

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NOHUT SUYUNUN BİTKİ BAZLI KAHVE BEYAZLATICI ÜRETİMİ İÇİN
DOĞAL EMÜLGATÖR OLARAK KULLANILMASI

Sinem Ece BEKDEMİR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2023

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NOHUT SUYUNUN BİTKİ BAZLI KAHVE BEYAZLATICI ÜRETİMİ İÇİN DOĞAL EMÜLGATÖR OLARAK KULLANILMASI

Sinem Ece BEKDEMİR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cansu Ekin BONACINA

Bu çalışmada, farklı oranlarda (ağırlıkça %8, %8,5, %9, %9,5, %10) nohut suyu (*aquafaba*) ve maltodekstrin (ağırlıkça %0,2, %0,5, %1, %1,5) içeren bitkisel bazlı model kahve beyazlatıcı emülsiyonlar geliştirilerek bu emülsiyonların fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir. Farklı oranlarda *aquafaba* ve maltodekstrinin karıştırılması ile emülsiyonların su fazı (ağırlıkça %90) oluşturulmuştur. Emülsiyonların yağ fazını (ağırlıkça %10) oluşturmak için ise palm çekirdeği yağı kullanılmıştır. Elde edilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların yapı stabiliteyi gözlemlenmiştir. Gözlem sonuçlarına göre daha stabil yapıya sahip olan emülsiyonların kahveye uygulanmasıyla elde edilen kahve örneklerinin, ticari kahve kremasına karşı duyuşsal değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Emülsiyonların stabilite gözlemleri sonucunda, yapılarında meydana gelen serum ayrışması miktarına göre kremalaşma indeksleri saptanmıştır. Elde edilen verilere göre model kahve beyazlatıcı emülsiyonların yapısına maltodekstrin ilavesinin, emülsiyon yapısını daha kararlı hale getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Stabilite sonuçlarına göre; %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içeren emülsiyon formülasyonlarının, ticari kahve beyazlatıcısına benzer olarak %0 kremalaşma indeksine sahip olduğu belirlenmiştir. Stabilitesi yüksek olan bu emülsiyonların, denemesi yapılan 5 adet emülsiyon formülasyonu içerisinde en yüksek maltodekstrin yüzdesine sahip olmaları, maltodekstrinin yapıya olumlu katkısı olduğu sonucunu desteklemektedir.

Emülsiyonların parçacık boyutları değerlerine göre, yapıdaki maltodekstrinin damlacıkların hacimsel ortalama çaplarını azaltıcı etki gösterdiği görülmüştür. Emülsiyonların bileşimindeki protein- polisakkarit kompleksinin, *aquafaba*nın damlacıkları kaplama etkisini ve yapıyı stabilize etme gücünü arttırdığı sonucuna varılmıştır. Son olarak model kahve beyazlatıcı emülsiyon ilaveli kahve örneklerinin duyuşsal analizi gerçekleştirildiğinde; ticari kahve kremasına en yakın beğeni puanına sahip olan örneğin, %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve örneği olduğu belirlenmiştir. Böylece nohut suyunun, bitkisel bazlı kahve beyazlatıcı formülasyonunda doğal bir emülgatör olarak kullanımının uygun olduğu ortaya konulmuştur.

Mart 2023, 80 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nohut suyu (*aquafaba*), maltodekstrin, kahve beyazlatıcı, bitkisel, emülsiyon, emülgatör.

ABSTRACT

Master Thesis

UTILIZATION OF AQUAFABA AS A NATURAL EMULSIFIER FOR A PLANT-BASED COFFEE WHITENER PRODUCTION

Sinem Ece BEKDEMİR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Cansu Ekin BONACINA

In this study, plant- based coffee creamers containing different ratios (8%, 8.5%, 9%, 9.5%, 10% w/w) of chickpea water (*aquafaba*) and maltodextrin (0.2%, 0.5%, 1%, 1.5% w/w) were developed and the physical, chemical and sensory properties of these emulsions were investigated. The water phase (90% w/w) of the emulsions was formed by mixing *aquafaba* and maltodextrin in different proportions. Palm kernel oil was used to form the oil phase (10% w/w) of the emulsions. The structural stability of the obtained model coffee whitener emulsions was observed. Following the observation, sensory evaluation of coffee samples containing coffee whitener emulsions, which have more stable structure, was carried out against commercial coffee cream.

As a result of the stability observations of the emulsions, creaming indices were determined according to the amount of serum separation occurring in their structures. According to the obtained data, it was concluded that the addition of maltodextrin to the structure of model coffee whitener emulsions made the emulsion structure more stable. According to the stability results; it was determined that emulsion formulations containing 9% *aquafaba*- 1% maltodextrin and 8.5% *aquafaba*- 1.5% maltodextrin had a 0% creaming index similar to commercial coffee whitener. The fact that these emulsions with high stability have the highest percentage of maltodextrin among the 5 emulsion formulations tested, supports the conclusion that maltodextrin has a positive contribution to the structure.

According to the particle size values of the emulsions, it was observed that the maltodextrin in the structure had a reducing effect on the volume average diameter of the droplets. It was concluded that the protein- polysaccharide complex in the composition of the emulsions increased the coating effect of *aquafaba* and the stabilizing power of the structure. When the sensory analysis of the coffee samples with the model coffee whitening emulsion is carried out; it was determined that the coffee sample with 8.5% *aquafaba*- 1.5% maltodextrin content had the closest acceptability score compared to the commercial coffee cream. Thus, it has been demonstrated that *aquafaba* is suitable to be utilized as a natural emulsifier in the formulation of plant- based coffee creamers.

March 2023, 80 pages

Key Words: Chickpea water (*aquafaba*), maltodextrin, coffee creamer, plant- based, emulsion, emulsifier.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve tez çalışması esnasında karşılaştığım zorluklara karşı bana tüm desteğini veren saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Cansu Ekin BONACINA'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), süreç boyunca bana verdiği tüm emek ve gösterdiği özveri için sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Akademik hayatım sırasında paralel olarak başladığım iş hayatının bana kazandırdığı çok kıymetli insanlardan biri olan saygıdeğer yöneticim Dilek KAYA SARIGÜL'e (Döhler Gıda A. Ş. Gıda ve İçecek Uygulama Laboratuvarları Yöneticisi) tez çalışmam için gerekli olan çalışma alanı, ekipman, hammadde desteğini sağladığı ve gösterdiği tüm katkılar için teşekkürlerimi sunarım. Görev yapmakta olduğum iş yerimdeki çok değerli takım liderim saygıdeğer Gülüfer MARULDALI'na, tez çalışmamda karşılaştığım teknik ve bilimsel problemlere sunduğu çözüm önerileri ve bana kazandırdığı farklı bakış açısı için sonsuz teşekkür ediyorum. Tanışalı birkaç yıl olsa da sanki senelerdir tanıyormuş gibi hissettiğim, iş ve özel hayatımın çoğunu paylaştığım, birçok konuda olduğu gibi tez çalışmam boyunca da yanımda olan sevgili arkadaşım Eylem KARAKUŞ'a çok teşekkür ediyorum. Sadece eğitim ve öğretim sürecinde değil hayatımın her alanında bana karşı olan sevgi, ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen, başarılı veya başarısız her anımda yanımda olan sevgili annem Nurgül BEKDEMİR'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Sinem Ece BEKDEMİR

Ankara, Mart 2023

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Emülsiyon Bazlı Sistemler ve Gıda Endüstrisindeki Uygulama Alanları.....	4
2.1.1 Emülsiyon bazlı bir ürün olarak kahve kremaları.....	6
2.2 Emülsiyon Stabilitesi ve Emülgatörlerin Kullanımı.....	7
2.3 Protein-Polisakkarit Komplekslerinin Emülgatör Özelliği.....	12
2.4 Bitkisel Proteinlerin Emülgatör Olarak Kullanımı.....	14
2.5 Nohut Haşlama Suyu Proteini (<i>Aquafaba</i>) Nedir?.....	21
2.5.1 <i>Aquafaba</i> nın fonksiyonel özellikleri ve gıda endüstrisindeki kullanım alanları.....	25
2.6 Bitki Bazlı Kahve Kreması Üretimi.....	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1 Materyal.....	31
3.1.1 Haşlanmış nohut suyu (<i>aquafaba</i>) tozu.....	31
3.1.2 Palm çekirdeği yağı.....	32
3.1.3 Kahve beyazlatıcısı.....	32
3.1.4 Kahve tozu.....	33
3.2 Yöntem.....	33
3.2.1 <i>Aquafaba</i> ile stabilize edilmiş emülsiyon eldesi.....	33
3.2.2 Emülsiyonların kremalaşma indekslerinin belirlenmesi.....	36
3.2.3 Kahve örneklerinin hazırlanması.....	37

3.2.4 Emülsiyonların ve kahve örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin saptanması.....	37
3.2.5 Duyusal analiz.....	38
3.2.6 İstatistiksel analiz.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	40
4.1 Emülsiyonların Suda Çözünür Kuru Madde Miktarları (°Bx).....	40
4.2 Emülsiyonların Stabiliteleri.....	42
4.3 Emülsiyonların Parçacık Boyutları.....	45
4.4 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyonların ve Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin pH Değerleri.....	48
4.5 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyonların ve Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin Renk (L^* a^* b^*) Değerleri.....	52
4.6 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin Duyusal Değerlendirme Sonuçları.....	59
5. SONUÇ.....	70
KAYNAKLAR.....	73
EK- DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGELER DİZİNİ

a^*	(a+) Kırmızı ve (a-) yeşil renk değeri
b^*	(b+) Sarı ve (b-) mavi renk değeri
$^{\circ}\text{Bx}$	Briks (Suda çözünür kuru madde)
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
$d_{(3,2)}$	Hacim/yüzey alanı ortalama çap
$d_{(4,3)}$	Hacimsel ortalama çap
L^*	(0) Siyah- (100) beyaz parlaklık renk değeri
$\sim$	Yaklaşık
$\%$	Yüzde

Kısaltmalar

cm	Santimetre
Kİ	Kremalaşma indeksi
mL	Mililitre
nm	Nanometre
Rpm	Dakikadaki devir sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Emülsiyon türleri.....	4
Şekil 2.2 Emülsiyonlarda görülen stabilite problemleri.....	8
Şekil 2.3 Gıda endüstrisinde sık kullanılan bitkisel proteinlerin sınıflandırılması.....	17
Şekil 2.4 <i>Aquafaba</i> üretiminin şematik gösterimi.....	24
Şekil 2.5 <i>Aquafaba</i> kullanılarak elde edilen gıda ürünleri.....	28
Şekil 3.1 Haşlanmış nohut suyu tozu (<i>aquafaba</i>).....	31
Şekil 3.2 Emülsiyon eldesinde kullanılan homojenizatör cihazı.....	34
Şekil 3.3 Yapısında yalnızca maltodekstrin içeren kahve kreması.....	35
Şekil 3.4 Kahve yüzeyinde partikül oluşumu.....	36
Şekil 3.5 Rastgele numaralandırılmış kahve örnekleri.....	38
Şekil 3.6 Duyusal analiz tadım düzeneği.....	39
Şekil 4.1 Depolama sonucu emülsiyonlarda meydana gelen serum fazı [(a) %10 <i>aquafaba</i> , (b) %9,5 <i>aquafaba</i> - %0,5 maltodekstrin].....	43
Şekil 4.2 En fazla serum fazı oluşturan krema örneği [(a) %8 <i>aquafaba</i> - %0,2 maltodekstrin].....	44
Şekil 4.3 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin pH değerleri.....	51
Şekil 4.4 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin L* (açıklık) değerleri.....	55
Şekil 4.5 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin a* (kırmızı/yeşil) değerleri.....	56
Şekil 4.6 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin b* (sarı/mavi) değerleri.....	57
Şekil 4.7 Kahve örneklerinin görünüş değerlendirme sonuçları.....	60
Şekil 4.8 Kahve örneklerinin renk değerlendirme sonuçları.....	61
Şekil 4.9 Kahve örneklerinin koku değerlendirme sonuçları.....	62
Şekil 4.10 Kahve örneklerinin lezzet değerlendirme sonuçları.....	63
Şekil 4.11 Kahve örneklerinin kıvam değerlendirme sonuçları.....	64
Şekil 4.12 Kahve örneklerinin genel beğeni değerlendirme sonuçları.....	65
Şekil 4.13 Ticari kahve kreması.....	67
Şekil 4.14 Model kahve beyazlatıcı emülsiyonlar.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Bazı baklagillerin içerdği protein miktarları.....	18
Çizelge 3.1 Nohut suyu tozunun (<i>aquafaba</i>) bileşimi ve yapısal özellikleri.....	32
Çizelge 4.1 Emülsiyonların suda çözünür kuru madde miktarı (°Bx).....	40
Çizelge 4.2 Emülsiyonların kremalaşma indeksleri (%).....	42
Çizelge 4.3 Emülsiyonların parçacık boyutu dağılım değerleri (µm).....	45
Çizelge 4.4 Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların pH değerleri.....	49
Çizelge 4.5 Emülsiyonların renk analizi (L* a* b*) değerleri.....	53



1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında sürekli değişen ve gelişen trendler, çevresel, ekonomik, dini, sağlıksal faktörler ve toplumun beslenme konusunda artan tüketici bilinci gibi çeşitli etmenler, gıda ve tüketim sistemlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Giderek artan dünya nüfusunun gıda talebinin karşılanması basit bir 'daha fazla gıda' yaklaşımından daha fazlasını gerektirmektedir. Bu bağlamda yeterli, kaliteli gıda üretimi ve bu gıda ürünlerinin dağıtımı konuları önem taşımaktadır. Gelişen bu bilinç ile hem üreticiler hem de tüketiciler gıda üretim ve tüketim sistemleri hakkında daha sürdürülebilir çözümlere yönelmektedir.

Tüketimi yapılan gıda ürünlerinin birçoğu emülsiyon bazlı sistemlerden meydana gelmektedir. Emülsiyon genel anlamda, birbiri içerisinde karışmayan iki sıvı fazdan (genellikle yağ ve su) birinin diğeri içerisinde damlacıklar halinde dağılması ile meydana gelmektedir. Mayonez, krema, tereyağ ve salata sosu gibi birçok gıda ürünü emülsiyon bazlı gıda sistemlerinin bir parçasıdır. Emülsiyonlar çoğunlukla hassas ve kararsız bir yapıya sahip olduğundan, stabil halde kalmaları için emülgatör kullanımına gereksinim duyulmaktadır. Emülgatör maddeler, emülsiyonu meydana getiren fazlar arasındaki yüzey gerilimini azaltarak ürünün homojen ve kararlı bir forma gelmesine yardımcı olmaktadır. Doğal veya sentetik yapıda birçok emülgatör madde bulunmaktadır. Proteinler; emülsiyon damlacıklarını fiziksel kararsızlıklara, özellikle de birleşmeye karşı koruyan makromoleküler bir film oluşturarak, yağ-su arayüzünde adsorbe olma eğilimi gösteren doğal emülgatör maddelerdir. Doğal ve yapıyı stabilize etme özelliğine sahip protein bileşeni, hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklardan elde edilebilmektedir. Hayvansal proteinler genellikle et ve süt ürünlerinden sağlanırken, bitkisel proteinler ise tahıllar, yağlı tohumlar ve baklagillerden karşılanmaktadır. Son yıllarda tüketicilerin beslenme alışkanlıkları ve eğilimlerindeki değişimler doğrultusunda hayvansal protein kaynakları yerine bitkisel kaynaklı protein tüketimi oldukça yaygın hale gelmiştir. Özellikle bezelye, nohut, bakla, mercimek ve fasulye gibi baklagiller bu anlamda kaliteli bitkisel protein kaynakları olarak bilinmektedir. Bitkisel proteinler birçok fonksiyonel işleve sahiptir ve çeşitli ürün bileşimlerinde emülgatör

olarak kullanımları mümkündür. Nohut (*Cicer arietinum* L.) tek yıllık otsu bir baklagil olup; protein, karbonhidrat, nişasta, lifler, mineraller ve vitaminler açısından zengin bir besin kaynağıdır. Nohut sıklıkla işlenen, birçok farklı formda üretilen ve tüketilen bir tarım ürünüdür. Yakın geçmişte ortaya çıkan ve etkileri artarak devam eden bir kavram olan *aquafaba*, nohutun haşlanması sonrası oluşan atık suyu ifade etmektedir. Nohut haşlama suyu olarak bilinen *aquafaba*, atık bir hammadde olarak görülmemesi gereken, kaliteli ve yüksek protein içeriğine sahip fonksiyonel bir hammaddedir. Son yıllarda *aquafaba*; köpük oluşturma, jelleşme, emülsifikasyon gibi farklı fonksiyonel özellikleri sayesinde beze, mayonez, peynir ve kek gibi gıda ürünlerinin bileşimlerinde yer bulmaktadır.

Modern gıda endüstrisinin öncelikli hedefleri; yüksek kaliteli, güvenli, sağlıklı, tüketici beğenisine hitap eden, yenilikçi, sürdürülebilir ve ekonomik gıda ürünlerin geliştirilmesi ve tüketiciye sunulmasıdır. Bu hedefler kapsamında ürün yelpazeleri de çeşitlenmektedir. Bileşimlerinde hayvansal protein kaynaklarını içeren mayonez, kek ve krema benzeri ürünlerin *aquafaba* gibi bitkisel protein kaynaklarının kullanılarak farklı alternatiflerinin geliştirilmesi ile ürünlerin üretim ve tüketimine farklı bir boyut kazandırılmaktadır.

Kahve, geçmişten günümüze toplumların tüketim kültürü üzerinde önemli rol oynayan popüler içecek türlerinden birisi olarak bilinmektedir. Kahve tüketiminin bu derece popüler olmasının yanında kahve kreması/beyazlatıcısı da birçok tüketici tarafından tercih edilmektedir. Kahve kreması ilavesi sayesinde ürün, daha yumuşak içimli hale getirilmektedir. Kahve kreması, ilave edildiği kahvenin genel yapısı, rengi, kokusu, lezzeti ve buna benzer duyu parametrelerini önemli oranda etkilemektedir. Genellikle bileşiminde hayvansal süt proteini barındıran kahve kremalarının, bitkisel kaynaklı proteinlerden elde edilen emülgatör bileşenler kullanılarak üretilen çeşitleri de mevcuttur.

Yapılan bu çalışma ile nohut haşlama suyunun (*aquafaba*) bitki bazlı kahve beyazlatıcısı formülasyonunda emülgatör olarak kullanım olanağı değerlendirilmiştir. Bu amaçla farklı oranlarda *aquafaba* içeriğine sahip emülsiyonlar elde edilerek, bu

emülsiyonların stabilitesi ve fizikokimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Analiz verileri sonuçlarına göre daha stabil ve uygun yapı gösteren emülsiyonlar belirlenerek kahveye uygulanmış ve son ürünün duyusal değeri değerlendirilmiştir.

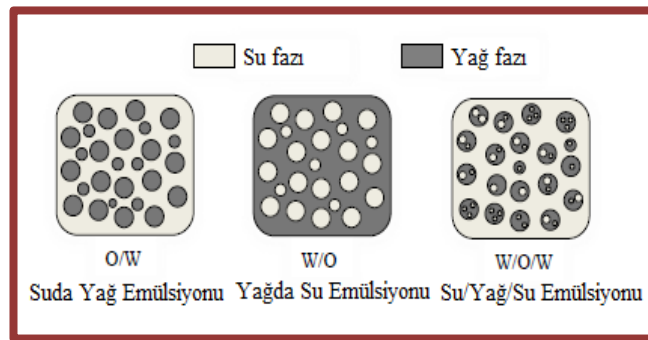


2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Emülsiyon Bazlı Sistemler ve Gıda Endüstrisindeki Uygulama Alanları

Emülsiyon, birbirine karışmayan en az iki sıvı fazdan birinin diğer fazın içerisinde dağıldığı heterojen karışım olarak adlandırılmaktadır. Temel olarak bir emülsiyon, damlacıkların dağıldığı dış faz olarak bilinen sürekli bir fazdan ve süreksiz faz olarak tanımlanan dağınık bir fazdan meydana gelmektedir. Emülsiyonların ve emülsiyon bazlı sistemlerin; gıda, ilaç, tarım, kozmetik ve petrol gibi birçok farklı endüstride kullanım olanağı bulunmaktadır.

Emülsiyonlar; klasik emülsiyonlar olarak bilinen su içinde yağ (O/W) ve yağ içinde su (W/O) emülsiyonu, çoklu veya karmaşık emülsiyonlar su/yağ/su (W/O/W) ve yağ/su/yağ (O/W/O) emülsiyonu, mikroemülsiyonlar, nanoemülsiyonlar, çok katmanlı emülsiyonlar, kuru emülsiyonlar gibi gruplara ayrılmaktadır. Suda yağ emülsiyonlarında, yağ globülleri sulu fazın içerisinde dağılmış şekilde bulunurken, yağda su emülsiyonlarında su molekülleri yağ fazına dağılmış haldedir. Çoklu emülsiyonlarda ise; aynı anda her iki emülsiyon tipi bir arada bulunmaktadır (Akbari ve Nour 2018). Emülsiyon türlerinin şematik gösterimi **şekil 2.1**'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.1 Emülsiyon türleri (Akbari ve Nour 2018)

Emülsiyon bilimi; kimya, fizik ve mühendisliği kapsayan çok branşlı bir konudur. Gıda endüstrisinde yaygın olarak tercih edilen emülsiyon biliminin amacı, emülsiyon ilkelerinden yararlanarak gıda kalitesi ve üretim tekniklerini geliştirmektir.

Emülsiyonlar, birçok doğal ve işlenmiş gıdanın bileşiminde kısmen veya tamamen yer almakta, bazı gıdalar ise zaten üretimin belirli aşamalarında emülsiyon haline getirilmektedir. Emülsiyon tipi ürünlere örnek olarak süt, krema, tereyağı, margarin, meyve suyu, çorba, kek, pasta, mayonez, kremalı likör, kahve kreması, sos ve dondurma gibi gıdalar gösterilebilmektedir. Emülsiyon bazlı gıda ürünleri; görünüm, tekstür, tat, raf ömrü gibi fizikokimyasal ve organoleptik özellikler açısından diğer gıda ürünlerine göre önemli farklılıklara sahiptir. Örneğin, süt düşük viskoziteli beyaz bir sıvıdır, çilekli yoğurt pembe renkli viskoelastik bir jeldir ve margarin sarı renkli yarı katı yapıda bir üründür. Spesifik kalite özelliklerine sahip emülsiyon bazlı bir gıda ürününün üretimi çoğunlukla üretimde kullanılacak su, yağ, emülgatör, koyulaştırıcı ajan, mineraller, asitler, bazlar, vitaminler, aromalar, renklendiriciler gibi hammaddelerin ve proses koşullarının en uygun şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle karmaşık yapıya sahip bu tür gıda emülsiyonları oluşturulurken; emülsiyon bileşimi, atom ve molekül gruplarının konsantrasyonu, yapıdaki diğer komponentlerin dağılımı gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Serdaroğlu vd. 2015).

Çeşitli bileşenler ve işleme koşulları ile oluşturulan emülsiyonlar, gıda ürünlerine istenen raf ömrü, tekstür, tat, koku, görünüm ve biyolojik olarak önemli işlevler kazandıran fiziksel ve kimyasal özellikler açısından geniş bir yelpazeye sahiptir. Herhangi bir ürün için belirlenen hedef özelliğin sağlanması amacı ile emülsiyonlar kullanılabilir. Gıda ürünlerindeki birçok farklı kullanım olanakları sayesinde emülsiyonların popülerliği giderek artmaktadır ve emülsiyonlar; renk, tat, koruyucu, vitamin, mineral gibi fonksiyonel bileşenlerin yapıya kazandırılması için bir taşıyıcı sistem rolü üstlenmektedir. Aynı zamanda bu bileşenler, emülsiyon sistemi içinde tutulduktan sonra etkin bir şekilde geliştirilebilmekte, burada muhafaza edilebilmekte, uygun koşul ve zamanlamada biyolojik sisteme salınabilmektedir. Kullanılan bileşenlerin türüne ve farklı uygulamalar için gereksinime bağlı olarak emülsiyon; çeşitli boyutlara, yüzey yapılarına ve elektrokimyasal özelliklere göre tasarlanabilen çok yönlü bir sistemdir (Hu vd. 2017).

Emülsiyonlar; gıdalara arzu edilen görünüm, doku, ağız hissi ve lezzet profili gibi farklı fonksiyonel niteliklerin kazandırılması için sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca,

emülsiyonlar yaygın olarak vitaminler ve nutrasötikler gibi biyoaktif maddelerin kapsüllenmesi için bir araç olarak da kullanılabilir. Son yıllarda artan kronik hastalıklar, çevresel zarar ve gıda güvenliği endişeleri gibi olumsuz etkileri azaltmak için gıdaların daha sağlıklı, sürdürülebilir, güvenli bir şekilde üretim ve tüketimine dair iyileştirme süreçlerine artan ilgi ile birlikte emülsiyon bazlı sistemlerin uygulama alanı ve çeşitliliği de genişlemektedir. Bu bağlamda, kontrollü sindirim davranışı ve artan biyoyararlanım gibi yeni ve geliştirilmeye devam eden fonksiyonel özelliklere sahip modern emülsiyon sistemlerinin keşfedilmesine yönelik bir eğilim oluşmuştur. Bilim ve endüstri bu tür modern emülsiyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara devam etmekte ve emülsiyon bazlı fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilerek daha kaliteli ve etkin bir şekilde tüketiciye sunulmasını desteklemektedir (Tan ve McClements 2021).

2.1.1 Emülsiyon bazlı bir ürün olarak kahve kremaları

Kahve, dünya çapında ticareti yapılan ve ekonomiye oldukça katkısı bulunan önemli bir içecek ürünüdür. Kahvenin yoğun üretime ve tüketime sahip olması, karakteristik tat ve aroma özelliklerinin yanı sıra zengin kafein içeriği ve merkezi sinir sistemini uyarıcı etkisi ile ilişkilendirilmektedir (Frag vd. 2022).

Toplum genelindeki tüketim eğilimlerine bakıldığında kahve, tüketicilerin sıklıkla tercih ettiği popüler içecek gruplardan birisidir. İçecek olarak hazırlanan kahve, genellikle tüketicilerin damak zevkine bağlı olarak sade olarak tek başına (siyah) tüketilebildiği gibi kahve beyazlatıcısı veya kahve kreması olarak da bilinen, süt veya krema yerine kahvenin tadının yumuşatılması için kullanılan sıvı veya toz formdaki ürünlerle (beyaz) tüketimi de mevcuttur. İyi bir kahve kreması; çözünabilirlik, viskozite ve stabilite gibi spesifik fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklere sahip olmalıdır. Kahve kreması, sıcak kahveye veya sıcak olarak tüketilen diğer içecek ürünlerine ilave edildiğinde kuvvetli beyazlatıcı etki göstermelidir (Hedayatnia ve Mirhosseini 2018).

Kahve, tüm içecekler arasında sudan sonra tüketimde ikinci sırada yer almakta ve dünyanın her yerinden insanlar yılda yaklaşık 500 milyar bardak kahve tüketmektedir.

