Balmumu oranı %5'ten %15'e yükseldikçe kristalleşme ve erime entalpisinin arttığı görülmüştür. Balmumu oleojellerinin % YBK karnauba mumuna göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. CWO'nin % SFC 10 ila 60 °C arasında önemli bir değişiklik göstermezken, BWO'nin % SFC azalmıştır. Genel olarak, CWO'nin oksidatif stabilitesi, kontrol yağlarına kıyasla 60 ve 180 °C ısıl işlemlerde daha iyi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte BWO, kontrol yağlarından daha yüksek oksidatif stabilite sağlamadığı sonucuna varılmıştır.

2.6. Oleojellerin Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı

Yapılan bir çalışmada, ayçiçeği mumu (SW) ve balmumu (BW) kullanılarak elde edilen hindistan cevizi yağı esaslı oleojeller ve ticari şortening (CBS) ile yapılan kurabiyelerin tekstürel, duyusal ve stabilite özellikleri karşılaştırılmıştır. Kurabiyelerin temel kimyasal bileşimi, dokusal özellikleri ve bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Duyusal doku/lezzet profil analizi (T/FPA) ve tüketici hedonik testleri de gerçekleştirilmiştir. Neredeyse tüm kalite özelliklerinde, oleogel kurabiyelerinin CBS kurabiyelerine benzediği bulunmuştur. Tüketici hedonik değerlendirmesi, oleogel kurabiyelerinin CBS kurabiyelerinden daha iyi olduğu ve tüketiciler tarafından da kabul edildiğini göstermiştir. Balmumu oleojellerinin, kurabiyelerde şortening ikamesi olarak başarıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Yılmaz ve Ögutcu, 2015).

Stortz ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, 12-hidroksistearik asit ve etilselüloz gibi organojelatörlerin, bitkisel yağları %8'in altındaki seviyelerde yapılandırdığını saptamışlardır. Elde edilen jeller, bitkisel yağın yağ asidi profilini korurken kurabiyeler, kremler ve sosisler dahil olmak üzere çeşitli gıda ürünlerinde doymuş yağlara başarıyla ikame olan katı yağ benzeri özellikler sağladığı görülmüştür. Bu çalışmada yenilebilir oleojellerin, besin profillerini geliştirmeye, nutrasötikleri iletmeye ve gıda ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmeye yardımcı olmak için etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Patel ve ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada, şellak oleojellerin üç potansiyel yenilebilir uygulamasını (emülisfiyer kullanılmadan) (yapılandırılmış w/o emülsiyon (sürülebilir margarinler), çikolata hamur formülasyonlarındaki yağ bağlayıcılar için bir alternatif ve kek için şortening ikamesi) araştırmışlardır. %60'a kadar su içeren yağda su emülsiyonları, sadece sürekli yağ fazı olarak şellak oleojelleri kullanılarak bir emülsifiyere ihtiyaç duyulmadan hazırlanmıştır. Bu emülsiyonlardaki su damlacıkları, şellağın ara yüzey ve kütle kristalizasyonu yoluyla stabilize edilmiştir. Bir yağ bağlayıcısının tamamen ikamesi ve palm yağının (%27) bir şellak oleojeliyle kısmen değiştirilmesi ile hazırlanan çikolata hamuru, birkaç hafta boyunca yüksek sıcaklıkta (30 °C) saklandığında yağlanma belirtisi göstermemiştir. Ayrıca bir şortening alternatifi olarak oleojel bazlı w/o emülsiyonları (ağırlıkça %20 su) kullanılarak hazırlanan kekler, standart kek ile karşılaştırılabilir işlevsellikler (doku ve duyusal özellikler) göstermiştir.

Jang ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kandelilla mumu içeren kanola yağı oleojelleri hazırlanıp yüksek seviyede doymamış yağ asitleri içeren kurabiye üretmek için şortening ikamesi olarak kullanılmıştır. Kanola yağına kandelilla mumunun (ağırlıkça %3 ve 6) dahil edilmesi, katı benzeri özelliklere sahip oleojelleri üretilebildiğini göstermiştir. Oleojellerin sertliğinin oda sıcaklığındaki şorteningten daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kurabiye formülasyonunda şorteningin oleojellerle ikamesi, kurabiye hamurlarının viskoelastik parametrelerini azalttığı saptanmıştır. Oleogel kurabiyelerindeki doymamış yağ asitlerinin seviyesi, şortening kurabiyelerine (%47.2) kıyasla belirgin şekilde %92'ye kadar artmıştır. Sonuç olarak oleojelli kurabiyeler arzu edilen sürülebilir özellik göstermiştir ve şorteningin oleojellerle ikamesi yumuşak yeme özellikli kurabiyeler üretildiğini göstermiştir.

Zhao ve ark. (2020) tarafında yapılan araştırmada, mısır tohumu yağı esaslı oleojeller, pirinç kepeği mumu (RBX) farklı konsantrasyonlarda (ağırlıkça %3, 5, 7 ve 9) kullanılarak hazırlanmıştır. Renk, sertlik, termal davranış, reolojik özellik ve kristal yapı gibi yapısal özellikleri değerlendirilmiştir. Potansiyel gıda uygulaması için oleojellerin performansı, oleojellerin ticari şorteninglerin yerine kurabiyelerde kullanılarak incelenmiştir. Kurabiyeler karşılaştırıldığında oleojel ile üretilenler ve şortening ile üretilenlerin benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, mısır tohumu yağı ile elde edilen oleojellerin fırıncılık endüstrisindeki ticari şortening işlevselliğini taklit etme potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Oleojel hazırlanmasında kullanılan Tarm marka aspir yağı T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden, karnauba mumu Smart Kimya Ticaret ve Danışmanlık Ltd. Şti.'den, balmumu ve pirinç kepeği mumu Aven Kimya'dan, propolis Antalya Finike'den bir bal üreticisinden temin edilmiştir. 3-MCPD analizinde kullanılacak olan 3-kloro-1,2-propandiol (3-MCPD) ve 3-kloro-1,2-propan-1,1,2,3,3-d5-diol (3MCPD-d5) standartları da Sigma–Aldrich (St. Lousi, MO, ABD) firmasından temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan diğer tüm kimyasalların analitik saflıkta olmasına dikkat edilmiştir.

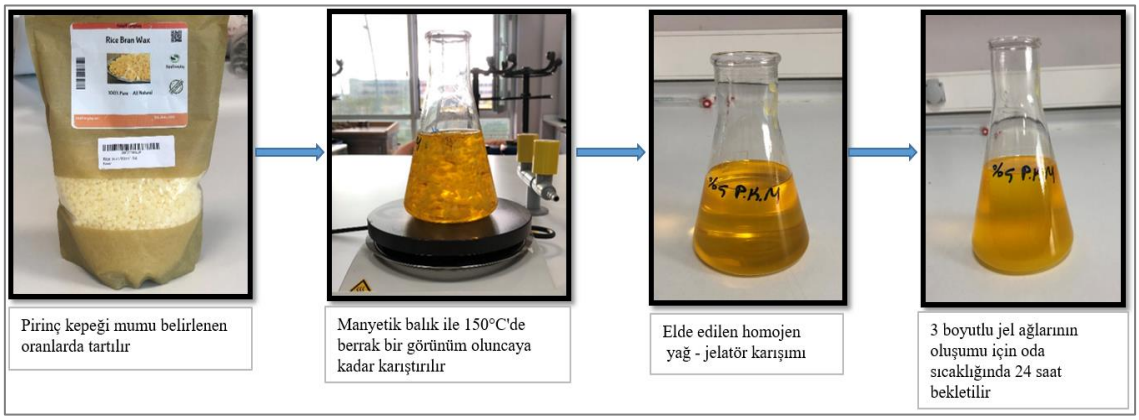
3.2. Yöntem

3.2.1. Balmumu ile oleojel hazırlanması

Jelatör konsantrasyonu belirlenmesinde literatür taraması ve ön denemeler yapılarak en düşük ve en yüksek jel oluşturma oranları dikkate alınmıştır. Bitkisel sıvı yağ olarak kullandığımız natürel aspir yağı 90 °C'ye kadar ısıtılıp, içerisine yine aynı sıcaklıkta su banyosunda eritilmiş balmumu jelatörleri %3, 5, 10 oranlarında katılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. Uygun kaplara doldurulan oleojeller 24 saat boyunca 4 °C buzdolabında bekletilerek jelin tamamen oluşumu sağlanmıştır.

3.2.2. Pirinç kepeği mumu ile oleojel hazırlanması

Oleojelleri oluşturmak için literatür taraması ve ön denemeler sonucu belirlenen konsantrasyonlarda (ağırlıkça %5, 7, 10) pirinç kepeği mumu tartılmıştır. Uygun beherlere tartılan aspir yağına jelatörler eklenerek, 150 °C'de 10-30 dk boyunca manyetik bir karıştırıcı ile berrak homojen karışımlar elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Karışımlar jelasyonun oluşumu için ağızları kapatılarak oda sıcaklığında 24 saat boyunca soğumaya bırakılmıştır (Şekil 3.1).

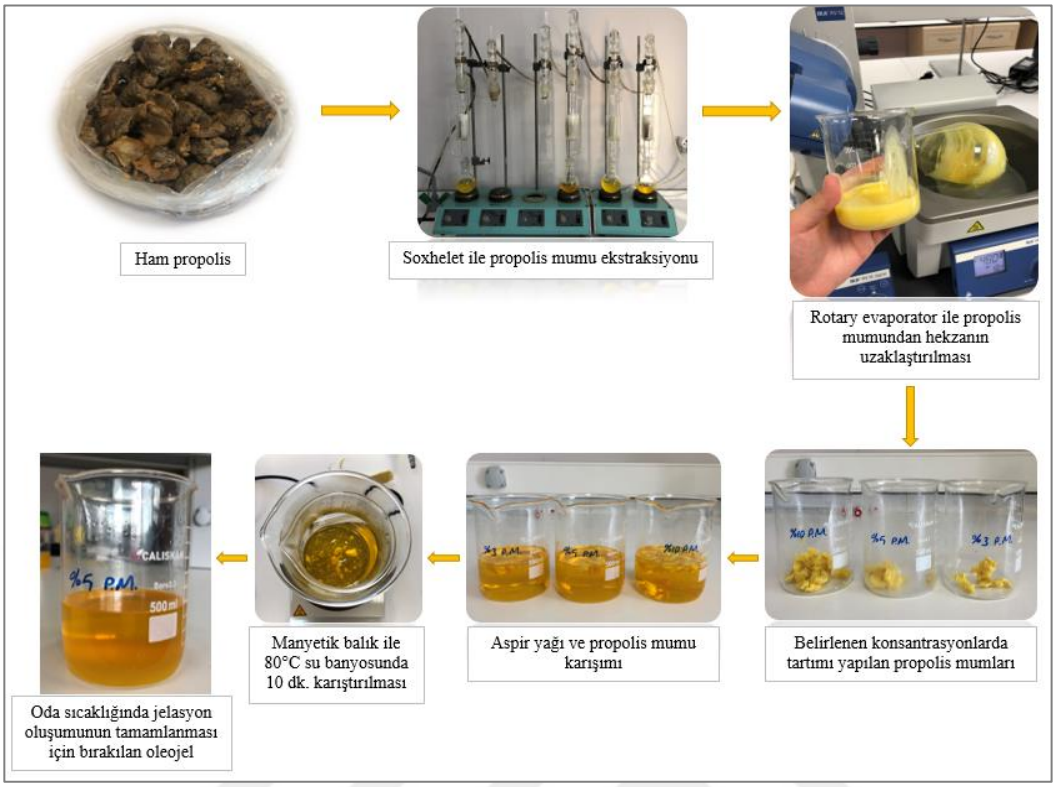


Şekil 3.1. Pirinç kepeği mumu ile oleojel yapımı.

3.2.3. Propolis mum üretimi ve propolis mumu ile oleojel hazırlanması

Ham olarak temin edilen propolis -18 °C'de dondurulduktan sonra öğütülmüştür. Öğütülen propolisler 30 g tartılarak ektraktör kartuşuna doldurulup, Soxhelet cihazında hekzan ile 8 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Balon jojelerdeki hekzan-mum karışımından Rotary evaporator ile çözücü uzaklaştırılmıştır. Ham propolisten ağırlıkça ~%57 propolis mumu elde edilmiştir. Elde edilen propolis mumu +4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir.

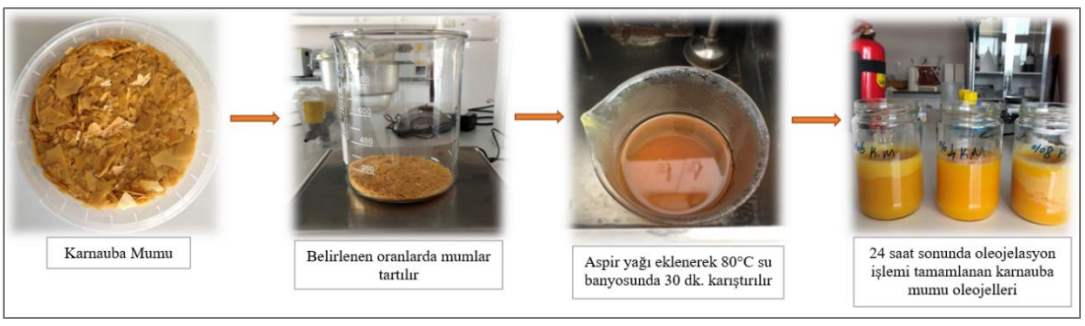
Jelatör konsantrasyonları, literatür taraması ve ön denemeler sonucu belirlenmiştir. Oleojellerin hazırlanma aşamasında (Şekil 3.2) ise ağırlıkça %5, 7, 10 konstantrasyonlarda jel oluşturabilmek için propolis mumu hassas terazide tartılmıştır. Uygun behere alınan mum ve aspir yağı 80 °C'de 10 dk su banyosunda manyetik balık ile karıştırılarak homojen ve berrak bir dispersiyon elde edilmiştir. Jelleşmenin tamamlanması için karışım oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir.



Şekil 3.2. Propolis mumu ile oleojel hazırlanması.

3.2.4. Karnauba mumu ile oleojel hazırlanması

Literatür taraması ve ön denemeler sonucu belirlenen %4, 6 ve 8 konsantrasyonlara göre karnauba mumu tartımı yapılmıştır. Tartımı yapılan mumlar 500 ml'lik beherlere konularak aspir yağı eklenip 80 °C su banyosunda 30 dk boyunca karıştırılarak homojen ve berrak bir karışım elde edilmiştir. Oleojel oluşumu için 24 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra 4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir. Karnauba mumu ile oleojel hazırlama aşamaları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Karnauba mumu ile oleojel hazırlanması aşamaları.

3.2.5. Oleojel ve kek kodlamaları

Tez kapsamında hazırlanan oleojeller ve üretilen keklere ait kodlamalar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Oleojel ve kek kodlamaları

Oleojel kodları	Açıklama	Kek Kodları	Açıklama
OJ_{pkm5}	%5 pirinç kepeği mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJpkm5}**	OJ_{pkm5} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{pkm7}	%7 pirinç kepeği mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJpkm7}**	OJ_{pkm7} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{pkm10}	%10 pirinç kepeği mumu ile hazırlanmış oleojel	**$K_{OJpkm10}$**	OJ_{pkm10} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{pm5}	%5 propolis mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJpm5}**	OJ_{pm5} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{pm7}	%7 propolis mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJpm7}**	OJ_{pm7} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{pm10}	%10 propolis mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJpm10}**	OJ_{pm10} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{km4}	%4 karnauba mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJkm4}**	OJ_{km4} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{km6}	%6 karnauba mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJkm6}**	OJ_{km6} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{km8}	%8 karnauba mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJkm8}**	OJ_{km8} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{bm3}	%3 bal mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJbm3}**	OJ_{bm3} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{bm5}	%5 bal mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJbm5}**	OJ_{bm5} oleojeli ile yapılmış kek
OJ_{bm10}	%10 bal mumu ile hazırlanmış oleojel	**K_{OJbm10}**	OJ_{bm10} oleojeli ile yapılmış kek
Şortening	Pastacılık yağı	**$K_{Şortening}$**	Şortening ile yapılmış kek

3.3. Oleojeller ve Şortening ile Kek Yapımı

Yağ ve su hariç diğer malzemeler Çizelge 3.2'de belirtilen miktarlarda tartımları yapıldıktan sonra karıştırma kabına konulup yağ ve suyun %60'ı ilave edilmiştir. Düşük hızda (devir-2) 30 s ve orta hızda (devir- 4) 4 dk karıştırıldıktan sonra geriye kalan suyun yarısı ilave edilip, devir- 2'de 30 s ve devir-4'de 2 dk daha karıştırılmıştır. Daha

sonra kalan su ilave edilip, işlem tekrarlanmıştır. Kek pişirme tavaları (Ø: 15 cm, yükseklik: 3.5 cm) tava yağı ile yağlandıktan sonra, hazır olan kek hamuru iki adet tavaya 225 g tartılmıştır. Kek hamurları fırında 175±5 °C'de 24 dk pişirilmiştir (AACC, 2010). Üretilen keklerin bir kısmı Şekil 3.4'de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Kek formülasyonu (Yıldız, 2002)

Bileşen	**Miktar (100)**	**150 g un için**
Un	100	150
Su	100-120	180
Şeker	80	120
Şortening/ Oleojel	50	75
Yağsız süt tozu	12	18
Yumurta akı tozu	8	12
Kabartma tozu	3	4.5
Tuz	1.5	2.25
Vanilya	1	1.5



Şekil 3.4. Üretilen keklerin bir kısmı.

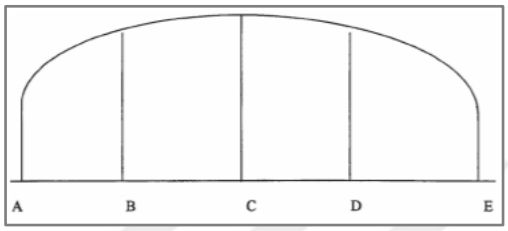
3.4. Yapılan Analizler

3.4.1. Hamurun özgül ağırlığı

Hacmi bilinen bir kap ile üretilen kek hamurlarının ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından hamur ağırlığı aynı kaptaki su ağırlığına (1 g su =1 ml su) bölünerek yoğunluk (g/ml) hesaplanmıştır (AACC, 2010).

3.4.2. Kekin hacim ve simetri indeksi

Kekler tel ızgara üzerinde soğutulduktan sonra ortadan kesilip, plastik ölçme şablonu (Şekil 3.5) kullanılarak kek kesitinde A, B, C, D ve E değerleri okunmuştur (Şekil 3.4). Okunan bu değerler kullanılarak indeksler (Hacim indeksi: B+C+D; Simetri indeksi: 2*C-B-D) hesaplanmıştır (AACC, 2000).



Şekil 3.5. Ölçme şablonu (Yıldız, 2010).

3.4.3. Kekin özgül hacmi

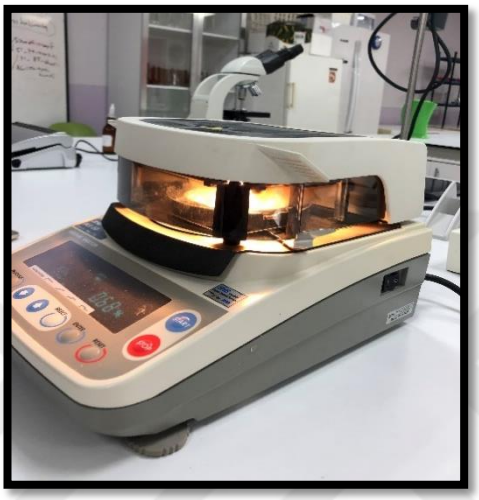
Çalışmada pişirilen keklerin hacimleri AACC (Metot 10–91)'e göre kolza tohumları ile yer değiştirme prensibinden faydalanılarak belirlenmiştir (AACC, 2010). Kekler pişirildikten 1 sa sonra tartılıp, saptanan kek hacimleri ağırlıklarına bölünerek özgül hacimleri hesaplanmıştır.

3.4.4. Renk analizi

Çalışmada üretilen oleojellerin ve keklerin renk ölçümleri PCE Instruments Colorimeter (Model no: PCE-CSM1) marka renk tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm öncesi cihaz, standardı ile kalibre edilmiştir ve ölçümler direk örnek yüzeyinden üç farklı bölgeden yapılmıştır. Bu standartta L parlaklık/koyuluk, a* kırmızılık (+)/yeşillik (-), b* sarılık (+)/mavilik (-) değerlerini ifade etmektedir (Öğütçü ve ark., 2008).

3.4.5. Nem miktarı

Keklerde nem miktarı analizi AND MX-50 cihazı (Şekil 3.6) ile yapılmıştır. Cihazın ölçüm yapacağı bölüme 10 g kek tartılarak bırakılmış ve iki tekerrürlü olarak nem miktarları belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Nem miktarı analiz cihazı.

3.4.6. pH tayini

Ölçümün esası, pH metre elektrotunun içindeki sıvı ile homojenleştirilmiş kek sıvısı arasındaki potansiyel farkın ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. 150 ml'lik behere 25 g örnek tartılıp, saf su ile 100 ml'ye tamamlandıktan sonra Ultraturrax ile kek ve saf su karışımı homojen hale getirilmiştir. Daha sonra pH metre elektrodu çözeltiye daldırılarak pH ölçümü gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2000).

3.4.7. Tekstürel özelliklerin belirlenmesi

Çalışmada üretilen tüm keklerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde TA-XT2 tekstür analiz cihazı (Texture Technologies, Hamilton, MA, USA) kullanılarak TPA testi yapılmıştır (Şekil 3.7). Örneklerin tekstürel özellikleri 45° akrilik konik prob kullanılarak 'Measure Force in Compression' yöntemiyle (Test hızı: 3.0mm/sn, Test sonrası hız:10 mm/s ve Mesafe; 23 mm) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen grafiklerden

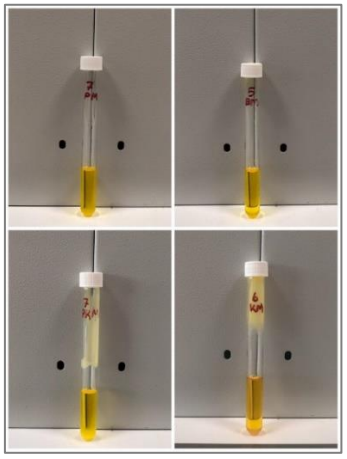
cihazın yazılım programı yardımıyla ‘sertlik (sıkılık)’, ‘kesme kuvveti’, ‘yapışkanlık’ ve ‘yapışma kuvveti’ gibi örneklere ait tekstürel özellikler hesaplanmıştır (Moskowitz, 1987).



Şekil 3.7. Tekstür analiz cihazı.

3.4.8. Kristalizasyon zamanı ölçümü

Kristalizasyon zamanı ölçümü için, tüplere doldurulan oleojeller su banyosunda 90 ºC’de tamamen eritilip, 2 sa boyunca su banyosunda bekletilerek sıcaklığın sabitlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra su banyosundan oda sıcaklığına çıkartılan tüplerde jelleşmenin tam oluştuğu zaman gözlemle belirlenmiştir (Şekil 3.8). Kristalizasyon süresi tüplerin 90º çevrilerek paralel hale getirildiklerinde akışın durduğu süre olarak kaydedilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009).



Şekil 3.8. Eritilen ve ölçüm için gözlenmeye bırakılan jeller.

3.4.9. Yağ bağlama kapasitesi (%YBK) ölçümü

Oleojel örnekleri 90 ºC'deki su banyosunda tamamen eritilip, darası alınmış eppendorf tüplerine (a) yaklaşık 1 ml miktarında aktarılmıştır. Oleojel içeren eppendorf tüpleri jelleşme için 1 saat boyunca +4 °C'de bekletilmiştir. Jelleşme tamamlandıktan sonra tekrar tartımı yapılan eppendorf tüpleri (b), (epp. tüpü + örnek) 20 ºC'de 15 dk boyunca 10.000 rpm hızla santrifüj edilmiştir. Tüpler santrifüjden alındıktan sonra ters çevrilerek 3 dk boyunca drenaj işlemi uygulanmıştır. Daha sonra örnekler tekrar tartıma alınarak (c) % YBK Eşitlik 3.1 yardımıyla hesaplanmıştır (Da Pieve ve ark., 2011).

$$\%Serbest\ yağ = \frac{(a-a)-(c-a)}{(b-a)} x100 \qquad \%YBK = 100 - \%Serbest\ yağ \qquad (3.1)$$

3.4.10. Serbest yağ asitliği tayini

Oleojeller ve keklerden ekstrakte edilen yağ örneklerinin yüzde serbest yağ asitliği (SYA), AOCS Official Method Ca 5a-40'a göre yapılmıştır (AOCS, 2004). Yağ örneğinden 2 g, 0.01 g hassasiyette tartılmış, üzerine 50 ml etanol-dietileter (1:1, **v/v**) karışımı ile çalkalanıp, yağın tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Çözünme işleminden sonra üzerine fenolftaleyn (%1) çözeltisinden 5-6 damla damlatılıp, karıştırılmıştır. Son olarak 0.02 N etanollü sodyum hidroksit çözeltisi ile pembe renk elde edilinceye kadar titrasyon yapılmış ve sarfiyat belirlenmiştir. Aşağıdaki Eşitlik 3.2 ile serbest yağ asitlikleri hesaplanmış ve analiz iki tekerrürlü olarak yapılmıştır.

SYA, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamı oleik asit yüzdesi olarak belirtilmektedir.

$$\%\ SYA = \frac{V\ xT\ x\ Ma}{m} \qquad (3.2)$$

V : Harcanan etanollü sodyum hidroksit çözeltisi, ml

m : Örnek ağırlığı, g

Ma : Oleik asitin molekül ağırlığı

T : Etanollü sodyum hidroksit çözeltisinin normalitesi

3.4.11. Peroksit sayısı tayini

Oleojel ve üretilen keklerden ekstrakte edilen yağ numunelerinde PS'nin saptanması AOCS Official Method Cd 8-53'e göre belirlenmiştir (AOCS, 1989). PS, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsüdür ve 1 g yağdaki aktif oksijenin mikrogram olarak miktarını ifade etmektedir.

Hidroperoksitler, lipit oksidasyonunda oluşan primer ürünlerdir. PS tayini ile lipit oksidasyonunun başlangıç aşamasında oluşan bu primer ürünlerin miktarı belirlenebilmektedir. PS; kloroform-asetik asit ile hazırlanan çözeltide çözülen ve potasyum iyodür içeren yağa nişasta belirteci eklenerek sodyum tiyosülfat ile titre edilmesi sonucu harcanan kısım dikkate alınarak belirlenmektedir. Beklenen PS'na göre 0.001 g duyarlılıkta örnekten Çizelge 3.3'e göre tartım yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Peroksit değeri tayini için tartım yapılacak örnek miktarı

Beklenen PS (meq O_2**/kg)**	**Örnek Miktarı (g)**
5'e kadar	2
5-10	1.6
11-15	1.4
16-20	1.2
21-30	1.0

Yağ numuneleri erlenlere 2 g olarak tartılıp üzerine 25 ml asetik asit/kloroform (3/2. v/v) çözeltisi eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Bu karışım üzerine 1 ml doygun KI (potasyum iyodür) çözeltisi ilave edilmiş ve kapakları kapatılan erlenler 1 dk çalkalandıktan sonra 10 dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda 50 ml saf su ve 1 ml nişasta çözeltisi eklenen numune, 0.01 N sodyum tiyosülfat ile (kloroform fazındaki iyot tamamen yok oluncaya kadar) titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan tiyosülfat miktarı not alınmıştır. Tüm örnekler iki tekerrürlü olarak analiz edilmiştir. PS beklenenin altında ise sodyum tiyosülfat 0.01 N; beklenenin üzerinde ise 0.1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan sodyum tiyosülfat çözeltileri 1 hafta karanlıkta bekletildikten sonra kullanılmalıdır. Eşitlik 3.3'e göre peroksit değerleri hesaplanmıştır.

$$PS = \frac{V\,x\,T\,x1000}{m} \tag{3.3}$$

PS : PS (meq g O_2/kg yağ)

V : Harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

T : Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

m : örnek ağırlığı, g

3.4.12. Konjuge- dien ve konjuge- trien analizi

Konjuge- dien (K_{232}) ve konjuge- trien (K_{270}) analizi, AOCS Official Method Ch 5-91'e göre yapılmıştır (AOCS, 1989c). Çoklu doymamış yağ asitlerinden hidroperoksitlerin meydana gelmesi konjugasyonun oluşmasına sebep olur. Bu da, UV spektrumunda saptanır. Ortaya çıkan primer ve seconder oksidasyon ürünleri 232 nm ve 270 nm'de okunur. K_{232} oluşumu yükseldikçe 232 nm'deki özgül soğurma değeri PS'na paralel olarak yükseliş göstermekteyken; 270 nm'de özgül soğurma değeri ise aldehit ve ketonların ortaya çıkmasına (acılık, istenmeyen lezzet bileşikleri) paralel olarak yükseliş göstermektedir.

Yağ numuneleri 0.25 g olacak şekilde 25 mL'lik balon jojeye hassas terazi ile tartılmıştır. Spektrofotometre (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) analize uygun dalga boyuna ayarlanmış ve hazır hale getirilmiştir. Balon jojelerdeki yağ numunelerinin üzeri 25 mL'ye kadar iso-oktan ile doldurulduktan sonra yağ tamamen çözününceye kadar karıştırılmıştır. Berrak bir görüntü elde edilen numuneler sırasıyla 232-270 nm dalga boyunda referansa karşı okunmuştur. Referans olması için örneksiz saf iso-oktan okunmuştur. Özgül soğurma değerleri eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$E_{1cm}^{\%1} = K_\lambda = \frac{A_\lambda}{c\,x\,l} \tag{3.4}$$

K_λ =Okunan dalga boyundaki özgül soğurma değeri

A_λ =Okunan dalga boyundaki absorbans değeri

c = Çözeltinin konsantrasyonu (g/100mL)

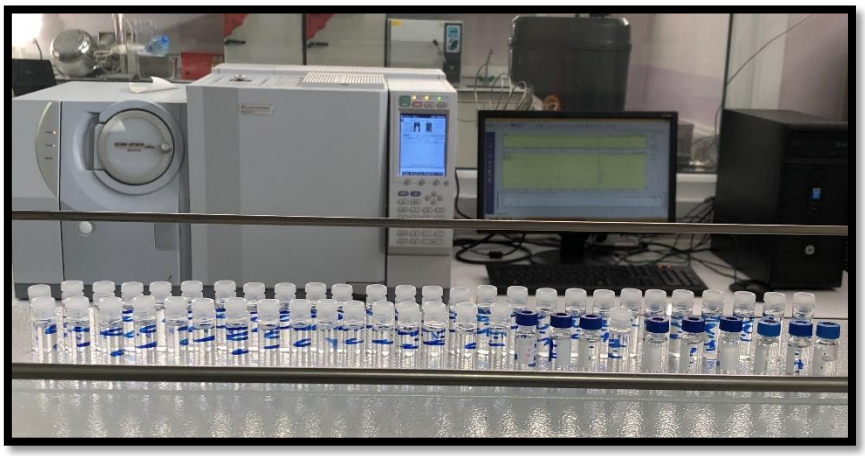
l = Kuartz küvet uzunluğu (cm)

3.4.13. Yağ asidi kompozisyonu tayini (FAME)

Yağ asidi kompozisyonu analizi için öncelikle yağ asidi metil esterleri oluşturulmuştur. Analiz için (IUPAC, 1992) GC/ MS (Shimadzu GC/MS QP 2010, Japonya) cihazı (Şekil 3.9) kullanılmıştır. Oleojeller ve keklerden ekstrakte edilen yağların metil esterlerini oluşturmak için ilk olarak 0.4 g yağ numunesi hassas terazide tartılıp üzerine 4 mL iso-oktan eklenmiştir. Karışım iyice karıştırıldıktan sonra 0.2 mL metanolde hazırlanmış potasyum hidroksit (KOH) ilave edilmiştir. Elde edilen karışım tekrardan karıştırılmış ve 6 dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra karışım üzerine 2-3 damla metil oranj damlatılıp 0.5 mL 1 normallik HCl çözeltisi eklenmiştir. Tüm karışım 30 dk boyunca karanlıkta bekletilip süre sonunda üst kısımda oluşan berrak sıvı viallere alınarak metil esterler hazır hale gelmiştir. Araştırmada Agilent DB-23 (30m uzunluğunda, 0.25 mm iç çapında, 0.25 μm film kalınlığında) kapiler kolon kullanıldı. Cihaz aşağıdaki koşullara ayarlanmıştır;

Kolon	: DB-23 (60m x 0.25mm, 0.25 μm)
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Toplam akış	: 36.6 mL/min
Kolon akış	: 0.66 mL/min
Doğrusal hız	: 21.2 cm/sec
Split oranı	: 50
Başlangıç sıcaklığı	: 80 ºC
Sıcaklık programı	: 10 ºC/min
Son sıcaklık	: 220 ºC
İnjeksiyon sıcaklığı	: 250 ºC
Dedektör sıcaklığı	: 250 ºC
İyon kaynağı sıcaklığı	: 200 ºC
Toplam analiz süresi	: 34 k

Cihazda yüklü bulunan W9N11 kütüphanesinden faydalanılarak kromotogramda tespit edilen bileşenler tanımlanmıştır.



Şekil 3.9. Yağ örneklerinin metil esterleri ve kullanılan GC/ MS cihazı.

3.4.14. 3-MCPD (3-Mono kloropropan 1,2 diol) ve glisidil esteri analizi

Yağ numunelerinde toplam 3-MCPD ve glisidil esterleri miktarı, DGF C VI 18(10) standart metodu kullanılarak GC-MS cihazı ile saptanmıştır (DGF, 2009). Bu yöntemde esterifikasyon alkali ortamda gerçekleştirilmiştir ve iç standart olarak izotop işaretli 3-MCPD-d5 kullanılmıştır.

Analizde esterleştirme, nötralizasyon ve türevlendirme işleminde kullanılan çözeltiler şunlardır;

- **Metanollü sodyum metilat:** Sodyum metilatın 0.5 molarlık metanolde çözündürülmesi ile hazırlanmıştır (27 gram sodyum metilat tartılır. 1 litre metanolde çözündürülür).
- **Çözgen karışım A:** Tertbütil metil eter ve etil asetatın 8/2 (v/v) oranda karışımıyla hazırlanmıştır.
- **Sodyum klorür çözeltisi:** Sodyum klorürün % 20 olacak oranda (m/v) saf su içerisinde çözündürülerek hazırlanmıştır.
- **Sodyum bromür çözeltisi:** Sodyum bromürün % 30 olacak oranda (m/v) saf su içerisinde çözündürülerek hazırlanmıştır.
- **Çözgen karışım B:** 30mL sodyum klorür veya sodyum bromür çözeltisi ile 1 mL asetik asitin (v/v) karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Bu çözeltiler her gün taze olarak hazırlanmıştır.

- **Türevlendirme çözeltisi:** 2.5 gram fenilboronik asitin, 19 mL aseton ve 1mL saf su karışımında çözündürülmesiyle hazırlanmıştır.
- **İç standart stok çözeltisi:** 3-MCPD-d5'in 2 gram/L (m/v) etanolde çözündürülmesiyle elde edilmiştir. (Bu çözelti kapaklı, amber şişe içerisinde +4 ˚C'de 1 yıl muhafaza edilebilir).
- **İç standart çözeltisi:** İç standart stok çözeltisinden tertbütil metil eterde seyreltilerek hazırlanmıştır. (Buzdolabında 3 ay muhafaza edilebilir).

Analizin yapılış aşamasında, katı halde olan oleojel örneklerini eritmek için ısıtıcı üzerinde 5 dk ısıtılıp sıvılaştırılmıştır. 0.1 gram numune test tüplerine tartılmış, üzerine 0.5 mL çözgen karışım A'dan eklenip karıştırılarak yağın çözündürülmüş ve tüp içerisine 100 µl iç standart çözeltisi ve 1 mL metanollü sodyum metilat çözeltisi eklenmiştir. Bu karışım iyice karıştırılmış, ardından tüplerin ağzı kapatılıp metillendirme işlemi için 10 dk boyunca karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda hızlı bir şekilde tüplere 3 mL hegzan ile 3 mL çözgen karışım B'den eklenip iyice karıştırılmıştır. Tüp içerisinde faz ayrımı oluncaya beklenilmiş ve üst kısımdaki berrak faz çekilip atılmıştır, tekrardan tüplere 3 mL hegzan eklenip iyice karıştırılmıştır ve yine faz ayrımı oluncaya kadar beklenilmiştir. Faz ayrımı olduktan sonra üst kısım çekilip atılmıştır. Bu işlem iki defa tekrarlanmıştır. Bu işlemin amacı, numunedeki yağ asidi metil esterlerinin mümkün olduğu kadar ayrılmasını sağlamaktır. Bu işlemlerden sonra türevlendirme için tüplerin içerisine 0.5 mL türevlendirme çözeltisi eklenip iyice karıştırılarak tüplerin ağzı kapatılmış ve 80 °C'lik su banyosunda 20 dk boyunca bekletilmiştir. Süre sonunda oda sıcaklığında ve karanlıkta tüpler soğutulmuştur. Soğuyan tüplere 3 mL hegzan ilave edilip, iyice karıştırılmış ve faz ayrımı oluncaya kadar beklenilmiştir. Oluşan üst faz ayrı bir tüpe alınmış ve içerisindeki çözücünün (hegzan) uzaklaştırılması için üzerine azot gazı püskürtülmüştür. Çözücü uzaklaştırıldıktan sonra kalan kısma izo-oktan eklenip, karıştırılmış ve numuneler enjeksiyona hazır hale getirilmiştir. Numuneler viallere aktarılıp, GC/MS cihazına 2 µl enjekte edilmiştir.

Araştırmada RTX-5MS (30m uzunluğunda, 0.25 mm iç çap, 0.25µm film kalınlığına sahip olan) kapiler kolon kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır. Cihazın çalışma koşulları şu şekilde ayarlanmıştır;

Column Oven Temp	: 60 °C
Injection Temp	: 180 °C
Injection Mode	: Splitless
Total Flow	: 50 mL/min.
Column Flow	: 1.18 mL/min.
Oven Prog.	: 60 °C (1dk), 190 °C'ye 6°C/dk 190 °C-280 °C'ye 30 °C/dk (10 dk)
MS şartları;	
Ion Source Temp	: 230 °C
Interface Temp	: 280 °C
Solvent Cut Time	: 16.9 min.
EI	: 70 eV
Dedector mode	: SIM Mode
İç standart kütle (3-MCPD-d5)	: m/z= 150 veya 201
3-MCPD	: m/z= 147 veya 196

Analizin ilk aşamasında numunenin sahip olduğu toplam 3-MCPD ve glisidil esterleri miktarı hesaplanabilmektedir. Burada 3-MCPD ve glisidil esterlerinin ayrılmama durumu söz konusudur. Bu yüzden glisidil esterlerini hesaplayabilmek için glisidilin 3-MCPD'ye dönüşmesini engellemek için analizin ikinci aşamasında çözgen karışım B, sodyum klorür yerine sodyum bromür ile hazırlanarak bu dönüşüm engellenmektedir (Karl ve ark., 2016). Analizin ikinci aşamasında saf veya bağlı 3-MCPD hesaplanır ve ilk aşama sonucundan ikinci aşama sonucu çıkarılıp, glisidilin 3-MCPD'ye dönüşüm oranı ile çarpılarak, glisidil esterleri miktarı hesaplanmıştır. Kullanılan formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$A_{3\text{-MCPD }(1)} = [Q(147) \times C_{d5-3-MCPD(1)}] / Q(150) \quad (3.5)$$

$A_{3\text{-MCPD }(1)}$ = 1. aşamada tespit edilen 3-MCPD esterlerinin kütle fraksiyonu (mg/kg)

Q(147) = 1. aşamada saptanan 3-MCPD'nin pik alanı

Q(150) = 1. aşamada saptanan 3-MCPD – d5 'in pik alanı

$C_{d5-3-MCPD(1)}$ = 1. aşamada kullanılan iç standartın konsantrasyonu (mg/kg)

$$B_{3\text{-MCPD}(2)} = [Q(147) \times C_{d5-3-MCPD(2)}] / Q(150) \quad (3.6)$$

$B_{3\text{-MCPD }(2)}$ = 2. aşamada tespit edilen 3-MCPD esterlerinin kütle fraksiyonu (mg/kg)

Q(147) = 2. aşamada saptanan 3-MCPD'nin pik alanı

Q(150) = 2. aşamada saptanan 3-MCPD – d5 ’in pik alanı

$C_{d5-3-MCPD(2)}$ = 2. aşamada kullanılan iç standartın konsantrasyonu (mg/kg)

$$W_{Glisidil=} t \times (A_{3\text{-}MCPD\ (1)} - B_{3\text{-}MCPD(2)}) \quad (3.7)$$

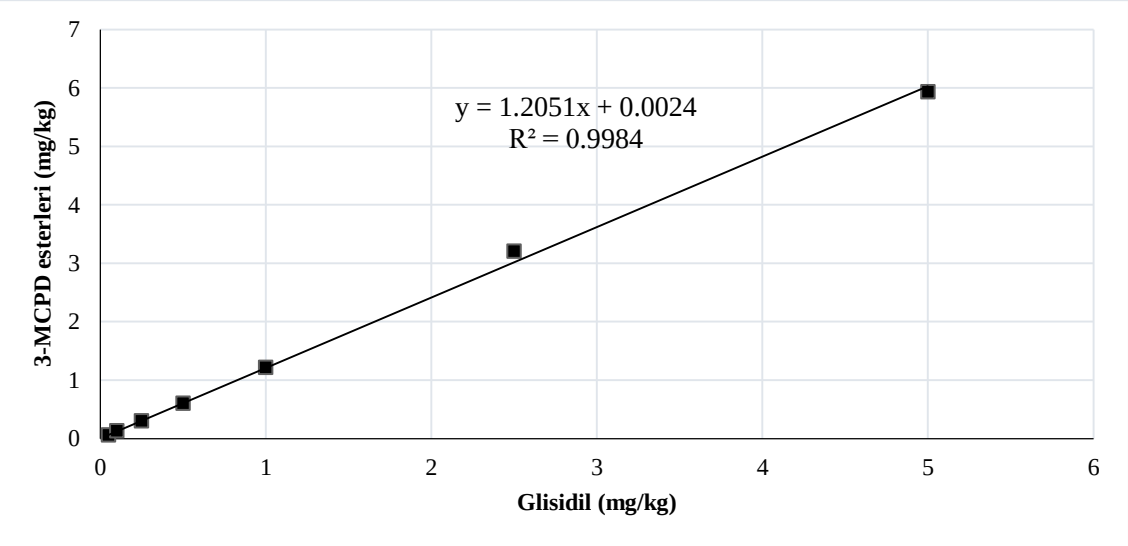
$W_{Glisidil=}$ Örneklerdeki glisidil esterlerinin kütle fraksiyonu (mg/kg)

t = Oluşturulan kalibrasyon grafiğindeki denklemde (y=ax+b), 1/a oranı

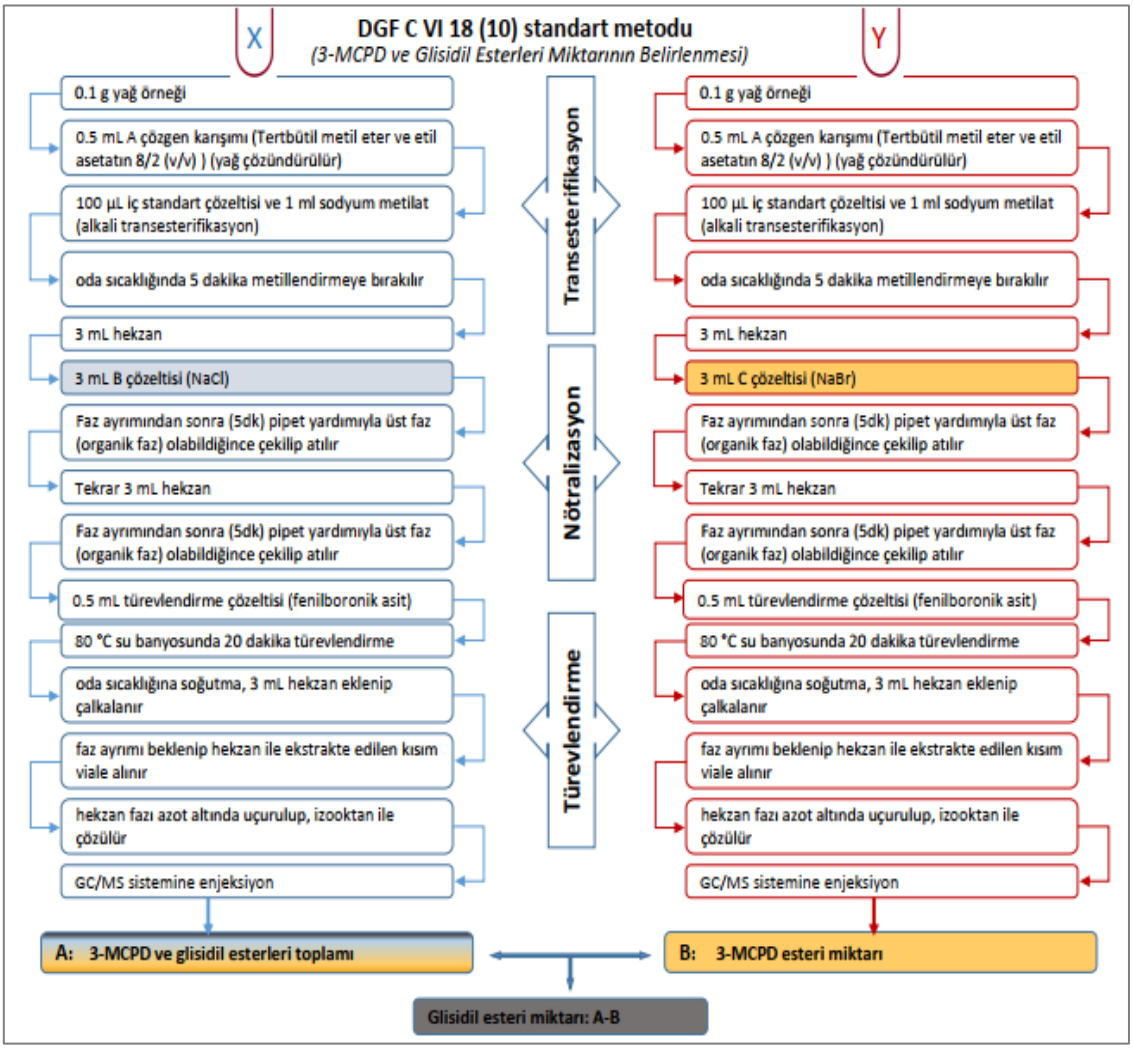
$A_{3\text{-}MCPD\ (1)}$ = 1.aşamada hesaplanan kütle fraksiyonu

$B_{3\text{-}MCPD(2)}$ = 2. aşamada hesaplanan kütle fraksiyonu

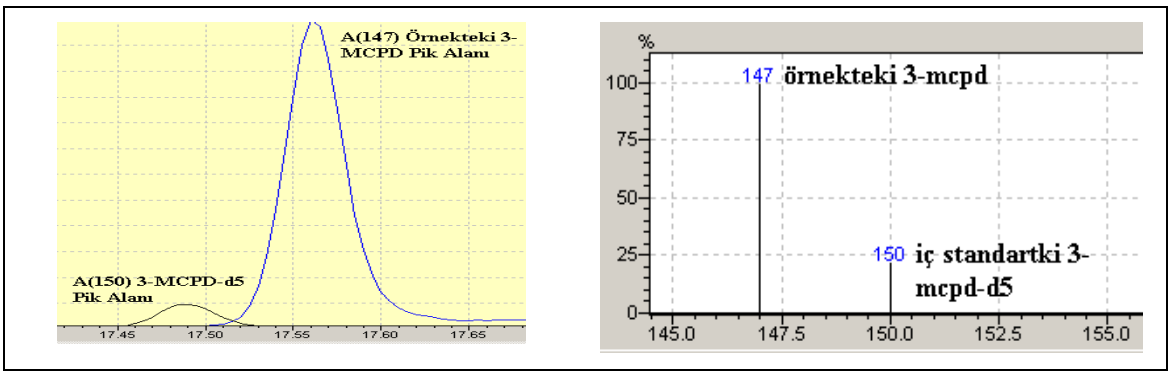
Analizlerde kullanılan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.10’da, analiz işlem basamakları ise Şekil 3.11’de verilmiştir. 3-MCPD ve 3-MCPD-d5 standardına ait kromatogram ve spektrumları Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.10. 3-MCPD esterlerine karşı glisidil esteri kalibrasyon grafiği.



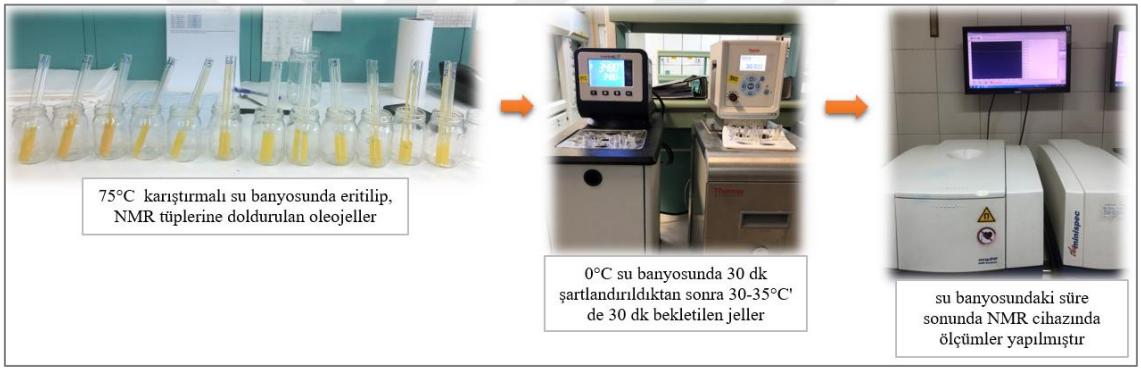
Şekil 3.11. 3-MCPD ve glisidil esterleri miktarının belirlenmesinde işlem basamakları (Ceylan, 2020).



Şekil 3.12. 3-MCPD ve iç standartkromatogramı ve spektrumu.

3.4.15. NMR ile katı yağ içeriği (% SFC) ölçümü

Oleojel örneklerinin katı yağ içeriği nükleer manyetik rezonans spektroskopisi (NMR) (Bruker NMR Analyzer mq20 The Minispec) ile TS EN ISO 8292 metodunda bazı modifkasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir (ISO, 2012). Oleojel örnekleri karıştırmalı su banyosunda 75 °C'de tamamen eritilip, NMR tüplerine 4-5 cm aralığında doldurulmuştur. Eritilen oleojellerin şartlandırılması için tüpler 0 °C'deki su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra tüpler 30 °C'de ölçüm yapmak için 30 dk 30 °C'de ve 35 °C'deki ölçüm için 30 dk 35 °C'de bekletilmiştir. Süre sonunda su banyosundan çıkarılan tüpler kurulanarak NMR cihazında okumaları yapılmıştır. Yapılan % SFC analiz aşamaları Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. NMR ile katı yağ içeriği analiz aşamaları.