Kahvenin bu oranda yaygın tüketime sahip bir içecek olması beraberinde kahve kreması tüketimini de toplum genelinde arttırmaktadır. Kahve kremasının bileşimi; bitkisel/süt yağı, sodyum kazeinat, stabilizatörler, tatlandırıcı, aroma, renk maddeleri ve emülgatörlerden meydana gelmektedir (Rosida vd. 2016).

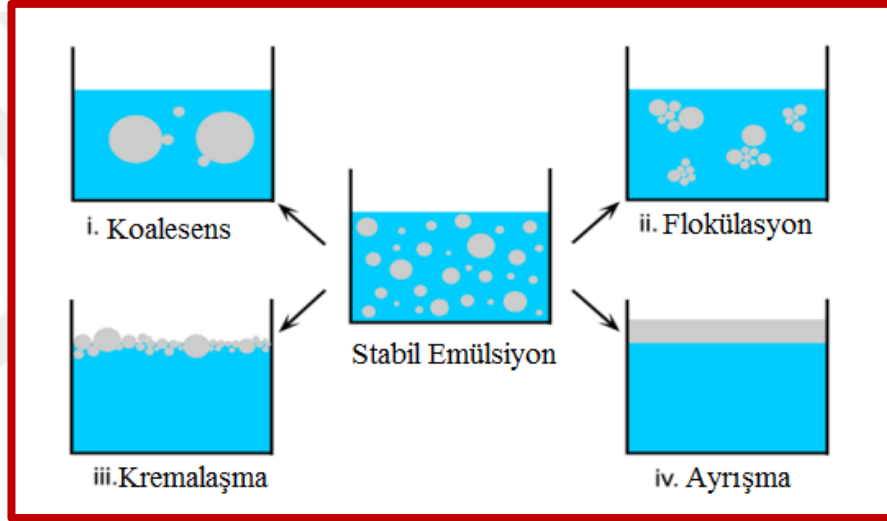
Kremalar yağ içeriklerine göre kategorize edildiğinde kahve kremalarının %10 ve üzeri yağ içeriğine sahip olduğu belirtilmektedir. Kahve kremaları; UHT, homojenizasyon veya aseptik dolum ile üretilmektedir. Kahve kremasının kahvenin içerisindeki yapısı ve stabilitesi son ürünün tüketimi, lezzeti ve kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle iyi kalitede bir kahve kreması eldesi için ürün homojenizasyon işlemine tabi tutulmalıdır. Homojenizasyon işlemi sayesinde kremada yağ tabakası oluşumu önlenmekte, kremanın tadı ve kalite özellikleri iyileştirilmektedir. Böylece tüketime sunulacak bir kahve kremasındaki en önemli kalite parametrelerinden olan emülsiyon stabilitesi ve beyazlatıcı etki özellikleri güçlendirilerek istenen kahve kreması elde edilmekte ve pazara sunulmaktadır (Deosarkar vd. 2016).

2.2 Emülsiyon Stabilitesi ve Emülgatörlerin Kullanımı

Emülsiyonlar, genellikle su ve yağ gibi birbirine karışmayan iki sıvıdan oluşan karmaşık yapılardır ve üretim parametrelerinden, fiziksel veya kimyasal faktörlerden kaynaklanan değişikliklere karşı oldukça hassastır. Bu nedenle emülsiyon stabilitesi, hem emülsiyonun hem de emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin kalitesinin ve raf ömrünün korunması ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir koşuldur. Bir emülsiyonun yapısı ve stabilitesi arasındaki ilişki, gerekli raf ömrüne ulaşırken, istenen besinsel işlevsellik ve duyuşal özelliklere sahip gıda ürünlerini tasarlamak ve etkin bir şekilde formüle etmek için esastır.

Protein bazlı içecekler, hazır bebek mamaları, dondurma ve mayonez gibi birçok gıda ürünü emülsiyon bazlı sistemlerden oluşmaktadır. Bir emülsiyonun iki ana bileşeninin karışmaz doğası nedeniyle bu sistemler termodinamik olarak kararsızdır. Emülsiyonların kararlılıklarının ve stabilitelerinin iyileştirilmesi, gıda üreticileri ve akademinin devam eden araştırma konularındandır (Drapala vd. 2018).

Emülsiyonlarda sıklıkla gözlemlenen stabilite sorunları; kremalaşma, flokülasyon, koalesens (bir araya gelme/yığılma), faz ayrışması ve faz dönüşümüdür. Flokülasyon, emülsiyon içerisindeki damlacıkların bireysel bütünlüğünü koruyarak birbirine yapışık floklar oluşturması ile meydana gelmektedir. Koalesens, emülsiyonun ara yüzeyinde yeterli koruyuculukta bir bariyer olmadığı durumlarda damlacıkların birleşerek daha büyük damlacıklar oluşturmasıdır. Kremalaşma olayı ise, emülsiyonun damlacıklar ile sürekli faz arasındaki yoğunluk farkı sebebi ile yerçekimsel olarak ayrışmasıdır (Berton-Carabin ve Schroen 2019). Emülsiyonlarda sıklıkla karşımıza çıkan stabilite sorunları **şekil 2.2**'deki görselde belirtilmiştir.



Şekil 2.2 Emülsiyonlarda görülen stabilite problemleri (Khan vd. 2011)

Gıda üreticilerinin özel uygulama ihtiyaçlarını karşılayabilecek emülsiyon sistemlerini etkin ve stabil bir şekilde tasarlaması ve üretebilmesi için, böyle bir sistemin fizikokimyasal, işlevsel ve duysal özelliklerini yüksek oranda etkileyebilecek emülsiyon matrisinin ve damlacıkların karakteristiklerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, emülsiyon içerisinde yer alan parçacıkların boyut, morfoloji, reoloji, yük gibi özellikleri analitik araçlar ve standart metotlar kullanılarak değerlendirilebilmektedir.

Emülsiyon stabilitesi, emülsiyonların zamanla fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklere direnç gösterme yeteneğini ifade etmektedir. Emülsiyonların stabilitesi çoğunlukla içerdiği damlacıkların fiziksel ve kimyasal karakterlerini belirleyen proses koşullarından ve yapısını oluşturan diğer bileşenlerden etkilenmektedir. Emülsiyonların yapısı ve stabiliteleri ürünlerin görünümünü doğrudan etkilemekte ve emülsiyon kararsızlığının sonucu meydana gelen görünüm bozukluklarının çoğu direkt olarak gözlemlenebilmektedir. Bu anlamda görsel gözlem; emülsiyonun yerçekimsel ayrılmasını değerlendirmek için kolay, ucuz ve oldukça hızlı bir yöntemdir. Görsel gözlem basit ve etkili bir yöntem olmakla birlikte bazı emülsiyon stabilite problemlerinin ayırt edilmesi ve ölçülmesi için yetersiz kalmaktadır. İnsan gözü ile doğrudan gözlemlenemeyen fakat emülsiyon stabilitesini oldukça etkileyen çok küçük boyuttaki parçacıkların mikroskop ile incelenmesi daha uygun bir yöntemdir. Mikroskop kullanılarak damlacıkların yapıdaki dağılımı ve boyutları incelenebilmekte ve emülsiyon kararsızlığının sebebi net olarak belirlenebilmektedir. Buna ilave olarak çeşitli cihazlar kullanılarak parçacık boyutu analizi de emülsiyon stabilitesinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler arasındadır. Emülsiyonların reolojik özellikleri ise reometre ve viskozimetre gibi ekipmanlar aracılığı ile belirlenebilmektedir (Hu vd. 2017).

Emülsiyonların fiziksel stabilite parametreleri başlıca; faz ayrımı, viskozite, elektroforetik özellikler ve parçacık boyutu olarak sıralanabilmektedir. Bir emülsiyonda belirli bir süre sonra faz ayrılmasının hızı ve kapsamı görsel olarak veya ayrılmış fazın hacmi ölçülerek saptanabilmektedir. İlave olarak, kremalaşma veya koalesens sonucu meydana gelen stabilite sorununun tayin edilmesi, hazırlanan emülsiyonun altından ve üstünden numune alınarak belirli bir süre bekletilmiş emülsiyonun alt ve üst fazı ile su içeriği, yağ içeriği veya herhangi uygun bir bileşenin analizi bakımından karşılaştırılması ile belirlemek de mümkündür (Sahoo 2020).

Emülsiyonlar, oluşum ve yapıları gereği kararsız sistemlerdir ve yapılarını stabil hale getirmek için bazı yüzey aktif maddelere gereksinim duyulmaktadır. Bir emülsiyonun kararlı ve stabil bir biçimde oluşturulması için gerekli temel bileşen emülgatördür. Yüzey aktif madde olarak da bilinen emülgatörler emülsiyonlara eklenerek,

emülsiyonun yapısını stabilize etmekte ve kararlı hale gelen emülsiyonun kullanıldığı ürünün raf ömrünü arttırmaktadır. Emülgatörün temel görevi, stabil bir emülsiyon elde edilmesi için emülsiyonun yağ ve su fazlarını bir arada tutmaktır. Bir emülgatörün esas özelliği, molekülünde birinci kısmı hidrofilik afiniteye, ikinci kısmı ise lipofilik afiniteye sahip olan iki parça içermesidir.

Emülsiyonun içerisinde kullanılacak emülgatör seçimi, doğru bir emülsiyon yapısı oluşturulması ve emülsiyonun stabil olarak kalması için çok önemlidir. Kullanılacak emülgatörün belirlenmesinde; son ürünün karakteristiği, emülsiyon oluşturma metodolojisi, ilave edilecek emülsiyonun miktarı, fazların fiziksel ve kimyasal özellikleri, emülsiyonun içerdiği diğer fonksiyonel bileşenler gibi faktörler etkili olmaktadır. Gıdaların yapısında kullanılan emülgatörler birçok farklı fonksiyona sahiptir. Bunlardan en önemlisi, yağ-su ara yüzeyindeki yüzey gerilimini azaltarak emülsiyonların oluşumuna ve stabilizasyonuna yardımcı olmak, ayrıca diğer gıda bileşenlerinin fonksiyonel özelliklerini değiştirmektir (Adheeb Usaid vd. 2014).

Emülgatörlerin; tarım, endüstriyel temizlik, deri, metal, kağıt, boya, tekstil endüstrileri gibi birçok farklı sektörde kullanım olanağı bulunmaktadır. Emülgatörler bu sektörlerde kullanıldığı gibi gıda ve içecek endüstrisi için de oldukça yaygın kullanım alanına sahiptir. Gıda endüstrisinde üretilen çoğu gıda ürününün doku, tat, koku gibi duyuşal özellikleri emülgatörler aracılığı ile ürüne kazandırılmaktadır (Sarathchandraprakash vd. 2013).

Gıda endüstrisinde sıklıkla tercih edilen emülgatör türleri; proteinler, polisakkaritler, fosfolipidler ve yapay emülgatörler olarak sıralanabilmektedir (Carla vd. 2017). Gıda endüstrisindeki üreticiler genelde yapay emülgatörler veya jelatin, yumurta proteini, peynir altı suyu proteini, kazein gibi hayvansal kaynaklı proteinleri tercih etmektedir fakat son yıllarda doğal, sürdürülebilir, çevre dostu ürünlere karşı artan tüketici talebi ile birlikte üreticiler de ürünlerini yeniden formüle etmektedir (McClements ve Gumus 2016). Doğal emülgatörler; yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polisakkarit, protein, biyosülfaktan ve doğal kolloidal parçacıkları vb. olabilir. Doğal emülgatör olarak kullanılan proteinler, yağ damlacıklarının yüzeyine adsorbe olarak damlacıkları

agregasyondan koruyarak stabiliteyi arttırmaktadır. Proteinlerin damlacık yüzeyine adsorpsiyonu; yığın çözüldükten yağ-su arayüzüne difüzyon, gerçek adsorpsiyon ve adsorbe edilen proteinin yeniden yapılandırılması olmak üzere üç ana aşamada ilerlemektedir. Bu bağlamda emülgatör olarak kullanılmak üzere çok çeşitli proteinler bulunmaktadır. Polisakkaritler de yine yaygın olarak bilinen doğal emülgatör bileşenlerdendir. Genel olarak polisakkaritler, sulu faz içerisinde oldukça viskoz bir yapıda gelişen ve stabiliteyi arttıran sürekli bir ağ oluşturarak emülgatör madde olarak fonksiyon göstermektedir (Dammak vd. 2020).

Emülgatör, doğal veya işlenmiş gıdaların fizikokimyasal ve viskozite, tekstür, ağız hissi gibi duyu kalite özelliklerinin sağlanmasında önemli rol oynayan bir gıda katkı maddesi türüdür. Emülgatör varlığı sayesinde, yağ/su veya su/yağ ara yüzeyindeki yüzey gerilimi azaltılarak emülsiyon oluşumu sağlanabilmektedir. Örneğin süt, yağın sulu fazda dağıldığı, su içinde yağ emülsiyonunun doğal bir formudur. Bu durumda dondurma, tereyağı ve peynir, süt proteininin doğal bir emülgatör olarak kullanıldığı gıda ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Proteinler emülgatör olarak, yüzey aktif madde, nemlendirici, yumuşatıcı, plastikleştirici gibi fonksiyonel özellikleri sayesinde şekerlemeler, içecekler, fırıncılık ve süt ürünlerinde kullanılmaktadır. Emülsiyonlar; yerçekimsel ayrılma, flokülasyon, birleşme ve faz ayrımı dahil olmak üzere fizikokimyasal mekanizmalar tarafından zamanla dengesiz hale getirilebilen termodinamik olarak kararsız sistemlerdir. Bu nedenle protein ve buna benzer yüzey aktif maddelerin yapıya ilave edilmesi, emülsiyonların stabil bir biçimde varlığını sürdürebilmesi açısından kritik bir noktadır (Kim vd. 2020).

Tüketicilerin doğal ürünlere artan talebinin etkisiyle protein kaynaklarından doğal emülgatörler elde edilmesine karşı yoğun bir ilgi söz konusudur. Gıda proteinleri; hem hayvansal (örneğin kazeinler, peynir altı suyu proteinleri) hem de bitkisel (örneğin soya proteinleri) kaynaklardan elde edilebilen, emülsiyonun ara yüzeyinde emilebilen ve yağ damlacıklarını stabilize edebilen amfifilik moleküllerdir. Bu tür proteinlerin fonksiyonel özellikleri esas olarak polipeptit zincirindeki amino asitlerin konumu ve sayısı ile belirlenmektedir (Padial-Dominguez vd. 2020).

Protein bazlı emülgatörlerin en temel iki işlevi, emülsiyon oluşumunu sağlamak ve oluşan emülsiyonun kararlılığını arttırmaktır. Bu bağlamda protein bazlı emülgatörler ilk olarak, homojenizasyon sırasında oluşan yağ damlacıklarının yüzeylerine hızla adsorbe olarak protein kaplı küçük yağ damlacıkları oluşturmaktadır. Sonrasında ise gıda üretimi, depolanması, dağıtımı ve kullanımı sırasında yağ damlacıklarının topaklanmasını önlemektedir. Yapısındaki birçok fonksiyonel, fiziksel ve kimyasal özellik sebebi ile proteinler, emülsiyon temelli gıda üretiminde sıklıkla kullanım olanağı bulan bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır ve farklı protein kaynakları kullanılarak elde edilen emülgatörler, spesifik özellikteki gıda ürünlerinin üretiminde proses girdisi olarak yer almaktadır (McClements vd. 2022).

2.3 Protein-Polisakkarit Komplekslerinin Emülgatör Özelliği

Proteinler, yağ/su ara yüzeyinde güçlü bir şekilde adsorbe olabilen amfifilik özellikte moleküllerdir. Proteinlerin bu özelliği sayesinde gıda endüstrisinde, emülsiyon bazlı gıdaları üretmek ve emülsiyonların kalite, raf ömrü, stabilite gibi parametrelerini geliştirmek için proteinlerden sıklıkla yararlanılmaktadır. Proteinlerin amino asit kompozisyonu, su/yağ ara yüzünde adsorbe olabilen protein miktarını etkileyen temel faktördür. Adsorbe olan protein molekülleri, elektrostatik ve/veya sterik itici kuvvetler yoluyla damlacık birleşmesini önleyerek emülsiyonları stabilize edebilmektedir. Kaliteli ve oldukça iyi emülgatör özelliğe sahip olmalarına karşın proteinlerin emülgatör olarak kullanımında bazı fiziksel ve kimyasal problemlerin meydana gelme riski vardır. Örneğin proteinin izoelektrik noktasında protein moleküllerinin net yükü sıfır olduğundan adsorbe olan tabaka kalınlığı yeterli değilse damlacık agregasyonu oluşmaktadır. Bu nedenle proteinlerin polisakkarit gibi yardımcı bileşenlerle desteklenmesi emülsiyonun kararlılığını arttırmak için kullanılabilecek alternatif bir yöntemdir (Evans vd. 2017).

Son yıllarda protein-polisakkarit komplekslerinin emülgatör bileşen olarak ürünlere uygulanması dikkat çekmektedir. Pektin, gam arabik, modifiye nişasta, maltodekstrin gibi polisakkaritler, protein molekülleri ile ortak bir yapı oluşturmak için tercih edilmektedir. Son zamanlarda aktif bileşiklerin kapsüllenmesinde emülgatör olarak

protein- polisakkarit elektrostatik komplekslerinin kullanılması da yine büyük ilgi gören uygulamalar arasında yer almaktadır. Proteinlerin izoelektrik noktasının altında pozitif net yük taşıdıkları pH değerlerinde, proteinler ve negatif yüklü polisakkaritler arasında kompleksler oluşmaktadır (Evans vd. 2017).

Genel olarak protein- polisakkarit kompleksi oluşumu için üç farklı mekanizma vardır. Bunlardan birincisi protein kalıntılarının polisakkarit zincirlerine kovalent olarak bağlanarak doğal yolla oluşması, ikincisi bir polisakkaritin indirgeyici ucunun proteindeki amin grubu ile etkileşimi sonucu oluşan kovalent bağ ile meydana gelmesi ve üçüncüsü ise zıt yüklü protein ve polisakkaritin bir araya gelerek elektrostatik kompleks oluşturması şeklindedir (Admassu vd. 2015).

Sıcaklık, pH, iyonik güç ve benzeri çevresel etkilere karşı hassasiyet gösterebilen proteinlerle stabilize edilmiş emülsiyonlara polisakkaritlerin ilave edilmesi su/yağ ara yüzünde protein-polisakkarit kompleksi oluşmasına ve emülsiyon kararlılığının kuvvetlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Polisakkaritlerin yüzey aktivitesi, konsantrasyonu ve partikül boyutu protein-polisakkarit komplekslerinin yapısı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Zıt yüklü protein- polisakkarit kompleksinin stabil bir yapıda kalması için pH değerine de dikkat edilmelidir. Genellikle polisakkaritler tek başına yağ damlacıklarının yüzeyine adsorbe olamamakta ve emülsiyonu stabilize edememektedir. Fakat proteinlerle kombine edildiklerinde emülsiyona stabilitesini iyileştirici etki göstermektedir. Protein- polisakkarit kompleksi aracılığı ile stabilize edilmiş emülsiyonlar ısıl işleme karşı, sadece proteinle stabilize edilmiş emülsiyonlardan daha dayanıklıdır. Protein- polisakkarit komplekslerinin emülgatör özellikleri ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Liu vd.'nin (2012) fıstık proteini izolatu/dekstran, Chen vd.'nin (2016) fıstık proteini izolatu/maltodekstrin ve Noshad vd.'nin (2015) soya proteini izolatu/çemen otu gam kompleksleri ile ilgili yaptıkları çalışmalardır. Bu kompleksler ile stabilize edilen emülsiyonlar ısı, ultrason, yüksek basınç, ekstrem pH ve elektriksel güç gibi zorlu çevresel koşullara karşı stabil özellik göstermiştir (Lin vd. 2017).

Ray ve Rousseau'nun (2013) yaptıkları bir çalışmada; denatüre soya peynir altı suyu proteinleri ve soya fasulyesi polisakkaritleri karışımı, suda yağ emülsiyonlarını (ağırlıkça %5) faz ayırımına karşı stabilize etmek için kullanılmıştır. Söz konusu karışımlar düşük oranlarda kullanıldığında sınırlı bir stabilite etkisi göstermiştir. Soya peynir altı suyu proteinleri: soya fasulyesi polisakkaritleri karışımları ağırlıkça %1,5: 1,0 optimum oranda kullanıldığında pH 3'te 60 gün, pH 8'de ise 21 gün faz ayrımı gözlemlenmemiştir. Genel olarak bu çalışmada, soya peynir altı suyu proteinleri- soya fasulyesi polisakkaritleri arayüz katmanları varlığının, suda yağ emülsiyonlarının yağ damlacığı birleşmesine ve faz ayırımına direnme kapasitesini arttırdığı sonucu elde edilmiştir. Bu ve bunun gibi çalışmalar protein- polisakkarit komplekslerinin gıda endüstrisinde kullanım alanlarını genişletmekte ve daha kaliteli özelliklere sahip emülsiyonların üretilmesi açısından yol göstermektedir (Ray ve Rousseau 2013).

2.4 Bitkisel Proteinlerin Emülgatör Olarak Kullanımı

Modern gıda endüstrisinde; çevre, insan sağlığı ve hayvan refahı üzerindeki olumsuz etkilerin azaltması için tasarlanmış gıdaların üretim ve tüketim modellerinin oluşturulması ve yaygınlaştırılmasına olan eğilim giderek artmaktadır. Mevcut üretim ve tüketim alışkanlıklarında yer alan et, süt, yumurta ve balıktan elde edilen hayvansal kaynaklı proteinler yerine bitkisel kaynaklardan elde edilen alternatif bileşenlerin kullanımı güncel bir konu olarak gıda sektöründe yer bulmaktadır. Bu bağlamda proteinler, gıdaların bileşiminde yer alan çok fonksiyonlu önemli bileşenlerden biridir ve bu nedenle gıda endüstrisi, proteinler için alternatif kaynakların bulunmasına yoğun bir şekilde odaklanmaktadır (McClements vd. 2022).

Gıda güvencesi konusunda büyüyen farkındalık ve sürekli olarak artan dünya nüfusu, üreticileri alternatif ve sürdürülebilir protein kaynakları aramaya teşvik etmektedir. Dünya nüfusunun devamlı olarak artan protein talebi, mevcut olanlara ek yeni kaynaklar oluşturulmasını gerektirmektedir. Küresel olarak tüketilen proteinlerin %40'ı hayvansal kaynaklardan sağlanırken, kalan %60'ı bitkisel kaynaklardan elde edilmektedir. Hayvansal bazlı proteinler, yüksek maliyet ve sınırlı tedarik kaynağına sahip olmakla birlikte aynı zamanda iklim değişikliği, tatlı su tükenmesi, sera gazı emisyonları ve

insan sağlığı için çeşitli tehlikelerle ilişkilendirildiğinden giderek tekimleri azalmakta ve bitkisel kaynaklı proteinlere olan ilgi yoğunlaşmaktadır. Bitki kaynaklı proteinler son yıllarda etimi gelişmekte olan et ikamesi ürünler, protein barları, pastane ve fırıncılık ürünleri, şekerlemeler, atıştırmalıklar ve içecek ürünleri gibi çok çeşitli gıda ürünlerinin formülasyonuna dahil edilmektedir. Yakın geçmişte yayınlanan bir rapora göre (Fortune Business Insights 2021), küresel bitki bazlı protein takviyelerinin pazar büyüklüğü 2019'da 4,79 milyar dolara ulaştığı belirtilmekte ve 2027 yılına kadar bu değerin 7,08 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (zdemir vd. 2022).

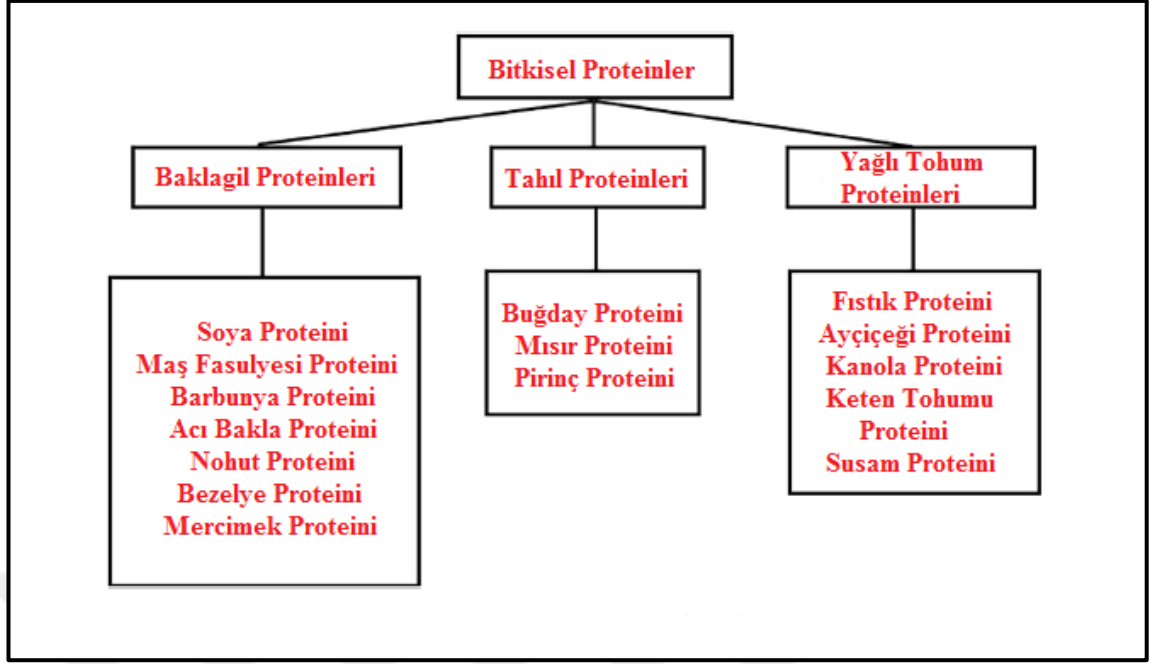
Bitkisel kökenli proteinlerin alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılmasına olan ilgi artışı, bitkisel proteinlerin elde edildiği kaynakların da üretim ve teketim açısından geliştirilmesini teşvik etmektedir (Kim vd. 2020). Bitki bazlı proteinler arasında soya proteini ve buğday glteni, yaygın olarak kullanılan protein kaynakları arasında yer almaktadır. Fakat bu proteinler yapılarında bazı alerjen bileşenler içermekte ve hassas teticilerde çeşitli sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Bu bağlamda baklagil kaynaklı proteinler, fonksiyonel bitkisel kaynaklı protein alternatifleri olarak ortaya çıkmaktadır. Bitkisel kaynaklı bu proteinlerin gıdaların içeriklerine katılması, kalite ve duysal özellikleri arttırılmış daha yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesine imkn tanımaktadır. Gıdalarda fonksiyonel bileşen olarak tahıllardan, baklagillerden, yağlı tohumlardan ve alglerden elde edilen birçok türde bitki proteini bulunmaktadır. Bunlar arasında bezelye, nohut, mercimek ve fasulye gibi baklagillerden elde edilen proteinler doğada yaygın bulunabilirlikleri sayesinde ekonomik olarak sıklıkla tercih edilmektedir. İçerdikleri yüksek protein miktarı (>20 g protein/100 g kuru madde) da yine bu protein kaynaklarının endüstride yer bulmasında etkili bir faktördür (Kai Ma vd. 2022).