3.4.16. Duyusal analiz

Duyusal analizde üretilen kekler, çoğunluğu Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından oluşan 15 panelist Şekil 3.14'deki düzende yerlerini aldıktan sonra analiz için bilgilendirilmişlerdir. Daha sonra görünüş, gözenek yapısı, nemlilik, tat ve aroma, ağızda bıraktığı his ve genel kabul özellikleri açısından değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede hedonik tip skala kullanılmış ve her bir özellik, 1 ile 5 arasında puan (5: çok beğendim, 4: beğendim, 3: kararsızım, 2: beğenmedim, 1: hiç beğenmedim) verilecek şekilde 5 puan üzerinden değerlendirilmiştir.



Şekil 3.14. Çalışmada yapılan duyusal analiz öncesi.

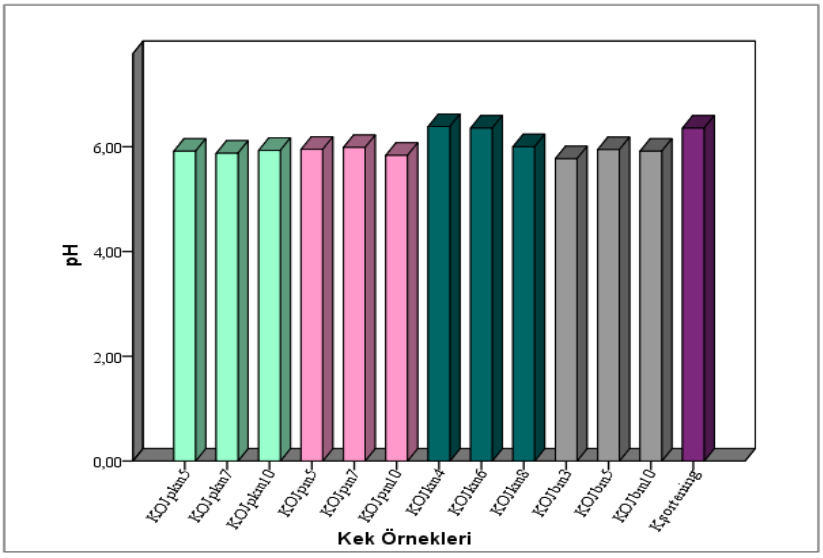
3.4.17. İstatistiksel analiz

Çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirmesinde SPSS (version 20.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois) paket programı kullanılmıştır. Grup ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir. Farklılığın önem derecesi Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak tespit edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Keklerde Belirlenen Bazı Fiziksel Özellikler

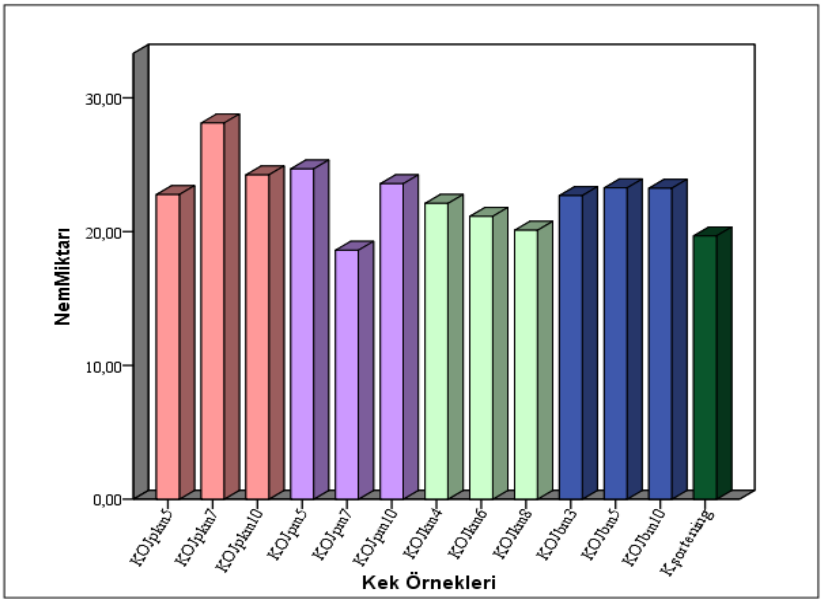
Keklerin pH değerleri düşük olduğu zaman gözenek rengi beyaza yakınken, yüksek pH'da ise koyu renk görülmektedir (Yıldız, 2010). Keklerdeki pH değişimi Şekil 4.1'de görülmektedir. Çalışmada şortening ile üretilen keklerin pH'sı 6.36 iken OJ_{pkm} kekleri 5.88-5.93, OJ_{pm}5.84-5.99, OJ_{km} 6.00-6.39, OJ_{bm} 5.77-5.92 değerleri arasında olduğu ve keklerin pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). En düşük pH değeri balmumu ile üretilen keklerde bulunmuştur (Çizelge 4.1). Şortening ile üretilen keklere en yakın pH değeri karnauba mumu ile üretilen oleojellerin kullanıldığı keklerde tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Keklerin pH değerleri.

Keklerdeki % nem miktarı şortening ile üretilen keklerde %19.68 ve oleojeller ile üretilen keklerde ise %18.61-28.12 arasında olup, istatistiksel olarak aralarında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.1). Bu da oleojeller ile şortening arasında su tutma kapasitesi olarak benzerlik olduğunu göstermektedir. Şekil 4.2'de keklerin % nem miktarın ait grafik görülmektedir. Öğütcü ve Yılmaz (2012) yaptıkları bir araştırmada balmumu ve ayçiçek mumu ile şortening kullanılarak yapılan kurabiyelerde % nem

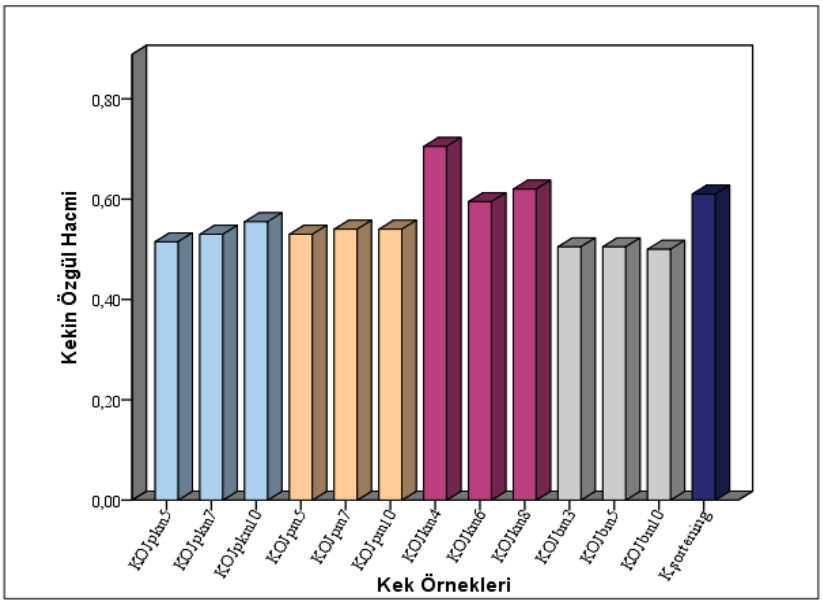
miktarlarını karşılaştırdıklarında şortening ile üretilen kurabiyeler %5.72 iken balmumu oleojeli ile yapılanlarda %2.63, ayçiçek mumu ile yapılanlarda ise %2.32 olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kurabiyelerde kullanılan oleojellerin su tutma kapasitesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmamızda keklerde kullanılan oleojellerin şorteninge eşdeğer su tutma kapasitesine sahip olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte kurabiye ve keklerde nem içeriklerinin farklı olduğu unutulmamalıdır.



Şekil 4.2. Keklerin % nem miktarı grafiği.

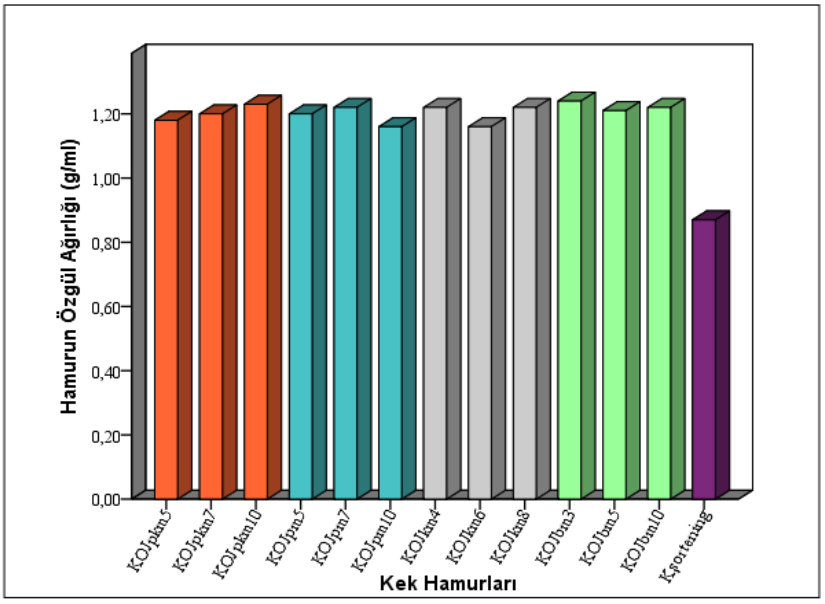
Üretilen keklere ait özgül hacim verileri Çizelge 4.1'de yer almaktadır. Şortening ile yapılan keklerin özgül hacmi 0.62 ml/g iken KOJ_{pkm} 0.52-0.56 ml/g, KOJ_{pm} 0.53-0.54 ml/g, KOJ_{km} 0.60-0.71 ml/g ve KOJ_{bm} 0.50-0.51 ml/g olarak bulunmuştur. Keklerin özgül hacimleri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca oleojeller ile üretilen kekler arasında şortening ile üretilen keklere en yakın özgül hacim değerinin de KOJ_{km6-8} keklerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Oh ve ark. (2017) şortening ile hazırlanan keklerin özgül hacmini 1.82 ml/g, oleojel keklerin (balmumu, kandellilla mumu, pirinç kepeği mumu) ise 1.67 ila 1.71 ml/g arasında olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada şorteninge en yakın özgül hacim balmumu ile yapılan keklerde 1.71 ml/g olarak tespit edilmiş ve balmumunun başarı ile şortening yerine kullanılabileceği ifade edilmiştir. Alvarez-Ramirez ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada %5 konsantrasyonda kanola yağı ile hazırladıkları oleojelleri %0, 25, 50, 75

ve 100 oranlarında tereyağı ile karıştırarak kek üretmişlerdir. Üretilen keklerin özgül hacimlerinin 1.91-1.98 cm^3/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Genel olarak, oleojel içeren keklerin saf tereyağı ile yapılan kontrolden daha yüksek özgül hacme sahip olduğu, bunun da yüksek konsantrasyonlardaki oleojellerin daha fazla gaz tutma kapasitesinden kaynaklandığı bildirilmiştir.



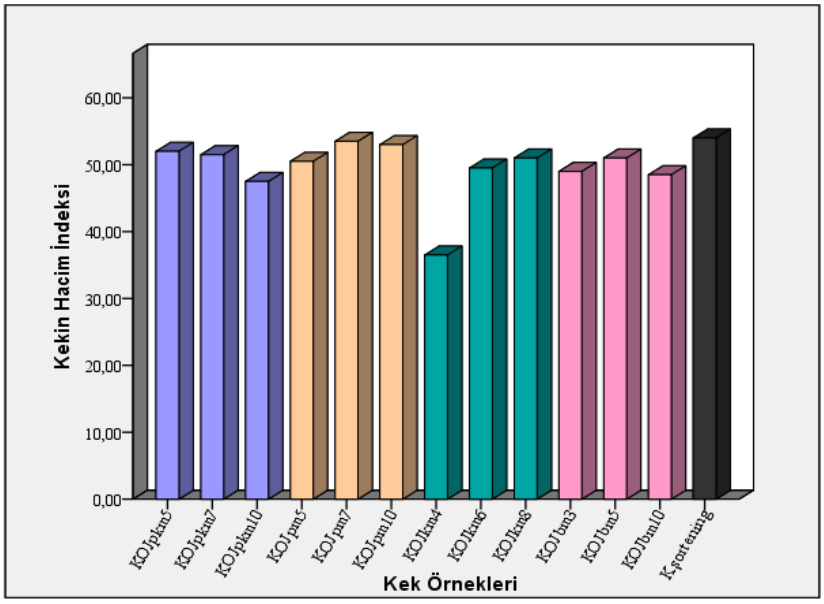
Şekil 4.3. Keklerin özgül hacimleri.

Şortening keklerin kabarmasında önemli bir rol oynar. Hava hücreleri karıştırma aşamasında yağ fazına dâhil olur ve daha sonra şortening pişirme sırasında eridiğinde sulu faza geçer ve bunun sonucunda bir köpük yapısına yol açar (Campbell ve Shah, 1999). Bu yüzden, oleojeller ile şorteningin kek hamurları üzerindeki etkileri hamurun özgül ağırlığı açısından incelenmiştir**.** Üretilen kek hamurlarının özgül ağırlığı 0.87-1.24 g/ml arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Şortening ile yapılan kek hamurunun özgül ağırlığı 0.87 g/ml olarak bulunmuştur. En düşük özgül hacme sahip hamur ise şortening ile yapılan kek hamurunda saptanmıştır. Kek hamurları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kek hamurlarına ait özgül ağırlık grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir. Oh ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada pirinç kepeği mumu, balmumu ve kandelilla mumu oleojelleri ile yapılan kek hamurlarında en düşük özgül hacim değerinin balmumu ile yapılan hamurda olduğu, aynı zamanada şorteninge en uygun ikame edilebilecek oleojelin de balmumu olduğu belirlenmiştir.



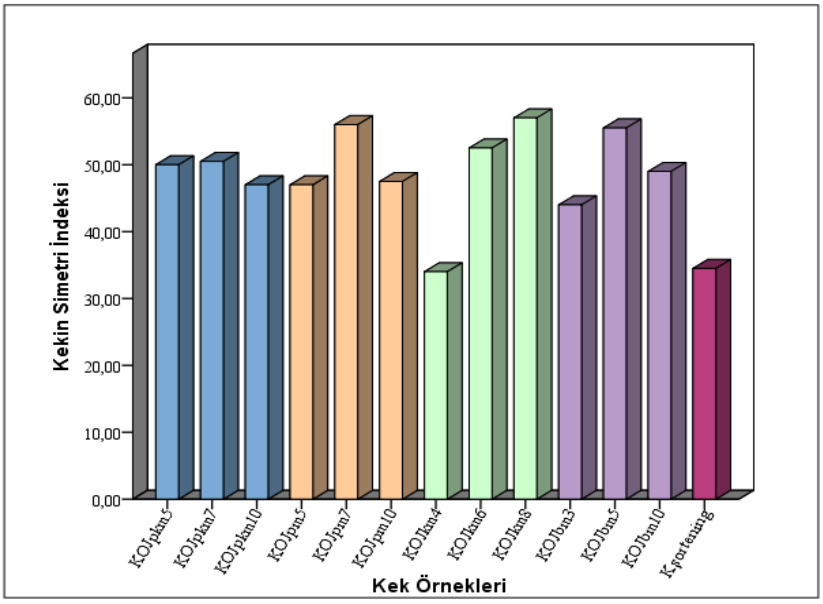
Şekil 4.4. Kek hamurlarının özgül ağırlığı.

Hacim indeksi değeri, keklerin gerçek hacimlerini ölçmemekte, bununla birlikte keklerin hacmi hakkında fikir vermektedir (Gülseren, 2019). Üretilen keklere ait hacim indeksi varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Şortening ile üretilen keklerin hacim indeksi 54.00 mm iken oleojeller ile üretilen keklerde KOJ_{pkm} 47.50-52.00 mm, KOJ_{pm} 50.50-53.50 mm, KOJ_{km} 36.50-51.00 mm, KOJ_{bm} 48.50-51.00 mm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak kekler arasında farklılık bulunmuştur. Şorteninge en yakın hacim indeksine sahip oleojel keki 53.50 ile KOJ_{pm7} olmuştur. Keklere ait hacim indeksi grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.

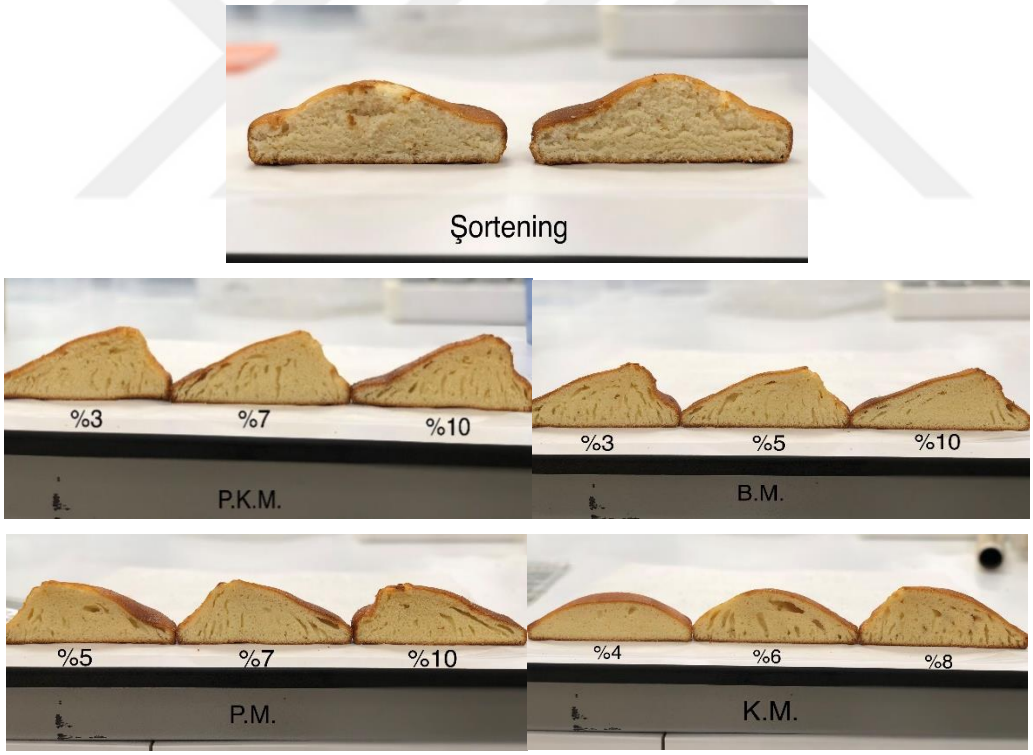


Şekil 4.5. Keklerin hacim indeksleri.

Simetri indeksi keklerin dış hatlarının belirlenmesi ve homojenliğinin tespit edilmesinde kullanılan ve özellikle görsel açıdan önemli olan bir kalite parametresidir. Simetri indeksinin artması, kekin (+) pozitif yönde yani merkezden yukarıya doğru kabarıp bombe oluşturduğunu, (-) negatif yönde azalması ise düz bir üst yüzeye sahip olduğunu göstermektedir (Ronda ve ark., 2009). Üretilen keklere ait simetri indeksleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Üretilen keklerin simetri indeksi şortening 34.50 mm, KOJ_{pkm} 47.00-50.50 mm, KOJ_{pm} 47.00-56.00 mm, KOJ_{km} 34.00-57.00 mm, KOJ_{bm} 44.00-55.50 mm olarak saptanmıştır. Çizelge 4.1'e bakıldığında şortening ile yapılan keke en yakın simetri indeksine sahip oleojel kekinin KOJ_{km4} olduğu görülmektedir. Keklere ait kesit görüntüleri Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Keklerin simetri indeksleri.



Şekil 4.7. Üretilen keklerin hacim ve simetri indeks ölçümleri öncesi.

Çizelge 4.1. Oleojellerden yapılan keklerde belirlenen bazı fiziksel özellikler

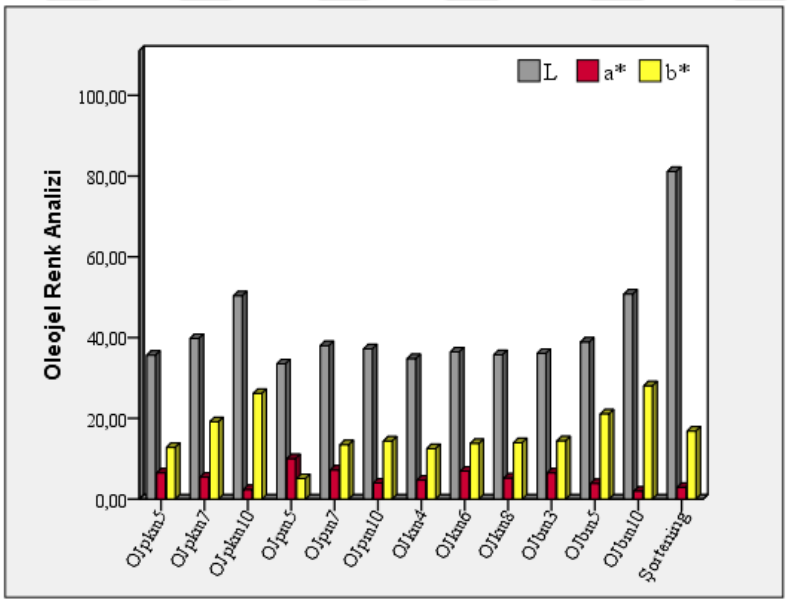
Örnek	pH	%Nem Miktarı	Özgül hacim	Hamur Özg. Ağ.	Hacim İndeksi	Simetri İndeksi
K_{OJpkm5}	5.92±0.02^{cd}	22.77±4.26^{a}	0.52±0.02^{ab}	1.18±1.19^{a}	52.00±0.00^{bcde}	50.00±0.00^{cd}
K_{OJpkm7}	5.88±0.01^{bc}	28.12±6.22^{a}	0.53±0.01^{abc}	1.20±1.61^{a}	51.50±0.71^{bcde}	50.50±0.71^{cde}
$K_{OJpkm10}$	5.93±0.01^{cde}	24.24±4.48^{a}	0.56±0.01^{c}	1.23±1.33^{a}	47.50±0.71^{b}	47.00±2.83^{bc}
K_{OJpm5}	5.95±0.04^{cde}	24.69±4.65^{a}	0.53±0.00^{abc}	1.20±1.61^{a}	50.50±4.95^{bcde}	47.00±2.83^{bc}
K_{OJpm7}	5.99±0.08^{de}	18.61±4.17^{a}	0.54±0.00^{bc}	1.22±1.07^{a}	53.50±0.71^{de}	56.00±1.41^{ef}
K_{OJpm10}	5.84±0.02^{ab}	23.58±5.85^{a}	0.54±0.00^{bc}	1.16±1.37^{a}	53.00±0.00^{cde}	47.50±6.36^{bc}
K_{OJkm4}	6.39±0.01^{f}	22.11±9.35^{a}	0.71±0.01^{e}	1.22±1.29^{a}	36.50±2.12^{a}	34.00±0.00^{a}
K_{OJkm6}	6.36±0.01^{f}	21.14±6.41^{a}	0.60±0.04^{d}	1.16±1.46^{a}	49.50±0.71^{bcde}	52.50±0.71^{cdef}
K_{OJkm8}	6.00±0.01^{e}	20.10±8.19^{a}	0.62±0.00^{d}	1.22±1.48^{a}	51.00±1.41^{bcde}	57.00±1.41^{f}
K_{OJbm3}	5.77±0.07^{a}	22.69±6.58^{a}	0.51±0.01^{ab}	1.24±1.58^{a}	49.00±0.00^{bcd}	44.00±0.00^{b}
K_{OJbm5}	5.95±0.01^{cde}	23.27±8.08^{a}	0.51±0.01^{ab}	1.21±1.57^{a}	51.00±0.00^{bcde}	55.50±2.12^{def}
K_{OJbm10}	5.92±0.01^{cd}	23.24±6.26^{a}	0.50±0.01^{a}	1.22±1.26^{a}	48.50±2.12^{bc}	49.00±0.00^{bc}
$K_{Şortening}$	6.36±0.01^{f}	19.68±8.00^{a}	0.61±0.03^{d}	0.87±1.07^{a}	54.00±2.83^{e}	34.50±3.54^{a}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.2. Oleojellere Ait Hunter Renk Değerleri

Kek yapımında kullanılmak üzere aspir yağı esaslı farklı jelatörlerin farklı konsantrasyonlarının kullanılması ile elde edilen oleojellere ait Hunter renk değerleri L (100 açıklık/0 koyuluk), a* (+kırmızılık/-yeşillik) ve b* (-mavilik/+sarılık) renk değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Oleojellerde açıklık–koyuluğu ifade eden L değerleri 33.5-50.76 aralığında bulunmuştur ($p<0.05$). Şorteningin ise L değeri oleojellere göre daha yüksek bulunmuştur (81.12). Genelde jelatör konsantrasyonu artışına bağlı olarak L değeri örneklerinde tespit edilmiştir. a* değerlerine bakıldığında tüm örneklerde skalanın kırmızı tarafında ve 1.94-9.98 aralığında değiştiği görülmektedir ($p<0.05$). Mavilik-sarılık renk değerini gösteren b***** parametresine baktığımızda tüm yağların sarı renge yakın olduğu görülmekte, OJ_{bm10} ve de artış göstermiştir (Şekil 4.8). En yüksek L değeri (koyuluk) sırası ile şortening, OJ_{pkm10} ve OJ_{bm10} OJ_{pkm10} oleojellerinin diğerlerine göre daha sarı olduğu anlaşılmaktadır. b* değerinin de jelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı söylenebilir. Öğütçü (2014) tarafından yapılan çalışmada fındık yağı esaslı karnauba mumu, balmumu, ayçiçek mumu ve monogliserid ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki oleojellerin renk değerleri, L değerlerinin 39.36–63.40 arasında, karnauba mumu (FC3-FC10) ile üretilen oleojellerin 43.60–58.11 arasında, monogliserid (FM3-FM10) ile üretilen oleojellerin

42.99–58.47 arasında ve ayçiçek mumu (FS3-FS10) ile üretilen oleojellerin ise 53.93–71.93 arasında değiştiğini belirtmiştir. Bu oleojellerden L değeri en yüksek ayçiçek mumu ile üretilen oleojeller olduğu ve oleojel konsantrasyonu arttıkça L, a* ve b* değerlerinin de artış gösterdiği belirtilmiştir. Dursun, (2017)'de yaptığı çalışmasında kanola yağı ile farklı konsantrasyonlarda hazırladığı oleojellerin renk analizinde L değerlerinin 32.24–54.37 arasında değiştiğini belirtmiştir. Dursun (2017) yılında yaptığı çalışmada kanola yağı esaslı farklı konsantrasyonlardaki balmumu oleojellerini renk açısından değerlendirdiğinde L değerlerinin 32.24 – 54.37 arasında ve refesans yağın 77.63 değerinde olduğunu ayrıca L değeri en yüksek %9 konsantrasyondaki oleojelin olduğu belirtilmiştir. Konsantrasyon arttıkça L değerinde de artış olduğu görülmüştür. Örneklerde b* ve a* derecesinin artan balmumu konsantrasyonu ile biraz azaldığı ve referans yağa göre a* değerinin daha yüksek, b* değerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Literatür ışığında değerlendirildiğinde, bu çalışmada elde edilen renk analiz sonuçları diğer çalışmalarla örtüşmektedir.



Şekil 4.8. Oleojel örneklerinin renk analiz grafiği.

Çizelge 4.2. Oleojellere ait renk değerleri

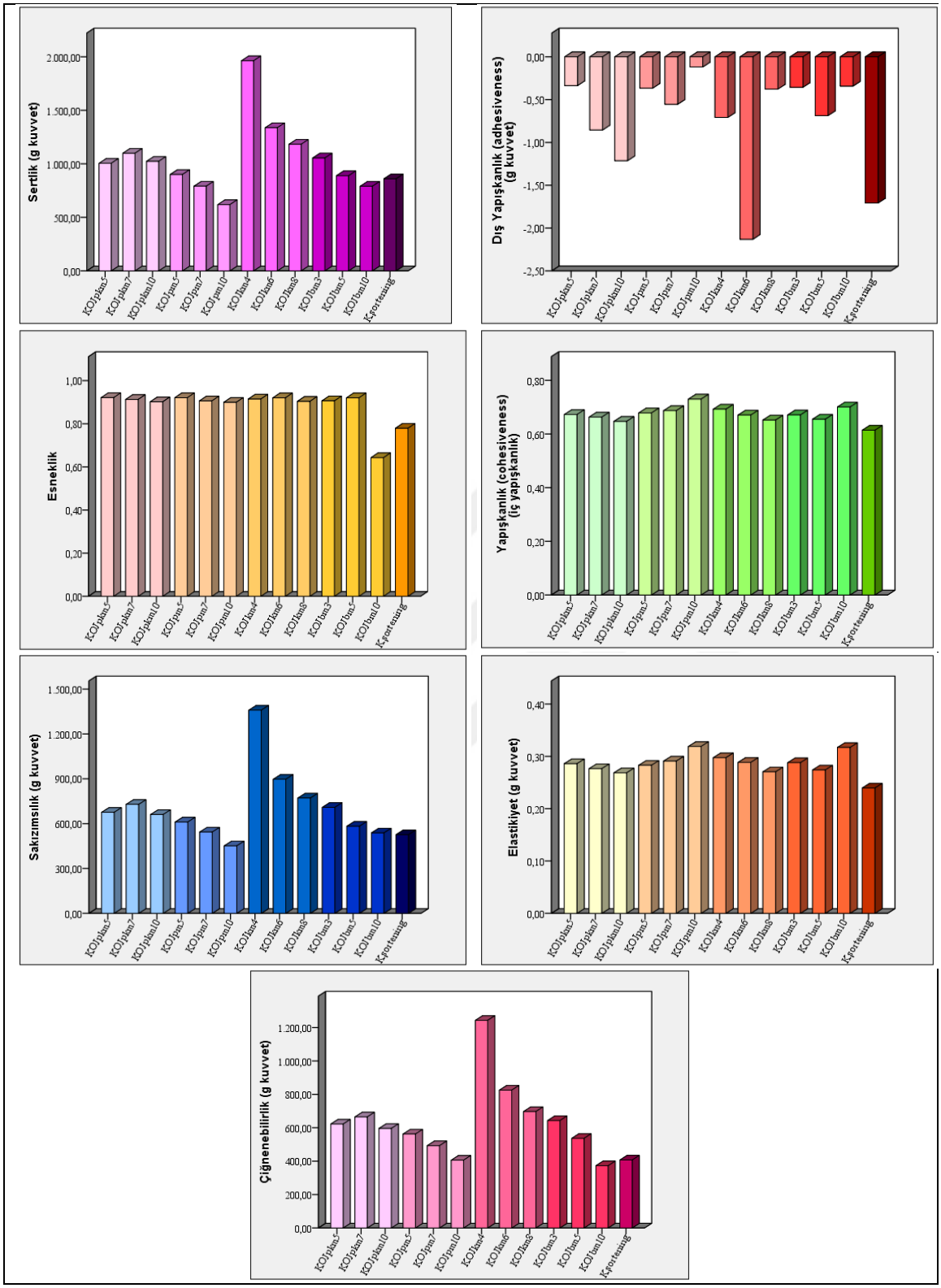
Oleojel	Renk değerleri		
	L	a*	b*
OJ_{pkm5}	35.61 ± 0.05^{bc}	6.45 ± 0.02^{f}	12.78 ± 0.96^{b}
OJ_{pkm7}	39.77 ± 0.14^{f}	5.42 ± 0.36^{e}	19.14 ± 0.93^{d}
OJ_{pkm10}	50.32 ± 0.20^{g}	2.32 ± 0.36^{ab}	26.15 ± 1.57^{f}
OJ_{pm5}	33.50 ± 1.17^{a}	9.98 ± 1.03^{g}	5.08 ± 1.27^{a}
OJ_{pm7}	37.99 ± 0.21^{de}	7.16 ± 0.06^{f}	13.45 ± 0.50^{b}
OJ_{pm10}	37.21 ± 0.21^{cd}	3.96 ± 0.04^{cd}	14.37 ± 0.28^{b}
OJ_{km4}	34.75 ± 0.41^{ab}	4.67 ± 0.47^{de}	12.47 ± 0.47^{b}
OJ_{km6}	36.43 ± 1.52^{c}	6.90 ± 0.07^{f}	13.73 ± 0.68^{b}
OJ_{km8}	35.73 ± 0.04^{bc}	5.18 ± 0.23^{e}	13.95 ± 0.03^{b}
OJ_{bm3}	36.08 ± 0.69^{bc}	6.46 ± 0.04^{f}	14.41 ± 0.66^{b}
OJ_{bm5}	38.87 ± 0.35^{ef}	3.83 ± 0.06^{c}	21.06 ± 0.08^{e}
OJ_{bm10}	50.76 ± 1.00^{g}	1.94 ± 0.08^{a}	28.03 ± 0.87^{g}
Şortening	81.12 ± 0.70^{h}	2.91 ± 0.04^{b}	16.81 ± 0.80^{c}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.3. Keklerin Tekstürel Özellikleri

Çalışmada üretilen keklerin tekstürel özelliklerin değerlendirilmesinde elde edilen veriler Çizelge 4.3'de yer almaktadır. Sertlik değerleri şortening ile üretilen keklerde 859.99 g kuvvet, oleojeller ile yapılan keklerde 618.47-1962.91 g kuvvet arasında değişim göstermiştir ($p<0.05$). Sertliği en yüksek olan kek örnekleri sırasıyla, K_{OJkm4}, K_{OJkm6} ve K_{OJkm8}'dır. Genel olarak propolis ve bal mumundan yapılan oleojellerin sertlik değerleri şorteninge yakın bulunmuştur. Pirinç kepeği mumu ve karnauba mumu ile hazırlanan oleojellerden yapılan keklerin daha sert olduğu anlaşılmaktadır. Oleojel konsantrasyonu arttıkça kek sertliğinde azalma olduğu görülmektedir (Şekil 4.9). Şorteninge en yakın sertlik değerine KOJ_{bm5} kekinin sahip olduğu tespit edilmiştir.Özgül hacim ile sertlik arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Sabanis ve ark., 2009) Dış yapışkanlık gıda ile dış yüzey arasındaki çekim kuvvetinin yenmek için gereksinim duyulan iş olarak tanımlanmaktadır. Bu değer birinci sıkıştırma sırasındaki negatif kuvvet alanıdır (Antoniou ve ark., 2000). Dış yapışkanlık değerleri şortening ile yapılan keklerde -1.71 g kuvvet iken, oleojel keklerinde -0.12-2.13 g kuvvet arasında olduğu belirlenmiştir. K_{OJpkm5}, K_{OJpm5}, K_{OJpm10}, K_{OJkm8}, K_{OJbm3} ve K_{OJbm10} keklerinin yapışkanlık ortalama değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Öte yandan K_{OJpkm7},K_{OJpm7},K_{OJkm4} ve K_{OJbm5}

değerleri de birbirine yakın bulunmuştur. Şortening ile yapılan keklerde esneklik 0.78 mm, oleojel keklerinde ise 0.64-0.92 mm arasında olduğu görülmektedir. Kekleri esneklik açısından değerlendirdiğimizde, K_{OJbm10} ve şortening içeren kekler dışındakilerde esneklik değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Dış yapışkanlık verilerinde şortening ile üretilen keklerde 0.61 olurken, oleojeller ile yapılan keklerde 0.65-0.73 olduğu görülmektedir. Sakızımsılık özelliğinde şortening ile yapılan keklerde 525.86 g kuvvet iken, oleojel keklerinde ise 451.48-1359.08 g kuvvet arasında olduğu tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik değeri şortening ile üretilen keklerde 406.92 g kuvvet, oleojeller ile üretilen keklerde ise 372.61-1243.24 g kuvvet arasında bulunmuştur. Elastikiyet, şortening ile yapılan keklerde 0.24 g kuvvet ve oleojel keklerinde 0.27-0.32 g kuvvet aralığında belirlenmiştir. Alvarez-Ramirez ve ark. (2020) kanola yağı esaslı kandelilla mumu ile hazırladıkları oleojeller ve tereyağı ile üretilen kekleri karşılaştırdıkları çalışmada, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, çiğneme ve esneklik değerlerinin oleogel içeriği artışına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Özellikle dış yapışkanlık artışı, oleojel içeren keklerin ufalanmaya karşı daha fazla direnç sergilediğini göstermiştir. Bir başka araştırmada Pehlivanoglu ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada karnauba mumu ile sulu ve susuz hazırladıkları oleojeller ile kek üretip kontrol grubu olarak şortening ile yapılan kekle karşılaştırmışlardır. Keklerin tekstürel analizinde sertlik değeri 1.72 ile 7.62 g kuvvet arasında değişkenlik gösterirken kontrol numunesinin en düşük sertlik değerinde olduğu belirlenmiştir. Sulu oleojellerin ise susuz oleojellerden daha az sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür. Keklerin esneklik değeri 0.92 ile 1.14 mm arasında değişim gösterdiği ve bir örnek dışında diğer keklerin esneklik değerinin birbirine yakın olduğu belirtilmiştir. En esnek kekin ise C1 örneği olan %50 şortening ve %50 pamuk yağı ile elde edilmiş oleojelli kekte olduğu vurgulanmıştır. Esneklik değerinin kekte önemli bir kalite kriteri olup, bir keke uygulanan kuvvet uzaklaştırıldıktan sonra kekin başlangıç yapısını geri kazanma kabiliyeti, son ürünün kalitesi için önemli olduğu bildirilmiştir. İç yapışkanlık (cohesiveness, cm^2) örneğin ağızda parçalanmasından önceki deforme olma derecesi olarak tanımlanır ve bu değer ikinci sıkıştırmadaki pozitif alanın birinci sıkıştırmadaki pozitif alana oranıdır (Koca, 2002). Keklerde iç yapışkanlık 0.76 ile 0.79 ve çiğnenebilirlik 1.28 ve 5.67 g kuvvet değerleri arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.9. Keklere ait tekstürel analiz grafikleri.

Çizelge 4.3. Oleojellerden yapılan keklerin tekstürel özellikleri

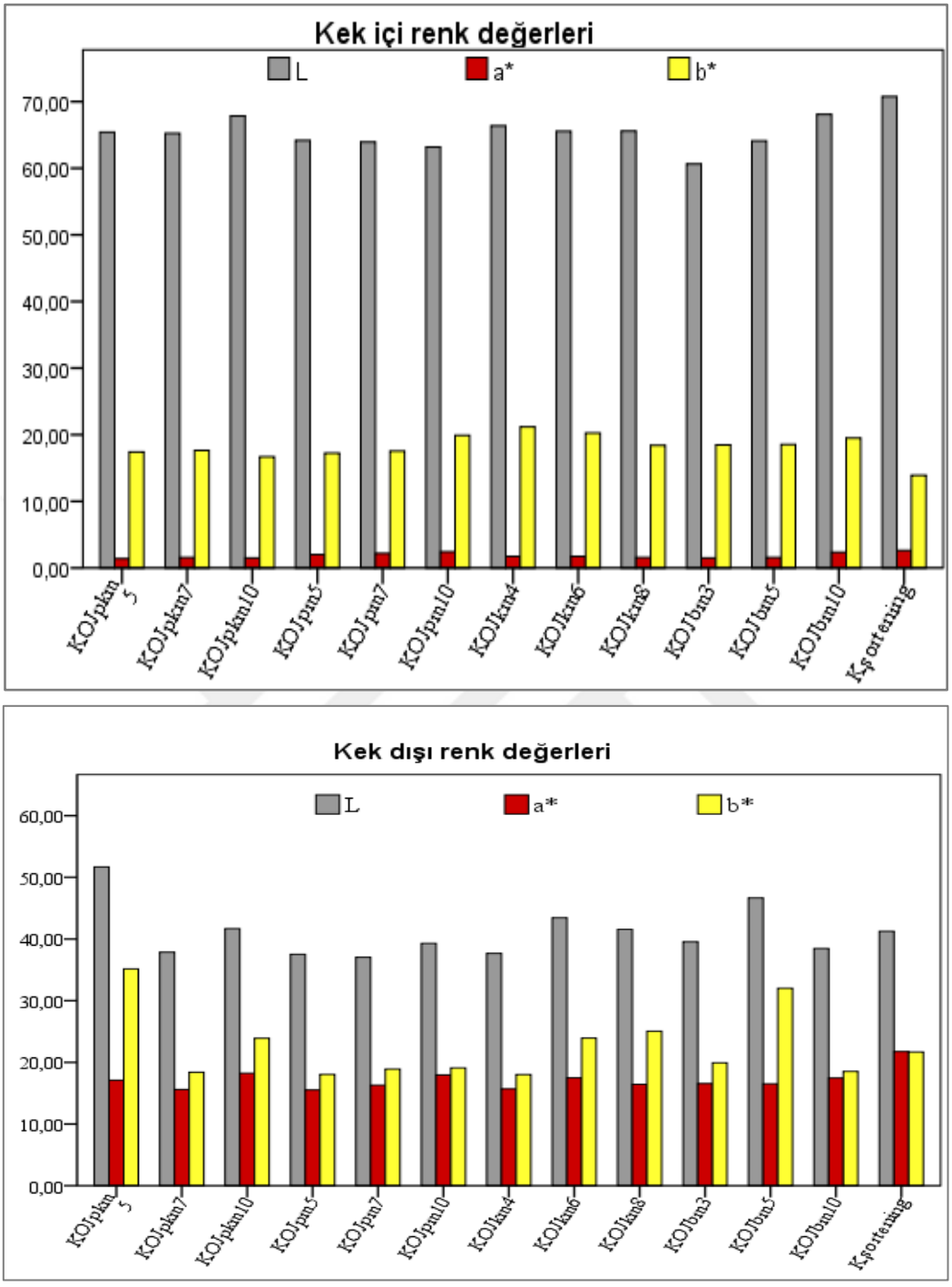
Kek	Sertlik	Dış Yapışkanlık (adhesiveness)	Esneklik	İç Yapışkanlık (cohesiveness)	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet
K_{OJpkm5}	1005.02±5.86^{bcd}	-0.34±0.23^{c}	0.92±0.01^{b}	0.67±0.00^{ab}	675.73±6.1^{cdef}	622.18±12.22^{bcd}	0.29±0.00^{a}
K_{OJpkm7}	1098.51±87.63^{cd}	-0.86±0.24^{bc}	0.91±0.00^{b}	0.66±0.01^{ab}	728.66±69.47^{ef}	664.89±60.72^{cd}	0.28±0.01^{a}
$K_{OJpkm10}$	1023.18±116.09^{bcd}	-1.21±1.11^{abc}	0.90±0.00^{b}	0.65±0.02^{ab}	660.96±55.04^{bcdef}	595.90±51.92^{bc}	0.27±0.02^{a}
K_{OJpm5}	900.35±7.95^{bc}	-0.37±0.34^{c}	0.92±0.01^{b}	0.68±0.00^{ab}	610.87±2.51^{bcde}	562.40±7.86^{abc}	0.28±0.01^{a}
K_{OJpm7}	791.15±21.21^{ab}	-0.55±0.35^{bc}	0.91±0.00^{b}	0.69±0.02^{ab}	543.90±26.91^{abc}	492.61±25.78^{abc}	0.29±0.01^{a}
K_{OJpm10}	618.47±24.61^{a}	-0.12±0.09^{c}	0.90±0.00^{b}	0.73±0.01^{b}	451.48±22.97^{a}	405.89±20.21^{ab}	0.32±0.00^{a}
K_{OJkm4}	1962.91±29.93^{f}	-0.71±0.45^{bc}	0.91±0.01^{b}	0.69±0.01^{ab}	1359.08±2.02^{h}	1243.24±14.63^{e}	0.30±0.00^{a}
K_{OJkm6}	1337.35±9.49^{e}	-2.13±0.77^{a}	0.92±0.01^{b}	0.67±0.01^{ab}	896.94±7.89^{g}	825.26±17.38^{d}	0.29±0.01^{a}
K_{OJkm8}	1182.39±45.36^{de}	-0.38±0.58^{c}	0.90±0.02^{b}	0.65±0.00^{ab}	771.05±31.3^{f}	697.14±41.85^{cd}	0.27±0.00^{a}
K_{OJbm3}	1054.33±76.21^{cd}	-0.36±0.29^{c}	0.91±0.03^{b}	0.67±0.03^{ab}	708.76±81.33^{def}	643.08±93.65^{cd}	0.29±0.01^{a}
K_{OJbm5}	889.06±51.06^{bc}	-0.69±0.2^{bc}	0.92±0.02^{b}	0.66±0.00^{ab}	582.55±37.5^{abcd}	536.27±46.68^{abc}	0.27±0.00^{a}
K_{OJbm10}	790.39±320.96^{ab}	-0.34±0.16^{c}	0.64±0.37^{a}	0.70±0.10^{ab}	537.93±147.96^{abc}	372.61±291.36^{a}	0.32±0.10^{a}
$K_{Şortening}$	859.99±45.43^{bc}	-1.71±0.89^{ab}	0.78±0.09^{ab}	0.61±0.10^{a}	525.86±56.98^{ab}	406.92±3.88^{ab}	0.24±0.06^{a}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.4. Keklerde Renk Analizi

Şortening ve hazırlanan oleojeller ile üretilen keklerde içinde ve dışında olmak üzere L (100 açıklık/0 koyuluk), a* (+kırmızılık/-yeşillik) ve b* (-mavilik/+sarılık) renk değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Kek içinde açıklık – koyuluğu ifade eden L değerleri 60.66-70.77 arasında olduğu belirlenmiştir. L değeri en yüksek olan kek şortening ile üretilen kekte tespit edilmiştir. En düşük ise K_{OJbm3} kekinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin kullanılan oleojelin türünden ve konsantrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. L değeri balmumu oleojeli ile yapılan keklerde konsantrasyon arttıkça artış göstermiştir. Kek içinde a* (+kırmızılık/-yeşillik) değerlerinin 1.40-2.62 arasında olduğu bulunmuştur. Bu değerde de en yüksek değerin şortening kekinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). K_{OJpkm5} keki ise en düşük a* değerine sahip olmuştur. b* (-mavilik/+sarılık) parametresi keklerin içinde 13.90-

21.18 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. En düşük b* değeri şortening kekinde saptanmıştır. Kek dışında ise açıklık –koyuluğu ifade eden L değerleri 37.04-51.68 arasında olduğu belirlenmiştir. a* (+kırmızılık/- yeşillik) değeri keklerin dışında 15.52-21.75 değerleri arasında olduğu saptanmıştır. b* (-mavilik/+sarılık) parametresinin keklerin dışında 18.03-35.16 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Oh ve ark. (2017) yılında yaptıkları bir araştırmada pirinç kepeği mumu, balmumu ve kandelilla mumu ile yaptıkları keklerde renk analizine göre L değeri oleojeller ile üretilen keklerde şortening ile üretilene göre belirgin bir artış göstermiştir. Kabuk rengi olarak şortening ile yapılan keklerin daha koyu bir renge sahip olduğu belirtilmiştir. Oleojel keklerinde b* değerlerinin kontrolden daha düşük oldukları saptanmıştır. Bu da oleojel keklerinin daha az sarı olduğu anlamına gelmektedir. Oh ve Lee (2018) yılında HPMC oleojeli ile farklı oranlarda şortening karıştırılması ile yaptıkları keklerin renk analizi sonucuna göre oleojel kekinin iç ve dış renk parametreleri L değerleri kabukta HPMC oleojel konsantrasyonu arttıkça önemli ölçüde azalmıştır. Oleojel keklerinin kabuğunda a* değerleri yükselirken, b* değerleri kek içinde ve dışında da artış göstermiştir.



Şekil 4.10. Keklerin iç ve dış renk analiz grafikleri.