Bitkisel proteinlerin çoğu albümin ve globülin fraksiyonlarından oluşmaktadır ve bitkisel proteinler; toz, konsantre veya izolat şeklinde kullanılabilir. Protein bileşenlerinin farklı oranlarına sahip genotipler, ekstrakte edilmiş bitki proteini tozlarının, konsantrelerinin ve izolatlarının temel özelliklerini belirlemektedir. Bitkisel proteinlerin genotipleri, proteinin yapısı ve fonksiyonel performansı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Aynı şekilde bitkisel proteinlerin moleküler yapısı da işlevsellik özelliklerini belirleyen faktörler arasındadır. Legmin ve visilin, bitkisel proteinlerde

bulunan globülinin ana türleridir. En yaygın bulunan minör proteinler ise konvisilin, prolaminler ve glutelinlerdir. Bitkisel proteinlerin bileşimindeki legümin ve visilin oranı proteinin biyolojik kökenine göre değişmekte ve proteinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemektedir (Kai Ma vd. 2022).

Bitkisel proteinler sahip oldukları fonksiyonel özellikler ile modern ve yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesi için oldukça iyi alternatiflerdir. Bitkisel proteinler su ve yağ tutma kapasitesi, jelleşme, çözünürlük, emülsifikasyon, köpük oluşturma gibi özellikleri ile bazı özel gıdaların üretim aşamasında belirgin rol oynamaktadır. Örneğin bitkisel proteinlerin su ve yağ tutma kapasiteleri sayesinde bitki bazlı yoğurdun sinerezisi, bitki bazlı et ürününün ise pişirilebilirliği ve sululuk özelliği gibi kalite parametreleri sağlanmaktadır. Bitkisel proteinlerin jelleşme özellikleri; bitki bazlı et, balık, yumurta veya peynir ürünleri gibi yarı katı bir yapının oluşturulması gerekli olan gıda üretim uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bitki proteinleri ayrıca hava-su ara yüzüne adsorbe ederek hava kabarcıkları etrafında koruyucu bir film oluşturmakta ve köpükleri stabilize etmektedir. Bu özellik, kremsi veya kabarık bir dokuya sahip kek, dondurma ve krem şanti gibi gıda ürünlerinin üretiminde yapıyı ve kaliteyi oldukça etkilemektedir (Kai Ma vd. 2022).

Bitkisel proteinler; insan beslenmesinde hayati önem taşıyan, kaliteli ve besinsel değeri yüksek bir makro molekül olan protein ihtiyacının karşılanması için oldukça iyi bir kaynaktır. Gıda ürünlerinin yüksek besinsel değerlere sahip, çevre dostu, sürdürülebilir, sağlığa faydalı, ekonomik ve fonksiyonel bir formda üretilebilmesine katkı sağlamaktadır. Bitkisel proteinlerin elde edilebileceği kaynak yelpazesi oldukça geniştir. Esas olarak bu kaynaklar; baklagiller (soya, bezelye, mercimek, bakla, fasulye, nohut, börülce), tahıllar (pirinç, buğday, darı, mısır, arpa) ve yağlı tohumlar (chia, keten tohumu, susam, ayçiçeği, fındık) olmak üzere **şekil 2.3**'te gösterildiği gibi üç gruba ayrılmaktadır (Almeida Sa vd. 2020).



Şekil 2.3 Gıda endüstrisinde sık kullanılan bitkisel proteinlerin sınıflandırılması (Lin vd. 2017)

Bitkisel protein kaynakları içerisinde baklagiller, doğada yaygın olarak bulunmaktadır ve yüksek kalitede besinsel değere sahiptir. Baklagil ağırlıklı günlük diyetin insan sağlığı açısından birçok faydası bulunmaktadır. Baklagiller doğada bol miktarda bulunmaları ve ekonomik olmaları nedeniyle insan vücudunun ihtiyaç duyduğu protein, enerji, karbonhidrat, lif, vitamin ve minerallerin sağlanması için önemli bir seçenektir (Almeida Sa vd. 2020). **Çizelge 2.1**'de belirtildiği gibi baklagiller kayda değer miktarda protein içeriğine sahiptir (Hueda 2017).

Çizelge 2.1 Bazı baklagillerin içerdiği protein miktarları (Hueda 2017)

Bilimsel İsmi	Yaygın İsmi	Protein İçeriği (g/100g)
<i>Cajanus cajan</i>	Güvercin Bezelyesi	21,70
<i>Cicer arietinum</i>	Nohut	21,70
<i>Lens culinaris</i>	Mercimek	24,63
<i>Phaseolus lunatus</i>	Lima Fasulyesi	21,46
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Barbunya	24,37
<i>Vigna radiata</i>	Maş Fasulyesi	23,86

Baklagillerin tarımsal olarak yetiştirilmesi ve tüketilmesinin tarihi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. İnsanoğlu tarafından yetiştirilen ilk mahsulün baklagiller olduğu düşünülmektedir. Dünyanın birçok bölgesindeki geleneksel diyetlerde önemli yer teşkil etmektedir. Baklagiller besinsel değerlerinin yanı sıra tarımsal üretim sistemleri açısından da birçok fayda sağlamaktadır. Atmosferik azotu dengeleme ve toprağın genel verimliliğini artırma, pahalı azotlu gübrelere olan ihtiyacı azaltma gibi yetenekleri bunlardan birkaçıdır. Ayrıca baklagiller zorlu çevresel ve üretim koşullarına oldukça dayanıklıdır. Ekolojik yetiştirme koşulları geniş bir aralığa sahiptir (Gebrelibanos vd. 2013).

İnsan beslenmesinde tahıllardan sonra en önemli besin kaynağının baklagiller olduğu düşünülmektedir. Baklagiller; protein, nişasta, diyet lifi, vitaminler, mineraller ve

polifenoller gibi yaşamsal faaliyetler için önem taşıyan maddelerin elde edilmesi için kolay ve ucuz bir kaynaktır. Baklagiller; yüksek protein içeriği, düşük maliyeti ve geniş kabul edilebilirliği sayesinde protein izolatlarının hazırlanması için oldukça uygun bileşenlerdir. Günümüzde baklagillerin bileşenlerine (protein, nişasta ve lif) ayrıştırılması ve bu bileşenlerin gıda sistemlerinde içerik olarak kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır (Ladjal-Ettoumi vd. 2015).

Baklagillerin gıda üretim sistemlerinde protein kaynağı ve emülgatör olarak kullanım olanakları ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Joshi ve arkadaşlarının (2012) yürüttüğü bir çalışmada, mercimek proteini izolatının arayüzey ve emülgatör özellikleri benzer diğer proteinlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda mercimek proteini izolatından elde edilen emülsiyonun stabilitesi; kazein ve peynir altı suyu proteininden daha az, soya proteini izolatından ve sığır serum albümininden daha fazla olarak belirlenmiştir (Joshi vd. 2017). Mendes ve arkadaşlarının (2018) yaptığı bir çalışmada, bezelye proteini izolatının biyosüpfaktan aktivitesi ve emülgatör özelliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bezelye proteini izolatu içeren sulu çözeltilerin yüzey gerilimini azalttığı tespit edilmiştir. Bezelye proteini izolatının termal olarak kararlı olduğu, bu nedenle 4°C- 80°C arasında sıcaklık gerektiren fırıncılık, dondurma üretimi ve benzeri proseslerde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Mendes vd. 2018).

Baklagil kaynaklı bitkisel proteinler, literatürdeki bilimsel çalışmalara konu olmalarının yanı sıra gıda endüstrisindeki fonksiyonel ve yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesinde de sıklıkla tercih edilmektedir. Baklagillerden elde edilen alternatif protein kaynakları hem iyi bir besinsel kaynak olma özelliği taşımakta hem de ticari olarak üretime katkı sağlamaktadır. Baklagiller, birçok işlevsel özelliğe sahip olması nedeniyle fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde temel kaynak olarak yer almaktadır. Baklagillerden soya fasulyesi tohumu; yüksek protein içerikli, ekonomik olarak kolay ulaşılabilir, emülsiyon ve doku oluşturma özelliğine sahip bitkisel protein kaynağıdır. Yağ ekstraksiyonu işleminden sonra soya fasulyesinden geriye soya küspesi kalmakta ve soya küspesi hayvan yemi endüstrisinde kullanılmaktadır. Kalan diğer kısımlar ise; soya sütü, soya unu, tofu, soya protein izolatu ve soya proteini konsantresi olarak değerlendirilmektedir. Soya proteini, glisinin ve β -konglisinin olmak üzere iki temel depo proteinini

içermektedir. Yapıdaki bu proteinler, bileşimine katıldıkları gıda ürünlerinin fiziksel, duyuusal ve fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Soya proteini izolatları genellikle; et ve süt ürünlerinde ve bebek mamaları üretiminde kullanılmaktadır. Soya proteini ticari olarak yaygın kullanıma sahiptir fakat yapısında bazı alerjen proteinler içermesi ve hassas tüketicilerde birtakım sağlık sorunlarına yol açması sebebiyle bu proteinlerin kullanımı belli oranda kısıtlanmaktadır. Baklagil kaynaklı bitkisel proteinlerin içerisinde ticari olarak en yaygın kullanıma sahip olanı bezelye proteinidir. Bu durumdaki en büyük etkenler, bezelye yetiştirilebilir alanların yaygın olması ve bezelye kabuğunun kolay bir şekilde ayrılabilmesidir. Bezelyenin içerdiği ana depo proteinler, legümin ve visilin proteinleridir ve bu proteinler oldukça iyi emülgatör özelliği göstermektedir. Bezelye proteinleri, sahip oldukları yüksek fonksiyonel özellikler sayesinde et ve deniz ürünleri, bebek mamaları, unlu mamuller, makarna, tahıl ürünleri ve buna benzer birçok üründe yer almaktadır. Nohut, bitkisel protein kaynakları içerisinde çok önemli bir besin kaynağı olan bir diğer baklagildir. Nohut yüksek besleyici değerlere sahip, güçlü emülgatör özelliği ve iyi derecede yağ bağlama kapasitesi olan bir protein kaynağıdır. Mercimek, protein ve besleyici içeriği zengin bir başka baklagil türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Mercimek bileşiminde yüksek oranda fenolik madde içermektedir ve kolon kanserini engelleyici, kolesterol düşürücü etkileri ile sağlık açısından birçok faydaya sahiptir. Mercimek proteini de diğer baklagil proteinleri gibi iyi bir emülgatör özelliği göstermektedir ve bu özelliği mercimek proteininin unlu mamullerin bileşiminde kullanılmasını olağan hale getirmektedir. Eckert ve arkadaşlarının (2018) yaptığı bir çalışmada, tatlı çörek üretiminde mercimek unu kullanılmış ve mercimek unu kullanılarak elde edilen tatlı çöreklerin sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık gibi fiziksel ve duyuusal özelliklerinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İnsan beslenmesi için önemli bileşenler içeren bir diğer baklagil bakladır. Yüksek oranda protein ve lif kaynağı olan bakla aynı zamanda yapısında fitokimyasal maddeler de bulundurmaktadır. Baklanın zengin amino asit içeriği, su bağlama kapasitesinin yüksek olması ve emülgatör özelliğinin bulunması bakla proteininin gıda ürünlerinin yapılarına ilave edilmesini teşvik etmektedir. Baklagiller ve baklagillerden elde edilen bitkisel proteinler bütün bu yapısal ve fonksiyonel özellikleri ile modern gıda endüstrisinde kullanımı giderek yaygınlaşan besin kaynaklarıdır. Toplumun protein ihtiyacının mümkün olan en sağlıklı, ekonomik,

çevre dostu, sürdürülebilir yöntemlerle karşılanması ve gıda proteini elde edilmesi sırasında kaynakların verimli şekilde çoğaltılması için oldukça iyi bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Çetiner ve Ersus Bilek 2018).

2.5 Nohut Haşlama Suyu Proteini (*Aquafaba*) Nedir?

Günümüz toplumunda sürekli olarak değişen tüketim alışkanlıkları, gıda üretim politikaları ve çeşitli sebepler doğrultusunda her yıl oldukça yüksek miktarda gıda atığı oluşmaktadır. Gıda atığı temelde, gıda ürünlerinin üretilmesi ve hazırlanması sırasında oluşan fakat tüketilmeyen besinleri ifade etmektedir. Hiç tüketilmemiş veya kısmen tüketilmiş gıda ürünleri de bu kapsamın içinde yer almaktadır. Gıda ürünlerinin muhafazası için kullanılan ambalaj materyalleri ise bu tanımın dışındadır. Gıda atıkları günlük hayatta tükettiğimiz ürünlerin bir parçası veya tek başına tükettiğimiz ürünler olarak sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Sebze kabukları, meyve artıkları, kahve telvesi, yumurta kabukları, süt, ekmek, pişmiş yemek, et, balık, kemik ve benzeri maddeler gıda atığına örnek olarak gösterilebilmektedir. Gıda atığı türleri kendi içerisinde; önlenebilir, potansiyel olarak önlenebilir ve kaçınılmaz gıda atığı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Tabakta bırakılan besinler, çöpe dökülen meyve ve sebzeler, son kullanma tarihi geçmiş gıdalar önlenebilir gıda atığı sınıfına girmektedir. Ekmek ve patates kabukları potansiyel olarak önlenebilir, muz kabukları ve tavuk kemikleri gibi maddeler ise kaçınılmaz gıda atığı olarak tanımlanmaktadır (Salih Hariri vd. 2014).

Gıdaların çeşitli sebeplerle israf edilmesi ve gıda atıklarının oluşması, küresel boyutta birçok etkiye sahip bir olgudur. Çevre, finans, üretim verimi, kaynak kullanımı gibi birçok alan için gıda atıkları önemli bir yere sahiptir. Gıda atıklarının oluşması ve geri dönüşüme kazandırılmaması küresel çevre kirliliğine, sera gazı oluşumuna, yaşam ve besin döngüsünün dengesizleşmesine, kaynakların yanlış bir biçimde tüketilmesine, tüketilen enerjinin geri dönüştürülememesine, alan ve iş gücünün israf edilmesine sebep olmaktadır. Bütün bu olumsuz etkileri önlemek üreticilere ve tüketicilere bağlı bir konudur. Gıdaların üretim ve tüketim esnasında israf edilmesini önlemek veya atık olarak meydana gelen materyalleri geri dönüştürmek çeşitli politikalarla sağlanabilmektedir. Üretim yerlerinde çöplerin düzenli bir şekilde toplanması ve

türlerine göre bölünmesi, aynı şekilde toplumun da tüketim alışkanlıklarını buna göre düzenlemesi ve oluşan gıda atıklarının geri dönüşüme kazandırılmasına katkıda bulunması gerekmektedir (Salih Hariri vd. 2014).

Gıda israfının önlenmesinin son derece önemli olduğu günümüz toplumunda, üretim ve tüketim sırasında oluşan gıda atık veya yan ürünlerinin değerlendirilmesi gıda endüstrisinin ve bilim dünyasının üzerinde önemle durduğu bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya genelinde üretimi ve tüketimi yaygın olan besin türlerinden birisi baklagillerdir. Tarımsal olarak keşfedilmesi, üretilmesi ve tüketilmesi çok eski dönemlere uzanan baklagiller; zengin besin içerikleri, sağlık açısından faydaları ve kolay elde edilebilirlikleri sayesinde sıklıkla tüketilmektedir. Baklagiller içerisinde nohut, özellikle bitkisel bazlı beslenmeye yönelen tüketiciler tarafından yoğunlukla tercih edilmektedir. Hayvansal protein kaynaklarını tüketemeyen veya çeşitli sebeplerle tüketmek istemeyen kişilerin protein ihtiyacının karşılanması için nohut alternatif bir kaynak niteliğindedir. Proteine ilave olarak doymamış yağ asitleri, mineraller ve β -karoten bakımından da zengin bir besindir. Küresel kapsamda nohut, en çok ekimi yapılan ikinci baklagil ürünüdür. 2018 yılında dünya genelinde baklagil ekili alan 95,76 milyon hektar olup, bunun 17,81 milyon hektarı nohut ekimi ile kaplıdır. Çok yönlü bir baklagil olan nohutun çeşitli üretim proseslerinden geçirilmesi ile birçok farklı yapıda ve tatta ürün grubu elde edilmektedir. Çoğu üretimde olduğu gibi nohutun da işlenmesi sırasında meydana gelen atıklar ve yan ürünler mevcuttur (Arooj vd. 2021).

Gıda atıklarının değerlendirilmesi kapsamında oldukça verimli bir bileşen türü olarak *aquafaba* kavramı karşımıza çıkmaktadır. *Aquafaba*, nohutun haşlanması sonucu oluşan bitkisel bir proteindir ve nohut haşlama suyu proteini olarak adlandırılmaktadır. Nohutun haşlanması sonucu meydana gelen kalıntı veya atık olarak görülen suyun yapısında önemli ölçüde protein barındırması, *aquafabanın* atık değerlendirme kapsamında çeşitli amaçlarla geri dönüştürülmesini ve kullanılmasını teşvik etmektedir (Alsalman vd. 2020).

Aquafaba, Latince kökenli bir kelimedir ve aqua suyu, faba ise fasulyeyi tanımlamaktadır. *Aquafaba*, nohutun suda bekletilmesi ve haşlanması sırasında oluşan

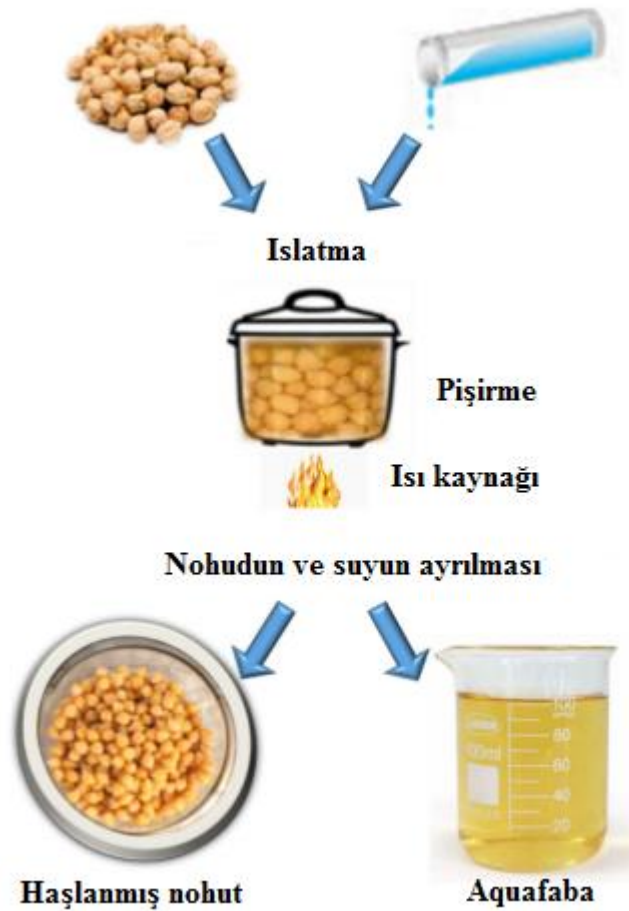
farklı düzeylerde çözünür karbonhidratlar, saponinler ve proteinler içermektedir (Alsalman vd. 2020). Bitkisel kaynakların kullanıldığı gıdaların üretim ve tüketim payının giderek arttığı bu günlerde, *aquafaba* gibi bitkisel proteinlerin de gıda endüstrisinde yaygınlaştığı görülmektedir. Et, süt ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı proteinlerin kullanımının çeşitli sebeplerle azaltıldığı tüketim trendleri doğrultusunda *aquafabanın* varlığı ve gıda ürünlerine entegre edilerek sağlıklı ve çevre dostu ürünlerin elde edilmesi giderek popülerleşen konular arasındadır. *Aquafaba* ilk olarak, 2014 yılında Fransız müzisyen Joel Roessel'in vegan beze yapımında yumurta akını köpük yapıcı alternatif bir bileşenle değiştirmeyi denemesi ile keşfedilmiştir. Benzer zamanlarda ABD'de bir yazılım mühendisi olan Goose Wohlt, hazırladığı vegan beze tarifini konsantre nohut *aquafaba* ile optimize etmiştir. Bunun sonucunda 2015 yılında *aquafaba*, nohut haşlama suyu olarak ilk kez Goose Wohlt tarafından isimlendirilmiştir. Keşfedilmesinin ardından *aquafaba*, popüler kültürde ve tüketim trendlerinde adından sıklıkla söz ettirmiştir (He vd. 2021).

Geleneksel olarak nohutun işlenmesi ıslatma ve suda pişirme olmak üzere iki ana aşamadan oluşmaktadır. Nohutu suda pişirmek, doğrudan tüketilen veya dondurulmuş olarak satılan konserve nohut üretimi için çok önemli bir adımdır. Üretim sonucunda kalan su ise potansiyel bir *aquafaba* kaynağıdır. *Aquafaba*, konserve veya ev yapımı haşlanmış nohuttan elde edilebileceği gibi ticari olarak çeşitli formlarda üretimi de söz konusudur (He vd. 2021).

Çevresel olarak zararlı etkileri minimum düzeyde olan, daha sürdürülebilir, sağlık açısından faydalı gıda ürünlerinin ve geri dönüştürülebilir gıda üretim proseslerinin geliştirildiği günümüz dünyasında, kıymetli bir atık olarak nohut haşlama suyu yani *aquafabanın* gıda endüstrisi tarafından hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi giderek yaygınlaşan uygulamalardandır. Nohut (*Cicer arietinum* L.), tipik olarak Hindistan ve Orta Doğu'da yetiştirilen *Fabaceae* familyasına üye bir baklagildir. Nohut; proteinler, nişasta, lif gibi karbonhidratlar, mineraller ve vitaminler açısından zengindir (Echeverria-Jaramillo vd. 2021). Baklagillerin yüksek protein, diyet lifi ve düşük doymuş yağ içermesi nedeni ile özellikle nohut gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen *aquafaba* gibi baklagil kökenli bileşenlere olan talep artışı istikrarlı şekilde artmaktadır.

Aquafabanın bileşimi üç ana faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bunlardan birincisi; pişirmeden önce tohumun ıslatılması, tohum/su oranı, sıcaklık, pH, süre, basınç gibi ekstraksiyon koşulları, ikincisi nohut çeşidi ve genotipi, üçüncüsü ise tohumun, hücre duvarının yapısı ve bileşimidir (He vd. 2021).

Baklagiller zengin besin içeriğine sahip olmasının yanı sıra özellikle yüksek protein içeriği ile ön plana çıkmaktadır. Köken ve tür özelliklerine göre değişmekle birlikte nohut, 100 gramda yaklaşık 22 gram protein içermektedir. Nohutun bir yan ürünü olan *aquafaba* da bu nedenle yüksek protein içeriğine sahiptir. *Aquafabanın* elde edilmesi **şekil 2.4**'te görüldüğü gibi temel olarak nohutun ıslatılması ve haşlanması aşamalarından oluşmaktadır (Erem vd. 2021).



Şekil 2.4 *Aquafaba* üretiminin şematik gösterimi (Erem vd. 2021)

Yakın gelecekte gerçekleştirilmesi planlanan; iklim değişikliğini azaltmaya yönelik tarım uygulamaları, doğal yaşam dōngüsünün korunmasına katkıda bulunacak faaliyetler ve biyoçeşitliliğin arttırılması gibi hedefler doğrultusunda gıda üretim ve tüketim pazarında kaliteli bir bitkisel protein kaynağı olarak *aquafabanın*, daha sık göreceğimiz hammaddelerden birisi haline geleceği tahmin edilmektedir. Dünyadaki gıda kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir olarak çoğaltılması için protein üretiminde bu tür bir yeniliğe duyulan ihtiyaç, günümüzün ve geleceğin gündem konuları arasında yer almaktadır. Bu nedenle *aquafaba*, hem gıda bilimi hem de gıda endüstrisi için değerli bir araştırma konusu olarak değerlendirilmeye devam etmektedir (Lafarga vd. 2019).

2.5.1 *Aquafabanın* fonksiyonel özellikleri ve gıda endüstrisindeki kullanım alanları

Baklagillerin haşlanması işlemi sonucu atık bir yan ürün olarak ortaya çıkan *aquafaba*, yapısal ve fonksiyonel olarak birçoğ özelliğe sahip bitkisel bir protein kaynağıdır. *Aquafabanın* en çok bilinen fonksiyonel özellikleri; emülsiyon ve köpük oluşturma, jelleşme, kıvam verme olarak sıralanabilmektedir. *Aquafaba*, yapısında yer alan suda çözüner karbonhidratlar, proteinler, saponinler, fenolik bileşikler ve gösterdiği fonksiyonel özellikler sayesinde yenilikçi gıda ürünlerinin üretilmesi kapsamında endüstri tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. *Aquafabanın* gıda ürünlerinin içerisinde bileşen olarak kullanılması; bitki bazlı gıda pazarını genişletmekte, baklagil üretim talebini arttırmakta ve baklagillerin haşlanması işlemleri ile oluşan atık suyun değerlendirilmesini sağlamaktadır (He vd. 2021a).

Son yıllarda *aquafaba*, sahip olduğu tekstürel, teknolojik, fonksiyonel ve fizikokimyasal özellikleri ile yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesine ve var olan ürünlerin yapılarının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle yumurta proteini gibi hassas tüketicilerde alerjene sebep olabilecek hayvansal proteinlerin yerine alternatif protein kaynağı olarak kullanımı çok yaygındır. Örneğin hızlı tüketim alışkanlıkları doğrultusunda toplumlar tarafından oldukça fazla tüketilen bir sos olan mayonezin yapısını oluşturan temel bileşen yumurta akı proteindir fakat bu proteinin yerine daha sağlıklı bir alternatif olarak *aquafaba* kullanılabilmektedir. Mayonez emülsifiye yapıda

bir gıdadır ve *aquafaba* emülsiyon oluşturma özelliği sayesinde mayonezin stabil bir form göstermesine olanak sağlamaktadır. Bu şekilde oldukça trend yeni bir ürün modeli olarak bitkisel bazlı mayonez elde edilmektedir. Wlodarczyk ve arkadaşları (2022), bilimsel bir araştırma kapsamında *aquafaba* kullanarak vegan bir mayonez üreterek bu ürünün radikal temizleme aktivitesini, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini belirlemişlerdir. Vegan beslenme trendine uygun olarak üretilen yumurtasız mayonezi oluşturan emülsiyon, nohuttan elde edilen *aquafaba* ve rafine kolza yağı ile farklı oranlarda karıştırılmış çeşitli soğuk sıkım bitkisel yağlardan oluşturulmuştur. Elde edilen bitkisel mayonezin radikal temizleme, emülsifiye özelliği, optik ve yapısal özellikleri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, *aquafaba* bazlı mayonezin diğer ticari vegan mayonezlere göre daha yüksek radikal temizleme aktivite ve oksidatif stabiliteye sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen mayonez duyu analizi sonucunda tüketiciler tarafından duyu ve tekstürel olarak da kabul edilebilir bulunmuştur (Wlodarczyk vd. 2022).