Çizelge 4.4. Keklerde belirlenen renk değerleri

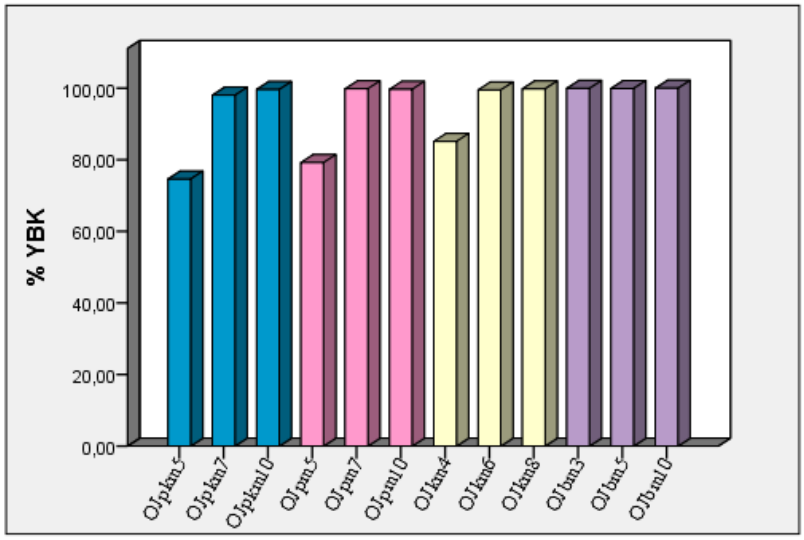
Örnek	İç			Dış		
	L	A	b	L	a	b
K_{OJpkm5}	65.40±0.18^{de}	1.40±0.08^{a}	17.42±0.13^{cd}	51.68±0.66^{g}	17.11±0.52^{de}	35.16±0.21^{e}
K_{OJpkm7}	65.24±0.08^{cde}	1.57±0.02^{ab}	17.66±0.08^{d}	37.86±0.88^{ab}	15.60±0.46^{a}	18.41±0.98^{a}
$K_{OJpkm10}$	67.84±0.40^{f}	1.51±0.01^{ab}	16.70±0.09^{b}	41.68±0.20^{d}	18.23±0.08^{g}	23.92±0.02^{c}
K_{OJpm5}	64.17±0.04^{bcd}	2.01±0.01^{c}	17.24±0.16^{c}	37.53±0.05^{a}	15.52±0.04^{a}	18.05±0.06^{a}
K_{OJpm7}	63.92±0.01^{b}	2.17±0.01^{cd}	17.54±0.04^{cd}	37.04±1.14^{a}	16.30±0.16^{bc}	18.92±0.93^{a}
K_{OJpm10}	63.19±0.63^{b}	2.42±0.01^{de}	19.91±0.10^{g}	39.29±0.11^{bc}	17.97±0.16^{fg}	19.11±1.32^{a}
K_{OJkm4}	66.36±0.83^{e}	1.75±0.04^{b}	21.18±0.08^{i}	37.68±1.05^{ab}	15.73±0.22^{ab}	18.03±1.36^{a}
K_{OJkm6}	65.54±0.15^{e}	1.75±0.04^{b}	20.26±0.16^{h}	43.46±1.40^{e}	17.48±0.49^{ef}	23.92±1.74^{c}
K_{OJkm8}	65.59±0.38^{e}	1.57±0.15^{ab}	18.40±0.04^{e}	41.57±0.39^{d}	16.45±0.12^{cd}	25.05±0.76^{c}
K_{OJbm3}	60.66±0.93^{a}	1.49±0.30^{ab}	18.47±0.26^{e}	39.57±0.25^{c}	16.57±0.11^{cd}	19.93±0.86^{ab}
K_{OJbm5}	64.10±0.28^{bc}	1.56±0.19^{ab}	18.55±0.18^{e}	46.68±0.11^{f}	16.52±0.11^{cd}	32.00±0.24^{d}
K_{OJbm10}	68.08±1.17^{f}	2.35±0.11^{d}	19.51±0.29^{f}	38.45±0.45^{abc}	17.47±0.59^{ef}	18.53±0.56^{a}
$K_{Şortening}$	70.77±0.25^{g}	2.62±0.02^{e}	13.90±0.04^{a}	41.24±0.93^{d}	21.75±0.04^{h}	21.67±0.35^{b}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

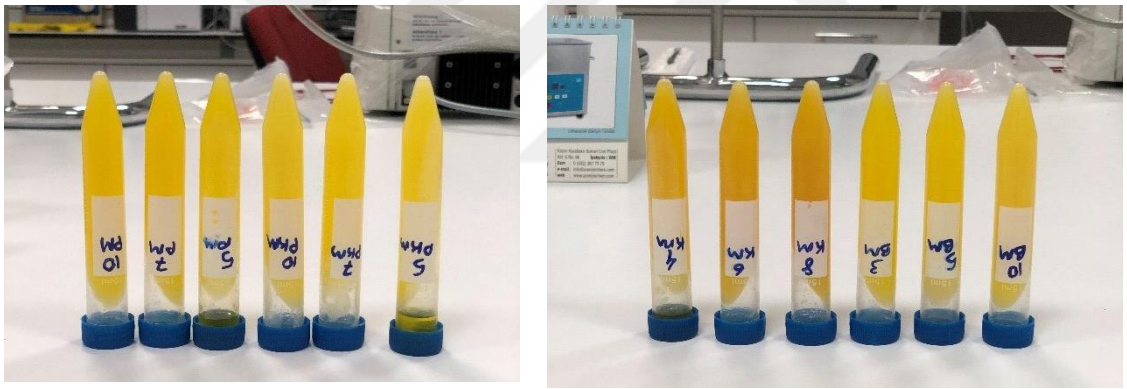
4.5. Oleojellerde %Yağ Bağlama Kapasitesi, Katı Yağ İçerikleri (SFC), Kristalisyon Süresi

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan oleojellerin % yağ bağlama kapasiteleri (%YBK), katı yağ içerikleri (SFC) ve kristalizasyon süreleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Oleojellerin %YBK değerleri incelendiğinde <%99 olduğu, örneklerde OJ_{pkm} %74.61-99.63, OJ_{pm}%79.21-99.82, OJ_{km} %85.12-99.79 ve OJ_{bm} %99.90-99.98 arasında değiştiği görülmektedir. Balmumu oleojellerinde konsatrasyon arttıkça % YBK'nde önemli bir değişiklik olmadığı Şekil 4.11'de görülmektedir. Şekil 4.12'de santrifüj sonrası tartım için bekletilen oleojellerin görüntüsü verilmiştir. Diğer oleojellerde ise 2. ve 3. konsantrasyonlar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Öğütçü (2014) tarafından yapılan çalışmada fındık yağı esaslı monogliserid, ayçiçek mumu, karnauba mumu ve balmumu oleojellerinde %YBK'ni karşılaştırdığında %39.80–99.85 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Balmumu ve ayçiçek mumu oleojellerinde %YBK'nin konsantrasyona bağlı olmadığı, özellikle Carnauba mumu ve monogliserid oleojellerinde, oleojelatör konsantrasyonu arttıkça % YBK'nin arttığı saptanmıştır. Da Pieve ve ark. (2010) yılında yaptıkları çalışmada hazırladıkları morina karaciğeri yağı ile monogliserid oleojelinin %YBK için yağ bağlama kabiliyeti yüksek ve yağın jel ağı boyunca düşük kütle yayılımı ile karakterize olduğu bildirilmiştir. Kristalleşme sırasında kesme kuvveti

uygulandığında % YBK'nde belirgin bir düşüş olacağı belirtilmiştir. Çalışma bulguları benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.



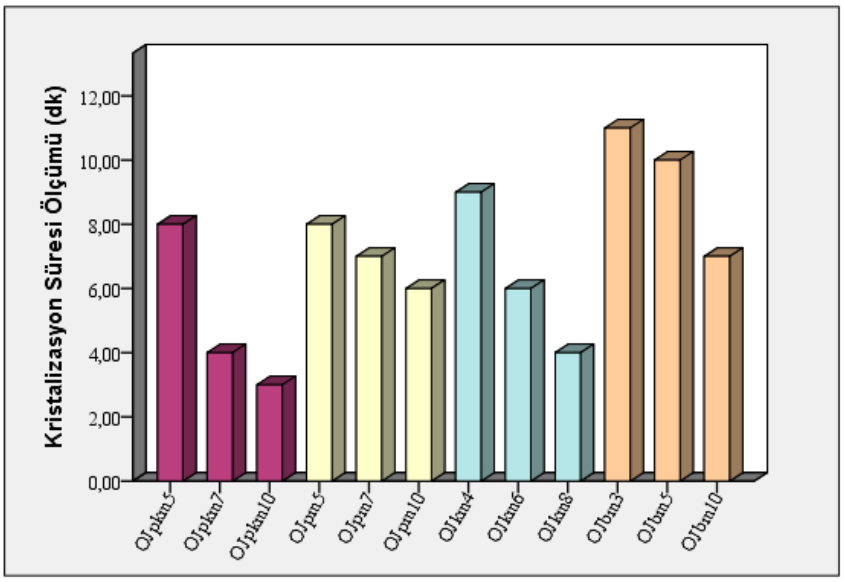
Şekil 4.11. Oleojellerin % yağ bağlama kapasitesi grafiği.



Şekil 4.12. Santrifüj sonrası tartım için bekletilen oleojeller.

Kristalizasyon süresi ölçümünde OJ_{pkm} 3-8 dk, OJ_{pm} 6-8 dk, OJ_{km} 4-9 dk, OJ_{bm} 7-11 dk arasında olduğu görülmektedir. Oleojel konsantrasyonları arttıkça kristalizasyon süresinde azalma olduğu saptanmıştır (Şekil 4.13). En hızlı kristalizasyon süresi pirinç kepeği mumunda görülmüştür. Öğütçü (2014) tarafından yapılan tez çalışmasında fındık yağı esaslı monogliserid, ayçiçek mumu, karnauba mumu ve balmumu oleojellerinde kristalizasyon süresi ölçümünün 4.00-18.50 dk arasında değiştiği tespit edilmiştir. En hızlı kristal oluşturan oleojelin ayçiçek mumu olduğu belirlenmiştir. %3 konsantrasyondaki karnauba mumu ve monogliseridde jel oluşumu görülmemiştir. Dassanayake ve ark. (2009) yılında yaptıkları bir çalışmada zeytinyağı esaslı %0.2-4

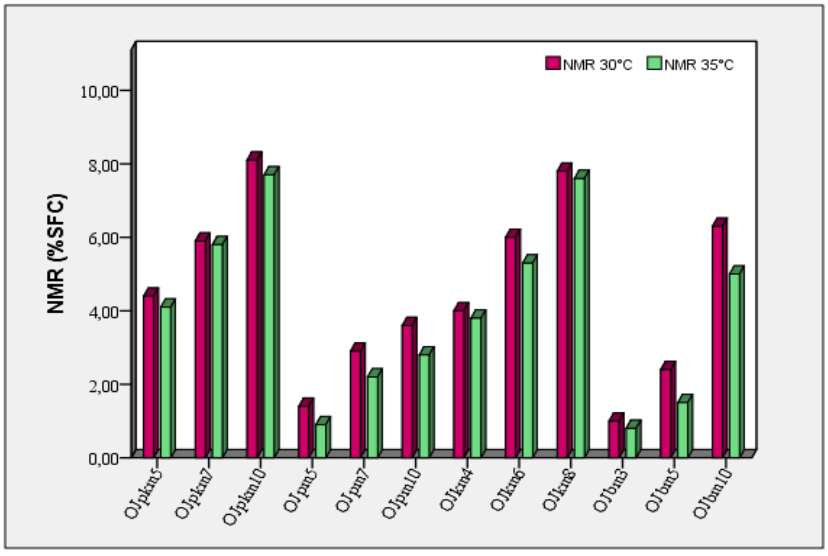
arasındaki konsantrasyonlarda pirinç kepeği mumu, kandelilla mumu ve karnauba mumu ile hazırladıkları oleojellerde kristalizasyon süresini ölçmüşlerdir. Buna göre jel oluşum süreleri sırasıyla 4.0-11.0, 9.0-14.0 ve 12-14 dk arasında olduğu saptanmıştır. Karnauba mumunun %4 konsatrasyonun altında durağan bir jelleşme göstermediği belirlenmiştir. Jelatör konsantrasyonu arttıkça kristalleşme süresinde azalma görülmüştür. Literatürdeki çalışmalarla elde edilen veriler karşılaştırıldığında benzer sonuçlar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Oleojellerin kristalizasyon süresi grafiği.

Çalışmada oluşturulan oleojellerde % SFC analizine göre 30 °C'de OJ_{pkm} %4.40-8.10, OJ_{pm} %1.40-3.60, OJ_{km} %4.00-7.80 ve OJ_{bm}%1.00-6.30 değerleri arasındayken 35 °C'de OJ_{pkm} %4.10-7.70, OJ_{pm} %0.90-2.80, OJ_{km} %3.80-7.60 ve OJ_{bm} %0.80-5.00 arasında olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık arttırıldığında oleojellerin % SFC'nde düşük düzeyde azalma tespit edilmiştir. Analiz verilerine bakıldığında % SFC'nin jelatör konsantrasyonu arttıkça yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.14). % SFC, farklı sıcaklıktaki katı yağ miktarını ifade eden likit yağların önemli bir özelliği olarak ifade edilmiştir. SFC, gıda özelliklerini, uygulamalarını ve farklı depolama, işleme ve tüketim koşullarındaki davranışlarını tanımlamak ve anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Augusto ve ark., 2012). Öğütçü (2014) yılında yaptığı çalışmada fındık yağı ile balmumu, karnauba mumu, monogliserid ve ayçiçek mumu oleojellerine

20 °C ve 35 °C'de % SFC analizi yapılmıştır. Buna göre 20 °C'deki katı yağ içerikleri %1.96–8.47, 35 °C'deki ise %1.18–8.24 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Karnauba ve ayçiçek mumu oleojellerin % SFC'nin sıcaklık değişimin çok fazla etkilenmediği vurgulanmıştır. Ayrıca kontrol grubu olarak ticari bir şorteningin de 20 °C'de % SFC'ne bakıldığında %30 olarak belirlenmiştir. Chopin-Doroteo ve ark. (2011) yapılan çalışmada aspir yağı esaslı karnauba mumu ve tripalmitin jelatörleri ve bu jelatörlerin farklı konsantrasyonlarda karışımlarından oluşan oleojeller hazırlanarak %SFC analizi yapılmıştır. Verilere göre tripalmitin (%1) kandelilla mumu (%3) içeren oleojellerin sadece kandelilla mumu (%3) içeren oleojellere göre %SFC değerlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Oleojellerin katı yağ içerikleri %2.25-3.69 arasında değiştiği belirtilmiştir. Dursun (2017) yılında yaptığı çalışmada kanola yağı ile farklı konsantrasyonlarda balmumu oleojelleri hazırlayarak 4 ve 25 °C'de 3 ay depolama sonunda % SFC analizi yapılmıştır. Analize göre balmumu oleojelatörü konsantrasyonu arttıkça % SFC'nde bir artış gözlemlenirken, farklı sıcaklıklardaki depolama süresinin % SFC'ne önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Analiz bulguları literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında uyumluluk göstermektedir.



Şekil 4.14. Oleojellerin % katı yağ içeriği analiz grafiği.

Çizelge 4.5. Oleojellere ait %YBK, SFC, kristalizasyon süresi ölçüm parametreleri

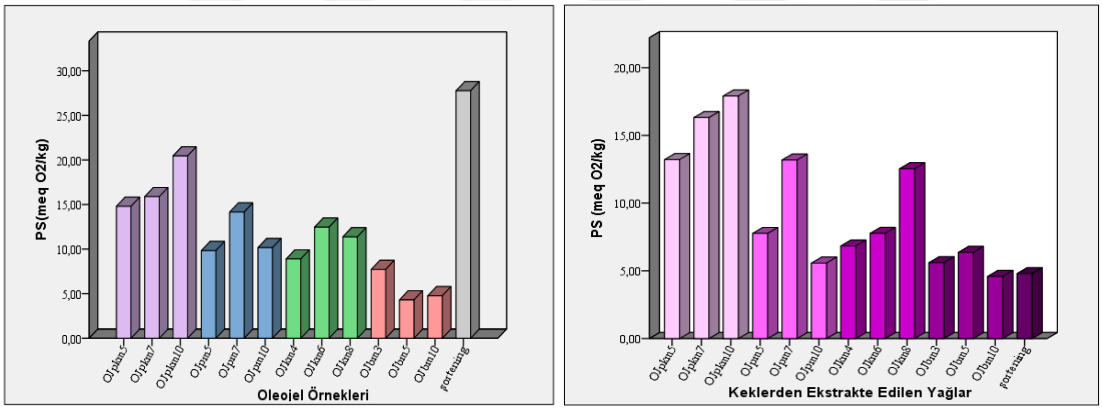
Oleojel	%YBK	NMR 30°C	NMR 35°C	Kristalizasyon Süresi
OJ_{pkm5}	74.61±3.48^{a}	4.40±2.23^{ab}	4.10±2.18^{ab}	8.00±1.27^{cde}
OJ_{pkm7}	98.03±1.64^{b}	5.90±2.47^{ab}	5.80±2.31^{ab}	4.00±0.99^{ab}
OJ_{pkm10}	99.63±5.44^{b}	8.10±2.35^{b}	7.70±3.58^{b}	3.00±0.71^{a}
OJ_{pm5}	79.21±4.43^{a}	1.40±1.48^{a}	0.90±1.06^{a}	8.00±0.99^{cde}
OJ_{pm7}	99.82±5.90^{b}	2.90±2.98^{ab}	2.20±2.56^{ab}	7.00±0.71^{cd}
OJ_{pm10}	99.66±5.64^{b}	3.60±3.37^{ab}	2.80±3.14^{ab}	6.00±0.71^{bc}
OJ_{km4}	85.12±4.29^{a}	4.00±3.15^{ab}	3.80±2.98^{ab}	9.00±1.13^{def}
OJ_{km6}	99.49±2.31^{b}	6.00±2.80^{ab}	5.30±3.42^{ab}	6.00±0.99^{bc}
OJ_{km8}	99.79±5.98^{b}	7.80±2.02^{b}	7.60±2.98^{b}	4.00±0.28^{ab}
OJ_{bm3}	99.93±3.20^{b}	1.00±1.39^{a}	0.80±0.33^{a}	11.00±1.56^{f}
OJ_{bm5}	99.90±4.29^{b}	2.40±2.43^{ab}	1.50±0.75^{ab}	10.00±0.99^{ef}
OJ_{bm10}	99.98±5.13^{b}	6.30±3.24^{ab}	5.00±3.90^{ab}	7.00±0.85^{cd}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.6. Oleojellerde Belirlenen Bozulma Parametreleri

Farklı konsantrasyonlarda farklı jelatörlerle oluşturulan oleojellere ait kek yapımı öncesi sonrasında belirlenen PS, K_{232}, K_{270} ve SYA değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Genel olarak PS'ları kek yapımı sonrası keklerden ekstrakte edilen oleojellerde düşüş göstermiştir (Şekil 4.15). Bu muhtemelen kek yapımı sırasında uygulanan yüksek sıcaklık sonucu peroksitlerin parçalanarak ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden ve kullanılan aspir yağının natürel olmasından kaynaklanabilir. En yüksek PS şorteningde belirlenmiştir (25.12 meqO_2/kg). Normalde doymuş yağ asidi içeriği yüksek olan şorteninglerde PS'nın düşük olması beklenir. Ancak pastacılardan temin edilen şorteningin uygun olmayan şartlarda uzun süre depolanmış olabileceği düşünülmektedir. Kek yapımı sonrası şorteningdeki PS yaklaşık 6 kat azalmıştır. Oleojeller içinde en yüksek PS'ları pirinç kepeği mumunun jelatör olarak %5, 7 ve 10 oranında kullanıldığı oleojellerde (OJ_{pkm5}, OJ_{pkm7}, OJ_{pkm10}) tespit edilmiştir. Kek yapımı sonrası bu değerler düşük düzeyde azalış göstermiştir. En düşük PS'ları ise balmumunun jelatör olarak kullanıldığı OJ_{bm3}, OJ_{bm5} ve OJ_{bm10} oleojellerde sırası ile 7.72, 4.30 ve 4.76 meqO_2/kg olarak belirlenmiştir. Kek yapımı sonrası keklerden ekstrakte edilen OJ_{bm3} ve OJ_{bm5}'de PS'ında önemli azalış gerçekleşmiştir

($p<0.05$). Kek yapımı sonrası OJ_{pkm10} OJ_{pm10} OJ_{km6} OJ_{bm3} ve şorteninglerde PS'ları istatistiki olarak anlamlı azalış göstermiştir ($p<0.05$). Bu durum daha önce de belirtildiği gibi, kek yapımı sırasında uygulanan yüksek sıcaklıktan (175 ^{o}C) dolayı hidroperoksitlerin parçalanarak ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesi şeklinde açıklanabilir. Pirinç kepeği, propolis ve karnauba mumlarından hazırlanan oleojellerde PS'nın yüksek çıkması, oleojel hazırlanması sırasında veya mumların ekstraksiyonu sırasında uygulanan sıcaklığa atfedilebilir. Gündüz (2020) yaptığı tez çalışmasında piyasadan temin ettiği şortening de PS'ını 27.76meqO_2/kg olarak belirlemiştir. Yılmaz ve Ögutcu (2015) yılında yaptıkları çalışmada fındık yağı ile ayçiçek mumu ve balmumu jelatörleri kullanılarak hazırladıkları oleojellerden yapılan kurabiyelerin 30 gün depolanması sonucu PS analizi yapmışlardır. Oleojellerin ve kontrol olarak kullanılan şorteningin kurabiye yapımı öncesi PS değerleri 0.30-0.36 meqO_2/kg arasında olduğu belirtilmiştir. Kurabiye yapım sonrasında ise PS değerleri 0.40-0.45 meqO_2/kg arasında saptanmıştır. Örnekler arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir.

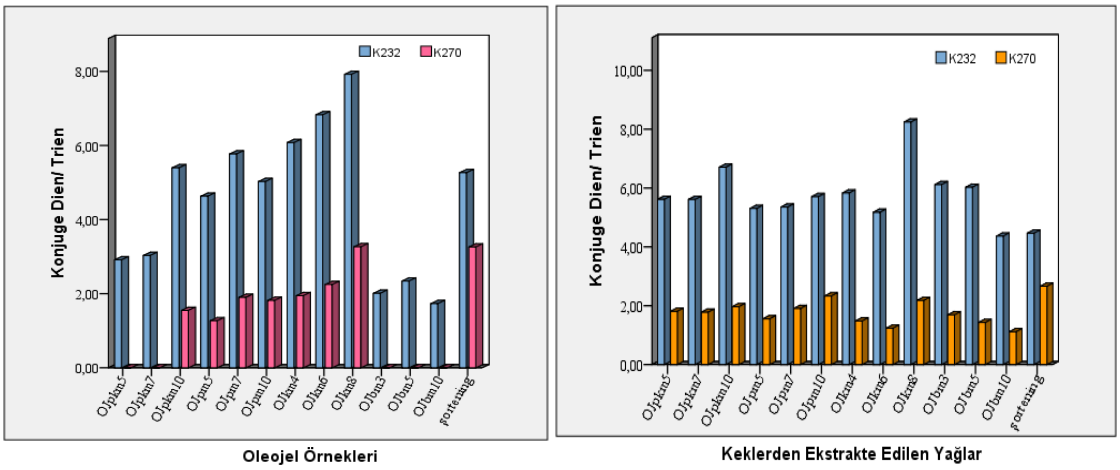


Şekil 4.15. Oleojel ve keklerden ekstrakte edilen yağlara ait PS grafiği.

Çoklu doymamış yağ asitlerinden hidroperoksitlerin oluşması konjugasyonun oluşmasına yol açar. Bu oluşum, UV spektrumunda belirlenir. Oluşan primer ve sekonder oksidasyon ürünleri 232 nm ve 270 nm'de okunur. Kojuge dien oluşumu arttıkça 232 nm'deki özgül soğurma değeri peroksitlere paralel olarak artış göstermekteyken; 270 nm'de özgül soğurma değeri ise aldehit ve ketonların oluşumuna (acılık, istenmeyen lezzet bileşikleri) paralel olarak artış göstermektedir (Ceylan, 2020). Ortamda K_{232} yapıların artması 232 nm dalga boyundaki soğrulan ultraviyole ışınların

değerini arttırırken; 270 nm dalga boyunda soğrulan ışınların değeri ise aldehit, keton gibi oksidasyonun ikincil parçalanma ürünleri hakkında yorum yapılmasını sağlar (Sarıca, 2015).

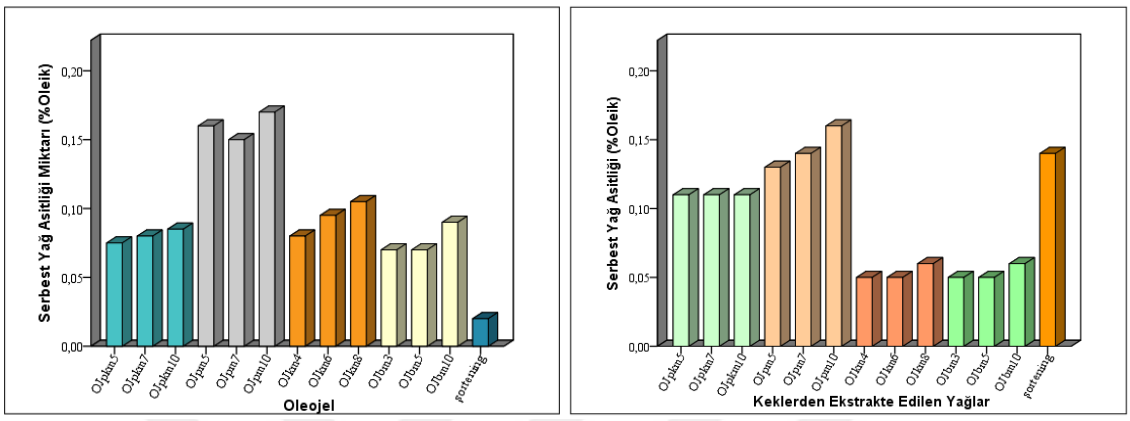
Oleojellerde kek öncesi K_{232} değerleri 1.73-7.92 aralığında tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kek yapımı sonrası bu değerler OJ_{pkm5},OJ_{pkm7},OJ_{bm3},OJ_{bm5} ve OJ_{bm10} oleojellerinde artış göstermiştir ($p<0.05$). Kek öncesi OJ_{pkm5},OJ_{pkm7},OJ_{bm3},OJ_{bm5} ve OJ_{bm10} oleojellerinde konjuge trien (K_{270}) oluşmamıştır. Ancak kek yapımı sonrası ekstraksiyonla elde edilen bu oleojellerde 1.12-1.81 aralığında K_{270} oluşmuştur ($p<0.05$). Analiz verilerine ait grafikler Şekil 4.16'da görülmektedir. Yi ve ark. (2017) yılında yaptıkları çalışmada karnauba mumu ve kanola yağı, balmumu ve üzüm çekirdeği yağı ile hazırlanan oleojellerde K_{232} analizi uygulanmıştır. Oleojellerin K_{232} değerleri 0.4-1.2 arasında değişim göstermiştir. 180 °C'de oleojeller arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. 140 °C'den yüksek sıcaklık uygulanan oleojellerde nispeten de olsa K232 oluşumunun yükselişine sebep olabileceği belirtilmiştir. Hwang ve ark. (2018) yılında yaptıkları çalışmada balık yağı ile pirinç kepeği mumu, balmumu, kandelilla mumu ve ayçiçek mumu oleojelleri hazırlayıp bu oleojelleri 35 °C ve 50 °C'de muhafaza etmişlerdir. Uygulanan analizlere göre mumların balık yağını oksidasyona karşı etkili bir şekilde koruduğu belirtilmiştir. K_{232} analizinde 35 °C'de 35 günden sonra değerler 1.6-4.5 arasında olup kontrol örneği belirgin bir şekilde atış gösterirken, pirinç kepeği mumu bir miktar azalmış ve diğer oleojellerde ise az miktarda artış gözlemlenmiştir. 35. günden sonra balmumu dışındaki tüm mumlar jelleşme yoluyla bariz bir koruyuculuk göstermiştir. Kandelilla mumu en düşük K_{232} değerine sahip olmuştur. Analiz verileri benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 4.16. Oleojeller ve kek yağlarına ait konjuge dien-trien analiz grafiği.

Kek öncesi sonrasında oleojellerde SYA %0.05-0.17 aralığında değişim göstermiştir ($p<0.05$). SYA örneklere göre farklılık gösterirken ($p<0.05$), kek yapımı sonrası SYA değerleri önemli farklılık göstermemiştir. Kontrol grubu olan şortening ile üretilen kekte ise diğer keklere göre belirgin bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.17). Kek yapımı sonrasında pirinç kepeği mumu oleojellerinde konsantrasyon arttıkça yüksekliş olduğu belirlenmiştir. Oleojeller arasında kek öncesi en yüksek SYA değerlerinin propolis mumu oleojellerinde 0.15-0.17 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bunun sebebinin de propolisten mum ekstrakte edilirken ve oleojelasyon sırasında uygulanan sıcaklıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ny ve Rah (2015) yılında yaptıkları bir çalışmada 3 çeşit (Malawi, Giza, Etiyopya) aspir yağının bazı özelliklerini araştırmışlardır. SYA miktarı % 0.38 ila 1.01 arasında düşük değerlere sahip oldukları saptanmıştır. Moghtadaei ve ark. (2018) yılında yaptıkları çalışmada susam yağı esaslı farklı konsantrasyonlarda balmumu oleojelleri ile sığır yan yağı ve incikten ekstrakte edilen yağlar ile karşılaştırılmıştır. Analiz verilerine göre susam yağındaki SYA miktarı hayvansal yağa göre çok düşük bulunmuştur. Hayvansal yağlar 3.73-2.73 iken susam yağında 0.42 olarak saptanmıştır. Oleojellerde ise 0.44-0.78 değerleri arasında değişim gösterdiği ve verilerin düşük olmasının sebebinin de susam yağında az miktarda SYA miktarı bulunmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Zulim Botega ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği mumu, kandelilla ve karnauba mumları ile ayçiçek yağı kullanılarak oluşturulan oleojellerin dondurmada kullanılması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Oleojellerin SYA değerlerinin pirinç

kepeği mumunda 0-2, kandelilla mumunda 7-10, karnauba mumunda 3-3.5 arasında değiştiği saptanmıştır. Literatürdeki çalışmalara göre karşılaştırma yapıldığında elde edilen verilerin uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Oleojellerin ve keklerden ekstrakte edilen yağların SYA grafiği.

Çizelge 4.6. Oleojellerde kek yapımı öncesi ve sonrasında belirlenen bazı bozulma parametreleri

Örnek	PS		K_{232}		K_{270}		SYA	
	Kek öncesi	Kek sonrası	Kek öncesi	Kek sonrası	Kek öncesi	Kek sonrası	Kek öncesi	Kek sonrası
OJ_{pkm5}	14.80±0.29^{fgA}	13.21±0.78^{bcA}	2.91±0.15^{abA}	5.62±0.04^{abB}	0.00±0	1.81±0.04^{cde}	0.08±0.01^{bA}	0.11±0.11^{aA}
OJ_{pkm7}	15.88±0.42^{gA}	16.32±0.40^{cdA}	3.03±0.21^{bA}	5.61±0.78^{abB}	0.00±0	1.78±0.24^{bcd}	0.08±0.00^{bcA}	0.11±0.10^{aA}
OJ_{pkm10}	20.45±0.05^{hB}	17.91±0.40^{dA}	5.40±1.09^{cdA}	6.71±2.43^{bcA}	1.55±1.07^{abA}	1.97±0.62^{cdeA}	0.09±0.01^{bcA}	0.11±0.08^{aA}
OJ_{pm5}	9.83±0.47^{bcdA}	7.76±1.20^{aA}	4.63±0.00^{cA}	5.31±0.62^{abA}	1.27±0.06^{aA}	1.56±0.25^{abcA}	0.16±0.04^{dA}	0.13±0.08^{aA}
OJ_{pm7}	14.16±1.62^{efgA}	13.18±4.79^{bcA}	5.77±0.36^{cdeA}	5.35±0.03^{abA}	1.90±0.26^{abA}	1.91±0.01^{cdeA}	0.15±0.00^{dA}	0.14±0.10^{aA}
OJ_{pm10}	10.16±2.09^{bcdB}	5.57±0.17^{aA}	5.03±0.75^{cdA}	5.71±0.50^{abA}	1.82±0.36^{abA}	2.33±0.30^{efA}	0.17±0.00^{dA}	0.16±0.16^{aA}
OJ_{km4}	8.90±1.00^{bcA}	6.83±0.08^{aA}	6.08±0.02^{deA}	5.83±0.27^{abA}	1.95±0.08^{abB}	1.48±0.06^{abcA}	0.08±0.00^{bcA}	0.05±0.06^{aA}
OJ_{km6}	12.46±1.07^{defB}	7.77±0.28^{aA}	6.83±0.70^{efA}	5.18±0.22^{abA}	2.25±0.22^{bB}	1.24±0.06^{abA}	0.10±0.01^{bcA}	0.05±0.04^{aA}
OJ_{km8}	11.37±0.47^{cdeA}	12.54±0.37^{bA}	7.92±1.04^{fA}	8.24±0.42^{cA}	3.26±0.62^{cA}	2.18±0.13^{defA}	0.11±0.01^{cA}	0.06±0.06^{aA}
OJ_{bm3}	7.72±0.39^{bB}	5.60±0.47^{aA}	2.01±0.13^{abA}	6.12±0.26^{abB}	0.00±0	1.69±0.13^{bcd}	0.07±0.00^{bA}	0.05±0.04^{aA}
OJ_{bm5}	4.30±0.08^{aA}	6.36±0.01^{aB}	2.34±0.16^{abA}	6.03±0.36^{abB}	0.00±0	1.43±0.21^{abc}	0.07±0.00^{bA}	0.05±0.03^{aA}
OJ_{bm10}	4.76±1.03^{aA}	4.59±1.42^{aA}	1.73±0.39^{aA}	4.37±0.28^{aB}	0.00±0	1.12±0.08^{a}	0.09±0.00^{bcA}	0.06±0.07^{aA}
Şortening	25.12±2.98^{iB}	4.80±0.50^{aA}	5.27±0.21^{cdB}	4.47±0.15^{aA}	3.26±0.08^{cB}	2.66±0.00^{fA}	0.02±0.00^{aA}	0.14±0.16^{aA}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Aynı satırda verilen farklı büyük harfler kek öncesi ve kek sonrası ortalama değerler arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.7. Oleojellerin Kek Öncesi ve Sonrası Yağ Asidi Profili

Kek yapımında kullanılmak üzere kardiyovasküler açıdan daha sağlıklı ve doymuş yağ asidi içeriği düşük, şortening yerine ikame edilmek üzere hazırlanan oleojellerde kek yapımı öncesi ve kek yapımı sonrası belirlenen yağ asidi bileşimleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Piyasada pastacılardan temin edilen şorteningde baskın yağ asitleri palmitik (≈%37), oleik (≈%32), linoleik (≈%14) ve stearik (≈%8) asit olarak belirlenmiştir. Oleojele dönüştürülen soğuk sızma aspir yağında ise başlıca yağ asitleri sırasıyla; linoleik (≈%70), oleik (≈18), palmitik (%≈6) ve stearik (≈%3) asit olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre palmitik 5.3-8.0, stearik 1.9-2.9, oleoik 8.4-21.3, linoleik 67.8-83.2, araşidik 0.2-0.4, godoleik 0.1-0.3 arasında olması gerektiği bildirilmektedir. Buna göre çalışmada kullanılan aspir yağının olması gereken değerlerde olduğu görülmektedir. Aydeniz ve ark. (2013) aspir yağının % 6-8 palmitik, % 2-3 stearik, % 16-20 oleik ve % 71-75 linoleik asitlerden oluştuğunu (Velasco ve Fernandez-Martinez, 2001) ve tüm ticari yağlar arasında en yüksek linoleik asit içeriğini sergilediğini vurgulamışlardır. Elde ettiğimiz sonuçlar bu bulgularla tamamen örtüşmektedir. Kek yapımında ana bileşenlerden olan yağ kekte gaz tutucu, lezzet arttırıcı, tekstürel parametreleri geliştirmesi gibi özellikler kazandırmaktadır. Kekte kullanılacak yağın katı fazda olması gerekir. Doymamış yağ asidi içeriği yüksek olan bitkisel yağların bu amaçla kullanılabilmesi için katı forma modifiye edilmeleri gerekmektedir. Oleojelasyon işlemi de bu modifikasyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle yağ asidi bileşimi değiştirilmeden yağ katı/yarı katı forma dönüştürülmektedir. Doymamış yağ asidi içeriği yüksek olan bu tarz modifiye yağlar termal oksidasyona karşı daha hassas olurlar. Bu sebepten oluşturulan oleojellerin kek yapımından sonra keklerden ekstraksiyon sonucu tekrar elde edilerek yağ asidi bileşimleri incelenmiştir. Oleojellerin yağ asidi bileşimleri ile ticari şorteningin yağ asidi bileşimleri bariz şekilde farklı bulunmuştur. Oleojellerde ∑SFA ve ∑UFA sırasıyla yaklaşık %10 ve %88 iken, ticari şorteningde bu oranlar yaklaşık %51 ve %46 olarak belirlenmiştir. Kek yapımı sonrası oleojellerde genel olarak linolenik asit ($p<0.05$) dışındaki yağ asitlerinde önemli değişim gözlemlenmemiştir. Linolenik asit içeriği ilginç bir şekilde kek sonrası artış göstermiştir ($p<0.05$). Şorteningde ise kek yapımı sonrası stearik asit içeriğinde düşüş ($p<0.05$) olurken, diğer yağ asitlerinde

önemli değişim olmamıştır. Oleojele dönüşüm sonrası aspir yağında baskın olan yağ asitlerinin oranında önemli değişim gerçekleşmemiştir. Jang ve ark. (2015) yılında yaptıkları bir çalışmada kanola yağı ile farklı konsantrasyonlarda kandelilla mumu kullanılarak hazırlanan oleojeller ve kontrol grubu olan şortening ile kurabiyeler yapmışlardır. Üretilen kurabiyelerden ekstrakte edilen yağdaki yağ asidi kompozisyonuna göre baskın olan bileşenler şorteningde palmitik asit % 41.9 iken, oleogel kurabiye örnekleri oleik asit %62, linoleik asit %20 ve linolenik asit %7 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda pişirme işleminin yağ asidi kompozisyonunu değiştirmediği belirtilmiştir. Şorteningde toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri yüzdesinin sırasıyla %52.8 ve %47.2 olduğu belirlenmiştir. Oleojel içeren kurabiyelerde ise doymamış yağ asitlerinin seviyesi belirgin şekilde %90-92'ye kadar arttırılmış ve doymuş yağ asitleri seviyesi %8-10'a düşürüldüğü saptanmıştır. Mert ve Demirkesen (2016b) yılında yaptıkları çalışmada kanola yağı ve farklı konsantrasyonlarda kandelilla mumu ile hazırladıkları oleojellerle ve oleojel-şortening karışımları ile kurabiyeler üretmişlerdir. Yağ asidi kompozisyonuna göre şorteningde baskın olan yağ asidi palmitik asit %47.7, doymuş yağ %63.4 ve doymamış yağ %36.6 olarak belirlenmiştir. Mumlar genellikle uzun zincirli yağ olarak tanımlandığından kanola yağına eklenip jelleşmeden sonra doymuş yağ miktarını biraz arttırdığı gözlemlenmiştir. Kanola yağında doymuş yağ miktarı %7.9 iken ≈%11 olmuştur. Şorteningin oleojeller ile karıştırılması ise doymuş yağ miktarında önemli azalmalara sebep olduğu belirtilmiştir. Bunun da fırıncılık ürünleri için daha az doymuş yağ içeriğine sahip ürünler elde edilmesine katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır.

Esansiyel yağlar hücre zarlarını için çok önemli olan ve membranların akışkanlık özelliğini belirleyen bileşenlerdir. Bu sebepten dolayı hücre zarına bağlı enzim ve reseptörlerin davranışını etkiler. İnsanların ve memelilerin hayatta kalması için alınması zorunludur ve vücutta sentezlenemedikleri için besinlerle alınması gerektiği bildirilmiştir (Das, 2006). Esansiyel yağlar asitleri α-linolenik asit (18:3, n-3), ve linoleik (18:2, n-6) ve araşidonik (20:4, n6) asittir. İnsan ve memeliler besinlerle aldıkları α-linolenik asit (18:3, n-3) ve linoleik (18:2, n-6) asitleri, vücutlarında linoleik asitten araşidonik yağ asidi (20:4, n-6), n-6 serisi yağ asidini sentezleyebilirler (Topaloğu, 2019). Linoleik asit, yağların besin değeri için çok önemlidir (Eromosele ve Eromosele, 2002; Peker ve Baştürk, 2019). Bünyesinde bir çift bağ içeren yağ asitleri

tekli doymamış yağ asitleridir (oleik asit). Oleik asidin LDL (kötü) kolesterol üzerindeki etkileri nötr olmasına rağmen, yüksek yoğunluklu lipoproteni (HDL, iyi kolesterol) artırıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Oleik asit kalp damar hastalıkları riski oluşturabilecek durumların iyileştirilmesinde rol oynadığından doymuş yağ tüketiminin azaltılıp, tekli doymamış yağ asitlerinin arttırılması gerektiği belirtilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri ve n-3 omega yağ asitleri ise kan damarları ve diğer vücut fonksiyonlarını kontrol ederken, aynı zamanda metabolizma üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı beslenmenin önemli bir parçası olduğu bildirilmektedir (Çakmakçı ve Kahyaoğlu, 2012).Oleik ve linoleik asit alımı, kan kolesterol düzeylerini düşürme yetenekleri ve sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle beslenme uzmanları ve tıpçılar tarafından teşvik edilmektedir (Goldberg, 2008).

Çizelge 4.7. Kek yapımı öncesi ve sonrası yağ asidi bileşimleri

Yağ asidi	Aspir yağı	Şortening	$Şortening_{(kek)}$	OJ_{pm5}	$OJ_{pm5(kek)}$	OJ_{pm7}	$OJ_{pm7(kek)}$	OJ_{pm10}	$OJ_{pm10(kek)}$	OJ_{pkm5}	$OJ_{pkm5(kek)}$
Kaprik	-----	0.27 ± 0.03^{aA}	0.37 ± 0.04^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Laurik	-----	2.97 ± 0.17^{bA}	3.26 ± 0.11^{bA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Miristik	0.10 ± 0.01^{a}	1.96 ± 0.10^{bA}	2.11 ± 0.03^{cA}	0.11 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.11 ± 0.00^{aA}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.00^{aA}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.13 ± 0.00^{aA}	0.13 ± 0.01^{aA}
Palmitik	6.52 ± 0.10^{a}	37.11 ± 2.31^{bA}	37.81 ± 0.01^{bA}	6.80 ± 0.25^{aA}	6.92 ± 0.06^{aA}	6.94 ± 0.07^{aA}	7.02 ± 0.13^{aA}	6.89 ± 0.09^{aA}	7.02 ± 0.24^{aA}	6.95 ± 0.07^{aA}	7.15 ± 0.27^{aA}
Palmitoleik	0.09 ± 0.00^{a}	0.18 ± 0.01^{gA}	0.16 ± 0.01^{fA}	0.10 ± 0.01^{abcA}	0.12 ± 0.00^{deA}	0.11 ± 0.00^{bcdA}	0.12 ± 0.01^{deA}	0.12 ± 0.01^{cdeA}	0.13 ± 0.01^{eA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.10 ± 0.00^{abcA}
Margarik	-----	0.13 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.00^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Stearik	3.08 ± 0.14^{a}	8.49 ± 0.10^{cB}	7.54 ± 0.04^{bA}	3.02 ± 0.17^{aA}	3.01 ± 0.04^{aA}	2.97 ± 0.00^{aA}	3.01 ± 0.16^{aA}	3.02 ± 0.06^{aA}	3.01 ± 0.20^{aA}	3.05 ± 0.01^{aA}	3.04 ± 0.17^{aA}
Oleik	18.67 ± 0.99^{a}	32.05 ± 1.32^{bA}	31.69 ± 0.10^{bA}	17.27 ± 1.80^{aA}	17.48 ± 0.66^{aA}	17.38 ± 0.09^{aA}	17.59 ± 0.88^{aA}	17.55 ± 0.01^{aA}	17.61 ± 1.73^{aA}	17.22 ± 0.04^{aA}	17.62 ± 1.61^{aA}
Linoleik	70.29 ± 4.57^{b}	14.09 ± 0.82^{aA}	15.37 ± 0.04^{aA}	71.49 ± 3.07^{bA}	70.75 ± 1.97^{bA}	71.25 ± 0.16^{bA}	69.98 ± 2.96^{bA}	70.69 ± 0.04^{bA}	70.26 ± 2.87^{bA}	71.45 ± 0.07^{bA}	70.59 ± 2.15^{bA}
Linolenik	0.12 ± 0.01^{a}	0.25 ± 0.03^{bA}	0.74 ± 0.00^{cB}	0.10 ± 0.00^{aA}	0.23 ± 0.03^{bB}	0.11 ± 0.00^{aA}	0.24 ± 0.03^{bB}	0.11 ± 0.00^{aA}	0.23 ± 0.01^{bB}	0.11 ± 0.00^{aA}	0.25 ± 0.03^{bB}
Arasidik	0.53 ± 0.07^{ab}	0.45 ± 0.03^{aA}	0.48 ± 0.01^{aA}	0.61 ± 0.06^{bcA}	0.66 ± 0.06^{cdA}	0.67 ± 0.00^{cdA}	0.96 ± 0.10^{gA}	0.76 ± 0.02^{deA}	0.81 ± 0.03^{efA}	0.48 ± 0.00^{aA}	0.48 ± 0.03^{aA}
Gondoik	0.22 ± 0.03^{b}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.24 ± 0.01^{bB}	0.21 ± 0.03^{bA}	0.24 ± 0.03^{bA}	0.21 ± 0.01^{bA}	0.24 ± 0.04^{bA}	0.21 ± 0.00^{bA}	0.24 ± 0.03^{bA}	0.22 ± 0.01^{bA}	0.22 ± 0.03^{bA}
Behenik	0.38 ± 0.06^{cd}	-----	0.15 ± 0.01^{a}	0.29 ± 0.03^{bcA}	0.41 ± 0.03^{dA}	0.26 ± 0.01^{bA}	0.65 ± 0.04^{ghB}	0.37 ± 0.01^{cdeA}	0.50 ± 0.04^{eA}	0.32 ± 0.02^{bcA}	0.33 ± 0.04^{bcA}
TOPLAM	100.00	98.07	100.00	100.00	99.94	100.00	99.93	99.82	99.93	100.00	99.91
∑SFA	10.61	51.25	51.70	10.83	11.12	10.95	11.76	11.15	11.46	10.92	11.13
∑MUFA	18.98	32.35	32.08	17.58	17.84	17.69	17.95	17.87	17.98	17.52	17.94
∑PUFA	70.41	14.34	16.11	71.59	70.98	71.36	70.22	70.80	70.49	71.56	70.84
∑UFA	89.39	46.69	48.19	89.17	88.82	89.05	88.17	88.67	88.47	89.08	88.78
∑PUFA/∑SFA	-----	0.28	0.31	6.61	6.38	6.52	5.97	6.35	6.15	6.55	6.36
∑UFA/∑SFA	-----	0.91	0.93	8.23	7.99	8.13	7.50	7.96	7.72	8.16	7.98

Aynı satırda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu gösterir ($p<0.05$). Aynı satırda üs olarak verilen farklı büyük harfler kek öncesi ve kek sonrası oleojellerin yağ asidiortalama değerlerinin farklı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). (kek) keklerden ekstraksiyon sonrası elde edilen oleojelleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.7. Kek yapımı öncesi ve sonrası yağ asidi bileşimleri (devam)

Yağ asidi	Aspir yağı	Şortening	Şortening$_{(kek)}$	OJ$_{pkm7}$	OJ$_{pkm7(kek)}$	OJ$_{pkm10}$	OJ$_{pkm10(kek)}$	OJ$_{bm3}$	OJ$_{bm3(kek)}$	OJ$_{bm5}$	OJ$_{bm5(kek)}$
Kaprik	-----	0.27±0.03^{aA}	0.37±0.04^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Laurik	-----	2.97±0.17^{bA}	3.26±0.11^{bA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.10±0.00^{a}	-----
Miristik	0.10±0.01^{a}	1.96±0.10^{bA}	2.11±0.03^{cA}	0.14±0.01^{aA}	0.12±0.01^{aA}	0.16±0.03^{aA}	0.13±0.01^{aA}	0.13±0.03^{aA}	0.12±0.01^{aA}	0.16±0.03^{aA}	0.12±0.01^{aA}
Palmitik	6.52±0.10^{a}	37.11±2.31^{bA}	37.81±0.01^{bA}	6.96±0.01^{aA}	7.11±0.17^{aA}	7.01±0.01^{aA}	7.10±0.31^{aA}	6.86±0.17^{aA}	6.84±0.13^{aA}	6.85±0.23^{aA}	6.80±0.21^{aA}
Palmitoleik	0.09±0.00^{a}	0.18±0.01^{gA}	0.16±0.01^{fA}	0.10±0.01^{abA}	0.10±0.00^{abcA}	0.10±0.01^{abA}	0.10±0.00^{abcA}	-----	-----	-----	-----
Margarik	-----	0.13±0.01^{aA}	0.12±0.00^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Stearik	3.08±0.14^{a}	8.49±0.10^{cB}	7.54±0.04^{bA}	3.11±0.04^{aA}	3.06±0.08^{aA}	3.04±0.01^{aA}	3.02±0.13^{aA}	3.01±0.37^{aA}	3.02±0.10^{aA}	2.99±0.21^{aA}	2.96±0.16^{aA}
Oleik	18.67±0.99^{a}	32.05±1.32^{bA}	31.69±0.10^{bA}	17.55±0.18^{aA}	17.89±1.73^{aA}	17.00±0.02^{aA}	17.68±1.24^{aA}	17.16±1.47^{aA}	17.56±1.85^{aA}	16.99±1.53^{aA}	17.25±2.04^{aA}
Linoleik	70.29±4.57^{b}	14.09±0.82^{aA}	15.37±0.04^{aA}	71.00±0.20^{bA}	70.30±2.84^{bA}	71.56±0.04^{bA}	70.51±3.21^{bA}	70.38±2.90^{bA}	69.63±2.26^{bA}	69.67±4.00^{bA}	69.53±3.58^{bA}
Linolenik	0.12±0.01^{a}	0.25±0.03^{bA}	0.74±0.00^{cB}	0.12±0.01^{aA}	0.24±0.03^{bB}	0.11±0.00^{aA}	0.25±0.03^{bB}	0.11±0.01^{aA}	0.24±0.03^{bB}	0.11±0.01^{aA}	0.22±0.01^{bB}
Arasidik	0.53±0.07^{ab}	0.45±0.03^{aA}	0.48±0.01^{aA}	0.50±0.01^{aA}	0.49±0.03^{aA}	0.49±0.01^{aA}	0.49±0.03^{aA}	0.73±0.03^{deA}	0.80±0.01^{efA}	0.89±0.11^{fgA}	0.89±0.04^{fg}A
Gondoik	0.22±0.03^{b}	0.12±0.01^{aA}	0.24±0.01^{bB}	0.21±0.00^{bA}	0.24±0.03^{bA}	0.22±0.00^{bA}	0.24±0.03^{bA}	0.21±0.01^{bA}	0.24±0.01^{bA}	0.21±0.03^{bA}	0.22±0.01^{bA}
Behenik	0.38±0.06^{cd}	-----	0.15±0.01^{a}	0.35±0.01^{bcA}	0.37±0.03^{cdA}	0.34±0.01^{bcA}	0.38±0.03^{cdA}	0.56±0.04^{efA}	0.61±0.04^{fgA}	0.70±0.03^{hA}	0.69±0.03^{ghA}
TOPLAM	100.00	98.07	100.00	100.00	99.92	100.00	99.90	99.15	99.06	98.67	98.68
∑SFA	10.61	51.25	51.70	11.04	11.15	11.02	11.12	11.29	11.39	11.69	11.46
∑MUFA	18.98	32.35	32.08	17.85	18.23	17.31	18.02	17.37	17.80	17.20	17.47
∑PUFA	70.41	14.34	16.11	71.12	70.54	71.67	70.76	70.49	69.87	69.78	69.75
∑UFA	89.39	46.69	48.19	88.97	88.77	88.98	88.78	87.86	87.67	86.98	87.22
∑PUFA/∑SFA	-----	0.28	0.31	6.44	6.33	6.50	6.36	6.24	6.13	5.97	6.09
∑UFA/∑SFA	-----	0.91	0.93	8.06	7.96	8.07	7.98	7.78	7.70	7.44	7.61

Aynı satırda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu gösterir ($p<0.05$). Aynı satırda üs olarak verilen farklı büyük harfler kek öncesi ve kek sonrası oleojellerin yağ asidiortalama değerlerinin farklı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). (kek) keklerden ekstraksiyon sonrası elde edilen oleojelleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.7. Kek yapımı öncesi ve sonrası yağ asidi bileşimleri (devam)