Aquafabanın fonksiyonel özelliklerinden olan jelleşme özelliğinin kullanılarak yeni ürün geliştirilmesi kapsamında Raikos ve arkadaşları (2020), *aquafabayı* jelleşme ajanı olarak kullanarak yulaf sütü bazlı probiyotik yoğurt ürünü formülasyonu oluşturmuştur ve meydana gelen ürünün yapısal ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yoğurdun bileşiminde yulaf sütü, probiyotik bakteriler, *aquafaba* ve bitkisel yağ kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, *aquafaba* kullanılması ile yoğurdun 3 haftalık depolama süresi boyunca sinerezisin azaldığı ve su tutma kapasitesinin arttığı saptanmıştır. Bileşime ilave edilen *aquafaba* ve bitkisel yağın, yoğurdun en önemli tekstürel özelliklerinde biri olan sertlik özelliğine katkıda bulunduğu tespit edilmiştir (Raikos vd. 2020).

Aquafabanın farklı uygulamalarına bir başka örnek çalışmada ise; Boucheham ve arkadaşları (2019), farklı tahıl ve baklagillerden üretilen glütensiz tozların fizikokimyasal ve hidrasyon özelliklerini araştırmıştır. Islatma ve nemlendirmenin tahıl bazlı çeşitli ürünlerin üretilmesinde anahtar aşamalardan olduğu bilinmektedir. Bu nedenle glütensiz ürünlerin yapısında kullanılacak bileşenlerin hidrasyon özelliğinin bilinmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda yürütülen çalışmada; pirinç ve mısırdan elde

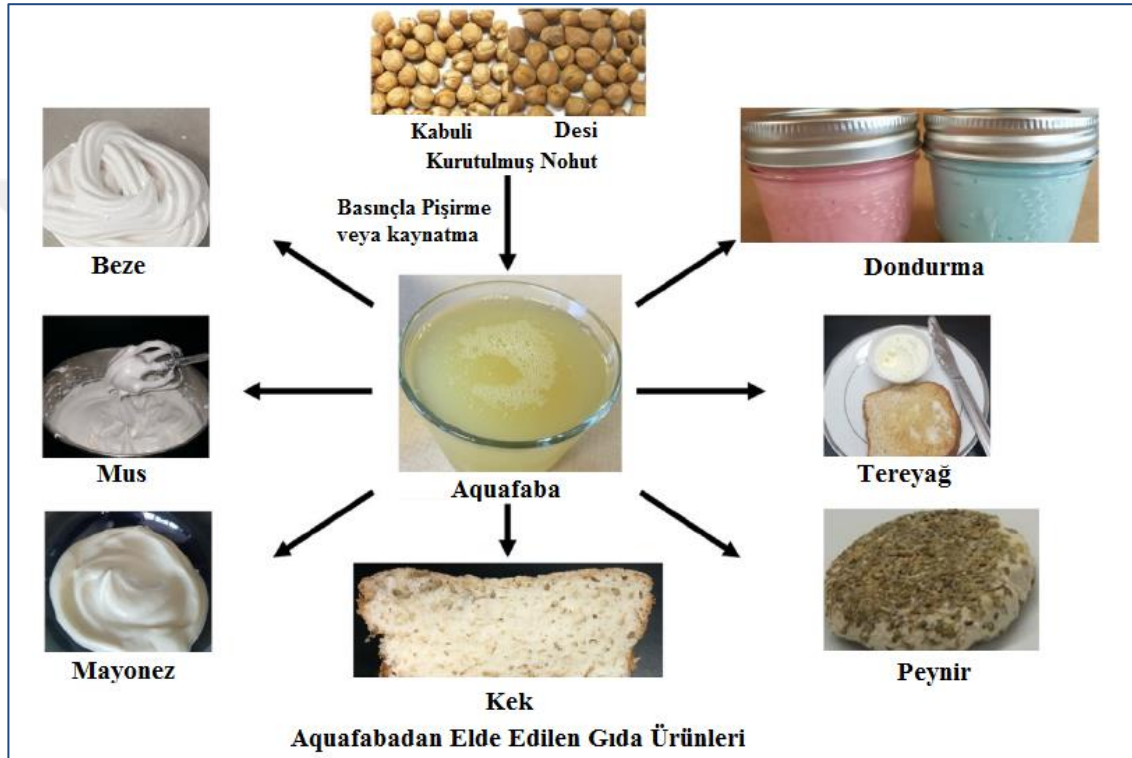
edilen glütensiz tahıl tozları ve nohut ve bakladan elde edilen glütensiz baklagil tozları çeşitli özellikler bakımından durum buğdayı ile karşılaştırılmıştır. Tozların hidrasyon özellikleri, 25°C’de buhar ve su ilavesi ile ölçülmüştür. Sonuç olarak elde edilen veriler, nohut ve bakladan elde edilen baklagil tozlarının oldukça yüksek sorpsiyon kapasitesi ve buharlı su ile güçlü interaksiyon özellik gösterdiği görülmüştür. Bu çalışma baklagil (nohut, bakla) ve tahıl (pirinç, mısır) gibi bitkisel materyallerin glütensiz ürünlerin bileşiminde kullanılabileceği konusunda zemin oluşturmuştur (Boucheham vd. 2019).

*Aquafaba*nın fonksiyonel bir bileşen olarak değerlendirilmesi kapsamında Aslan ve Ertaş (2020), geleneksel kek formülasyonunda yer alan yumurta yerine ikame olarak nohut suyu (*aquafaba*) kullanarak ürünü yeniden formüle etmiştir. Kekin bileşiminde yumurta yerine farklı düzeylerde (ağırlıkça %0- 25- 50- 75- 100) *aquafaba* kullanarak elde edilen son ürünün kalite karakteristikleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre; %25 nohut suyu- %75 tüm yumurta ve %50 nohut suyu- %50 tüm yumurta karışımlarının diğer karışım oranlarına kıyasla daha yüksek köpük kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır. %25 nohut suyu kullanılan kek örneğinin hacim indeksi kontrol örneğine en yakın değer olarak belirlenmiştir. Yapılan duyu analizi sonuçlarına göre, %25 nohut suyu kullanılan kekin panelistler tarafından tercih oranının diğer kek örneklerine oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Aslan ve Ertaş 2020).

Aquafaba, akademik olarak yoğunlukla araştırılan ve çalışılan güncel konular arasında yer almakla birlikte gıda endüstrisinde birçok yeni ürün formülasyonunun geliştirilmesi sırasında da rol oynamaktadır. *Aquafaba*, sağladığı fonksiyonel ve tekstürel özellikler ile gıda ürünlerinin üretim ve tüketim politikalarına farklı bir yön kazandırmaktadır. *Aquafaba* gıda endüstrisinde; soslar ve tatlılarda yapı oluşumu, çorba ve kek gibi ürünlerde yağ emülsiyonlarının oluşumu ve stabilize edilmesi, ekmek ve dondurma gibi ürünlerde su bağlama, çörek ve tatlılarda yağ bağlama gibi teknolojik fonksiyonlar sağlamaktadır (Alsalman vd. 2020).

*Aquafaba*nın gıda endüstrisinde çok çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Birçok üründe yumurta ve buna benzer hayvansal proteinlere ikame protein kaynağı sağlanması, bitkisel bazlı beslenmeye uygun, sürdürülebilir ve çevre dostu gıda ürünleri

geliştirilmesi açısından *aquafaba*, kullanılabilecek en iyi alternatiflerden birisi olarak görülmektedir. **Şekil 2.5**'te belirtildiği üzere *aquafaba*; beze, dondurma, mayonez, mus, tereyağ ve peynir gibi devamlı olarak tüketilen popüler gıdaların bileşiminde yer alabilmektedir. Gıdalara sağladığı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikler ile yenilikçi gıda ürünlerinin endüstriyel olarak pazara sunulmasına olanak sağlamaktadır (He vd. 2021).



Şekil 2.5 *Aquafaba* kullanılarak elde edilen gıda ürünleri (He vd. 2021)

Atık bir hammadde olarak *aquafaba*; çevre dostu, zengin besin içerikli, hayvansal protein kaynaklarına kıyasla daha ucuz, tüketici farkındalığına bağlı olarak gelecek yıllarda talebi daha çok artacak olan vegan beslenme biçim ve temiz etiketli ürün modeli ile uyumlu bir bileşendir. Bu nedenle *aquafaba* modern, fonksiyonel, sağlıklı, sürdürülebilir gıda ürün formülasyonlarının oluşturulması bağlamında gıda üretim ve tüketim sektörü için önemini arttırmaya devam etmektedir (Grossi Bovi Karatay vd. 2022).

2.6 Bitki Bazlı Kahve Kreması Üretimi

Kahve, kökleri eski tarihlere dayanan ve geçmişten günümüze neredeyse her yaştan bireyin keyifle tükettiği içeceklerden birisidir. Kahve tüketiminin bu kadar popüler olması beraberinde kahve beyazlatıcısı (kreması) kullanımında da artış meydana getirmektedir. Kahve beyazlatıcısı, bileşiminde genellikle hayvansal süt proteini içerse de son yıllarda tüketicilerin bitkisel kaynaklı proteinlere ilgisinin artması ile birlikte bitki bazlı kahve beyazlatıcısı üretimi ve geliştirilmesi de hız kazanmıştır. Sağlıklı tüketim bilinci doğrultusunda üreticiler ürün yelpazelerini yapısında süt içermeyen bitkisel kahve beyazlatıcısına doğru yönelmektedir. Bitkisel kahve beyazlatıcısı, içerisinde süt proteini barındıran kahve beyazlatıcısına ikame olarak geliştirilen su içinde yağ emülsiyonu türünde bir üründür. Genellikle kahve içeceklerinin asidik tadını yumuşatmak ve rengini açmak için kullanılmaktadır. Piyasada toz ve sıvı form olmak üzere iki tür kahve beyazlatıcısı bulunmaktadır. Kahve beyazlatıcısı tipik olarak; glikoz şurubu, hidrojene bitkisel yağlar, stabilizatörler, emülgatörler, su ve aroma (isteğe bağlı) gibi bileşenlerden meydana gelmektedir. Ürün bileşiminde kullanımı yaygın olan orta karbon zincir uzunluğuna sahip bitkisel yağlar; hindistan cevizi yağı ve palm çekirdeği yağıdır. Emülgatör olarak ise; sodyum kazeinat, yağ asitlerinin monogliseritlerinin diasetil tartarik esterleri, protein-polisakkarit kombinasyonu, saponin, bitkisel veya hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinler ve karragenan gibi polisakkaritler kullanılmaktadır. Bitki bazlı kahve beyazlatıcısı üretimi birkaç temel proses basamağını kapsamaktadır. İlk olarak bitkisel yağ içeren yağ fazı, emülgatör, tampon çözelti, şeker ve su içeren su fazı ile 1- 5 dakika bir süre boyunca yüksek hızlı karıştırıcıda 5000-14000 rpm arasındaki bir hızda karıştırılmaktadır. Meydana gelen kaba emülsiyon, homojenizatörden 400- 1400 bar basınçta birkaç kez geçirilerek homojenize edilmektedir. Oluşan ürün 121°C’de 15 dakika boyunca sterilizasyon işlemine tabii tutulmakta ve böylece sıvı formda bitkisel kahve beyazlatıcısı üretimi tamamlanmaktadır (Thepkamnoet vd. 2022).

Bitki bazlı kahve beyazlatıcısı; doğal, daha ucuz ve ulaşılabilir kaynaklardan elde edilebilme, dağıtım, muhafaza ve kullanım kolaylığı gibi bazı avantajlar sağlamaktadır. Bileşimini meydana getiren komponentler sayesinde son ürünün tadını ve ağız hissini

olumlu etkilemektedir. Bu nedenle bitkisel kahve beyazlatıcıları, gelecek yıllarda daha fazla gelişim gösterme potansiyeline sahip bir ürün grubudur (Fibrianto ve Maharani 2020).

Chung ve arkadaşları (2017c) yaptıkları çalışma kapsamında, doğal bir emülgatör olan quillaja saponinin model bitki bazlı kahve beyazlatıcısı üretimindeki potansiyel kullanımını araştırmıştır. Model kahve beyazlatıcısı, %1 oranında quillaja saponin ve %10 oranında orta zincirli trigliseritlerden meydana gelen beyazımsı süt renginde bir suda yağ emülsiyonudur. Model kahve beyazlatıcısı; farklı kahve konsantrasyonlarında ve yağ içeriklerindeki 85°C ısıda sıcak kahve çözeltilerine ilave edildiğinde görünüm ve renk değerleri açısından ticari kahve beyazlatıcısı ile benzer sonuçlar vermiştir. Model kahve beyazlatıcısı pH 3,5- 7,0 arasındaki değerlerde damlacık toplanması ve kremalaşma gibi problemlere karşı stabil özellik göstermiştir. Çalışma sonucunda ulaşılan bilgi ve veriler doğrultusunda, sentetik emülgatörler yerine saponin gibi doğal emülgatörlerin kahve beyazlatıcısı üretiminde kullanım olanağının yüksek olduğu belirlenmiştir (Chung vd. 2017c).

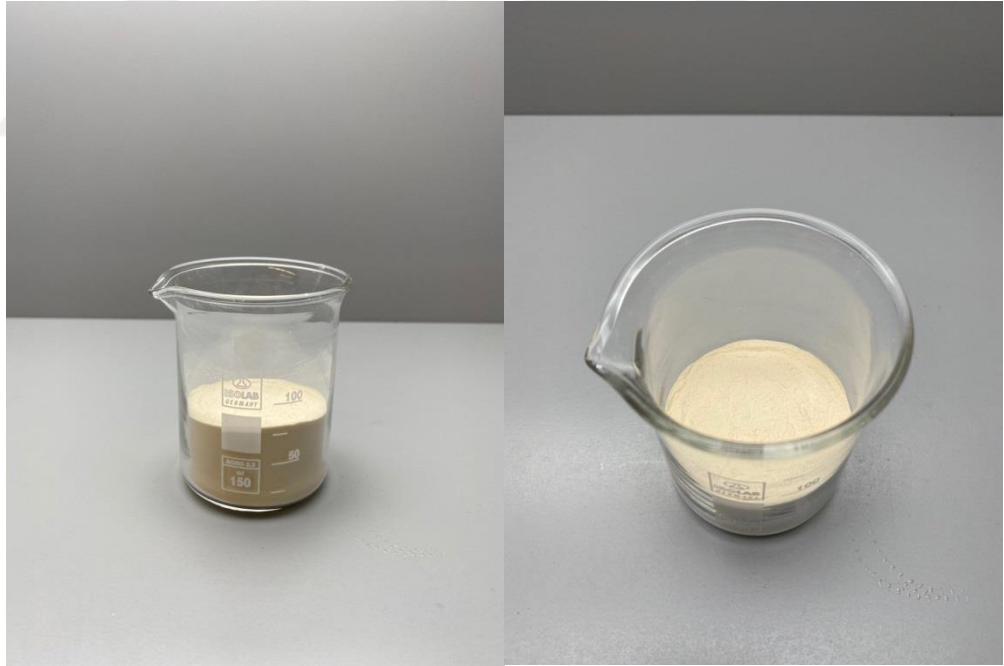
Bitkisel ve doğal kaynakların alternatif hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi hem akademik hem de endüstriyel olarak giderek talebi artan popüler konulardandır. Küresel boyuttaki protein ihtiyacının karşılanması ve ürün içeriklerinin sağlıklı bileşenlerle zenginleştirilmesi amacı ile baklagiller, protein kaynağı olarak çeşitli bitki bazlı ürün formülasyonlarına uygulanmaktadır. Farklı bitkisel kaynakların doğal emülgatör olarak bitki bazlı kahve kreması üretimindeki kullanımı çeşitli araştırmalara konu olmaya devam etmektedir. Bitki bazlı kahve beyazlatıcısı üretiminde emülgatör olarak *aquafaba* (nohut suyu) kullanımı daha önce denenilen uygulamalar arasında bulunmamaktadır. Yürütülecek olan bu çalışmada, bitki bazlı kahve beyazlatıcısının oluşturulması sırasında emülgatör kaynağı olarak doğal ve bitkisel kökenli bir hammadde olarak *aquafaba* (nohut suyu) kullanımının potansiyeli belirlenecektir. Böylece nohutun haşlanması sonrasında oluşan protein açısından zengin atık bir bileşen olan *aquafaba* değerlendirilecek, modern toplumun beslenme trendlerini yakalayan yenilikçi ürünlerin geliştirmesine katkı sağlanacak ve Ülkemizdeki yerli hammadde kaynaklarının kullanım olanakları arttırılacaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Haşlanmış nohut suyu (*aquafaba*) tozu

Bu çalışmada bitki bazlı doğal emülgatör olarak; nohutun ısıtılması ve ardından haşlanması sonucunda oluşan haşlama suyunun sırası ile evaporasyon, sterilizasyon ve sprey kurutma işlemleri uygulanarak toz forma getirilmesi sonucu elde edilmiş, %94 kuru madde içeriğine sahip *aquafaba* tozu kullanılmıştır. Toz formdaki *aquafaba*, ticari olarak nohutun farklı türevlerini işleyerek yan ürünlerin değerlendirilmesi konusunda faaliyet gösteren Döhler Gıda A. Ş. (İstanbul, Türkiye) firmasından tedarik edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Haşlanmış nohut suyu tozu (*aquafaba*)

Aquafaba; yapısında önemli miktarda protein barındıran, lif ve mineral içeriğine sahip, %94 oranında kuru maddeden ve %6 oranında sudan meydana gelen değerli bir

hammadde olarak bilinmektedir ve yapısı gereği sahip olduğu fonksiyonel özellikleri sayesinde gıdalarda kullanımı yaygınlaşmaktadır (**Çizelge 3.1**).

Çizelge 3.1 Nohut suyu tozunun (*aquafaba*) bileşimi ve yapısal özellikleri

Nohut Suyu Tozu (<i>Aquafaba</i>)	
Asitlik (%): 0,30	Şeker miktarı (g/100 g): 23,72
Yoğunluk (g/cm ³): 2000	Yağ miktarı (g/100 g): 0,11
pH: 5,0 – 6,5	Protein miktarı (g/100 g): 21,20
Kuru madde içeriği (%): 94	Karbonhidrat miktarı (g/100 g): 63,12
Su içeriği (%): 6	Fiber miktarı (g/100 g): 5,50
Bulk yoğunluğu (g/L): 180- 220	Sodyum miktarı (g/100 g): 0,62
Enerji (kcal /100 g): 324	

3.1.2 Palm çekirdeği yağı

Çalışma kapsamında emülsiyonun yağ fazını oluşturan palm çekirdeği yağı, Kerevitaş Gıda A. Ş. (İstanbul, Türkiye) firmasından tedarik edilmiştir. Oda sıcaklığında katı forma sahip olan palm çekirdeği yağı, proses parametrelerine uygun olacak şekilde kısa süre hafifçe ısıtılarak sıvı forma getirilerek kullanılmıştır.

3.1.3 Kahve beyazlatıcısı

Çalışma sonucunda elde edilen hedef kahve kremalarının referansı olarak, ticari hazır kahve kreması (Febrini Crema Cafe Kahve Kreması) kullanılmıştır. Ticari kahve beyazlatıcısı kullanılarak, çalışma sırasında elde edilen alternatif kahve kremalarının yapı, renk, görünüş ve lezzet gibi kalite parametrelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ticari sıvı kahve kremasının bileşimi ürün etiketinde; inek sütü kreması (en az %10), stabilizatörler: potasyum fosfatlar ve polifosfatlar şeklinde belirtilmiştir.

3.1.4 Kahve tozu

Tez çalışmasının temelini oluşturan bitkisel bazlı kahve beyazlatıcısı üretimi sonucu elde edilmesi hedeflenen krema örneğinin son ürünlerdeki yapısal ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilebilmesi amacı ile ticari kahve tozu (Nestle Nescafe Klasik) kullanılmıştır. Ticari kahve kreması ve çalışma kapsamında üretilen krema alternatiflerinin tümü aynı kahve tozu kullanılarak yapılan sade kahve çözeltisine eklenerek değerlendirilmiştir. Ticari toz kahve bileşimi ürün etiketinde, doğal çözünebilir kahve (%100) şeklinde belirtilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 *Aquafaba* ile stabilize edilmiş emülsiyon eldesi

Bu çalışma kapsamında elde edilmesi hedeflenen alternatif kahve kremalarının hazırlanması aşamasında temel hammadde olarak bitkisel kaynaklı doğal bir emülgatör olan *aquafaba* (nohut suyu) kullanılmıştır. Emülgatör olarak *aquafaba* içeren, %90 sulu faz ve %10 yağ fazından oluşan emülsiyonların hazırlanması ile hedef kahve kremaları oluşturulmuştur. Emülsiyonlar oluşturulurken Chung vd.'nin (2017a) uyguladıkları yöntem esas alınmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak *aquafaba* içeren sulu fazlar hazırlanmıştır. Yapılan ön denemelerle birlikte farklı oranlarda *aquafaba*- su çözeltisi içeren emülsiyonların stabilizasyonunun arttırılması ve *aquafaba*'nın emülgatör özelliğinin desteklenmesinde, sulu faza maltodekstrin ilavesinin etkili olduğu görülmüştür. Böylelikle protein- karbonhidrat kompleksi oluşturularak emülsiyon yapısı daha stabil hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında toplamda 5 adet krema alternatifi oluşturulmuştur. Krema alternatifleri sırası ile %10 *aquafaba*, %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin, %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin, %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin ve %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin içermektedir. Sulu faz oluşturulurken öncelikle toz formdaki *aquafaba* ve maltodekstrin gıda üretimine uygun içilebilir su ile karıştırılmıştır. Oluşturulan karışım manyetik karıştırıcıda 1000 rpm hızda 10 dakika karıştırılarak proteinin çözünmesi sağlanmıştır. Proteinin tamamen çözünmesi ve yapıyla bütünleşmesi için karışım 24 saat süre ile +4°C buzdolabında bekletilmiştir.

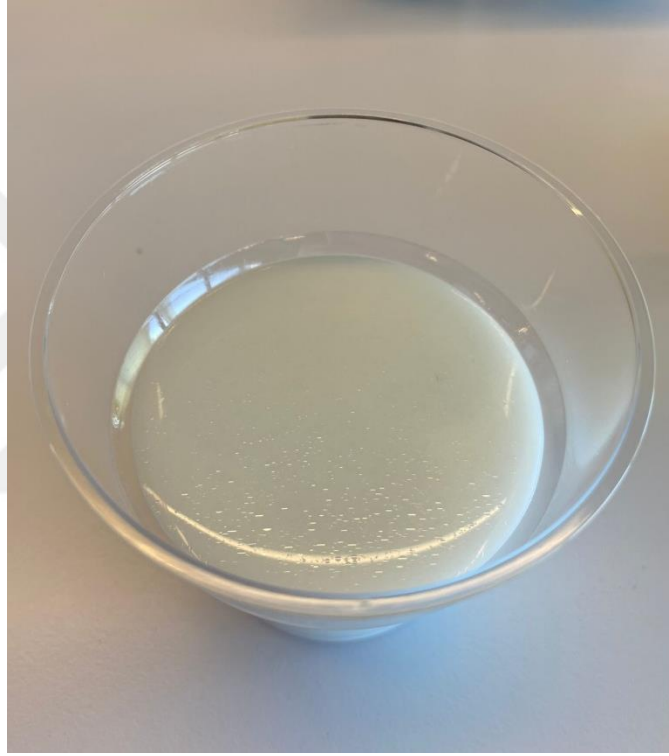
Bekleme süresi sonrasında sulu faz oda sıcaklığına alınmıştır. İşlem öncesinde kısa süre hafifçe ısıtılarak sıvı hale getirilmiş palm çekirdeği yağına (%10) sulu faz (%90) eklenerek yüksek hızlı karıştırıcıda (Ultraturrax, Polytron, PT 6100) 5000 rpm hızda 3 dakika süre ile karıştırılmış ve kaba emülsiyonlar oluşturulmuştur. Meydana gelen kaba emülsiyonlar, parçacık boyutlarının küçültülmesi amacı ile 600 barda yüksek basınçlı homojenizatörden (SPX Flow Technology, APV 1000) (Şekil 3.2) 3 defa geçirilerek homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işlemi öncesinde homojenizatör hattı sıcak su ile ısıtılarak kremaların yapılarındaki palm çekirdeği yağının hattan geçerken donması engellenmiştir. Böylelikle krema alternatifleri sonraki analiz ve değerlendirmelerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.2 Emülsiyon eldesinde kullanılan homojenizatör cihazı

Yapılan ön denemelerde; emülsiyonun yapı stabilitesinin sağlanması için destek hammadde olarak kullanılan maltodekstrinin, emülsiyon eldesi sırasında tek başına kullanıldığında oluşturduğu etki incelenmiştir. Sulu faza (ağırlıkça %90) *aquafaba* kullanılmadan ağırlıkça %1 oranında maltodekstrin ilave edilmiş ve yağ fazı (ağırlıkça

%10) ile karıştırılarak 600 bar basınçta homojenizatörden 3 defa geçirilmiştir. Emülsiyon eldesi işlemi sonucunda elde edilen ve emülgatör olarak sadece maltodekstrin kullanılan emülsiyonun yapısının stabil olmadığı, emülsiyon bileşimindeki yağ damlacıklarının krema yüzeyinde belirgin şekilde kaldığı ve yapı ile bütünleşmediği görülmüştür (**Şekil 3.3**). Bu sonuç ile bir çeşit karbonhidrat olan maltodekstrinin, yapısal özellikleri gereği tez çalışmasında tek başına emülgatör madde olarak kullanımının mümkün olmadığı doğrulanmıştır.



Şekil 3.3 Yapısında yalnızca maltodekstrin içeren kahve kreması

Ön çalışmalarda emülsiyon yapısındaki *aquafaba* ve maltodekstrin oranları belirlenirken gözlemlenen bir başka nokta ise; emülsiyon bileşiminin büyük çoğunluğunu oluşturan su fazının belli bir doyma noktasına sahip olmasıdır. Formülasyonda yüksek miktarda kuru madde girdisi olduğu durumda su fazı doyma noktasına ulaşarak, emülsiyon elde edildikten sonra son ürüne uygunlandığında ürün yüzeyinde yüksek oranda partikül oluşumuna sebep olmuştur. Oluşan partiküller hem yapı homojenliğinin bozulmasına neden olmuş hem de ürünün duyusal kalitesine

olumsuz etki göstermiştir (Şekil 3.4). Bu nedenle tez çalışması sırasında *aquafab*aya destek hammaddede olarak kullanılan maltodekstrin oranları literatürdeki benzer çalışmalar da göz önünde bulundurularak ağırlıkça en az %0,2 ve en fazla %1,5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4 Kahve yüzeyinde partikül oluşumu

3.2.2 Emülsiyonların kremalaşma indekslerinin belirlenmesi

Uygulamalar sonrasında elde edilen emülsiyonların yapısal olarak stabilitesi belirlenirken Özdemir vd.'nin (2021) uyguladıkları yöntem esas alınmıştır. Bu aşamada, her bir emülsiyon hazırlandıktan sonra 25 mL'lik cam mezürlere 20 mL yüksekliğinde doldurulmuştur. Mezürlere aktarılan emülsiyonlar oda koşulunda 24 saat süre ile bekletilmiştir. 24 saat sonunda serum fazın ve toplam emülsiyonun yüksekliği cm cinsinden kaydedilmiştir. (3.1)'de gösterilen formülasyon kullanılarak serum fazın yüksekliği toplam emülsiyon yüksekliğine oranlanmış ve emülsiyonların kremalaşma indeksleri yüzdesel olarak ifade edilmiştir.

$$Kİ (\%) = 100 \times \frac{H_S}{H_E} \quad (3.1)$$

Formülasyonda yer alan H_S serum fazın yüksekliğini (cm), H_E ise toplam emülsiyon yüksekliğini (cm) simgelemektedir. Tüm emülsiyon numuneleri için kremalaşma

indeksleri yüzdesel olarak saptandıktan sonra kremalaşma indeksi daha düşük olan stabil yapıdaki emülsiyonlar belirlenmiştir. Diğerlerine kıyasla daha stabil yapıya sahip olan iki adet emülsiyon, sıcak kahve çözeltilerine ilave edilerek emülsiyonların son ürünlerdeki performansları değerlendirilmiştir.

3.2.3 Kahve örneklerinin hazırlanması

En yüksek stabiliteye sahip iki adet kahve kreması kahveye uygulanarak son ürün fiziksel, kimyasal ve duyuşsal parametreler açısından incelenmiştir. Kahve çözeltilerinin hazırlanması için Chung vd. (2017a) yöntemi temel alınmıştır. Öncelikle, hazır kahve tozu kaynatılmış sıcak suda çözündürülerek %1 sade kahve çözeltileri elde edilmiştir. Sıcak sade kahve çözeltileri elde edildikten sonra, 60 g sade kahve çözeltilisine (~85°C) 10 mL model kahve beyazlaştırıcı emülsiyon eklenerek 3 saniye karıştırılmıştır. Böylece kahve örnekleri tüketime ve analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.4 Emülsiyonların ve kahve örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin saptanması

Çalışma kapsamında üretilen model kahve kreması emülsiyonlarının ve ticari olarak alınan hazır sıvı kahve kremasının suda çözünür kuru madde miktarları (°Bx) refraktometre (Atago, RX-5000α dijital refraktometre) kullanılarak ölçülmüştür. Emülsiyonların pH değerleri ise kalibre edilmiş bir pH metre (Mettler Toledo, SevenCompact pH/Ion) ile belirlenmiştir. Emülsiyonların renk (L* a* b*) değerlerinin belirlenmesinde, tezgâh üstü kolorimetre (Konica Minolta CM-5) kullanılmıştır. Emülsiyonların parçacık boyutlarını belirlemek amacı ile d(3,2) (nm) ve d(4,3) (nm) değerleri, lazer kırınımı tekniğine sahip parçacık boyutu analiz cihazı (Malvern, Mastersizer 3000) ile saptanmıştır. Kahve kreması (emülsiyon veya ticari sıvı krema) ilaveli kahve örneklerinin ve kontrol numunesinin (sade kahve çözeltisi) renk (L* a* b*) değerleri ve pH değerleri ölçülmüştür.

3.2.5 Duyusal analiz

Çalışmalar ile elde edilen stabil kahve beyazlatıcı emülsiyonların ve hazır kahve beyazlatıcısının sade kahve çözeltisine uygulanması ile meydana gelen kahve içeceklerinin duyusal analizi gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme amacı ile panelistlere; sade kahve (kontrol), ticari kahve kremalı kahve, %8,5 aquafaba- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve ve %9 aquafaba- %1 maltodekstrin içerikli kahve numuneleri sunulmuştur. Kahve örneklerinin ışık kabininde çekilmiş görselleri **şekil 3.5**'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Rastgele numaralandırılmış kahve örnekleri

Rastgele numaralandırılan kahve numuneleri iki paralelli olarak; renk, kıvam, görünüş, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme, hedonik test duyusal analiz metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konu ile ilgili kısa bir eğitime tabii tutulan 16 panelist (20- 50 yaş aralığında) tarafından tadılan kahve örnekleri, her bir kategori için 1- 9 puan skalası üzerinden puanlanmıştır. Duyusal analiz kapsamında kullanılan kahve örneklerinin değerlendirme formu Ek- 1'de verilmiştir. Kahve örnekleri hazırlandıktan hemen sonra

tadım değerlendirmesine alınmıştır. Panelistlerin tadım sırasında kahve örnekleri arasında geçiş yaparken ağızlarını nötralize etmeleri için tadım masasına su ve galeta koyulmuştur. Kahve rnekleri, renklerinin daha net görülmesi ve değerlendirilmesi açısından 50 mL’lik saydam plastik tadım bardaklarına doldurularak beyaz zemin üzerine dizilmiştir. Böylelikle kahve örneklerinin en önemli kalite parametrelerinden biri olan duyuasal analiz aşaması tamamlanarak, *aquafaba* içerikli kahve örneklerinin duyuasal olarak kabul edilebilirliği değerlendirilmiştir (**şekil 3.6**).



şekil 3.6 Duyusal analiz tadım düzeneği

3.2.6 İstatistiksel analiz

Deneyler üç tekerrür halinde gerçekleştirilerek çalışma sonucunda elde edilen veriler, Minitab istatistiksel analiz programında Varyans analizi teknikleri (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Örnekler arasında %5 anlamlılık düzeyinde çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır ($p < 0,05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Emülsiyonların Suda Çözünür Kuru Madde (°Bx) Miktarları

Yapılan denemeler sonucunda meydana getirilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların suda çözünür kuru madde miktarları (°Bx) değerleri belirlenerek ticari kahve kreması ile karşılaştırılmıştır. ‘**3.2.4 Emülsiyonların ve kahve örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin saptanması**’ bölümünde belirtildiği gibi, emülsiyonların briks (°Bx) değerleri dijital refraktometre kullanılarak belirlenmiştir. Model kahve beyazlatıcı emülsiyonlara ait °Bx değerleri **çizelge 4.1**’deki grafikte gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 Emülsiyonların suda çözünür kuru madde miktarı (°Bx)

Emülsiyon Formülasyonları (%)	Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (°Bx)*
Ticari Kahve Kreması	22,16 ± 0,07 ^a
%10 <i>Aquafaba</i>	14,97 ± 0,16 ^b
%9,5 <i>Aquafaba</i> - %0,5 Maltodekstrin	15,35 ± 0,20 ^b
%9 <i>Aquafaba</i> - %1 Maltodekstrin	15,20 ± 0,28 ^b
%8,5 <i>Aquafaba</i> - %1,5 Maltodekstrin	15,36 ± 0,02 ^b
%8 <i>Aquafaba</i> - %0,2 Maltodekstrin	14,10 ± 0,09 ^c

* °Bx değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.1’deki veriler değerlendirildiğinde; model kahve beyazlatıcı emülsiyonların suda çözünür kuru madde (°Bx) miktarlarının ticari kahve beyazlatıcısına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Alternatif olarak geliştirilen model kahve beyazlatıcı

emülsiyonlar arasında ortalama $15,36 \pm 0,02$ ile en yüksek briks değerine sahip olan, %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içeren emülsiyon formülasyonudur. Ticari kahve kremasının briks değeri ise ortalama $22,16 \pm 0,07$ olarak ölçülmüştür. İstatistiki olarak, emülsiyoların briks değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Kuru madde miktarlarındaki bu farklılığın, ticari kahve kremasının bileşiminde yer alan ek katkı maddelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Alternatif emülsiyonlar kendi içerisinde değerlendirildiğinde, polisakkarit bir bileşen olan maltodekstrin ilavesinin emülsiyonun suda çözünür kuru madde miktarını arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Fibrianto ve Maharani'nin (2020) yaptıkları bir çalışmada, toplum tarafından sık tüketilen bir içecek olan sütlü kahveye, kahve beyazlatıcı olarak bitkisel bazlı kahve kreması ilavesinin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal açıdan etkileri araştırılmıştır. Model kahve kremalarının ve ticari sütlü kahve kremasının briks değerleri refraktometre ile ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda; bitkisel bazlı krema alternatifinin ortalama briks değeri 16,38 ve ticari kahve kremasının briks değeri ortalama 14,91 olarak belirlenmiştir. Model kahve kremaları ile ticari kahve kreması arasında toplam çözünür kuru madde açısından yüksek bir fark olmadığı sonucuna ulaşılsa da diğer fiziksel ve kimyasal parametreler göz önünde bulundurulduğunda, alternatif olarak geliştirilen bitkisel kahve kremasının ticari kahve kreması ile birebir örtüşmediği görülmüştür (Fibrianto ve Maharani 2020).

Bu tez çalışmasında ise, alternatif kahve kreması emülsiyonlarının briks değerleri ticari kahve kremasından daha düşük olarak belirlenmiştir. Suda çözünür kuru madde değerleri arasındaki bu farklılık, emülsiyon formülasyonu ve ticari kahve kreması bileşimlerinin farklılığından ve kullanılan hammadde çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca panelist yorumlarına göre briks değeri daha yüksek olan model kahve beyazlatıcı emülsiyonun (%8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin), duyuşsal tat algısı açısından daha doygun bir his oluşturduğu sonucu elde edilmiştir. Briks değeri daha yüksek olan emülsiyon formülasyonu kahveye uygulandığında, genel beğeni açısından ticari kahve örneğine daha yakın bir içecek oluşturulmuştur.

4.2 Emülsiyonların Stabiliteleri

Çalışma kapsamında, hayvansal süt proteini içerikli ticari hazır kahve kremasına alternatif olarak geliştirilen *aquafaba* proteini içerikli bitkisel bazlı kahve beyazlatıcı emülsiyonların fiziksel stabilite değerlendirmesi, ‘**3.2.2 Emülsiyonların kremalaşma indekslerinin belirlenmesi**’ kısmında açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. 24 saat süreli stabilite gözlemi sırasında emülsiyonlarda meydana gelen serum fazının yüksekliği kaydedilerek her bir emülsiyonun kremalaşma indeksi yüzdesel olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Emülsiyonların kremalaşma indeksleri (%)

Emülsiyon Formülasyonları (%)	Kremalaşma İndeksi* (%)
Ticari Kahve Kreması	–
%10 <i>Aquafaba</i>	5 ± 0,00 ^b
%9,5 <i>Aquafaba</i> - %0,5 Maltodekstrin	5 ± 0,00 ^b
%9 <i>Aquafaba</i> - %1 Maltodekstrin	–
%8,5 <i>Aquafaba</i> - %1,5 Maltodekstrin	–
%8 <i>Aquafaba</i> - %0,2 Maltodekstrin	12,5 ± 0,71 ^a

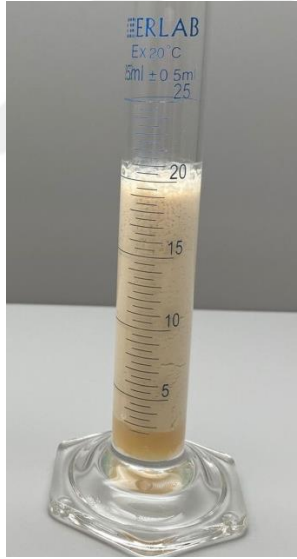
*Kremalaşma indeks yüzdeleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

a-b: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).

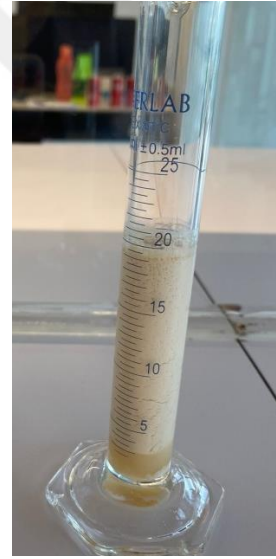
Emülsiyonların kremalaşma indeksleri yüzdesel olarak incelendiğinde, ticari kahve kremasında stabilite gözlemi boyunca herhangi bir serum ayrışması olmadığı ve ürünün stabil kaldığı görülmektedir. Alternatif olarak üretilen 5 adet krema örneğinden %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli emülsiyon formülasyonlarının diğerlerine kıyasla daha yüksek stabiliteye sahip olduğu

anlaşılmaktadır. Ortalama $12,5 \pm 0,71$ kremalaşma indeksine sahip %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin örneği ise en düşük stabiliteyi göstermiştir. Emülsiyonların kremalaşma indeksleri sonuçları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yapılan stabilite gözlemi sonucunda ticari krema numunesinin her iki paralelinde de serum ayrışması meydana gelmediği belirlenmiştir. Görsellerde görüldüğü üzere; %10 *aquafaba* ve %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin içerikli emülsiyonlarda ise her iki paralelde de 1'er cm serum fazı oluşmuştur (Şekil 4.1). %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli emülsiyonlarda da ticari numuneye benzer olarak herhangi bir serum ayrışması gözlemlenmemiştir. Stabilite gözlem sonuçlarına göre en yüksek serum fazı oluşumu %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin emülsiyonunda meydana gelmiştir (Şekil 4.2).



(a)



(b)

Şekil 4.1 Depolama sonucu emülsiyonlarda meydana gelen serum fazı [(a) %10 *aquafaba*, (b) %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin]



(a)

Şekil 4.2 Depolama sonucu en fazla serum fazı oluşturan krema örneği [(a) %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin]

Gözlem sonucunda elde edilen verilere bakıldığında; protein- polisakkarit karışımındaki maltodekstrin oranının artırılmasının emülsiyon stabilitesine olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Salminen vd.'nin (2020) yaptıkları bir çalışmada, bitkisel bazlı kahve kreması elde edilmesi kapsamında %0,5- 1 oranlarında quillaja saponin kullanılarak stabilize edilmiş suda yağ emülsiyonlarının, 21 günlük depolama boyunca fiziksel olarak stabil kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu stabilite sonucunun, emülsiyonların güçlü elektrostatik itme gücünden ve yağ damlacıklarının ara yüzeyindeki kalın tabakadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Salminen vd. 2020). Soo vd.'nin (2021) yürüttüğü bir çalışmada ise, palm yağı bazlı bitkisel bazlı sıvı kahve kreması eldesi sonrası kremalaşmayı önlemek amacı ile örnekler 0,02 g/kg karragenan ilavesi yapılmıştır. 15 günlük depolama sonucunda yağ damlacıklarının parçacık boyutunun artması nedeni ile emülsiyonların daha az verimli bir stabiliteye sahip olduğu görülmüştür (Soo vd. 2021). Bu tez çalışmasında ise emülsiyonların stabilize edilmesinde bitkisel protein olarak nohut suyu proteini (*aquafaba*) kullanılmıştır. *Aquafaba*nın kaliteli protein içeriği ve

emülgatör özelliğinden faydalanılarak emülsiyon numuneleri stabilize edilmiştir. *Aquafaba*nın stabilitesini ve etkisini arttırmak amacı ile emülsiyonlara %0,2- 1,5 oranlarında maltodekstrin ilavesi yapılmıştır. Böylelikle oluşan protein- polisakkarit karışımı sayesinde depolama boyunca ürünlerin fiziksel stabilitesi yükseltilerek yapı bütünlüğü sağlanmıştır.

4.3 Emülsiyonların Parçacık Boyutları

Ticari kahve beyazlatıcısının ve çalışmalar sırasında elde edilen tüm model kahve beyazlatıcı emülsiyonların parçacık boyutları belirlenmiştir. Bu amaçla; hacim/yüzey alanı ortalama çap ($d_{(3,2)}$) ve hacimsel ortalama çap ($d_{(4,3)}$) değerleri, ‘**3.2.4 Emülsiyonların ve kahve örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin saptanması**’ bölümünde anlatıldığı şekilde lazer kırınımı prensibi ile çalışan parçacık boyutu analiz cihazı ile saptanmıştır. Belirlenen $d_{(3,2)}$ ve $d_{(4,3)}$ değerleri karşılaştırılarak örneklerin parçacık boyutları dağılımı belirlenmiştir. **Çizelge 4.3**’te emülsiyonlara ait hacim/yüzey alanı ortalama çap ve hacimsel ortalama çap değerleri μm cinsinden gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 Emülsiyonların parçacık boyutu dağılım değerleri (μm)

Emülsiyon	Hacim/yüzey alanı	Hacimsel
Formülasyonları	ortalama çap	ortalama çap
(%)	($d_{(3,2)}$ μm)*	($d_{(4,3)}$ μm)*
Ticari Kahve Kreması	$0,68 \pm 0,15^d$	$2,08 \pm 0,80^e$
%10 <i>Aquafaba</i>	$5,67 \pm 0,03^a$	$17,60 \pm 0,14^{ab}$
%9,5 <i>Aquafaba</i> - %0,5 Maltodekstrin	$3,51 \pm 0,35^b$	$16,75 \pm 0,92^b$
%9 <i>Aquafaba</i> - %1 Maltodekstrin	$3,91 \pm 0,11^b$	$20,15 \pm 0,07^a$
%8,5 <i>Aquafaba</i> - %1,5 Maltodekstrin	$2,14 \pm 0,24^c$	$13,95 \pm 0,78^c$
%8 <i>Aquafaba</i> - %0,2 Maltodekstrin	$1,87 \pm 0,09^c$	$10,65 \pm 0,78^d$

* $d_{(3,2)}$ ve $d_{(4,3)}$ değerleri, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

a-e: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.3'te belirtilen değerler incelendiğinde; model kahve kreması emülsiyonların $d_{(3,2)}$ ve $d_{(4,3)}$ değerlerinin, ticari kahve kremasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelgeye göre %10 *aquafaba* içeren emülsiyon, ortalama $5,67 \pm 0,03 \mu\text{m}$ ile en yüksek hacim/yüzey ortalama çap ($d_{(3,2)}$) değerine sahiptir. Ticari kahve kremasının $d_{(3,2)}$ değeri ise ortalama $0,68 \pm 0,15 \mu\text{m}$ 'dir. Emülsiyonların hacimsel ortalama çap ($d_{(4,3)}$) değerlerine bakıldığında ise; %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli formülasyonun ortalama $20,15 \pm 0,07 \mu\text{m}$ ile en yüksek hacimsel ortalama çap değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ticari kahve kremasının hacimsel ortalama çapı ($d_{(4,3)}$) ise ortalama $2,08 \pm 0,80 \mu\text{m}$ 'dir.

Mohammed vd. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada; süperkritik akışkan tekniği kullanılarak ekstrakte edilen ve sprey kurutma tekniği ile toz hale getirilen çörek otu yağının bitkisel bazlı kahve kreması formülasyonunda değerlendirilerek, %10 yağ fazına ve %30 kaplama materyaline sahip emülsiyonun fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Emülsiyonun stabilize edilmesinde sodyum kazeinat- maltodekstrin (ağırlıkça 1: 9 oranda) karışımı kullanılmıştır. Elde edilen veriler ticari bitkisel bazlı kahve kreması ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Model bitkisel bazlı kahve kremasının $d_{(3,2)}$ değerinin 357.450 nm, ticari kahve kremasının $d_{(3,2)}$ değerinin ise 125.370 nm olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Model bitkisel kahve kreması için $d_{(4,3)}$ değerleri ise; 447.670 nm ve ticari kahve kreması için 505.940 nm olarak belirlenmiştir (Mohammed vd. 2019). Chung vd.'nin (2017a) yaptığı bir çalışmada ise; quillaja saponin (ağırlıkça %0,5- 2,5) ve soya lesitininin (ağırlıkça %1- 5) yüzey aktif maddelerinin ağırlıkça %10 su içinde yağ emülsiyonlarını stabilize etme noktasındaki başarısı incelenmiştir. Kahve kreması bileşimindeki saponin ve soya lesitini konsantrasyonu arttıkça, emülsiyonların ortalama parçacık boyutu değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yüzey aktif maddeler ayrı ayrı incelendiğinde; saponin içeriği %0,5'ten %2,5'e yükseldiğinde ortalama parçacık çapı yaklaşık 360 nm'den 150 nm'ye ve lesitin içeriği %1'den %5'e arttırıldığında yaklaşık olarak 370 nm'den 170 nm'ye düşmüştür. Artan yüzey aktif madde seviyesi ile ortalama parçacık çapındaki bu azalma,

daha büyük bir yağ-su ara yüzey alanının kaplanabilmesi ve böylece daha küçük damlacık boyutları oluşturmaları ile açıklanmıştır (Chung vd. 2017a). Bu tez çalışmasında ise ticari kahve kreması ve model emülsiyonların ortalama parçacık çapı değerleri yüksektir. Bu sonuçların elde edilmesinde, emülgatör olarak kullanılan *aquafaba* proteininin etki gücü ve maltodekstrin ilavesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

Funke ve arkadaşlarının (2022) yaptıkları bir çalışmada; kuru fraksiyonlama tekniği ile üretilmiş, protein ve nişasta içeriği sırasıyla %16- 59 ve %4- 64 olan mercimek proteini fraksiyonları elde edilerek suda yağ emülsiyonunu (ağırlıkça %10) stabilize etme özelliği değerlendirilmiştir. Mercimek proteini kullanılarak elde edilen emülsiyonların ortalama damlacık çapları ($d_{(3,2)}$) ortalama olarak 0,3- 5,5 μm arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda, mercimek proteinin, çok çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip olduğu ve kuru fraksiyonlama tekniği ile kurutulmuş fraksiyonların emülgatör olarak suda yağ emülsiyonlarının yapısını kararlı hale getirmede kullanım potansiyelinin olduğu görülmüştür (Funke vd. 2022). Bu tez çalışmasında ise $d_{(3,2)}$ değerleri ortalama olarak 1,87- 5,67 μm arasında ölçülmüştür. Ortalama damlacık çapları genel olarak benzer aralıkta sonuçlansa da aradaki bu fark, mercimek ve nohutun yapılarındaki protein oranından ve bu proteinin aminoasit profilinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca mercimek proteini tozu ve *aquafaba* tozunun elde edilme yöntemleri arasındaki farklılığın da bu sonuçlarda etkili olduğu söylenebilir.

Tamnak ve arkadaşlarının (2016) yürüttükleri bir çalışmada ise; farklı oranlarda pektin-bezelye proteini izolatının, ticari sentetik bir emülgatöre kıyasla model suda yağda su emülsiyonunu stabilize etme konusundaki etkisi değerlendirilmiştir. Pektin (ağırlıkça %4) ve bezelye izolatı (ağırlıkça %4) emülsiyonun su fazını (ağırlıkça %80) oluştururken, kanola yağı ise emülsiyonun yağ fazını (ağırlıkça %20) oluşturmuştur. Emülsiyonların hacim ağırlıklı ortalama çap değerleri ($d_{(4,3)}$) 1,15- 10,56 μm aralığında belirlenmiştir (Tamnak vd. 2016). Bu tez çalışmasında ise buna paralel olarak %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli emülsiyonda $d_{(4,3)}$ değeri ortalama $13,95 \pm 0,78$ μm olarak saptanmıştır.

Chung ve arkadaşlarının (2017c) yaptıkları çalışma kapsamında; doğal bir emülgatör madde olan quillaja saponin (ağırlıkça %1) ve orta zincirli yağ asitleri (ağırlıkça %10) kullanılarak emülsiyonlar elde edilmiştir. Emülsiyonların parçacık boyutunun görünüşe etkisi, model krema ve kremalı kahve içeceklerinin renk değerleri ve elektriksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen emülsiyonların $d_{(4,3)}$ değerleri ortalama olarak 0,2- 16 μm olarak belirlenmiştir. Ortalama 16 μm ile en yüksek $d_{(4,3)}$ değerine sahip olan emülsiyonun daha düşük L^* (açıklık) değerine sahip olduğu görülmüştür (Chung vd. 2017c). Bu tez çalışmasında oluşturulan model kahve beyazlatıcı emülsiyonların $d_{(4,3)}$ değerleri ise bu çalışmaya benzer olarak ortalama 10,65- 20,15 μm olarak ölçülmüştür. Görünüş olarak bu tez çalışmasında da yüksek parçacık boyutuna sahip emülsiyonlar daha düşük açıklık değerine sahiptir.

4.4 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyonların ve Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin pH Değerleri

Uygulamalar sonucunda elde edilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların stabilitelerinin değerlendirilmesi amacı ile emülsiyonların kremalaşma indeksleri ‘**3.2.2 Emülsiyonların kremalaşma indekslerinin belirlenmesi**’ kısmında açıklandığı şekilde hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ticari kahve kremasının, %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli emülsiyon formülasyonlarının kremalaşma indeksi %0’dır. Ticari kahve kreması ile benzer stabilite gösteren bu iki emülsiyon, ‘**3.2.3 Kahve örneklerinin hazırlanması**’ bölümünde anlatılan aşamalar izlenerek kahveye uygulanmıştır. Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların ilave edildiği kahve örnekleri çeşitli parametreler kapsamında incelenmiştir. Kahve numunelerinin karşılaştırılması sırasında kontrol numune olarak herhangi bir kahve beyazlatıcı içermeyen sade kahve çözeltisi kullanılmıştır.

Bu aşamada model kahve beyazlatıcı emülsiyonların ve kahve örneklerinin pH değerleri incelenmiştir. Elde edilen kahve beyazlatıcı emülsiyonların ve kahve beyazlatıcı içerikli kahve çözeltilerinin pH değerleri, kalibre edilmiş bir pH metre yardımı ile ölçülerek kaydedilmiştir. Model kahve beyazlatıcı emülsiyonlara ait pH ölçüm değerleri **çizelge 4.4**’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların pH değerleri

Emülsiyon Formülasyonları (%)	pH* Değerleri
Ticari Kahve Kreması	6,55 ± 0,01 ^a
%10 <i>Aquafaba</i>	6,06 ± 0,01 ^b
%9,5 <i>Aquafaba</i> - %0,5 Maltodekstrin	6,04 ± 0,03 ^{bc}
%9 <i>Aquafaba</i> - %1 Maltodekstrin	6,00 ± 0,01 ^{bc}
%8,5 <i>Aquafaba</i> - %1,5 Maltodekstrin	5,99 ± 0,01 ^c
%8 <i>Aquafaba</i> - %0,2 Maltodekstrin	6,01 ± 0,01 ^{bc}

* pH değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).

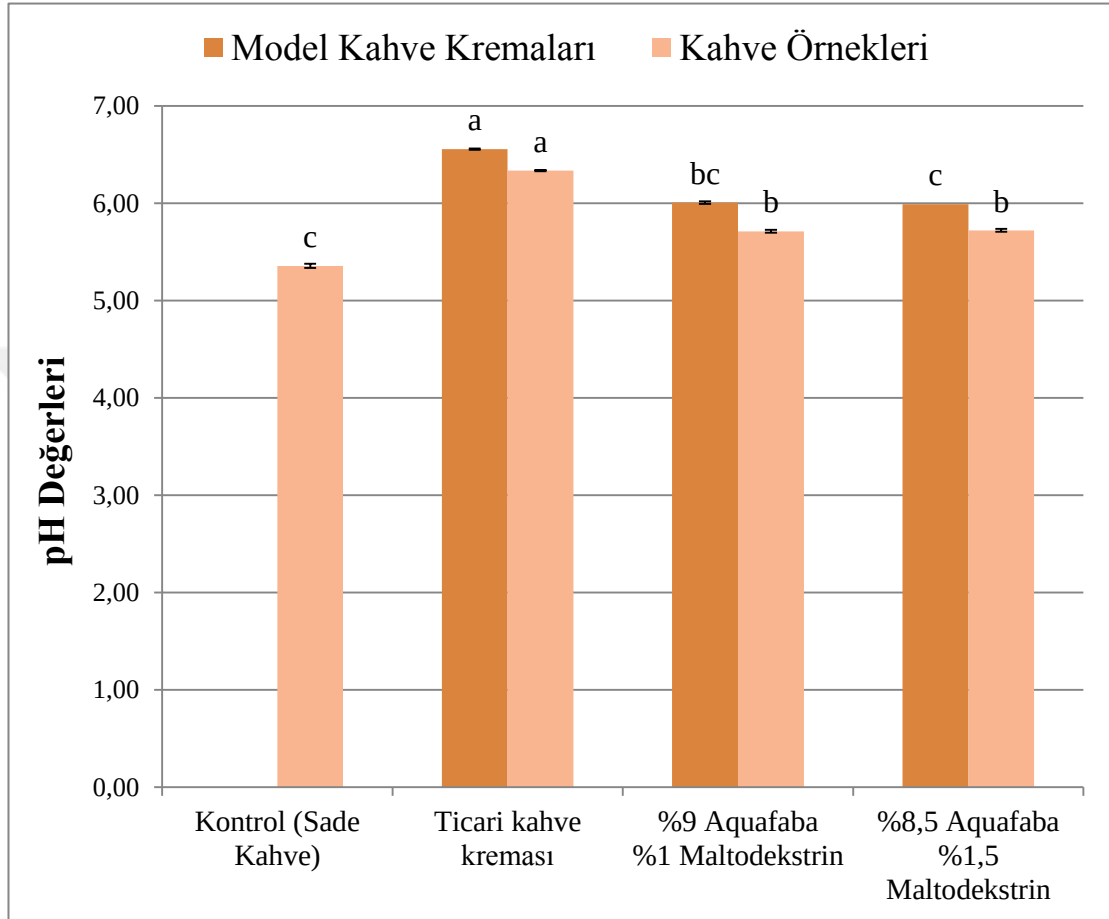
Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların pH değerleri incelendiğinde ticari kahve kremasından daha düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen pH değerleri arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (p<0,05). Ticari kahve kremasının pH değeri ortalama olarak 6,55 ± 0,01 olmakla birlikte bu değere en yakın olan alternatif, ortalama 6,06 ± 0,01 pH değeri ile %10 *aquafaba* içerikli emülsiyondur. Model emülsiyon formülasyonları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, formülasyondaki *aquafaba* oranının düşürülmesi ile pH değerinin azaldığı sonucu elde edilmektedir. Bu durumda proteinlerin ürün pH'sını arttırdığı söylenebilmektedir.

Wanthong ve Klinkesorn'un (2020) yürüttükleri bir araştırmada, yağ fazını tropikal bir meyve olan rambutan'dan elde edilen rambutan çekirdeği yağının; su fazını ise sodyum kazeinat, maltodekstrin, süktroz, dipotasyum fosfat, mono-digliseridlerin diasetil tartarik asit esterlerinin oluşturduğu model bitkisel bazlı kahve beyazlatıcısı üretilmiştir. Elde edilen model kahve beyazlatıcısının fizikokimyasal özellikleri üzerine emülsiyon konsantrasyonunun ve pH'nın etkisi incelenmiştir. Rambutan çekirdeği yağı içerikli

model kahve kremalarının pH değerleri ortalama 6,4 olarak ölçülmüştür. Genellikle kazeinat ile stabilize edilmiş emülsiyon için, emülsiyonun pH'sı izoelektrik noktadan (pH 4,6) daha yüksek olduğunda, yağ damlacıklarının yüzeyi negatif yüklü hale gelmektedir. O nedenle çalışmada üretilen emülsiyonların pH değerleri 6,3- 6,4 olacak şekilde çalışılmıştır. Bu sayede negatif yüklü yağ damlacıkları, anyonik bir emülgatör olan mono-digliseridlerin diasetil tartarik asit esterleri ve sodyum kazeinat tarafından fiziksel olarak daha stabil hale getirilmiştir (Wanthong ve Klinkesorn 2020). Bu tez çalışmasında ise, model kahve kremalarının pH değerleri 5,99- 6,06 arasındadır. Emülsiyonlarda fazların stabilize edilmesi için emülgatör olarak kullanılan *aquafaba* oranının düşmesi ile emülsiyonların pH değerlerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli emülsiyonların ve emülsiyonların kahveye uygulanması ile elde edilen kahve örneklerinin pH değerleri karşılaştırmalı olarak **şekil 4.3** ile ifade edilmiştir. **Şekil 4.3**'te görüldüğü üzere; sade kahve çözeltisinin pH değeri ortalama $5,35 \pm 0,02$ 'dir. Elde edilen pH verilerine bakıldığında; sade kahve çözeltisine krema numuneleri eklenmesinin kahvenin pH değerinde artışa neden olduğu anlaşılmaktadır. Kahve örnekleri arasında ortalama $6,34 \pm 0,01$ pH değeri ile ticari kahve kremalı kahve numunesi en yüksek pH'ya sahiptir. Kahvede uygulaması yapılan alternatif kahve kremalarından ise %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrinli kahve numunesi ortalama $5,72 \pm 0,01$ pH değeri ile %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrinli kahve numunesine kıyasla ticari kahve numunesine daha yakındır. Veri grafiğine bakıldığında; ticari kahve kreması ilave edilmiş kahve örneğinin ortalama pH değerinin alternatif olarak geliştirilen *aquafaba* içerikli krema numunesi eklenmiş kahve örneklerinden daha yüksek olduğu sonucu elde edilmektedir. Numunelerin pH ölçüm değerleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$). Numuneler arasındaki pH farklılığının, ticari kremanın bileşimindeki süt proteininin, *aquafaba* proteininden farklı bir yapı ve pH'ya sahip olması ile açıklanabilmektedir. Krema ilavesi yapılmış kahve numunelerinin pH değerinin sade kahveye göre yüksek olması ise, başlangıçta kahve beyazlatıcı emülsiyonların pH'ları sade kahveden yüksek olduğu için beklenen bir durumdur. Kahve içecekleri genellikle nötr pH'lara sahip ürünlerdir. pH değeri izoelektrik noktaya yaklaştıkça proteinler çökme eğilimi göstermektedir. Bu nedenle ürünlerin pH değerleri

ayarlanırken bu değerin 4,5 ve altına düşmemesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında elde edilen son ürünlerin pH değeri de incelendiğinde kullanılan *aquafaba* proteini kahve içerisinde genel olarak homojen bir yapı göstermiştir.



Şekil 4.3 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin pH değerleri

* pH değerleri, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

a-c: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Chung ve arkadaşlarının (2017b) yaptıkları çalışmada, doğal bir emülgatör madde olan quillaja saponin (ağırlıkça %1) ve orta zincirli yağ asitleri (ağırlıkça %10) kullanılarak emülsiyon elde edilmiştir. Elde edilen emülsiyon bitkisel kaynaklı kahve beyazlatıcısı olarak kahveye uygulanmıştır. Son ürün, çeşitli fizikokimyasal parametreler bakımından incelenmiştir. Başlangıçta sade kahve çözeltisinin pH değeri 4,9 ve model kahve kremasının pH değeri ise 7 olarak belirlenmiştir. Model kahve kreması alternatiflerin

sade kahve çözeltisine ilave edilmesi ile kahve numunelerinin pH değeri 5,2'ye yükselmiştir. Görülen bu etki; sade kahveye kıyasla krema numunelerinin daha yüksek başlangıç pH'sına sahip olması ve kremaların bileşiminde yer alan yüzey aktif madde moleküllerinin tamponlama kapasitesi ile açıklanmıştır (Chung vd. 2017b). Bu tez çalışmasında da benzer olarak, model kahve kreması ilavesi ile sade kahve çözeltisinin pH değeri yükselmiştir ve sade kahvenin asidik yapısı nötralize olmuştur.

4.5 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyonların ve Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin Renk (L^* a^* b^*) Değerleri

Çalışma kapsamında elde edilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların ve kahve örneklerinin renk analizleri yapılarak L^* a^* b^* değerleri ölçülmüştür. L^* ile gösterilen değer (0) siyah- (100) beyaz parlaklık renk değerini, a^* değeri (a^+) kırmızı ve (a^-) yeşil renk değerini ve b^* değeri ise (b^+) sarı ve (b^-) mavi renk değerini ifade etmektedir. Model kahve beyazlatıcı emülsiyon alternatiflerinin ve kahve örneklerinin renk analizleri '**3.2.4 Emülsiyonların ve kahve örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin saptanması**' bölümünde açıklandığı şekilde gerçekleştirilerek değerler kaydedilmiştir. Renk analizi için tezgâh üstü kolorimetre kullanılarak değerler belirlenmiştir. Emülsiyonların renk analizi (L^* a^* b^*) değerleri ölçüm sonuçları **çizelge 4.5**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Emülsiyonların renk analizi (L* a* b*) değerleri

Emülsiyon	L*	a*	b*
Formülasyonları	(Açıklık)	(Kırmızı/Yeşil)	(Sarı/Mavi)
(%)	Değeri*	Değeri*	Değeri*
Ticari Kahve Kreması	94,41 ± 0,17 ^a	-0,45 ± 0,18 ^c	9,36 ± 0,20 ^d
%10 <i>Aquafaba</i>	83,10 ± 0,16 ^d	1,87 ± 0,01 ^a	13,93 ± 0,17 ^b
%9,5 <i>Aquafaba</i> -			
%0,5 Maltodekstrin	82,04 ± 0,00 ^e	2,06 ± 0,02 ^a	14,63 ± 0,09 ^a
%9 <i>Aquafaba</i> -			
%1 Maltodekstrin	84,00 ± 0,03 ^c	1,82 ± 0,00 ^{ab}	13,99 ± 0,03 ^b
%8,5 <i>Aquafaba</i> -			
%1,5 Maltodekstrin	83,74 ± 0,03 ^c	1,82 ± 0,00 ^{ab}	14,18 ± 0,01 ^{ab}
%8 <i>Aquafaba</i> -			
%0,2 Maltodekstrin	85,39 ± 0,11 ^b	1,57 ± 0,00 ^b	12,97 ± 0,07 ^c

* L* a* b* değerleri, ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

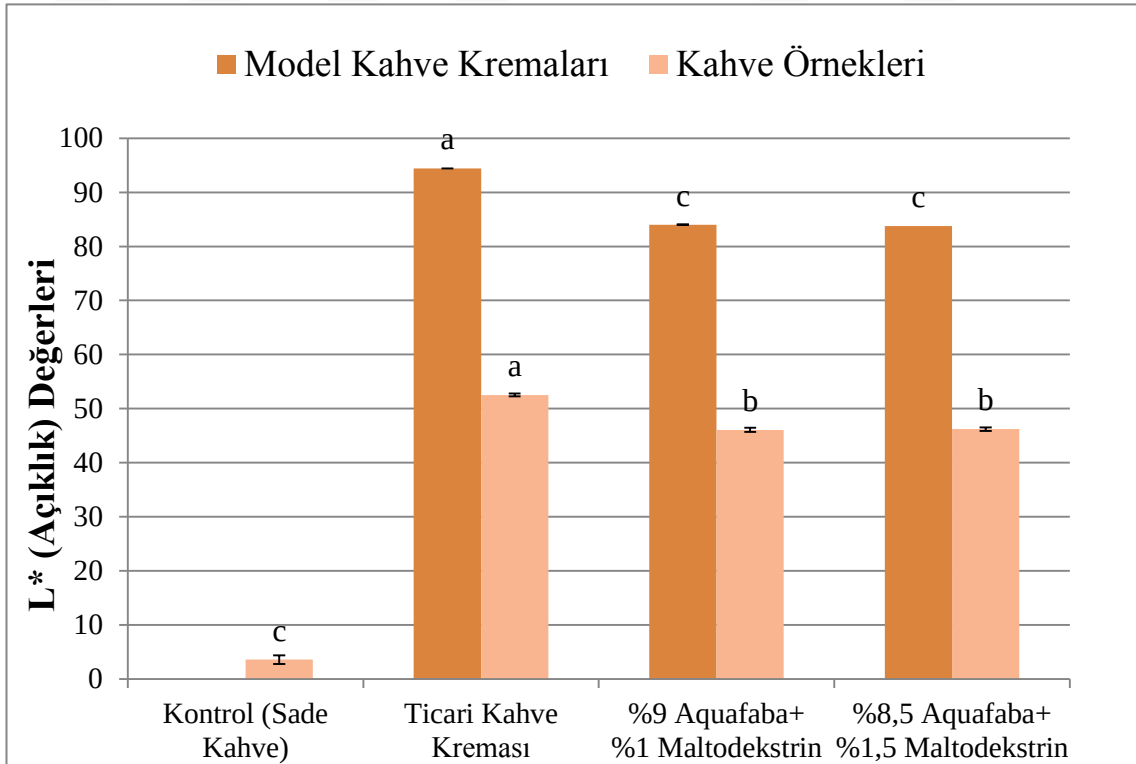
a-e: Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).

Emülsiyonların L* (açıklık) değerlerine bakıldığında; ticari kahve kremasının ortalama 94,41 ± 0,17 ile en yüksek açıklık değerine sahip olduğu görülmektedir. İstatistiki açıdan elde edilen verilerin arasındaki farklılığın önemli olduğu saptanmıştır (p<0,05). Alternatif olarak geliştirilen emülsiyonlar arasında, %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin içerikli kahve beyazlatıcı emülsiyon ortalama 85,39 ± 0,11 açıklık değerine sahiptir ve ticari kremanın açıklık değerine yakındır. %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin içerikli emülsiyon ise ortalama 82,04 ± 0,00 ile en düşük açıklık değerine sahip emülsiyon formülasyonudur. L* değerinin 100'e yakın olması açıklığın beyaza yakın olmasına işaret etmektedir. Bu durumda ticari kremanın açıklığı, alternatif olarak üretilen

emülsiyonlardan daha yüksektir ve beyaza daha yakındır. Model kahve beyazlatıcılarda açıklık değerinin ticari kremaya göre düşük olmasının, yapılarında yer alan *aquafaba*nın yani nohut suyunun süt proteininden farklı olarak karakteristik bir renge sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Emülsiyonların a^* (kırmızı/yeşil) değerleri incelendiğinde; ticari kahve kreması ortalama $-0,45 \pm 0,18$ negatif a^* değerine sahiptir. a^* değerinin negatif olması ürün renginin yeşil renk değerine yaklaştığını göstermektedir. Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların tümünde a^* değeri pozitif olarak ölçülmüştür. Pozitif yöndeki a^* değeri ise rengin kırmızıya yaklaştığını ifade etmektedir. %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin içerikli emülsiyon ortalama $2,06 \pm 0,02$ ile en yüksek a^* değerine sahiptir. Ortalama $1,57 \pm 0,00$ ile %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin içeren emülsiyonun ise en düşük a^* değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda ticari kahve kremasının renginin yeşil renk değerine daha yakinken, elde edilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların renginin kırmızı renk değerine yakın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Emülsiyonların b^* değerlerine bakılacak olursa; ticari kahve kreması ortalama $9,36 \pm 0,20$ b^* değerine sahiptir. Buna en yakın b^* değeri sonucunun ortalama $12,97 \pm 0,07$ ile %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin içerikli emülsiyonda olduğu görülmektedir. %9,5 *aquafaba*- %0,5 maltodekstrin içerikli emülsiyon ise ortalama $14,63 \pm 0,09$ ile en yüksek b^* değerine sahiptir. Bu durumda, ticari kahve kreması renginin ortalama olarak sarı renk değerine daha yakın, alternatif kahve beyazlatıcı emülsiyonların ise renginin mavi renk değerine daha yakın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Böylece süt proteini ve *aquafaba* proteini içeren kremaların renk profili arasındaki farklar L^* a^* b^* değerlerinin ölçülmesi ile ortaya konulmuştur.

Rosida vd.'nin (2016) yaptıkları bir çalışmada; farklı oranlarda ada mimozası, yeşil fasulye ve kırmızı fasulyenin protein kaynağı olarak kullanıldığı bitkisel bazlı kahve kremaları elde edilerek, kremaların fizikokimyasal ve organoleptik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada yüzey aktif madde olarak üç farklı oranda (ağırlıkça %1,5- %2- %2,5) sodyum kazeinat kullanılmıştır. Kırmızı fasulye ve %2,5 sodyum kazeinat içeren emülsiyon ortalama 68,95 ile en yüksek L^* değerine sahipken, ada mimozası ve %1,5 sodyum kazeinat içeren emülsiyon ortalama 63,95 ile en düşük L^* değerine sahip olmuştur. Uygulamalarla elde edilen emülsiyonların a^* değerleri incelendiğinde; ada

mimozası ve %1,5 sodyum kazeinat içeren emülsiyon ortalama 28,65 ile en yüksek a* değerine, kırmızı fasulye ve %2 sodyum kazeinat içeren emülsiyonun ise ortalama 14,85 ile en düşük a* değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Emülsiyonların b* değerlerine ait sonuçlar incelendiğinde; kırmızı fasulye ve %1,5 sodyum kazeinat içeren emülsiyonun ortalama 16,95 ile en yüksek b* değerine, ada mimozası ve %2 sodyum kazeinat içeren emülsiyonun ortalama 11,7 ile en düşük b* değerine sahip olduğu görülmüştür. Çalışma ile elde edilen renk verileri arasındaki farklılık, kırmızı fasulye proteini konsantrelerinin temel bileşenlerinin parlak beyaz olması, ada mimozası konsantrelerinin sarı olması ve yeşil fasulye konsantresinin yeşilimsi beyaz olması ile açıklanmıştır. Ayrıca sodyum kazeinat ilavesinin de proteinlerin kahverengi renge neden olan Maillard reaksiyonu üretmesine neden olduğu düşünülmektedir (Rosida vd. 2016). Bu tez çalışmasında ise emülgatör olarak bitkisel kökenli sarı-kahverengi renkte nohut suyu tozu (*aquafaba*) kullanılmıştır. Ürünlere *aquafaba*nın kendine has doğal rengi dışında herhangi bir renk maddesi ilave edilmemiştir. Emülsiyonların önemli bir kısmı *aquafaba*dan meydana geldiğinden elde edilen kahve kremalarının renk değerleri de etkilenmiştir.

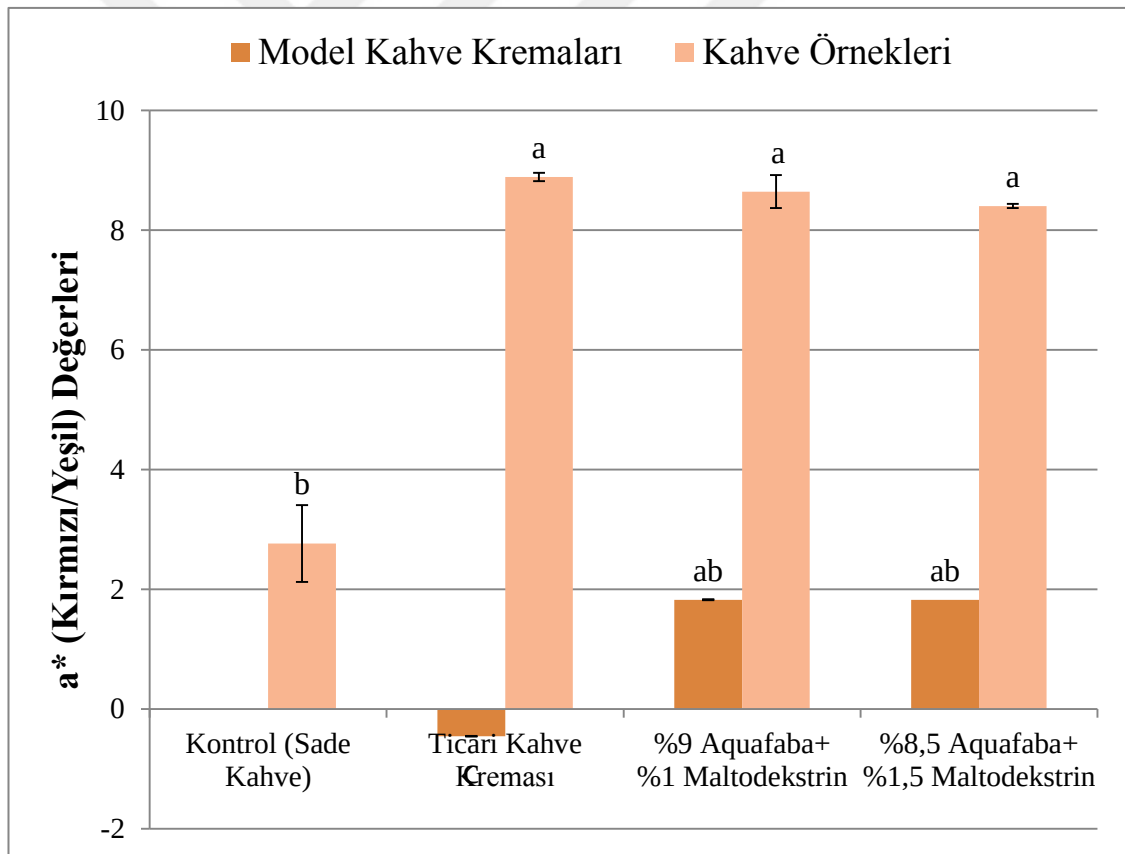


Şekil 4.4 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin L* (Açıklık) değerleri

* L* değerleri, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

a-c: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Şekil 4.4'te belirtilen kahve örneklerinin L* (açıklık) değerleri karşılaştırıldığında; model kahve beyazlatıcı emülsiyonların renk analizi sonuçlarına paralel olarak yine en yüksek açıklık değerine sahip olan numunenin, ticari kahve kreması içeren örnek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ticari kahve kremalı kahve örneği ortalama $52,53 \pm 0,26$ L* değerine sahipken buna en yakın sonuç ortalama $46,22 \pm 0,32$ L* değeri ile %8,5 aquafaba- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve örneğindedir. Bu durumda, ticari kahve kreması içeren kahve örneklerinin renginin model kahve beyazlatıcı emülsiyon içeren kahve örneklerinin rengine kıyasla beyaza daha yakın olduğu sonucuna varılmaktadır.

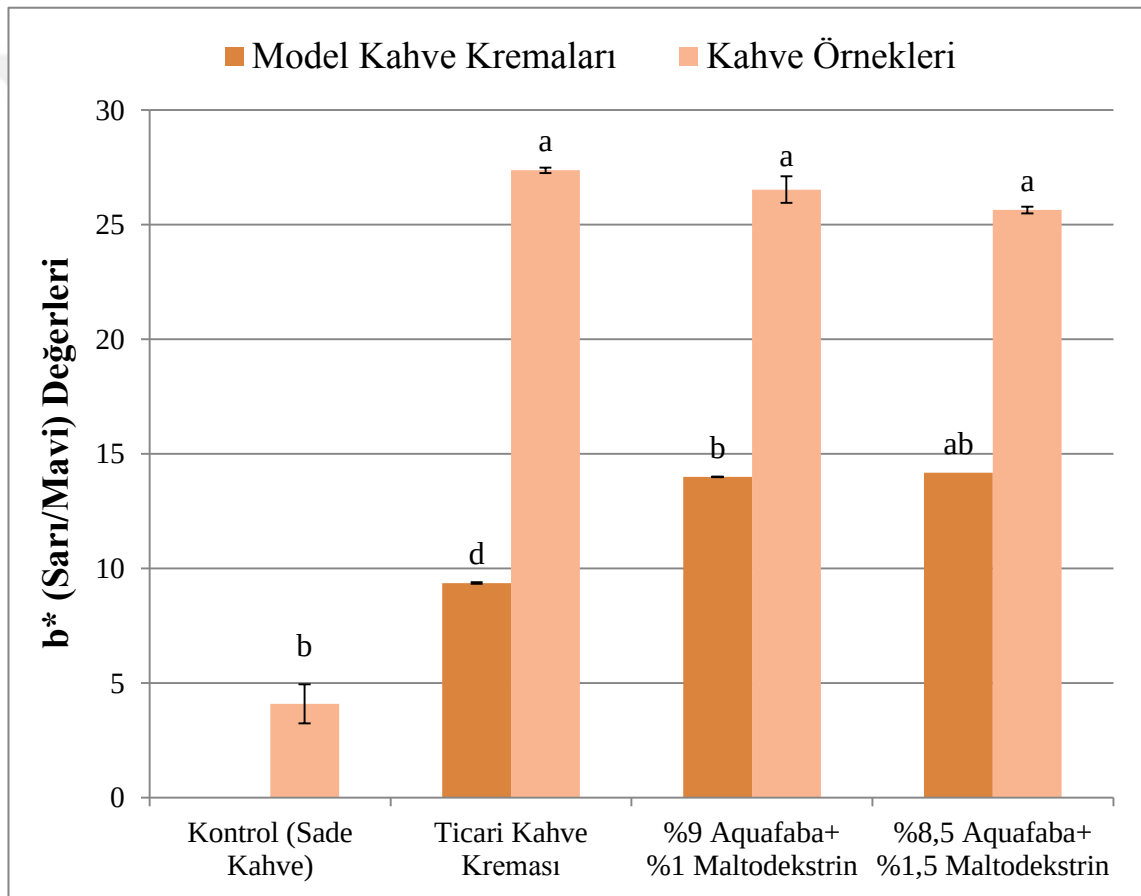


Şekil 4.5 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin a* (kırmızı/yeşil) değerleri

* a* değerleri, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

a-c: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0,05$).

Kahve örneklerine ait a^* (kırmızı/yeşil) değerlerine bakıldığında; ortalama $8,89 \pm 0,07$ a^* değeri ile ticari kahve kreması içeren kahve örneği en yüksek a^* değerine sahiptir. Ortalama $8,64 \pm 0,28$ ile %9 aquafaba- %1 maltodekstrin içeren kahve örneği, ticari kahve kremalı örneğe daha yakın değere sahiptir. Elde edilen verilere göre; ticari kahve kreması içeren kahve örneğinin rengi alternatif kahve beyazlatıcı emülsiyon içeren kahve örneklerine göre kırmızı renk değerine daha yakındır (Şekil 4.5).



Şekil 4.6 Model kahve kremaları ve kahve örneklerinin b^* (sarı/mavi) değerleri

* b^* değerleri, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

a-d: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0,05$).

Kahve örneklerinin b^* (sarı/mavi) değerlerine bakıldığında ise; ticari kahve kreması içeren kahve örneğinin ortalama $27,37 \pm 0,12$ ile en yüksek b^* değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuca en yakın değer ortalama $26,53 \pm 0,58$ ile %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içeren kahve örneğinde kaydedilmiştir. Bu durumda ticari kahve kreması içeren kahve örneğinin rengi alternatif kahve beyazlatıcı emülsiyon içeren kahve örneklerine göre sarı renk değerine daha yakındır (**Şekil 4.6**). Kahve beyazlatıcı emülsiyonlar ve emülsiyon içerikli kahve örneklerinin açıklık (L^*) değerleri incelendiğinde; kontrol (sade kahve) numunesinin L^* a^* b^* değerlerinin diğer üç kahve örneğinden daha düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Sade kahve çözeltisi yalnızca koyu renkli toz kahve içerdiğinden renk değerleri daha düşüktür. Elde edilen verilerden anlaşılacağı üzere, sade kahve çözeltisine kahve beyazlatıcı emülsiyonların ilavesi sonucunda renk (L^* a^* b^*) değerleri artmıştır. Genel olarak tüm renk verileri değerlendirildiğinde; ticari kahve kremalı kahve örnekleri ile model kahve beyazlatıcı emülsiyon ilaveli kahve örnekleri arasında büyük oranda farklılıklar bulunamamıştır. Değerler birbirine yakın olmakla birlikte; ticari kahve kremalı kahve örneğinin L^* a^* b^* değerlerinin daha yüksek olması, yapısındaki beyaz renkli hayvansal süt proteininden kaynaklandığı söylenebilmektedir. *Aquafaba* ve maltodekstrin içeren kahve beyazlatıcı emülsiyonların ilave edildiği kahve numunelerinin renk değerlerindeki bu farklılık ise yapının çoğunluğunu oluşturan *aquafaba* tozunun sarı- kahverengi renge sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

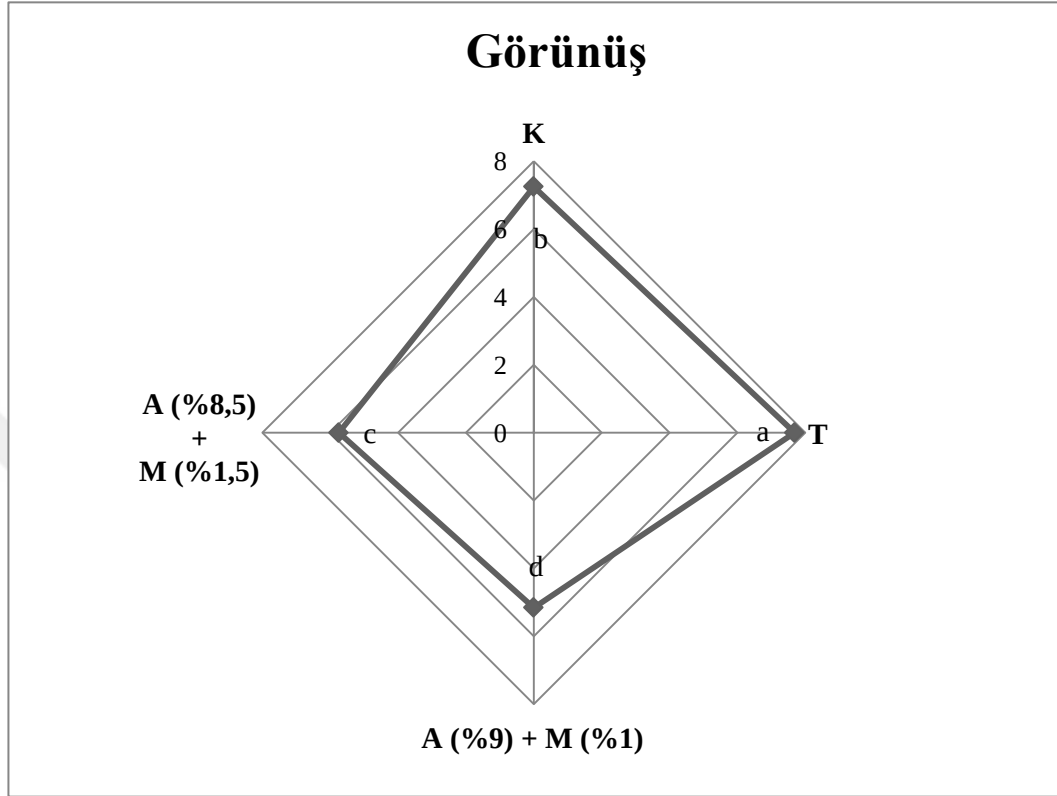
Fibrianto ve Maharani'nin (2020) yürüttükleri bir çalışma kapsamında; günümüzde sıklıkla tüketilen sütlü kahve içeceğine, kahve beyazlatıcı olarak bitkisel bazlı kahve kreması ilave edilerek son ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal parametreleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sırasında ticari hayvansal proteinli kahve kreması referans olarak alınmıştır. Kahve kreması eklenmiş kahve numunelerinin renk (L^* a^* b^*) değerleri kolorimetre ile ölçülerek karşılaştırılmıştır. Referans olarak alınan ticari kahve kreması içerikli kahve örneğinin L^* değeri ortalama olarak 41,56 ölçülmüştür. Buna en yakın bitkisel kahve kreması içerikli kahve örneğinin L^* değeri ise ortalama 47,33 olarak belirlenmiştir. Elde edilen L^* değerlerine bakıldığında; ticari kahve kremalı kahve örneğinin açıklık değerinin bitkisel kahve kreması içeren kahve

örneklerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Kahve örneklerinin a^* değerleri incelendiğinde; ticari kahve kremalı kahve örneğinin a^* değerinin ortalama 9,20 olduğu gözlemlenmektedir. Alternatif olarak değerlendirilen bitkisel kahve kremalı kahve numunesi ise ortalama 9,35 a^* değerine sahiptir. Bu durumda bitkisel kahve kremasının renginin ticari kahve kremalı kahveye göre kırmızıya daha yakın olduğu söylenebilmektedir. Kahve örneklerinin b^* değerleri karşılaştırıldığında ise; ticari kahve kremalı kahve örneğinin ortalama 25,40 b^* değerine sahipken, bitkisel bazlı kahve kremasının ortalama 27,76 b^* değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç doğrultusunda, ticari kahve kreması içeren kahve numunesinin renginin bitkisel kahve kreması içeren kahve numunesine göre maviye daha yakın olduğu anlaşılmaktadır (Fibrianto ve Maharani 2020). Bu tez çalışmasında ise, model kahve beyazlatıcı emülsiyon içeren kahve numunelerinin L^* a^* b^* değerleri ticari kahve kremalı kahve numunesinden daha düşüktür. Çalışmalar arasındaki bu ayrım; hem referans olarak seçilen ticari kahve kremalarının farklılığından hem de alternatif olarak değerlendirilen kahve kremalarının içeriğinde farklı bitkisel kaynaklar olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda nohut kökenli bir bitkisel protein olan *aquafaba* kullanıldığından, hem kahve beyazlatıcı rengi hem de kahve beyazlatıcısının ilave edildiği kahve numunesinin rengi büyük oranda etkilenmektedir.

4.6 Model Kahve Beyazlatıcı Emülsiyon İlaveli Kahve Örneklerinin Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Alternatif olarak geliştirilen emülsiyonlar kahveye uygulandıktan sonra, ‘**3.2.5 Duyusal Analiz**’ kısmında anlatıldığı şekilde görünüş, renk, koku, kıvam, lezzet ve genel beğeni gibi son ürün kalitesini belirleyen önemli duyusal parametreler açısından değerlendirilmiştir. Toplamda 4 adet kahve numunesi son ürünün fiziksel ve duyusal özelliklerinin değerlendirilmesi amacı ile panelistlere tattırılmıştır. Kontrol numunesi olarak sade kahve sunularak, kahvenin sade hali ile kahve beyazlatıcısı eklendikten sonraki hali karşılaştırılmıştır. Referans olarak, ticari hayvansal süt proteini içeren kahve kreması ilaveli kahve örneği sunulmuştur. Bunlara alternatif olarak ise; *aquafaba* ve maltodekstrin içeren bitkisel kaynaklı kahve kreması ilaveli iki kahve örneği tadımda yer almıştır. Kahve örneklerinin duyusal değerlendirmelerine ait grafik gösterimleri

sırası ile görünüş için **şekil 4.7**, renk için **şekil 4.8**, koku için **şekil 4.9**, lezzet için **şekil 4.10**, kıvam için **şekil 4.11** ve genel beğeni için **şekil 4.12** ile tanımlanmıştır.



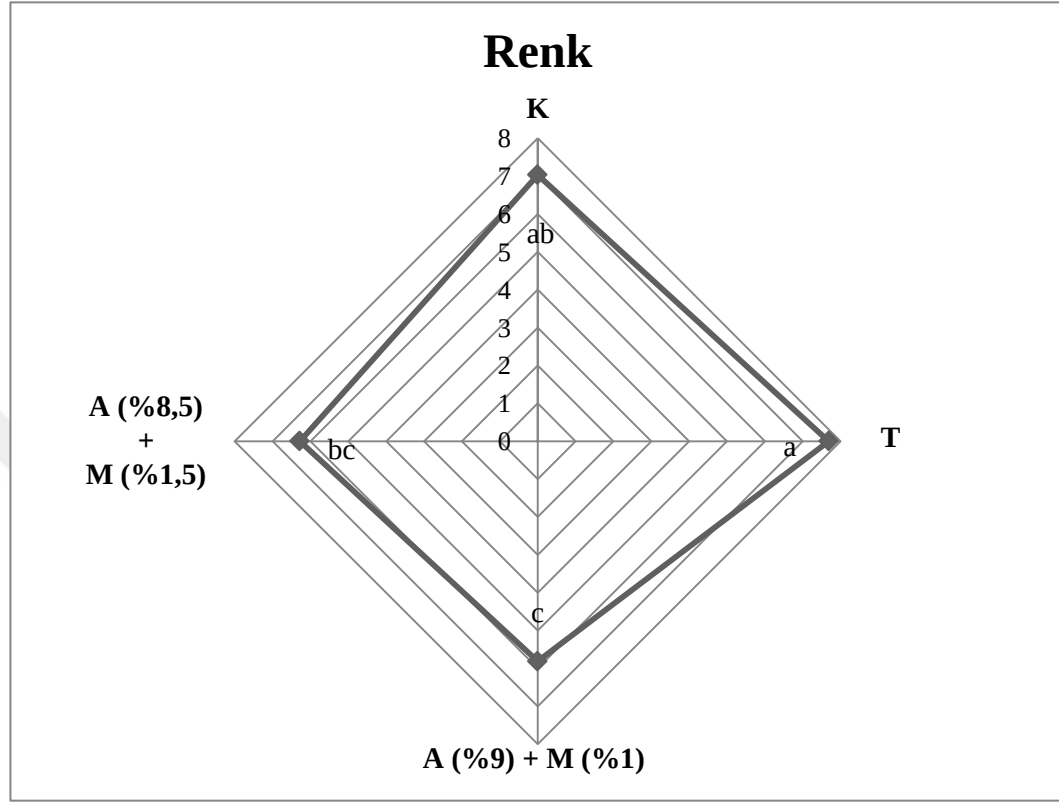
Şekil 4.7 Kahve örneklerinin görünüş değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$).

(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Gerçekleştirilen duyuşal değerlendirme sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde; kahve örneklerinin genel olarak görünüş değerleri birbirine yakın sonuçlansa da istatistiki açıdan değerler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Panelistler tarafından ortalama $7,69 \pm 0,00$ puan verilen ticari kahve kreması içerikli kahve örneği, görünüş olarak en çok beğenilen içecek olmuştur. %8,5 *aquafaba*-%1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ortalama $5,75 \pm 0,00$ puan alarak ticari kahve kremalı örneğe yakın bir sonuca ulaşmıştır. %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin

içerikli kahve numunesi ise ortalama $5,16 \pm 0,04$ puan olarak görünüş olarak en az beğenilen örnek olmuştur (Şekil 4.7).



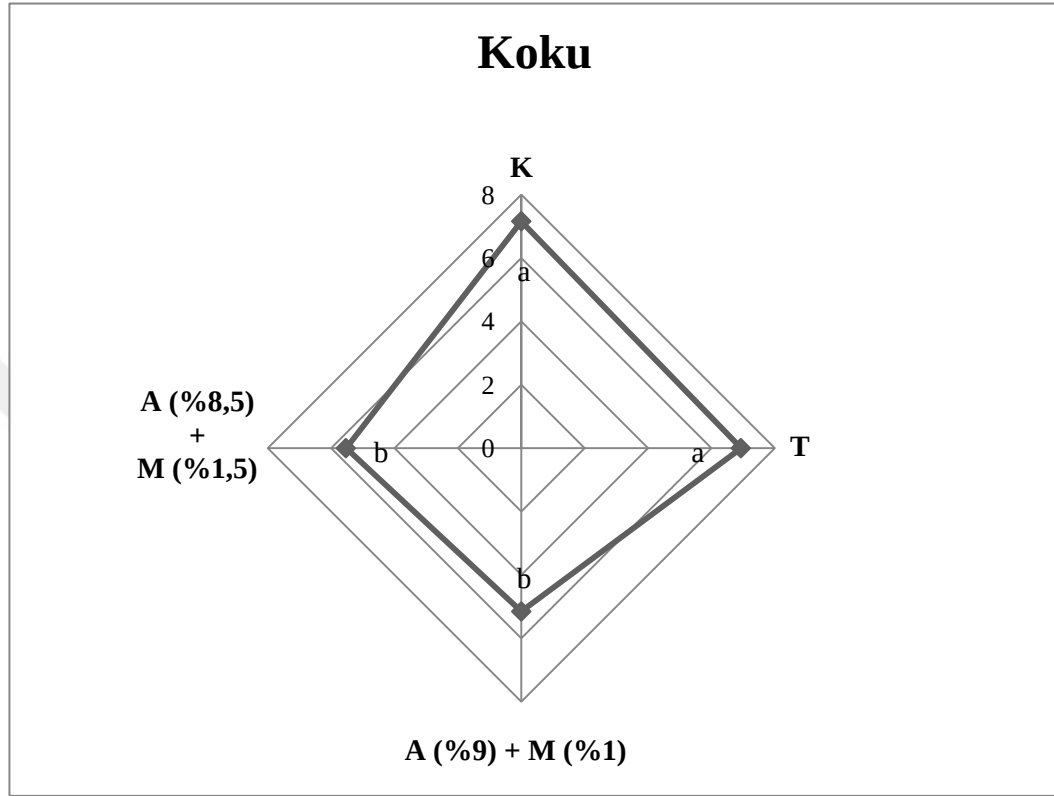
Şekil 4.8 Kahve örneklerinin renk değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşsal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$).

(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Kahve örneklerinin renk açısından değerlendirilmesi sonucunda; görünüşe benzer olarak ortalama $7,69 \pm 0,09$ puan ile ticari kahve kreması içeren kahve numunesi diğer numunelerden daha çok beğenilmiştir. Alternatif kahve kremalarından %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ortalama $6,28 \pm 0,04$ puanla ticari kahve kremalı örneğe daha yakındır. %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ise ortalama $5,81 \pm 0,00$ puan olarak renk olarak diğer numunere kıyasla daha az beğenilmiştir (Şekil 4.8). Kahve örneklerinin renk açısından değerlendirme verileri

arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu durum, görünüş olarak numunelerde görülen renk koyulaşmasının panelistler tarafından olumsuz olarak algılandığını göstermektedir.



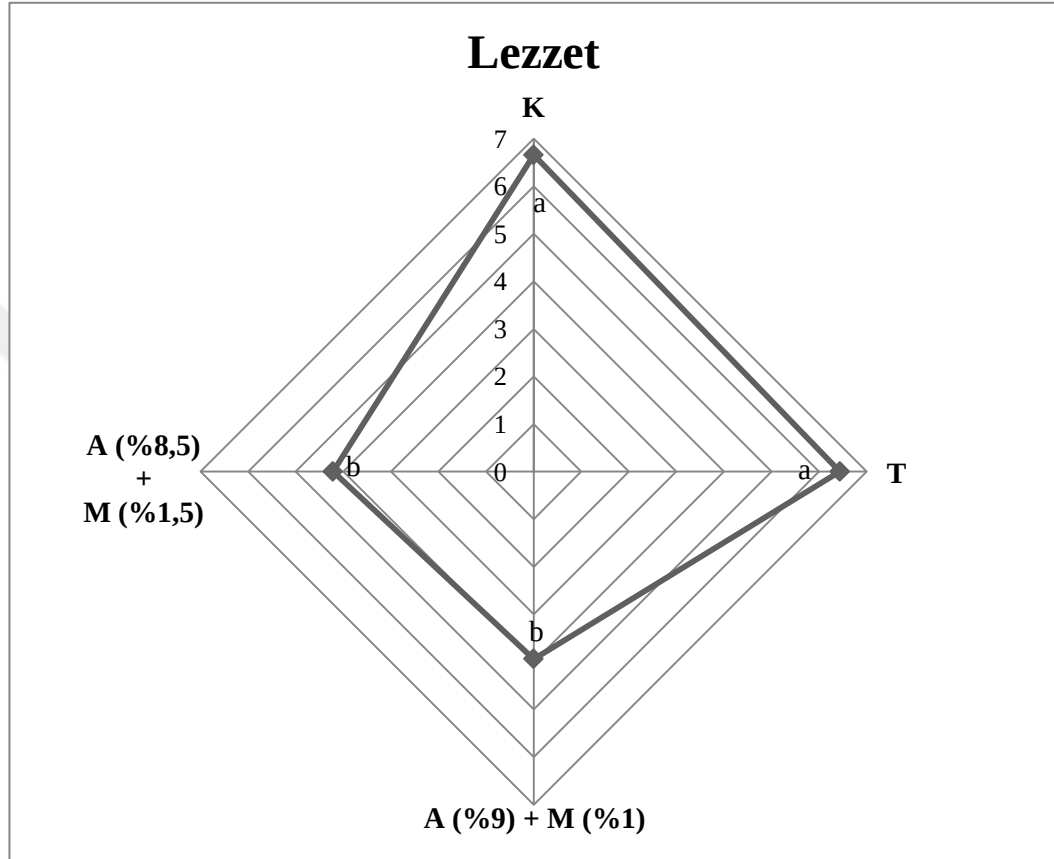
Şekil 4.9 Kahve örneklerinin koku değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0,05$).

(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Kahve örneklerinin koku değerlendirme verileri arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Nohut temelli model kahve kremalı kahve örnekleri kokuda bitkisel bir his oluşturmıştır fakat bu rahatsız edici olmamıştır. Yine de ticari kahve kremalı örneklerle kıyasla koku da daha az beğenilmiştir. Koku bakımından en çok beğenilen örnek, ortalama $7,16 \pm 0,04$ puanla kontrol (sade kahve) örneği olmuştur. Hemen arkasından ortalama $6,93 \pm 0,18$ puanla ticari kremalı kahve

numunesi gelmektedir. %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ise ortalama $5,53 \pm 0,04$ puanla ticari kahve kremalı örneğe daha yakın alternatif numune olmuştur. Koku açısından en az beğenilen kahve örneği ortalama $5,15 \pm 0,13$ puanla %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesidir (Şekil 4.9).



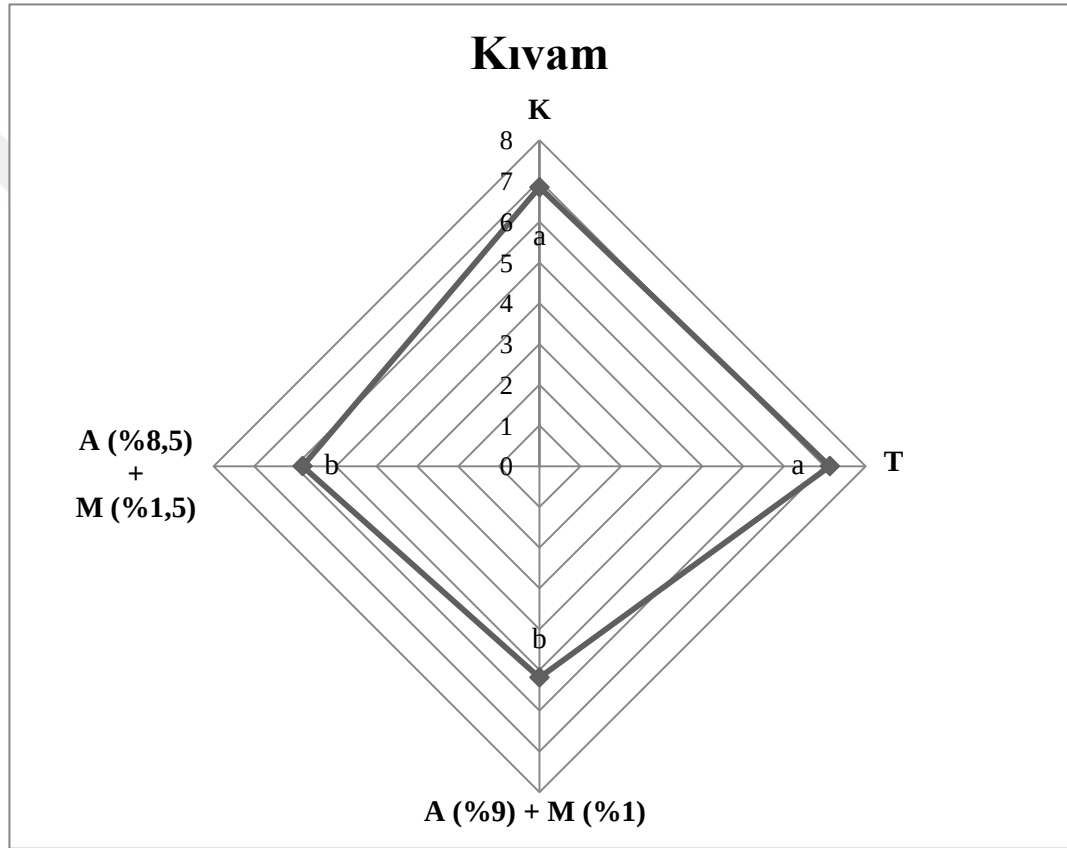
Şekil 4.10 Kahve örneklerinin lezzet değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$).

(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Duyusal parametreler açısından en önemli kriterlerden birisi olan lezzet bakımından ise; ortalama $6,65 \pm 0,04$ puan ile kontrol numunesi, diğer kahve numunelerine göre daha çok beğenilmiştir. Ticari kahve kremalı örnek ortalama $6,43 \pm 0,26$ puan ile kontrol örneğine yakın durumdadır. Alternatif kahve kremalarından ise %8,5 *aquafaba*- %1,5

maltodekstrin içerikli kahve numunesi ortalama $4,21 \pm 0,22$ puanla ticari kahve kremalı örneğe daha yakındır. %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ise ortalama $3,93 \pm 0,62$ puan alarak kahve numuneleri arasında lezzet açısından en az beğenilen numune olmuştur (Şekil 4.10). Kahve numunelerinin lezzet değerlendirme sonuçlarına bakıldığında, istatistiki açıdan elde edilen değerler arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu durumun sebebi nohutun aromatik bir baklagil olması ve bileşimde yer aldığı ürünlere kendi tadını vermesi olarak yorumlanmaktadır.

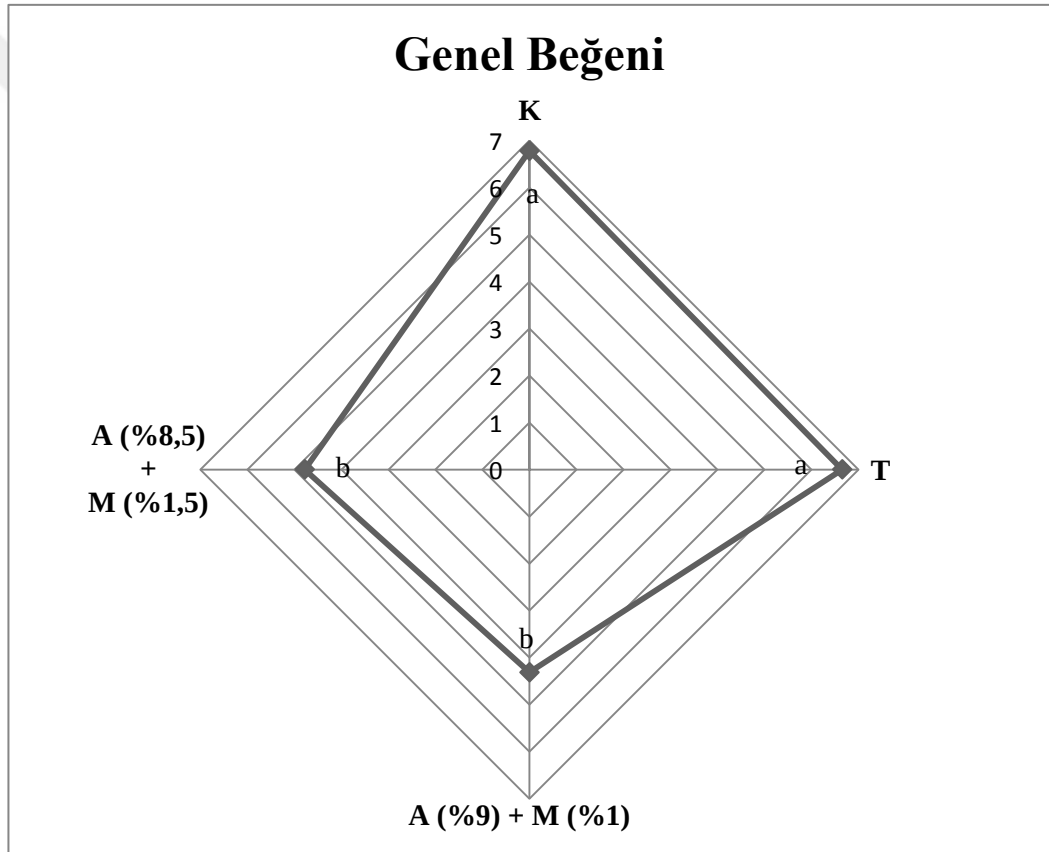


Şekil 4.11 Kahve örneklerinin kıvam değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0,05$).

(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Kahve numuneleri kıvam bakımından yakın sonuçlar verse de istatistiki açıdan elde edilen değerler arasındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Kahve numunelerinin yapı açısından değerlendirme sonuçları incelendiğinde; ticari kremalı kahve örneğinin ortalama $7,12 \pm 0,26$ puanla en beğenilen örnek olduğu görülmektedir. Ticari kahve kremasına en yakın sonucu alan alternatif kahve örneği ise ortalama $5,81 \pm 0,00$ ile %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesidir. Diğer parametrelerle benzer olarak yapı açısından da en az beğenilen numune ortalama $5,18 \pm 0,26$ puanla %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesi olmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.12 Kahve örneklerinin genel beğeni değerlendirme sonuçları

a-d: Aynı duyuşal karakteristik özellik içerisinde değerlendirilen örnekler arası farklılıkları göstermektedir. Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($p<0,05$).

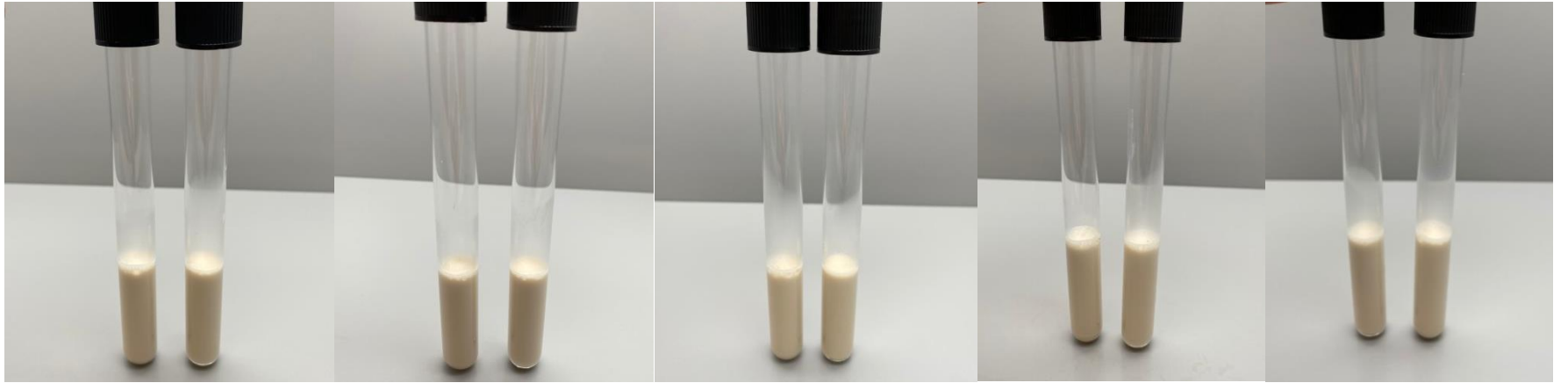
(K: Kontrol (Sade Kahve); T: Ticari Kahve Kremalı Kahve Örneği; A (%9) + M (%1): %9 *Aquafaba* + %1 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği; A (%8,5) + M (%1,5): %8,5 *Aquafaba* + %1,5 Maltodekstrin İçeren Kahve Örneği)

Duyusal değerlendirmenin son aşamasında panelistler kahve örneklerini genel beğeni açısından puanlamışlardır. Puanlama ile elde edilen verilere göre; kontrol örneği ortalama $6,78 \pm 0,04$ puanla en çok beğenilen örnek olmuştur. Ticari kremalı kahve örneği ortalama $6,65 \pm 0,31$ puanla ikinci sırada yer almıştır. %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ortalama $4,78 \pm 0,22$ puanla ticari kremalı kahve örneğine en yakın alternatif örnek olurken, %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesi ise ortalama $4,31 \pm 0,35$ puanla en az beğenilen kahve örneği olmuştur (**şekil 4.12**). Elde edilen veriler incelendiğinde, kahve örneklerinin genel beğeni sonuçları arasındaki farklılığın istatistiki bakımdan önemli olduğu görölmüştür ($p<0,05$). Bu farklılık, model kahve beyazlatıcı emülsiyonun yapısında yer alan nohutun doğası gereği karakteristik bir yapıya ve tada sahip olması ile açıklanabilir.

Alternatif olarak geliştirilen *aquafaba* ve maltodekstrin içerikli kahve numuneleri genel anlamda ticari kremalı kahve örneğine görünüş, renk, koku, yapı, lezzet ve genel beğeni kriterleri açısından yakın sonuçlar elde etmiştir. Kahve kreması ilavesi sonrası ürünlerin yüzeylerinde hafif bir partiköl oluşumu meydana gelmiştir. Ticari kahve kremalı numune ve %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve numunesi benzer oranda partiköl oluşumu gösterirken, %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içerikli kahve numunesinde partiköl oluşumu daha yoğun gözlemlenmiştir. Bu durum, numunelerin görünüş ve yapı değerlendirmelerine de yansımıştır. Renk olarak ticari kahve kreması ilaveli örnek daha sarımsı bir renkte iken, alternatif örnekler ise daha kahverengiye yakın bir renk almıştır. **şekil 4.13** ve **şekil 4.14**'te ticari kahve kreması ve model kahve beyazlatıcı emülsiyonların renk açısından farklılıkları görölmektedir.



Şekil 4.13 Ticari kahve kreması



Şekil 4.14 Model kahve

Koku olarak, ticari kahve kremalı örnekte belirgin bir süt kokusu algılanmamıştır. Alternatif kremalı numunelerde ise yapıdaki nohut kokuda rahatsız edici bir durum oluşturmamıştır. Ticari kremalı kahve yapı olarak alternatif kahve kremalarından daha homojen bir yapı göstermiştir fakat bu durum, ticari kahve kremasının içerisinde proteine ek olarak yer alan çeşitli kıvam verici yapı maddelerinden kaynaklanmaktadır. Alternatif kremalar yapıyı homojen ve stabilize halde tutmak için yalnızca *aquafaba* ve maltodekstrin içermektedir. Lezzet olarak ticari kremalı kahve örneği alternatif olarak geliştirilen kahve kremalı numunelerden daha çok tercih edilmiştir. Alternatif kahve beyazlatıcılarının bileşiminde yer alan nohut kendine özgü baskın bir tada sahip olduğundan son üründe bitkisel bir tat oluşturmıştır fakat bu tolere edilebilir düzeydedir. Yapılan tüm duyuşal değerlendirmeler sonucunda, referans olarak alınan süt proteini içerikli kahve kremasına bitkisel bir alternatif olarak geliştirilen %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve kreması, genel anlamda başarılı bir sonuca ulaşmıştır ve kahveye uygulandığında tüketilebilir bir son ürün elde edilmiştir.

Rosida ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bilimsel çalışmada; protein kaynağı olarak farklı oranlarda ada mimozası, yeşil fasulye ve kırmızı fasulyenin kullanılarak bitkisel bazlı kahve kremaları üretilmiştir. Ardından elde edilen kahve kremalarının fizikokimyasal ve organoleptik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada yüzey aktif madde olarak üç farklı oranda (ağırlıkça %1,5- %2- %2,5) sodyum kazeinat kullanılmıştır. Alternatif olarak geliştirilen bitkisel kahve kremalarının duyuşal değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerlendirme sonuçlarına göre; yeşil fasulye konsantresi kullanılan formülasyon panelistler tarafından en çok beğenilen formülasyon olmuştur. Değerlendirmelere etki eden faktörler; farklı bitkisel kaynakların aminoasit yapısının değişkenlik göstermesi ve bunun tat üzerindeki etkileri ile açıklanmıştır (Rosida vd. 2016). Bu tez çalışmasında ise bitkisel bazlı kahve kreması üretilmesi için toz formda nohut suyu (*aquafaba*) kullanılmıştır. Yüzey aktif madde olarak kullanılan *aquafaba*nın yapıyı daha iyi stabilize etmesi için maltodekstrin ilave edilerek emülsiyon formülasyonu desteklenmiştir. Elde edilen alternatif kahve beyazlatıcıları kahveye uygulanarak son ürün, duyuşal açıdan incelenmiştir. Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda *aquafaba* ve maltodekstrin içerikli sıvı formdaki kahve

kremaşı ticari kahve kremaşına duyusal aşıdan yakın bulunmuştur ve genel olarak beğenilmiştir. alışmalar arasındaki protein ve yüzey aktif madde türü ve kullanım oranları farklılığı nedeni ile elde edilen kahve kremalarının yapısal ve fonksiyonel özellikleri de birbirinden farklıdır. Buna karşın her iki çalışma sonuçları da bitkisel protein kaynakları kullanılarak elde edilen kahve kremalarının, hayvansal kaynaklı süt proteini kullanılarak elde edilen kahve kremalarına alternatif olarak tüketilebileceğini ortaya koymaktadır.



5. SONUÇ

Yürütülen bu çalışma ile farklı oranlarda *aquafaba* ve maltodekstrin içeren model kahve beyazlatıcı emülsiyonların fizikokimyasal özellikleri ve yapısal stabiliteleri analizlerle belirlenmiştir. Stabilité gözlemi sonucunda en homojen ve kararlı yapıya sahip olan iki emülsiyon formülasyonu seçilerek bu emülsiyonlar kahveye uygulanmıştır. Elde edilen kahve örneklerinin duyusal değerlendirmeleri gerçekleştirilerek model kahve beyazlatıcısının tüketime uygunluğu belirlenmiştir.

Model kahve beyazlatıcı emülsiyonların parçacık boyutları değerlerine göre; %8,5 *aquafaba*- %1,5 maltodekstrin ve %8 *aquafaba*- %0,2 maltodekstrin içeren emülsiyon formülasyonlarının, ticari kahve kremasına yakın $d_{(3,2)}$ ve $d_{(4,3)}$ değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm krema formülasyonlarının ortalama parçacık çapları ticari kahve kremasından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın, ticari kahve kremasının ve model kahve beyazlatıcı emülsiyonların içerdiği farklı protein kaynaklarının damlacığı kaplama gücü ile ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Alternatif kahve beyazlatıcı emülsiyonların yapısında emülgatör olarak kullanılan *aquafabanın*, maltodekstrin ilavesi ile yapıyı stabilize etme gücü arttırılsa da damlacıkları kaplama gücünün hayvansal süt proteinine kıyasla daha düşük olduğu sonucu elde edilmiştir. Yapıya ilave edilen maltodekstrinin emülsiyon içerisinde bir protein- polisakkarit karışımı oluşturarak damlacıkları kaplama kapasitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma ile elde edilen model kahve beyazlatıcı emülsiyonların ve bu emülsiyonların kahveye uygulanması ile elde edilen kahve örneklerinin renk (L^* a^* b^*) değerlerine göre; ticari kahve kremasına en yakın renk profiline sahip örneğin %9 *aquafaba*- %1 maltodekstrin içeren emülsiyon formülasyonu olduğu saptanmıştır. L^* a^* b^* değerleri arasındaki farklılığın, model kahve beyazlatıcı emülsiyonun yapısında yer alan ve haşlanmış nohut suyundan elde edilen *aquafaba* proteininin kendine özgü sarı-kahverengi renge sahip olması ile açıklanmıştır.

Emülsiyonların fizikokimyasal parametrelerinden olan suda çözünür kuru madde (briks) ve pH değerleri incelendiğinde; emülsiyon formülasyonlarındaki maltodekstrin oranının artmasının, toplam kuru madde yüzdesini yükseltici etki gösterdiği ve değerleri ticari kahve kremasına yaklaştırdığı görülmüştür. Ticari kahve kreması ve alternatif emülsiyonların pH değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

Alternatif emülsiyonların yapısal bütünlükleri ve stabilite gözlemleri verilerine göre; ticari kahve kremasının yapısında herhangi bir serum ayrışması olmadığı görülmüştür. %9 aquafaba- %1 maltodekstrin ve %8,5 aquafaba- %1,5 maltodekstrin içeren emülsiyon formülasyonlarının ticari kahve kremasına benzer şekilde yüksek fiziksel stabiliteye sahip olduğu sonucu elde edilmiştir.

Kahve kreması ilave edilmiş kahve örneklerinin pH değerlerine bakıldığında; model kahve beyazlatıcısı içeren kahvelerin ticari krema içeren kahveye kıyasla daha düşük pH'ya sahip olduğu görülmüştür. Kontrol numunesi olarak kullanılan sade kahve çözeltilisinin en düşük pH değerine sahip olduğu ve kahve örneklerine kahve beyazlatıcı ilavesinin örneklerin pH değerini arttırdığı saptanmıştır.

Krema içerikli kahve örnekleri duyu analizi kapsamında; görünüş, renk, koku, yapı, lezzet ve genel beğeni bakımından incelenmiştir. Panelistler tarafından yapılan değerlendirmede, ticari kahve kreması içeren numuneye duyu kalite parametreleri açısından en yakın bulunan numune %8,5 aquafaba- %1,5 maltodekstrin içerikli kahve örneği olmuştur.

Yapılan tüm fizikokimyasal ve duyu değerlendirmeler doğrultusunda bitkisel bir protein kaynağı olan *aquafaba*'nın, emülgatör bileşen olarak bitkisel bazlı kahve beyazlatıcısı formülasyonunda alternatif bir hammadde olarak kullanım imkânına sahip olduğu sonucu ortaya konulmuştur. Bir sonraki bilimsel çalışmalarda emülsiyon yapısının daha da güçlendirilmesi için ilave bitkisel protein kaynağı kullanılabileceği düşünülmektedir. Son üründe elde edilen lezzet profilinin güçlendirilmesi için ürüne aroma gibi bileşenlerin ilavesi de mümkündür. Sonuç olarak, nohut ve buna benzer baklagillerin güçlü bir protein kaynağı olarak farklı formlara dönüştürüldüğü ve gıda

ürünlerin yapılarına çeşitli amaçlarla katıldığı bilinmektedir. Yürütülen bu çalışmanın sonucunda *aquafaba* gibi atık ve doğal bir bitkisel protein kullanılarak; sürdürülebilir, lezzetli, stabil yapıda bir kahve beyazlatıcısı elde edilmiştir. Böylece *aquafabanın* emülgatör özelliğinden faydalanılarak bitkisel bazlı yenilikçi bir ürün geliştirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Adheeb Usaid, A. S., Prekumar, J. and Ranganathan, R. T. 2014. Emulsion and it's Applications in Food Processing – A Review. International Journal of Engineering Research and Applications, 4(1); 241-248.
- Admassu, H., Zhao, W., Yang, R., Gasmalla, M. A. A. and Alsir, E. 2015. Stabilizing Food Emulsions By Protein– Polysaccharide Conjugates Of Maillard Reaction- A Review. International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research, 8(3); 103-108.
- Akbari, S and Nour, A. H. 2018. Emulsion types, stability mechanisms and rheology: A review. International Journal of Innovative Research and Scientific Studies, 1(1); 14-21.
- Almeida Sa, A. G., Franco Moreno, Y. M. and Mattar Carciofi, B. A. 2020. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. Trends in Food Science & Technology, 97, 170-184.
- Alsaman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M. and Ramaswamy, H. S. 2020. Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of *aquafaba*. Legume Science, 1-15.
- Arooj, A., Faiz, S., Shah, J. A., Ramzan, A., Ihsan, M. and Saleem, M. 2021. Technological, Processing and Nutritional Aspects of Chickpea (*Cicer arietinum*). Saudi Journal of Pathology and Microbiology, 6(4); 150-155.
- Aslan, M. and Ertaş, N. 2020. Possibility of using 'chickpea *aquafaba*' as egg replacer in traditional cake formulation. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 24(1); 1-8.
- Berton-Carabin, C. and Schroen, K. 2019. Towards new food emulsions: designing the interface and beyond. Current Opinion in Food Science, 27, 74-81.
- Boucheham, N., Galet, L., Patry, S. and Nasreddin Zidoune, M. 2019. Physicochemical and hydration properties of different cereal and legume gluten-free powders. Food Science & Nutrition, 7, 3081–3092..
- Carla, A., Riquelme, N., Zuniga, R. and Matiacevich, S. 2017. Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1-35.
- Chen, L., Chen, J. S., Wu, K. G., and Yu, L. 2016. Improved low pH emulsification properties of glycated peanut protein isolate by ultrasound maillard reaction. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64, 5531-5538.
- Chung, C., Sher, A., Rousset, P., Decker, E. A. and McClements, D. J. 2017a. Formulation of Food Emulsions using Natural Emulsifiers: Utilization of

- Quillaja Saponin and Soy Lecithin to Fabricate Liquid Coffee Whiteners. *Journal of Food Engineering*, 1-37.
- Chung, C., Sher, A., Rousset, P. and McClements, D. J. 2017b. Influence of homogenization on physical properties of model coffee creamers stabilized by quillaja saponin. *Food Research International*, 1-8.
- Chung, C., Sher, A., Rousset, P. and McClements, D. J. 2017c. Use of natural emulsifiers in model coffee creamers: Physical properties of quillaja saponin-stabilized emulsions. *Food Hydrocolloids*, 67, 111-119.
- Çetiner, M. ve Ersus Bilek, S. 2018. Bitkisel Protein Kaynakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2); 111-126.
- Dammak, I., Amaral Sobral, P. J., Aquino, A., Neves, M. A. and Conte-Junior, C. A. 2020. Nanoemulsions: Using emulsifiers from natural sources replacing synthetic ones: A review. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 1-26.
- Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D. and Sarode, A. R. 2016. Cream: Types of Cream. *The Encyclopedia of Food and Health*, 2, 331-337.
- Drapala, K. P., Mulvihill, D. M. and O'Mahony, J. A. 2018. A review of the analytical approaches used for studying the structure, interactions and stability of emulsions in nutritional beverage systems. *Food Structure*, 1-60.
- Echeverria-Jaramillo, E., Kim, Y., Nam, Y., Zheng, Y., Cho, J. Y., Hong, W. S., Kang, S. J., Kim, J. H., Shim, Y. Y. and Shin, W. 2021. Revalorization of the Cooking Water (*Aquafaba*) from Soybean Varieties Generated as a By-Product of Food Manufacturing in Korea. *Foods*, 10, 2287.
- Eckert, E., Wismer, W., Waduthanthri, K., Babii, O., Yang, J. and Chen, L. 2018. Application of Barley and Lentil Protein Concentrates in the Production of Protein- Enriched Doughnuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95, 1027- 1040.
- Erem, E., İçyer, N. C., Tatlısu, N. B., Kılıçlı, M., Kaderoğlu, G. H. ve Toker, Ö. S. 2021. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: *Aquafaba*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-18.
- Evans, M., Ratcliffe, I. and Williams, P. A. 2017. Emulsion stabilisation using polysaccharide-protein complexes. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18(4); 272-282.
- Farag, M. A., Zayed, A., Sallam, I. E., Abdelwareth, A. and Wessjohann, L. A. 2022. Metabolomics-Based Approach for Coffee Beverage Improvement in the Context of Processing, Brewing Methods, and Quality Attributes. *Foods*, 11, 864.

- Fibrianto, K. and Maharani, Y. 2020. The effect of different non-dairy creamer on ready-to-drink milk coffee. International Conference on Agriculture, Environment and Food Security, 782.
- Fortune Business Insights. 2021. Plant based protein supplements market size, share & COVID-19 impact analysis, by type (soy protein, pea protein & wheat protein), distribution channel (mass merchandisers, pharmacies/drugstores, specialty stores, specialty stores, online retail, and others) and regional forecast, 2021-2028.
- Funke, M., Loeffler, M., Winkelmeyer, C., Krayner, M., Boom, R. and Weiss, J. 2022. Emulsifying properties of lentil protein preparations obtained by dry fractionation. European Food Research and Technology, 248, 381-391.
- Gebrelibanos, M., Tesfaye, D., Raghavendra Y and Sintayeyu, B. 2013. Nutritional and Health Implications of Legumes. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 4(4); 1269-1279.
- Grossi Bovi Karatay, G., Medeiros Theophilo Galvao, A. M. and Dupas Hubinger, M. 2022. Storage Stability of Conventional and High Internal Phase Emulsions Stabilized Solely by Chickpea *Aquafaba*. Foods, 11, 1588.
- Hedayatnia, S. and Mirhosseini, H. 2018. Quality of Reduced-Fat Dairy Coffee Creamer: Affected by Different Fat Replacer and Drying Methods. Descriptive Food Science, 116-135.
- He, Y., Meda, V., Reaney, M. J. T. and Mustafa, R. 2021. *Aquafaba*, a new plant-based rheological additive for food applications. Trends in Food Science & Technology, 111, 27-42.
- He, Y., Purdy, S. K., Tse, T. J., Tar'an, B., Meda, V., Reaney, M. J. T and Mustafa, R. 2021a. Standardization of *Aquafaba* Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs. Foods, 10.
- Hu, Y., Ting, Y., Hu, J. and Hsieh, S. 2017. Techniques and methods to study functional characteristics of emulsion systems. Journal of Food and Drug Analysis, 25, 16-26.
- Hueda, M. C. 2017. Functional Food-Improve Health through Adequate Food. InTech, 106, Croatia.
- Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J. F., Kasapis, S. and Barrow, C. J. 2012. Interfacial and emulsifying properties of lentil protein isolate. Food Chemistry, 134, 1343–1353.
- Joshi, M., Timilsena, Y. and Adhikari, B. 2017. Global production, processing and utilization of lentil: A review. Journal of Integrative Agriculture, 16(12); 2898–2913.

- Kai Ma, K., Greis, M., Lu, J., Nolden, A., McClements, D. J. and Kinchla, A. J. 2022. Functional Performance of Plant Proteins. *Foods*, 11, 594.
- Khan, B. A., Akhtar, N., Shoaib Khan, H. M., Waseem, K., Mahmood, T., Rasul, A., Iqbal, M. and Khan, H. 2011. Basics of pharmaceutical emulsions: A review. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(25); 2715-2725.
- Kim, W., Wang, Y. and Selomulya, C. 2020. Dairy and plant proteins as natural food emulsifiers. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 261–272.
- Ladjal-Ettoumi, Y., Boudries, H., Chibane, M. and Romero, A. 2015. Pea, Chickpea and Lentil Protein Isolates: Physicochemical Characterization and Emulsifying Properties. *Food Biophysics*, 10.
- Lafarga, T., Villaro, S., Bobo, G. and Aguilo-Aguayo, I. 2019. Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea *aquafaba* using a response surface methodology. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1-25.
- Lin, D., Lu, W., Kelly, A. L., Zhang, L., Zheng, B. and Miao, S. 2017. Interactions of vegetable proteins with other polymers: Structure-function relationships and applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 130-144.
- Liu, Y., Zhao, G., Zhao, M., Ren, J. and Yang, B. 2012. Improvement of functional properties of peanut protein isolate by conjugation with dextran through Maillard reaction. *Food Chemistry*, 131, 901-906.
- McClements, D. J. and Gumus, C. E. 2016. Natural Emulsifiers - Biosurfactants, Phospholipids, Biopolymers, and Colloidal Particles: Molecular and Physicochemical Basis of Functional Performance. *Advances in Colloid and Interface Science*, 1-100.
- McClements, D. J., Lu, J. and Grossmann, L. 2022. Proposed Methods for Testing and Comparing the Emulsifying Properties of Proteins from Animal, Plant, and Alternative Sources. *Colloids Interfaces*, 6, 2-45.
- Mendes, A. N., Kelber, N., Filgueiras, L. A., Campos da Costa, C. S., Melo Porto, C. P., Rocha Pierucci, A. P. T. and Nele, M. 2018. Evaluation of surfactant activity and emulsifying of Pea protein isolate (*Pisum sativum* L.) obtained by the spray dryer. *Revista Materia*, 4(23); 9.
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, M. Y. A., Muhiaddin, B. J. and Meor Hussin, A. S. 2019. Production of Functional Non-dairy Creamer using *Nigella sativa* oil Via Fluidized Bed Coating Technology. *Food and Bioprocess Technology*, 1-14.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Koocheki, A. 2015. Freeze-thaw stability of emulsions with soy protein isolate through interfacial engineering. *International Journal of Refrigeration*, 58, 253-260.

- Özdemir, E. E., Görgüç, A., Gençdağ, E. ve Yılmaz, F. M. 2022. Physicochemical, functional and emulsifying properties of plant protein powder from industrial sesame processing waste as affected by spray and freeze drying. *Food Science and Technology*, 154.
- Özdemir, N., Bayrak, A., Tat, T., Altay, F., Kiralan, M ve Kurt, A. 2021. Microencapsulation of basil essential oil: utilization of gum arabic/whey protein isolate/maltodextrin combinations for encapsulation efficiency and in vitro release. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 1865–1876.
- Padial-Dominguez, M., Espejo-Carpio, F. J., Perez-Galvez, R., Guadix, A. and Guadix, E. M. 2020. Optimization of the Emulsifying Properties of Food Protein Hydrolysates for the Production of Fish Oil-in-Water Emulsions. *Foods*, 1-16.
- Raikos, V., Juskaite, L., Vas, F. and Hayes, H. E. 2020. Physicochemical properties, texture, and probiotic survivability of oat-based yogurt using *aquafaba* as a gelling agent. *Food Science & Nutrition*, 8, 6426–6432.
- Ray, M. and Rousseau, D. 2013. Stabilization of oil-in-water emulsions using mixtures of denatured soy whey proteins and soluble soybean polysaccharides. *Food Research International*, 52, 298–307.
- Rosida, D. F., Mulyani, T. and Reshita, S. L. 2016. A Comparative Study of Non-Dairy Cream Based on The Type of Leguminosae Protein Source in Terms of Physico Chemical Properties and Organoleptic. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 431–439.
- Sahoo, R. N. 2020. Stability of Emulsion. Web Sitesi: <https://courseware.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2020/06/STABILITY-OF-EMULSION.pdf> Erişim Tarihi: 21.05.2022.
- Salih Hariri, A., AbdelMagid, I. M. and Faris, F. G. 2014. Food waste: Reduce, reuse, recycle, re-think. *International Conference of Engineering, Information Technology, and Science*, 1-19.
- Salminen, H., et. al. 2020. Formation and stability of emulsions stabilized by Quillaja saponin- egg lecithin mixtures. *Journal of Food Science*, 85(4); 1213-1222.
- Sarathchandraprakash, N. K., Mahendra, C., Prashanth, S. J., Manral, K., Babu, U. V. and Gowda, D. V. S. 2013. *The Asian journal of experimental chemistry*, 8(1&2); 30-45.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B. ve Kara, A. 2015. An Overview of Food Emulsions: Description, Classification and Recent Potential Applications. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 3(6); 430-438.
- Soo, Y. N. et. al. 2021. Fabrication of oil in water emulsions as shelf-stable liquid non dairy creamers: Effects of homogenization pressure, oil type and emulsifier concentration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(6); 2455-2462.

- Tamnak, S., Mirhosseini, H., Tan, C. P., Tabatabaee Amid, B., Kazemi, M. and Hedayatnia S. 2016. Encapsulation properties, release behavior and physicochemical characteristics of water-in-oil-in-water (W/O/W) emulsion stabilized with pectinepea protein isolate conjugate and Tween 80. *Food Hydrocolloids*, 61, 599-608.
- Tan, C. and McClements, D. J. 2021. Application of Advanced Emulsion Technology in the Food Industry: A Review and Critical Evaluation. *Foods*, 10, 2-25.
- Thepkamnoet, T., Mustapha, N. A., Wan Ibadullah, W. Z. and Karim, R. 2022. Effects of Alternative Ingredients and Processing Conditions on the Quality of Liquid Non-dairy Coffee Creamer: A Review. *Acta Scientific Nutritional Health*, 6(1); 101-113.
- Wanthong, T. and Klinkesorn, U. 2020. Rambutan (*Nephelium lappaceum*) kernel olein as a nonhydrogenated fat component for developing model non-dairy liquid creamer: effect of emulsifier concentration, sterilization, and pH. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.
- Włodarczyk, K., Zienkiewicz, A. and Szydlowska-Czerniak, A. 2022. Radical Scavenging Activity and Physicochemical Properties of *Aquafaba*-Based Mayonnaises and Their Functional Ingredients. *Foods*, 11, 1129.

EK- DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU

Panelistin adı soyadı:

Tarih:

Tadıma başlamadan önce ve tadım esnasında örnekler arasında bir önceki örnekten ağzınızda kalan tadı su ve kraker ile gideriniz. Her bir örnek ve duyuşsal karakteristik için belirtilen skaladan bir numara kodlamayı unutmayınız.

Örnek kodu	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Kıvam	Genel Beğeni
147						
935						
510						
238						
472						
396						
314						
691						

Değerlendirme skalası

- (9) Fevkalade beğendim
- (8) Oldukça çok beğendim
- (7) Az Beğendim
- (6) Orta derecede beğendim
- (5) Ne beğendim ne beğenmedim
- (4) Hafif beğenmedim
- (3) Orta derecede beğenmedim
- (2) Beğenmedim
- (1) Hiç beğenmedim

Katılımınız için teşekkür ederim.