Yağ asidi	Aspir yağı	Şortening	Şortening (kek)	OJ_{bm10}	$OJ_{bm10(kek)}$	OJ_{km4}	$OJ_{km4(kek)}$	OJ_{km6}	$OJ_{km6(kek)}$	OJ_{km8}	$OJ_{km8(kek)}$
Kaprik	-----	0.27 ± 0.03^{aA}	0.37 ± 0.04^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Laurik	-----	2.97 ± 0.17^{bA}	3.26 ± 0.11^{bA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Miristik	0.10 ± 0.01^{a}	1.96 ± 0.10^{bA}	2.11 ± 0.03^{cA}	0.11 ± 0.01^{aA}	0.11 ± 0.00^{aA}	0.13 ± 0.03^{aA}	0.13 ± 0.01^{aA}	0.11 ± 0.01^{aA}	0.11 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.01^{aA}
Palmitik	6.52 ± 0.10^{a}	37.11 ± 2.31^{bA}	37.81 ± 0.01^{bA}	6.63 ± 0.16^{aA}	6.63 ± 0.13^{aA}	7.00 ± 0.21^{aA}	7.04 ± 0.24^{aA}	6.82 ± 0.14^{aA}	6.79 ± 0.09^{aA}	6.97 ± 0.22^{aA}	6.96 ± 0.20^{aA}
Palmitoleik	0.09 ± 0.00^{a}	0.18 ± 0.01^{gA}	0.16 ± 0.01^{fA}	-----	-----	0.09 ± 0.00^{aA}	0.10 ± 0.00^{abcA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.10 ± 0.00^{abcA}	0.10 ± 0.00^{abcA}
Margarik	-----	0.13 ± 0.01^{aA}	0.12 ± 0.00^{aA}	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Stearik	3.08 ± 0.14^{a}	8.49 ± 0.10^{cA}	7.54 ± 0.04^{bA}	2.93 ± 0.17^{aA}	2.85 ± 0.17^{aA}	3.07 ± 0.17^{aA}	3.03 ± 0.13^{aA}	3.13 ± 0.13^{aA}	3.05 ± 0.13^{aA}	3.09 ± 0.09^{aA}	3.06 ± 0.10^{aA}
Oleik	18.67 ± 0.99^{a}	32.05 ± 1.32^{bA}	31.69 ± 0.10^{bA}	16.70 ± 1.22^{aA}	16.70 ± 1.50^{aA}	17.49 ± 1.99^{aA}	17.58 ± 1.24^{aA}	17.54 ± 2.38^{aA}	17.50 ± 0.16^{aA}	17.49 ± 1.49^{aA}	17.61 ± 0.68^{aA}
Linoleik	70.29 ± 4.57^{b}	14.09 ± 0.82^{aA}	15.37 ± 0.04^{aA}	68.47 ± 2.39^{bA}	67.34 ± 2.88^{bA}	71.10 ± 5.11^{bA}	70.77 ± 1.90^{bA}	71.22 ± 2.74^{bA}	71.04 ± 1.87^{bA}	71.06 ± 3.13^{bA}	70.83 ± 2.05^{bA}
Linolenik	0.12 ± 0.01^{a}	0.25 ± 0.03^{bA}	0.74 ± 0.00^{cB}	0.10 ± 0.00^{aA}	0.22 ± 0.01^{bB}	0.10 ± 0.00^{aA}	0.22 ± 0.01^{bB}	-----	0.25 ± 0.01^{b}	0.11 ± 0.01^{aA}	0.21 ± 0.01^{bB}
Arasidik	0.53 ± 0.07^{ab}	0.45 ± 0.03^{aA}	0.48 ± 0.01^{aA}	-----	0.48 ± 0.01^{a}	0.49 ± 0.08^{aA}	0.49 ± 0.03^{aA}	0.52 ± 0.04^{abA}	0.51 ± 0.03^{abA}	0.55 ± 0.04^{abA}	0.51 ± 0.03^{abA}
Gondoik	0.22 ± 0.03^{b}	0.12 ± 0.01^{aA}	0.24 ± 0.01^{bB}	0.22 ± 0.01^{bA}	0.21 ± 0.01^{bA}	0.20 ± 0.01^{bA}	0.24 ± 0.03^{bA}	0.22 ± 0.01^{bA}	0.25 ± 0.02^{bA}	0.22 ± 0.02^{bA}	0.23 ± 0.03^{bA}
Behenik	0.38 ± 0.06^{cd}	-----	0.15 ± 0.01^{a}	0.97 ± 0.08^{i}	-----	0.33 ± 0.03^{bcA}	0.33 ± 0.04^{bcA}	0.35 ± 0.04^{cdA}	0.36 ± 0.04^{cdA}	0.31 ± 0.04^{bcA}	0.36 ± 0.04^{cdA}
Toplam	100.00	98.07	100.00	96.13	94.54	100.00	99.93	100.00	99.93	99.99	99.99
∑SFA	10.61	51.38	51.82	10.64	10.07	11.02	11.02	10.93	10.81	11.03	11.01
∑MUFA	18.98	32.35	32.08	16.92	16.91	17.78	17.92	17.85	17.84	17.80	17.94
∑PUFA	70.41	14.34	16.11	68.57	67.56	71.20	70.99	71.22	71.29	71.16	71.04
∑UFA	89.39	46.69	48.19	85.49	84.47	88.98	88.91	89.07	89.13	88.96	88.98
∑PUFA/∑SFA	-----	0.28	0.31	6.44	6.71	6.46	6.44	6.52	6.60	6.45	6.45
∑UFA/∑SFA	-----	0,91	0,93	8,03	8,39	8,07	8,07	8,15	8,25	8,07	8,08

Aynı satırda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu gösterir ($p<0.05$). Aynı satırda üs olarak verilen farklı büyük harfler kek öncesi ve kek sonrası oleojellerin yağ asidi ortalama değerlerinin farklı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). (kek) keklerden ekstraksiyon sonrası elde edilen oleojelleri ifade etmektedir.

4.8. 3-MCPD ve Glisidil Esterleri

Çalışmada keklerden ekstrakte edilen yağlarda (oleojel ve şortening) tespit edilen 3-MCPD ve glisidil esteri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Örneklerden şortening ve OJ_{bm3} yağlarında glisidil esterine rastlanmamıştır. OJ_{pkm} örneklerinde 3-MCPD 0.93-1.06 mg/kg arasında olup glisidil esterlerinin de bu değerlerden daha düşük (0.32-0.81 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. OJ_{bm} örneklerinde 3-MCPD 0.37-0.54 mg/kg arasında ve glisidil esterleri OJ_{bm5} örneğinde azalırken, OJ_{bm10} örneğinde artış göstermiştir. OJ_{km} örneklerinde 3-MCPD 0.28-0.39 mg/kg arasında ve glisidil esterleri bu örneklerde oleojelatör konsantrasyonu arttıkça yükseliş göstermiştir. OJ_{pm} örneklerinde ise 3-MCPD değerleri 0.13-0.22 mg/kg arasında ve glisidil esterleri 1.40-4.31 mg/kg arasında değişim göstermiş ayrıca OJ_{pm10} örneğinde belirgin bir yükseliş olduğu belirlenmiştir. Literatürde oleojeller üzerinde bu analize ait herhangi bir yayına rastlanmamıştır.

3-MCPD, bir gıda bulaşanı olarak gıdaların işlenmesi sırasında oluşur. Son zamanlarda 3-MCPD esterleri, yenilebilir yağlar ve bebek maması ile anne sütünde tespit edilmiştir. Bitkisel yağların deodorizasyon işleminin 3-MCPD ve glisidil esterlerinin oluşumu için önemli bir etken olduğu belirtilmiştir(Li ve ark., 2016) (Li ve ark., 2016). 3-MCPD, 2-MCPD ve glisidol, yağ asitleri ile esterler oluşturabilmektedir. Bu reaksiyon genellikle yemeklik yağların yüksek sıcaklıklara çıkarılmasıyla meydana geldiği belirtilmiştir. Soya sosu, cips, çerez, kraker, bisküvi, kek, çeşitli fırıncılık ürünleri, tütsülenmiş et ve balık ürünleri, bebek mamaları, rafine bitkisel yağlar, margarinler ve hayvansal yağlarda 3-MCPD ve glisidole rastlandığı belirtilmiştir. JECFA (Gıda Katkı Maddeleri FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi) tarafından, serbest halde bulunan 3-MCPD için maksimum tolere edilebilir günlük alım (TDI) miktarını 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak bildirilmiştir (EFSA, 2016). Ülkemizde ise bitkisel yağlarda glisidil esterleri için limit değer 1 mg/kg olarak belirlenmiştir (EU, 2018). 3-MCPD ve glisidil esterleri genellikle monogliserit (MG) ve digliseritler (DG) tarafından oluşturulduğu bilinmektedir. MG ve DG asidik şartlarda glisidil esterleri ve açiloksonyum iyonları meydana getirebilmektedirler. Açiloksonyum iyonları ile klorun nükleofilik reaksiyonu 3-MCPD esterlerinin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. 3-MCPD esteri oluşumunu tetikleyen temel etmenlerin klor iyonları, açilgliseroller, sıcaklık ve süre olduğu belirtilmektedir. Glisidil esterlerinin ise asidik şartlarda ve

yüksek sıcaklıklarda MG ve DG'den meydana geldiği saptanmıştır (Emektar ve ark., 2020). Wong ve ark. (2017b) tarafından yapılan bir çalışmada kızartma süresi, sıcaklık ve tuz varlığının 3-MCPD ve glisidil esterleri oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda tuz ve farklı sıcaklıklarda kızartma işlemi uygulanmıştır. 3-MCPD ester eğilimi, kızartma süresi arttığında azalırken, kızartma sıcaklığı ve NaCl konsantrasyonu arttığında eğilim artmıştır. Kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve NaCl konsantrasyonu arttığında glisidil ester eğilimi de artmıştır. Hamlet ve Sadd (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ekmek hamurundaki maya ve şekerin 3-MCPD oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Mayalı tahıl ürünlerinde MCPD'lerin ana öncüsü maya fermantasyonunun yan ürünü olan gliserol olduğu belirtilmiştir. Gliserol üretiminin maya seviyesi ile orantılı olduğunu ve mevcut şekerler ile sınırlı olduğunu ancak yüksek maya seviyelerinin MCPD oluşumunu inhibe ettiğini göstermiştir. Eklenen glikozun, gliserol üretimini arttırmadığı ancak MCPD'lerin oluşumunu teşvik ettiği belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler ve literatürdeki bu çalışmalar ile değerlendirildiğinde en fazla glisidil esteri oluşan kek OJ_{pm10} keki olmuştur. Bunun sebebinin de glisidil esteri oluşumunda etkili olan pH değeri (5.84) ile bağlantılı olduğu tahmin edilmektedir. Glisidil esterlerinin yine propolis mumu ile üretilen keklerde diğer keklere göre daha fazla olması propolisten mum ekstraksiyonu sırasında, oleojelasyon işleminde ve kek pişirilmesinde uygulanan sıcaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aspir yağı esaslı oleojel keklerinin şorteninge göre daha düşük 3-MCPD değerlerine sahip olmasının sebebi ise, aspir yağının rafine olmamış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yine kek yapımında kullanılan şekerin 3-MCPD oluşumunu tetiklediği düşünülmektedir.

Çizelge 4.8. Keklerden ekstrakte edilen yağlarda (oleojel ve şortening) belirlenen 3-MCPD ve glisil esterleri

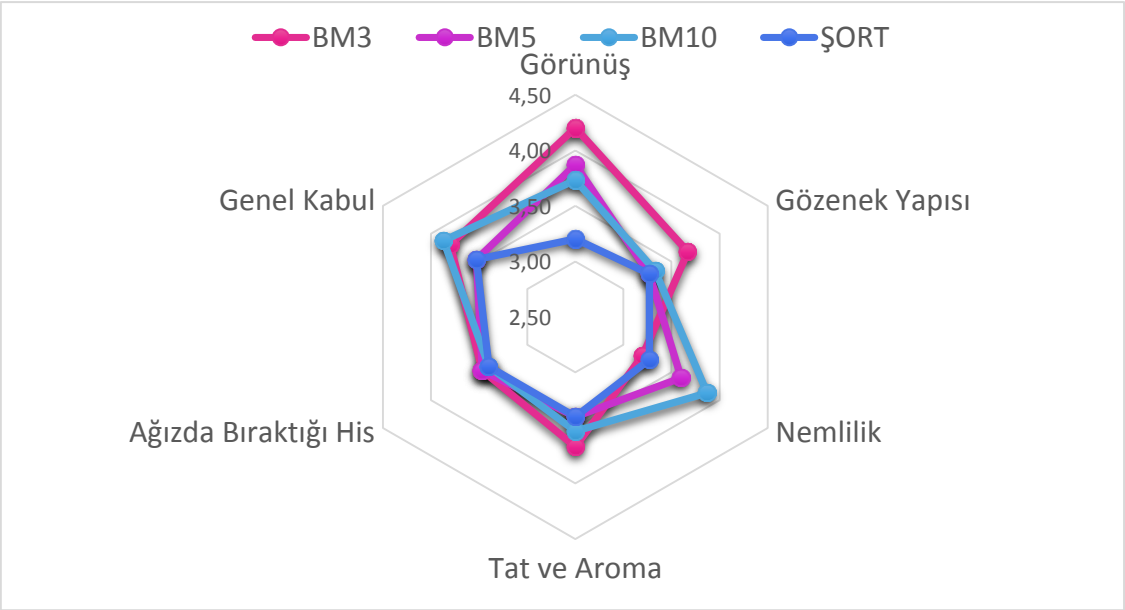
Örnek	3-MCPD	Glisidil Esterleri
Aspir yağı	----	----
Şortening	1.89 ±0.45^{d}	----
OJ_{pkm5}	0.93 ±0.80^{bc}	0.32 ±0.60^{a}
OJ_{pkm7}	0.95 ±0.67^{bc}	0.39 ±0.47^{a}
OJ_{pkm10}	1.06 ±0.70^{c}	0.81 ±0.60^{ab}
OJ_{bm3}	0.54 ±0.52^{abc}	----
OJ_{bm5}	0.37 ±0.15^{ab}	0.27 ±0.48^{a}
OJ_{bm10}	0.52 ±0.17^{abc}	1.01 ±0.55^{ab}
OJ_{km4}	0.33 ±0.20^{ab}	0.64 ±0.23^{ab}
OJ_{km6}	0.28 ±0.12^{ab}	0.99 ±0.57^{ab}
OJ_{km8}	0.39 ±0.18^{ab}	1.23 ±0.25^{ab}
OJ_{pm5}	0.13 ±0.08^{a}	1.74 ±1.74^{b}
OJ_{pm7}	0.22 ±0.10^{a}	1.40 ±0.40^{ab}
OJ_{pm10}	0.16 ±0.13^{a}	4.31 ±0.89^{c}

Aynı sütunda üs olarak gösterilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.9. Duyusal Analiz

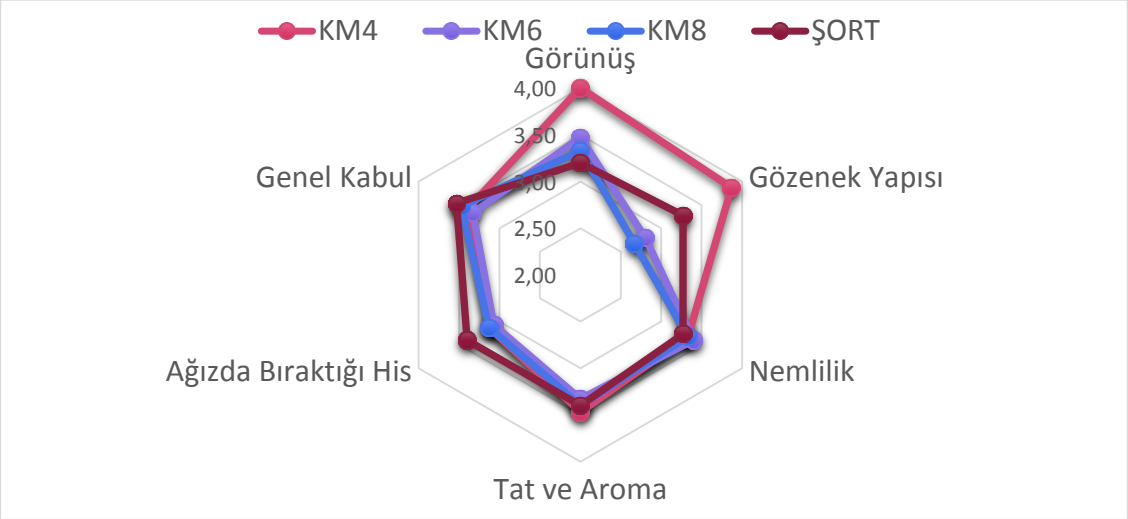
Çalışmada üretilen keklerin duyusal analizine ait veriler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kekler görünüş, gözenek yapısı, nemlilik, tat aroma, ağızda bıraktığı his ve genel kabul olmak üzere 6 özellik değerlendirilmek üzere 15 panelist tarafından 5 puan üzerinden duyusal analize tabi tutulmuştur. Görünüş açısından K_{OJkm8}, K_{OJbm3} ve $K_{Şortening}$örnekleri hariç diğer kekler arasında istatistiksel olarak bir farklılık saptanmamıştır. Görünüş puanları 3.20-4.20 arasında değişim göstermiştir. Görünüş açısından en beğenilen keklerin balmumu oleojellerinden yapılan kekler olduğu saptanmıştır (Şekil 4.18). Yılmaz ve Ögütcü (2015) yaptıkları bir çalışmada fındık yağı ile ayçiçek mumu ve balmumu oleojelleri hazırlayarak yaptıkları kurabiyeler panelistler tarafından duyusal analize tabii tutulmuştur. Görünüş bakımından kurabiyeler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. 5 üzerinden yapılan puanlamada değerler 3.25-3.90 arasında değişim göstermiştir. Patel ve ark. (2014) yılında yaptıkları çalışmada şellak emülsiyon oleojelleri ile şorteningden üretilen keklere 20 panelist tarafından 1-9 arasında puanlama olacak şekilde duyusal analiz yapılmıştır. Hacim, gözenek boyutu, nemlilik, kırıntılı yapı, süngerimsi yapı ve

yapışkanlık gibi özellikler değerlendirilmiştir. Şellak emülsiyon oleojeli ile üretilen keklerin şorteninge göre daha fazla beğenildiği belirtilmiştir.



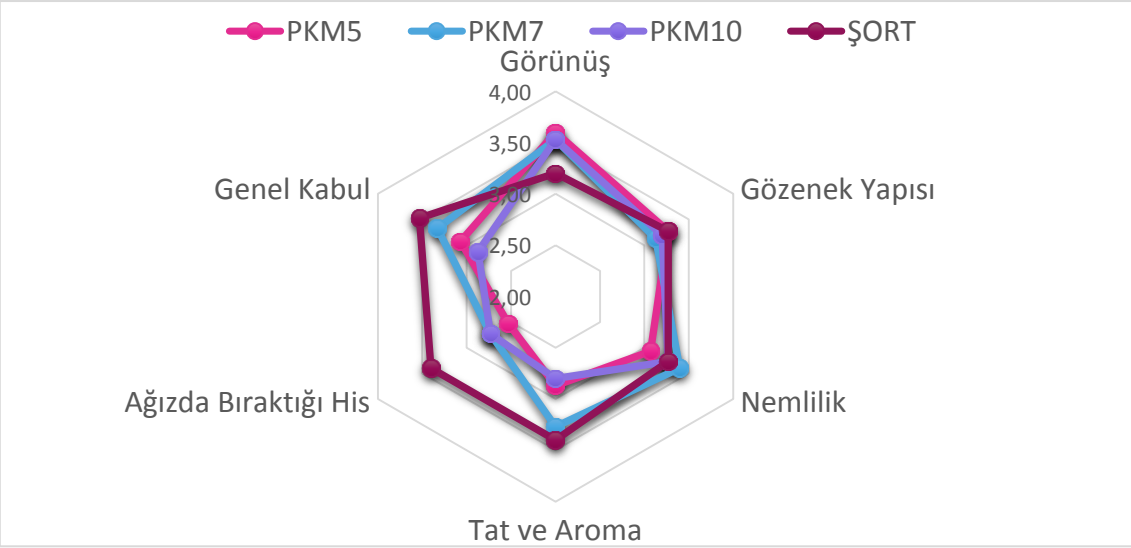
Şekil 4.18. Balmumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği.

Keklerin gözenek yapısını değerlendirmede verilen puanların varyans analizine göre $K_{OJkm4\text{-}6\text{-}8}$ ve K_{OJbm3} örnekleri farklılık gösterirken, diğer kekler arasında istatistiki olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. K_{OJkm} örneklerinde oleojel konsantrasyonu arttıkça gözenek yapısında önemli derecede azalma görülmüştür. En beğenilen kek 3.87 ortalama puan ile K_{OJkm4} olmuştur (Şekil 4.19). Keklerin puan ortalamaları 2.67-3.87 arasında değiştiği görülmektedir.



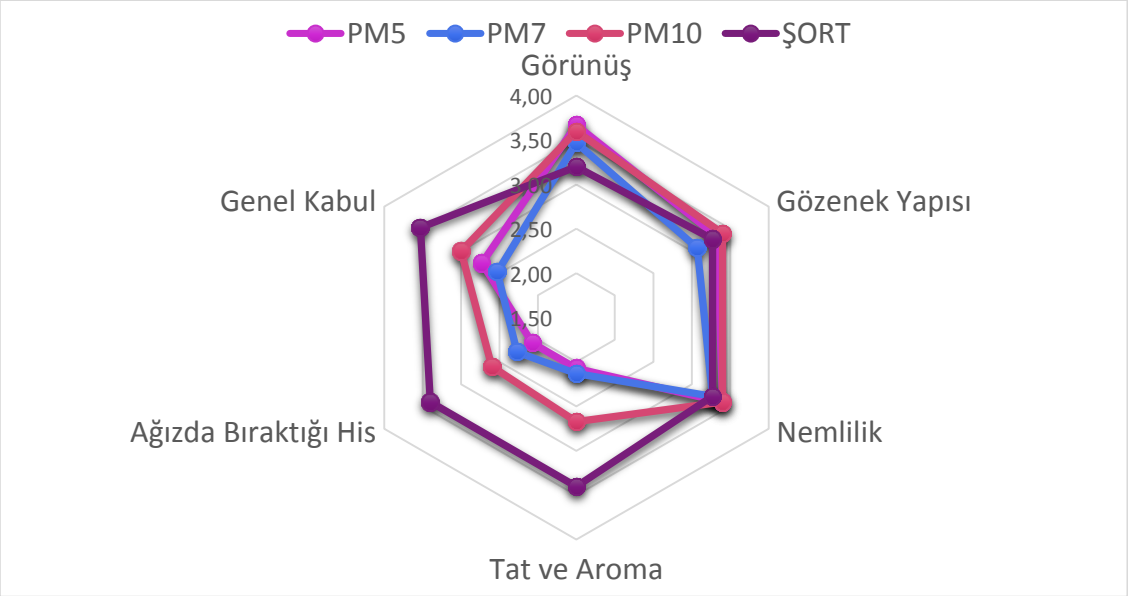
Şekil 4.19. Karnauba mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği.

Üretilen keklerin nemlilik yönünden değerlendirmesinde K_{OJpkm5} ve K_{OJbm10} kekleri varyans analiz sonucuna göre farklı bulunurken, diğer örnekler arasında önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Bu farklılık da nemlilik açısından en az olan kek ortalama 3.07 puanla K_{OJpkm5} ve en fazla olan kek ise ortalama 3.87 puanla K_{OJbm10} olarak tespit edilmiştir. Pirinç kepeği mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği Şekil 4.20'de verilmiştir. K_{OJbm} keklerinde nemlilik oleojel konsantrasyonu arttıkça yükseliş göstermiştir.



Şekil 4.20. Pirinç kepeği mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği.

Tat aroma yönünden keklerin ortalama değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Keklere verilen puanların ortalamalarına göre 2.07-3.67 arasında değişim tespit edilmiştir. Tat aroma açısından en az beğenilen kek K_{OJpm5} örneği olmuştur (Şekil 4.21). Bunun sebebinin propolis mumunun kendine has baskın olan kokusundan ve kullanılan aspir yağının da soğuk sıkım olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. En beğenilen kekin ise K_{OJbm3} örneği olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Propolis mumu oleojeli ile yapılan keklerin şortening kekine göre değerlendirme grafiği.

Diğer bir özellik olan ağızda bıraktığı his kriterinin açısından örnekler arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Değerlendirmeye göre keklerin puan ortalamaları 2.07-3.47 arasında değişim göstermiştir. Ağızda bıraktığı his açısında en beğenilen kekler balmumu oleojeli ile yapılanlar olmuştur. En az beğenilen kekler ise propolis mumu ile yapılan kekler olmuştur. Aspir yağının soğuk sıkım olması ve propolisin kendine has baskın tadından dolayı tat aromada olduğu gibi en az puanı propolis kekleri almıştır.

Duyusal analizde son özellik olan genel kabulde ise keklerin genel olarak değerlendirmesi yapılarak puan verilmiş ve verilen puanlar arasındakifark önemli bulunmuştur. Genel kabul olarak puanlamalara bakıldığında 2.53-3.87 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. En beğenilen keklerin balmumu oleojeli ile

yapılan kekler olduğu hatta %10 balmumu oleojeli konsantrasyonuna sahip olan kekin şortening ile yapılan kekten daha fazla beğenildiği görülmüştür. En az beğenilen kekin ise propolis mumu ile yapılan kekler olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalarla elde edilen veriler uyumluluk gösterirken, düşük çıkan değerlendirme sonuçlarının da aspir yağının natürel olmasından kaynaklanan tat ve kokusundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.9. Oleojellerden yapılmış keklerin duyusal analiz sonuçları

Kek örneği	Görünüş	Gözenek Yapısı	Nemlilik	Tat Aroma	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul
K_{OJpkm5}	3.60 ± 0.99^{ab}	3.27 ± 0.96^{abc}	3.07 ± 0.70^{a}	2.87 ± 1.19^{abc}	2.53 ± 0.99^{ab}	3.07 ± 1.03^{abcd}
K_{OJpkm7}	3.53 ± 1.06^{ab}	3.13 ± 1.06^{abc}	3.40 ± 0.91^{ab}	3.27 ± 1.22^{bc}	2.73 ± 0.80^{abcd}	3.33 ± 0.90^{bcde}
$K_{OJpkm10}$	3.53 ± 0.92^{ab}	3.20 ± 0.77^{abc}	3.27 ± 0.96^{ab}	2.80 ± 0.86^{abc}	2.73 ± 0.80^{abcd}	2.87 ± 0.83^{abc}
K_{OJpm5}	3.67 ± 1.23^{ab}	3.33 ± 1.11^{abc}	3.40 ± 0.74^{ab}	2.07 ± 0.96^{a}	2.07 ± 0.96^{a}	2.73 ± 0.96^{ab}
K_{OJpm7}	3.47 ± 0.92^{ab}	3.07 ± 0.88^{abc}	3.27 ± 0.70^{ab}	2.13 ± 1.13^{a}	2.27 ± 1.10^{a}	2.53 ± 0.92^{a}
K_{OJpm10}	3.60 ± 0.91^{ab}	3.40 ± 0.83^{abc}	3.40 ± 0.63^{ab}	2.67 ± 1.23^{ab}	2.60 ± 1.06^{abc}	3.00 ± 0.93^{abc}
K_{OJkm4}	4.00 ± 1.00^{ab}	3.87 ± 1.19^{c}	3.33 ± 0.98^{ab}	3.47 ± 0.92^{bc}	3.13 ± 1.30^{bcd}	3.40 ± 0.91^{bcde}
K_{OJkm6}	3.47 ± 0.92^{ab}	2.80 ± 0.94^{ab}	3.40 ± 0.74^{ab}	3.33 ± 1.05^{bc}	3.07 ± 1.10^{bcd}	3.33 ± 0.90^{bcde}
K_{OJkm8}	3.33 ± 1.05^{a}	2.67 ± 1.05^{a}	3.33 ± 0.98^{ab}	3.40 ± 0.99^{bc}	3.13 ± 1.06^{bcd}	3.47 ± 0.99^{bcde}
K_{OJbm3}	4.20 ± 0.86^{b}	3.67 ± 1.18^{bc}	3.20 ± 0.86^{ab}	3.67 ± 0.90^{c}	3.47 ± 0.83^{d}	3.80 ± 0.77^{de}
K_{OJbm5}	3.87 ± 0.83^{ab}	3.27 ± 1.10^{abc}	3.60 ± 0.74^{ab}	3.40 ± 0.74^{bc}	3.47 ± 0.64^{d}	3.53 ± 0.64^{cde}
K_{OJbm10}	3.73 ± 1.03^{ab}	3.33 ± 1.18^{abc}	3.87 ± 0.83^{b}	3.53 ± 0.83^{bc}	3.40 ± 0.63^{cd}	3.87 ± 0.92^{e}
$K_{Şortening}$	3.20 ± 1.08^{a}	3.27 ± 0.80^{abc}	3.27 ± 1.28^{ab}	3.40 ± 1.24^{bc}	3.40 ± 0.91^{cd}	3.53 ± 0.99^{cde}

Aynı kolonda üs olarak verilen farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

5. SONUÇ

Katı yağlar fırıncılık ürünlerinin önemli bir bileşeni olarak raf ömrünü uzatmada, ürünlerin kabarmasında, istenen tat ve dokunun sağlanabilmesinde rol oynamaktadır. Fakat fırıncılık ürünlerinde kullanılan şorteninglerin doymuş yağ miktarının yüksek olmasından dolayı kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, obezite, artmış insülin direnci gibi birçok rahatsızlığa sebep olmaktadırlar. Bundan dolayı son yıllarda katı yağ ikamesi olması açısından birçok çalışma yapılmaktadır. Oleojelasyon da bunlardan biridir. Bitkisel sıvı yağların besinsel değerini bozmadan ve trans ve doymuş yağ asitleri oluşturmadan katı yağ benzeri yağlar elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada soğuk sıkım aspir yağı esaslı balmumu (%3, 5, 10), pirinç kepeği mumu (%5, 7, 10), propolis mumu (%5, 7, 10) ve karnauba mumu (%4, 6, 8) oleojelatörleri kullanılarak oleojeller elde edilmiştir. Hazırlanan oleojeller ve ticari şortening kek yapımında kullanılmıştır. Daha sonra oleojel ve keklere belirli analizler uygulanarak ticari şortening ile kıyaslanmıştır.

Keklerin fiziksel özellikleri pH, % nem miktarı, keklerin özgül hacimleri, hamurun özgül ağırlığı ve hacim-simetri indeksi bakımından değerlendirilmiştir. pH değeri açısından şorteninge en yakın karnuba mumu ile üretilen kekler olmuştur. Örnekler arasında nem miktarı açısından fark bulunamamıştır. Keklerin özgül hacminde de şorteninge en yakın karnauba mumu oleojelli kekler olmuştur. Hamurların özgül ağırlıkları birbirine benzer çıkmıştır. Hacim ve simetri indeksleri değerlendirildiğinde şortening ile yapılan keke en yakın %7 propolis mumu ve %4 karnauba mumu oleojelleri ile hazırlanan kekler olduğu belirlenmiştir.

Oleojellerde yapılan renk analizi sonuçları yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Keklerde yapılan renk analizinde ise, balmumu oleojelli kek örneklerinde oleojel konsantrasyonu arttıkça parlaklık parametresi olan L değerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. b* değeri açısından oleojel keklerinin şorteninge göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu da oleojel keklerinin şortening kekinden daha az sarı olduğunu göstermiştir.

Tekstürel özelliklerin değerlendirilmesinde en sert kek karnauba mumu oleojeli ile yapılanlar olmuştur. Bunun da oleojel çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şortening ile yapılan keke en yakın sertlik değeri propolis ve balmumunda tespit edilmiştir.

Oleojellerin % YBK ölçümlerine göre yağ bağlama kapasitesinin <%99 olduğu belirlenmiştir. En iyi % YBK'ne sahip jelatör balmumu olmuştur. Sonuçlar benzer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur. Oleojellerin kristalizasyon süresi ölçümlerinde en hızlı jelleşme gösteren oleojelatörün pirinç kepeği mumu olduğu tespit edilmiştir. % SFC analizine göre jelatör konsatrasyonu arttıkça % SFC'nde yükseliş olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Bozulma parametrelerine göre PS'nda şortening beklenenin üzerinde çıkmıştır. Bunun muhtemelen yağın temin edildiği yerdeki muhafaza koşullarının uygun olamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kek yapımından sonra peroksit sayılarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Bu durum hidroperoksitlerin parçalanarak ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştüğü yönünde değerlendirilmektedir. Bozulma parametrelerinin beklenenden daha yüksek çıkmasının muhtemel sebepleri aspir yağının natürel olması ve çalışma sırasında uygulanan sıcaklık uygulamaları olabilir.

Yağ asidi bileşiminde aspir yağının oleojel yapım sonrasında baskın olan yağ asitlerinde önemli değişim olmadığı tespit edilmiştir. Aspir yağı besin değeri açısından önemli olan linoleik yağ asidi açısından zengindir. Oleojellerde ve kek yapımı sonrası ekstrakte edilen yağlarda doymuş yağ asidi içeriği oldukça düşük bulunmuştur. Fakat ticari şorteningde çok daha yüksek doymuş yağ asidi içeriği tespit edilmiştir.

3-MCPD ve glisidil esteri analizine göre klor iyonları, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ve sonucunda oluşan 3-MCPD bu çalışmada da tespit edilmiştir. Değerler şortening ile yapılan keklerde daha yüksek çıkmıştır. Oleojel keklerde daha düşük 3-MCPD değerleri çıkması kullanılan aspir yağının natürel olması olarak düşünülmüştür. Glisidil esterleri ise asidik ortamda ve yine sıcaklığın etkisiyle oluşmaktadır. Genel olarak kekler asidik olduğundan ve pişirme esnasında uygulanan sıcaklıktan dolayı glisidil esterlerinin de oluştuğu görülmüştür.

Keklerin duyusal analizinde ise genel olarak tüm kekler arasından balmumu oleojelleri ile yapılan kekler daha fazla beğenilmiştir.

Sonuç olarak, yapılan tüm değerlendirmelere bakıldığında sağlık açısından doymuş yağ asidi içeriği düşük, besleyici değeri yüksek olan aspir yağı ile başarılı bir şekilde kek üretimi yapılmıştır. Şortening yerine bitkisel yağların yapılandırılması

olarak oleojelasyon yöntemi ile elde edilen oleojeller kullanılabilir. Oleojelatörlerin kolay temin edilebilir ve düşük maliyetli olması da olumlu yönlerindendir. Üretilen keklerin tekstür, doku ve duyusal açıdan da kabul edilebilir değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmada rafine edilmeyen soğuk sıkım aspir yağı ve propolis mumu kokusu kekleri duyusal açıdan olumsuz etkilemiştir. Rafine aspir yağı kullanımının ürünlerin duyusal özelliklerini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklığa tabi tutulmuş oleojel içeren ürünlerde 3-MCPD ve glisidil esterlerinin belirlendiği çalışmalara rastlanmamıştır. Bu açıdan literatüre katkıda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

AACC, 2000. ***Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists****, 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.*

AACC, 2010. ***AACC Approved Methods of Analysis*** *(11th ed.) Methods 10-20.01, 10-52.02, 10-90.01, 56-11.02 & 76-21.02. St. Paul, MN: Cereals & Grains Association. .*

Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K., Hosseini, S. M., 2020. Oleogel fabrication based on sodium caseinate, hydroxypropyl methylcellulose, and beeswax: effect of concentration, oleogelation method, and their optimization. ***Journal of the American Oil Chemists' Society****,* **97** (5): 485-496.

Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E., Carrera-Tarela, Y., Garcia, A., Roldan-Cruz, C., 2020. Effects of candelilla wax/canola oil oleogel on the rheology, texture, thermal properties and in vitro starch digestibility of wheat sponge cake bread. ***LWT***: 109701.

Antoniou, K., Petridis, D., Raphaelides, S., Omar, Z. B., Kesteloot, R., 2000. Texture assessment of French cheeses. ***Journal of Food Science****,* **65** (1): 168-172.

AOAC, 2000. ***Official Methods of Analysis of AOAC International,*** *16th ed.* The Association, Arlington, VA, ABD.

AOCS, 1989. ***Official Method Cd 8-53. Peroxide value. In Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*** *(4th ed.).* AOCS, Champaign, IL, USA.

AOCS, 1989c. ***Official Method Ch 5-91. Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption.*** AOCS, Champaign, IL, USA.

AOCS, 2004. ***Official Method Ca 5a-40. Free Fatty Acids in Crude and Refined Fats and Oils.***

Augusto, P. E., Soares, B. M., Chiu, M. C., Gonçalves, L. A., 2012. Modelling the effect of temperature on the lipid solid fat content (SFC). ***Food Research International****,* **45** (1): 132-135.

Aydeniz, B., Güneşer, O., Yılmaz, E., 2013. Physico-chemical, sensory and aromatic properties of cold press produced safflower oil. ***Journal of the American Oil Chemists' Society****,* **91** (1): 99-110.

Barbut, S., Wood, J., Marangoni, A., 2016. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. ***Meat Sci****,* **122**: 155-162.

Campbell, G., Shah, P. (1999). ***Entrainment and disentrainment of air during bread dough mixing and their effect on scale-up of dough mixers Bubbles in Food*** (pp. 11-20): Eagan Press, Minnesota, USA.

Ceylan, M. M. (2020). ***Kızartma Yağlarının Stabilitesi Üzerine Farklı Doğal Antioksidan Maddelerin Etkisi.*** (doktora tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Chopin-Doroteo, M., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., de la Peña-Gil, A., Toro-Vazquez, J. F., 2011. The effect of shearing in the thermo-mechanical properties of candelilla wax and candelilla wax–tripalmitin organogels. ***Food Biophysics****,* **6** (3): 359-376.

Co, E. D., Marangoni, A. G., 2012. Organogels: An alternative edible oil-structuring method. ***Journal of the American Oil Chemists' Society****,* **89** (5): 749-780.

Çakmakçı, S., Kahyaoğlu, D. T., 2012. Yağ asitlerinin sağlık ve beslenme üzerine etkileri. ***Turkish Journal of Scientific Reviews****,* **5** (2): 133-137.

Da Pieve, S., Calligaris, S., Nicoli, M. C., Marangoni, A. G., 2010. Shear nanostructuring of monoglyceride organogels. ***Food Biophysics****,* **5** (3): 211-217.

Da Pieve, S., Calligaris, S., Panozzo, A., Arrighetti, G., Nicoli, M. C., 2011. Effect of monoglyceride organogel structure on cod liver oil stability. ***Food Research International****,* **44** (9): 2978-2983.

Das, U. N., 2006. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. ***Biotechnology Journal: Healthcare Nutrition Technology***, **1** (4): 420-439.

Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., Ueno, S., Sato, K., 2009. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. ***Journal of the American Oil Chemists' Society***, **86** (12): 1163-1173.

Demirkesen, İ., 2017. Farklı mumlarla oluşturulan oleojellerin reolojik ve tekstürel özellikleri. ***Gida / the Journal of Food***, **42** (1).

DGF, 2009. ***German Standard Methods for the Analysis of Fats and other Lipids: C-VI 18 (09) A & B, Ester-bound 3-chloropropane-1,2-diol (3MCPDEsters) and glycidol (glycidyl esters): Determination in fats and oils by GC-MS, WVG.***

Doan, C. D., Van de Walle, D., Dewettinck, K., Patel, A. R., 2015. Evaluating the oil-gelling properties of natural waxes in rice bran oil: rheological, thermal, and microstructural study. ***Journal of the American Oil Chemists' Society***, **92** (6): 801-811.

Dursun, G. (2017). ***Bitkisel Yağlardan Organojelasyon Yöntemi ile Yapılandırılmış Yemeklik Yağ Üretilmesi.*** (Yüksek Lisans), Çukurova Üniversitesi.

EFSA, 2016. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. Panel on Contaminants in the Food Chain. ***Efsa Journal***, **14** (5): e04426.

Emektar, K., Erdoğan, M. N. K., Tekin, A., 2020. Bitkisel Yağlarda 3-Monokloropropan-1, 2-diol (3-MCPD) ve Glisidil Esterleri Oluşumu ve Azaltılması. ***Academic Food Journal/Akademik Gıda***, **18** (1).

Eromosele, C., Eromosele, I., 2002. Fatty acid compositions of seed oils of Haematostaphis barteri and Ximenia americana. ***Bioresource Technology***, **82** (3): 303-304.

EU, 2018. ***Commission Regulation (EC) No 2018/290 of 26 February 2018 Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of glycidyl fatty acid esters in vegetable oils and fats, infant formula, follow-on formula and foods for special medical purposes intended for infants and young children.*** *Official Journal the European Union,*. L 55:27-29.

Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., 2017a. A novel propolis wax-based organogel: effect of oil type on ıts formation, crystal structure and thermal properties. ***Journal of the American Oil Chemists' Society***, **94** (1): 47-55.

Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S., Nicoli Maria, C., 2017b. Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. ***Lwt***, **86**: 523-529.

Goldberg, G., 2008. ***Plants: Diet and Health***. John Wiley & Sons.

Gülseren, M. (2019). ***Çeşitli Bitkisel Soğuk Pres Atıklarının Endüstriyel Kek Üretiminde Kullanılması.*** (yüksek lisans), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.

Gündüz, A. O. (2020). ***Türkiye'de Satışa Sunulan Bazı Yağlarda 3-MCPD ve Glisidil Esterleri ile Bazı Oksidasyon Parametrelerinin Belirlenmesi.*** (Yüksek Lisans), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Hamlet, C., Sadd, P., 2004. Effects of yeast stress and organic acids on chloropropanols formation in cereal products. ***Czech journal of food sciences***, **22** (I): 255.

Hwang, H. S., Fhaner, M., Winkler- Moser, J. K., Liu, S. X., 2018. Oxidation of fish oil oleogels formed by natural waxes in comparison with bulk oil. ***European Journal of Lipid Science and Technology***, **120** (5): 1700378.

ISO, 2012. ***Animal and Vegetable Fats and Oils -- Determination of Solid Fat Content by Pulsed NMR.***

IUPAC, 1992. ***Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives.*** Blackwell, International Union of Pure and Applied Chemistry. Oxford, England.

Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G., Lee, S., 2015. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. ***Food Chem***, **187**: 525-529.

Jimenez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., 2015. Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. ***Trends in Food Science & Technology***, **44** (2): 177-188.

Kara, S. (2019). ***Karnauba ve Balmumu Vaksları ile Hazırlanan Oleojellerin DSC ve FT-IR Spektroskopisi ile Karakterizasyonu.*** (yüksek lisans), İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.

Karl, H., Merkle, S., Kuhlmann, J., Fritsche, J., 2016. Development of analytical methods for the determination of free and ester bound 2-, 3-MCPD, and esterified glycidol in fishery products. ***European Journal of Lipid Science and Technology***, **118** (3): 406-417.

Koca, N., 2002. ***Bazı İkame Maddelerinin Yağı Azaltılmış Taze Kaşar Peynirinin Nitelikleri Üzerine Etkisi.*** (doktora tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, TR.

Langella, J. P., 2012. ***Saturated Fats: Metabolism, Disease Risks and Public Awareness (Nutrition and Diet Research Progress)*** 1st Edition. Nova Biomedical.

Li, C., Li, L., Jia, H., Wang, Y., Shen, M., Nie, S., Xie, M., 2016. Formation and reduction of 3-monochloropropane-1,2-diol esters in peanut oil during physical refining. ***Food Chem***, **199**: 605-611.

Marcucci, M. C., 1995. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. ***Apidologie***, **26** (2): 83-99.

Mert, B., Demirkesen, I., 2016a. Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product. ***LWT - Food Science and Technology***, **68**: 477-484.

Mert, B., Demirkesen, I., 2016b. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. ***Food Chem***, **199**: 809-816.

Micha, R., Mozaffarian, D., 2009. Trans fatty acids: effects on metabolic syndrome, heart disease and diabetes. ***Nat Rev Endocrinol***, **5** (6): 335-344.

Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., Goli, S. A. H., 2018. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. ***Food Research International***, **108**: 368-377.

Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., Weiss, R. G., Toro-Vazquez, J. F., 2009. Thermo-mechanical properties of candelilla wax and dotriacontane organogels in safflower oil. ***European Journal of Lipid Science and Technology***, **111** (2): 207-215.

Moskowitz, H. R., 1987. ***Food texture: Instrumental and sensory measurement***. Marcel Dekker New York.

Ny, A. S., Rah, E. D., 2015. Characteristics and oxidative stability of some safflower (*Carthamus Tinctorius L.*). ***Journal of Nutrition & Food Sciences***, **s14**.

Oh, I. K., Amoah, C., Lim, J., Jeong, S., Lee, S., 2017. Assessing the effectiveness of wax-based sunflower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. ***Lwt***, **86**: 430-437.

Oh, I. K., Lee, S., 2018. Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins. ***Food Hydrocolloids***, **77**: 796-802.

Öğütcü, M., Arifoğlu, N., Yılmaz, E., 2015. Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. ***International Journal of Food Science & Technology***, **50** (2): 404-412.

Öğütcü, M., Yılmaz, E., 2012. Margarinlere alternatif olabilecek yeni bir ürün: Oleojeller-I. ***Dünya Gıda***, **1**: 68-73.

Öğütçü, M. (2014). ***Yemeklik Oleojellerin Hazırlanması ve Gıda Ürünü Olarak Kullanımlarının Araştırılması***. (doktora tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Öğütçü, M., Mendeş, M., Yılmaz, E., 2008. Sensorial and Physico-Chemical Characterization of Virgin Olive Oils Produced in Çanakkale. ***Journal of the American Oil Chemists' Society***, **85** (5): 441-456.

Pandolsook, S., Kupongsak, S., 2020. Potential use of policosanol extract from Thai bleached rice bran wax as an organogelator. ***Journal of Food Measurement and Characterization***.

Patel, A., Rajarethinem, P. S., Gręd owska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W. H., Dewettinck, K., 2014. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. ***Food & Function***, **5** (4): 645-652.

Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S., Sagdic, O., 2018. Investigating the usage of unsaturated fatty acid- rich and low- calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. ***Journal of Food Processing and Preservation***, **42** (6): e13621.

Peker, S., Baştürk, A., 2019. Volatile compounds, fatty acid composition and antioxidant activity of *Centaurea albonitens* and *Centaurea balsamita* seeds growing in Van, Turkey. ***European Journal of Nutrition & Food Safety***: 187-199.

Rogers, M. A., Wright, A. J., Marangoni, A. G., 2009. Nanostructuring fiber morphology and solvent inclusions in 12-hydroxystearic acid / canola oil organogels. ***Current Opinion in Colloid & Interface Science***, **14** (1): 33-42.

Ronda, F., Gómez, M., Caballero, P., Oliete, B., Blanco, C., 2009. Improvement of quality of gluten-free layer cakes. ***Food Science and Technology International***, **15** (2): 193-202.

Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C., 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. ***LWT-Food Science and Technology***, **42** (8): 1380-1389.

Sarıca, Y. (2015). ***Doğal Bitki Ekstraklarının Kızartma Yağlarının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Etkisi***. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Sharifi, M., Goli, S. A. H., Fayaz, G., 2019. Exploitation of high-intensity ultrasound to modify the structure of olive oil organogel containing propolis wax. ***International Journal of Food Science & Technology***, **54** (2): 509-515.

Singh, A., Auzanneau, F. I., Rogers, M. A., 2017. Advances in edible oleogel technologies - a decade in review. ***Food Res Int***, **97**: 307-317.

Soylu, M., Falizi, N. J., Madenoğlu, T. G., Ötleş, S., Kukul, Y. S. K. K. S., MERİÇ, M. K., . . . KABAY, N., 2018. Arıtılmış atıksu kullanılarak yetiştirilen aspir bitkisi tohumlarından elde edilen yağın yemeklik yağ kalitesinin incelenmesi. ***Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi***, **5** (1): 7-12.

Stortz, T. A., Zetzl, A. K., Barbut, S., Cattaruzza, A., Marangoni, A. G., 2012. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. ***Lipid Technology***, **24** (7): 151-154.

Topaloğu, M. (2019). ***İnsülin Uygulanmayan Tip – I Diyabetik Ratların Beyin ve Böbrek Dokularında Lipofilik Vitaminler ve Esansiyel Yağ Asitleri Üzerine Cyclotrichium Niveum Ekstraktının Etkisi*** (yüksek lisans), Adıyaman Üniversitesi.

Toro-Vazquez, J. F., Mauricio-Pérez, R., González-Chávez, M. M., Sánchez-Becerril, M., Ornelas-Paz, J. d. J., Pérez-Martínez, J. D., 2013. Physical properties of organogels and water in oil emulsions structured by mixtures of candelilla wax and monoglycerides. ***Food Research International***, **54** (2): 1360-1368.

Toro-Vazquez, J. F., Morales-Rueda, J., Mallia, V. A., Weiss, R. G., 2010. Relationship between molecular structure and thermo-mechanical properties of candelilla wax and amides derived from (r)-12-hydroxystearic acid as gelators of safflower oil. ***Food Biophysics***, **5** (3): 193-202.

Toro-Vazquez, J. F., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M., Alonzo-Macias, M., González-Chávez, M. M., 2007. Thermal and textural properties of

organogels developed by candelilla wax in safflower oil. ***Journal of the American Oil Chemists' Society***, **84** (11): 989-1000.

Velasco, L., Fernandez-Martinez, J. (2001). ***Breeding for oil quality in safflower.*** Paper presented at the Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 23-27 July, 2001. Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability.

Wong, Y. H., Muhamad, H., Abas, F., Lai, O. M., Nyam, K. L., Tan, C. P., 2017b. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. ***Food Chem***, **219**: 126-130.

Yenioğlu Demiralp, Ş., Demirok Soncu, E., Kolsarıcı, N., 2017. Oleojeller ve emülsifiye et ürünlerinde kullanımı. ***Gıda / the Journal of Food***, **42** (5): 505-5013.

Yi, B., Kim, M. J., Lee, S. Y., Lee, J., 2017. Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil. ***Food Sci Biotechnol***, **26** (1): 79-87.

Yıldız, Ö. (2002). ***Düşük Kalorili Kek Üretimi Üzerine Bir Araştırma.*** (yüksek lisans), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Yıldız, Ö. (2010). ***Farklı Formülasyon, Pişirme ve Depolama Sürelerinin Glütensiz Kek Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması*** (doktora tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Yılmaz, E., Ögütcü, M., 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. ***Food Funct***, **6** (4): 1194-1204.

Yılmaz, E., Öğütcü, M., 2014. Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. ***Grasas y Aceites***, **65** (3).

Zhao, M., Lan, Y., Cui, L., Monono, E., Rao, J., Chen, B., 2020. Formation, characterization, and potential food application of rice bran wax oleogels: Expeller-pressed corn germ oil versus refined corn oil. ***Food Chem***, **309**: 125704.

Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K., Goff, H. D., 2013. Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. ***Journal of food science***, **78** (12): C1845-C1851.

ÖZ GEÇMİŞ

1993 yılında Van'da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 2013 yılında Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ne başladı. 2015-2016 ve 2016-2017 öğretim yıllarının 2. yarı dönemlerinde Macaristan Szeged University'de erasmus programı çerçevesinde 10 ay eğitim aldı. 2017 yılında üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl Eylül ayında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yağ Teknolojisi alanında yüksek lisans öğrenimine başladı.

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORİJİNALLİK RAPORU

Tarih: 08/07/2020

Tez Başlığı / Konusu: Aspir Yağı Esaslı Farklı Oleojellerin Elde Edilmesi Ve Keklerin Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 08/07/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8 (sekiz) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: ŞEBNEM BADEM

Öğrenci No:17910001129

Anabilim Dalı:GIDA MÜH. ANABİLİM DALI

Programı: GIDA MÜH.

Statüsü: Y. Lisans X Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan BAŞTÜRK

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR