T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ULTRASON TEKNİĞİ İLE FARKLI FONKSİYONEL YAĞLAR KULLANILARAK YENİ SÜT BAZLI EMÜLSİYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Hazırlayan
Duygu ASLAN

Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2015
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ULTRASON TEKNİĞİ İLE FARKLI FONKSİYONEL YAĞLAR KULLANILARAK YENİ SÜT BAZLI EMÜLSİYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Duygu ASLAN

Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından FYL-2015-5864 kodu ile desteklenmiştir

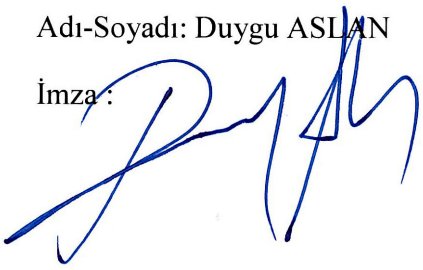
Ağustos 2015
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Duygu ASLAN

İmza :



YÖNERGEYE UYGUNLUK

Ultrason Tekniği İle Farklı Fonksiyonel Yağlar Kullanılarak Yeni Süt Bazlı Emülsiyonların Geliştirilmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Duygu ASLAN

Danışman

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında **Duygu ASLAN** tarafından hazırlanan "**Ultrason Tekniği İle Farklı Fonksiyonel Yağlar Kullanılarak Yeni Süt Bazlı Emülsiyonların Geliştirilmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

14 /08 /2015

JÜRİ:

Danışman	: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN	.....
Üye	: Doç.Dr. Hasan YALÇIN	.....
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Kevser KAHRAMAN	.....

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 25.08.2015 tarih ve 2015/35-27 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

25/08/2015

Prof. Dr. Kazım KESLİOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Bu tezin yürütülmesi esnasında sahip olduğu bilgi ve deneyimleriyle yoluma ışık tutan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve çok değerli hocam Prof. Dr. Mahmut DOĞAN' a,

Hem akademik hem de gerçek hayat adına kendisinden çok şey öğrendiğim ve üzerimde büyük emeği bulunan hocam Doç. Dr. Mustafa ÇAM' a,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca emeği geçen bütün bölüm hocalarıma,

Çok sevgili arkadaşlarım Arş.Gör. Tuğba Dursun Çapar, Arş.Gör. Hatice Kavuncuoğlu, Mine Erdem, Aylin Özgür ve Vildan Gürmeriç'e,

Laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi sırasındaki yardımlarından dolayı Neslihan BOLAT'a ve İsmail KILIÇ'a,

2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı ile verdiği destekten dolayı TÜBİTAK'a ve FYL-2015-5864 kodlu proje ile tez çalışmamı destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Son olarak her an yanımda olup sonsuz güvenleri ile bana güç veren, her türlü özverileri, karşılıksız sevgileri ve anlayışları ile beni her zaman destekleyen canım aileme

sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Duygu ASLAN

Ağustos 2015, KAYSERİ

ULTRASON TEKNİĞİ İLE FARKLI FONKSİYONEL YAĞLAR KULLANILARAK YENİ SÜT BAZLI EMÜLSİYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Duygu ASLAN

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2015
Danışman: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

ÖZET

Bu tez çalışmasında stabil emülsiyonların oluşturulması üzerine önemli etkileri bulunan ultrason teknolojisi kullanılarak dayanıklı emülsiyonların oluşturulma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla zeytinyağı ve fındık yağı kullanılarak üç farklı yağ oranına (%7, 10 ve 15) sahip model süt emülsiyonları hazırlanarak ultrason uygulaması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan emülsiyonların karakterizasyonunu gerçekleştirmek amacıyla, emülsiyon kapasitesi, emülsiyon stabilitesi, kremalaşma indeksi, zeta potansiyel ve damlacık boyutu ile renk ve reolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Ultrason uygulamasının emülsiyonların morfolojilerinde meydana getirdiği değişimin araştırmak amacıyla da örneklerin floresan mikroskobu altında görüntüleri incelenmiştir. Ayrıca ultrason uygulamasının emülsiyonların dispers fazının oluşturulmasında kullanılan yağların oksidasyon değerlerinde ve yağ asidi kompozisyonunda herhangi bir değişim meydana getirip getirmediği incelenmiştir. Bu amaçla oluşturulan emülsiyonlardan ekstrakte edilen yağ örneklerinde emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan yağlarda peroksit sayısı tayini yapılarak gaz kromatografisi ile yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ultrason uygulamasının emülsiyonların stabilitesini artırdığını göstermiştir. Ayrıca ultrason uygulaması, kremalaşma indeksi değeri ile damlacık boyutunda azalmalar meydana getirmiş ve örneklerin zeta potansiyeli değerini artırmıştır. Yağ oranının artması ile birlikte stabilite değerlerinde ve zeta potansiyeli değerlerinde azalma gözlenmiştir. Hazırlanan emülsiyonların kıvam katsayısı (K) ve görünür viskozite (n_{50}) değerleri üzerinde ultrason uygulamasının azaltıcı etkisi gözlenirken yağ oranının artması örneklerin kıvam katsayısı ve n_{50} değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana getirmiştir ($p<0.05$). Ultrason uygulaması yağların peroksit sayısı değerlerinde az fakat istatistiksel olarak önemli bir değişim meydana getirirken yağ asidi kompozisyonunda değişim görülmemiştir. Floresan mikroskop altında yapılan morfolojik incelemeler

sonucunda alınan görüntüler ultrason uygulaması yapılan emülsiyonlarda yağ damlacıklarının boyutlarının küçüldüğünü ve kontrol örneklerine göre daha az belirgin yağ parçacıklarının oluştuğu görülmüştür. Sonuç olarak ultrason uygulaması ile birlikte, emülsiyonu oluşturan dispers faza ait parçacıkların damlacık boyutu azaltılabilmiş ve böylece daha stabil emülsiyonların oluşturulmasına olanak sağlanmıştır. Böylece gıda katkı maddelerinin kullanımını azaltılabileceği ve raf ömrü uzun dayanıklı emülsiyonların geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Emülsiyon, ultrason, stabilite, reoloji, zeta potansiyel

DEVELOPMENT OF NEW MILK BASED EMULSIONS WITH USING DIFFERENT FUNCTIONAL OILS BY ULTRASOUND

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M. Sc. Thesis, August 2015
Supervisor: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

In this study, the potential ways of forming durable emulsions were investigated by using ultrasound technology which has significant impacts on the creation of a stable emulsion. For this purpose, ultrasound procedures were carried out by using olive oil and hazelnut oil and preparing milk based model emulsions which have three different ratio of oil (7, 10 and 15 %). In order to characterize the prepared emulsion, the emulsion capacity, emulsion stability, creaming index, zeta potential, and the droplet size and color and rheological properties were evaluated. In order to examine the changes caused by ultrasound application the morphology of the emulsions were studied under the fluorescence microscope. Also, the oils extracted from emulsions, the determination of peroxide value and gas chromatography used in preparing the emulsion and the composition of fatty acid composition was determined with the aim of investigating whether ultrasound application affected the oxidation values of the oils which are used in the formation of the dispersed phase of the emulsions and brought about changes in the composition of fatty acid. The findings showed that the ultrasound application increased the stability of emulsions. In addition, reduction in the values of creaming index and droplet size and an increase in the zeta potential value of samples were observed. With the increase in the oil ratio, decreases instability values and zeta potential values were observed. While ultrasound applications decreased the consistency coefficient of prepared emulsion, the increase in the ratio of fat created a statistically significant impact on the consistency coefficient (K) and apparent viscosity (n_{50}) values of samples ($p<0.05$). Ultrasound application brought about a change in the peroxide value of oils and effect of these changes was found to be statistically significant, the composition of fatty acid was not affected by the ultrasound application. According to the fluorescence microscope images, it was observed that the size of oil droplet was decreased and the less obvious oil droplets were seen after the ultrasound application. As a result, with ultrasound application the droplet size of the particles forming the

dispersed phase of the emulsion could be reduced and in this way, the formation of more stable emulsion was ensured. Thus, it was concluded that the use of food additives can be reduced and more stable emulsions with long shelf life can be developed.

Key words: Emulsion, ultrasound, stability, rheology, zeta potential

İÇİNDEKİLER

ULTRASON TEKNİĞİ İLE FARKLI FONKSİYONEL YAĞLAR KULLANILARAK YENİ SÜT BAZLI EMÜLSİYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER ix
KISALTMALAR xi
TABLOLAR LİSTESİ xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ xiv
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER

1.1. Emülsiyon 3
1.1.1. Emülsiyon Stabilitesi 4
1.1.2. Emülsiyon Karakterizasyonu 9
1.1.3. Emülsifikasyon Teknikleri 13
1.2. Ultrason Uygulamaları 13

2. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal 18
2.2.1. Emülsiyon Aktivitesi 20
2.2.2. Emülsiyon Stabilitesi 20
2.2.3. Kremalaşma İndeksi 21

2.2.4. Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyel Ölçümü 21
2.2.5. Renk Tayini 21
2.2.6. Emülsiyonların Reolojik Karakterizasyonu 22
2.2.7. Peroksit Sayısı Tayini 22
2.2.8. Yağ Asidi Kompozisyonu 23
2.2.9. Floresan Miskoskop Görüntüleri 23
2.2.10. İstatistiksel Analizler 24

3. BÖLÜM
BULGULAR

3.1. Emülsiyon Aktivitesi 25
3.2. Emülsiyon Stabilitesi İndeksi Değerleri 26
3.3. Kremalaşma İndeksi Değerleri 27
3.4. Emülsiyon Örneklerinin Damlacık Boyutu ve Zeta (ζ) Potansiyeli 29
3.5. Renk Değerleri 33
3.6. Reolojik Analizler 35
3.6.1. Yatışkın Hal (Steady State) Reolojik Özellikleri 35
3.6.2 Dinamik Reolojik Özellikler 41
3.7. Peroksit Sayısı Değeri 43
3.8. Yağ Asidi Kompozisyonu 43

4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç 46
4.2. Öneriler 54
KAYNAKLAR 56
EKLER 64
ÖZGEÇMİŞ 83

KISALTMALAR

US : Ultrason

EM : Emülgatör

K :Kontrol

Z : Zeytinyağı

F : Fındıkyağı

SDS : Sodium dodecyl sulfate

µl : Mikrolitre

ml : Mililitre

cm : Santimetre

M : Molar

nm : Nanometre

A : Emülsiyonların 500 nm dalgaboyundaki absorbans değeri

l :Küvet yol boyu

T : Türbidite

D : Seyreltme faktörü

ϕ : Hacimsel yağ fraksiyonu

C : Emülsiyonun birim hacmi başına protein ağırlığı(g/ml^{-1})

ΔT : Depolama süresince türbidite değerinde meydana gelen değişiklik

Δt : Zaman aralığı

Hs : Toplam serum yüksekliği

Ht : Toplam emülsiyon yüksekliği

AOAC : Association of Official Agricultural Chemists

KI : Potasyum iyodür

g : Gram

meq : Miliekivalan

PV : Peroksit Değeri

AV : p-anisidin değeri

kg : Kilogram

AOCS : American Oil Chemists' Society

Rpm : Revolution per minute

s : Saniye

rad : Radian

Pa **:** Pascal

G' **:** Depo modülü

G" **:** Viskoz modülü

Hz **:** Hertz

mv **:** Milivolt

σ **:** Kesme stresi

γ **:** Kesme hızı

N **:** Akış davranış indeksi

K **:** Kıvam katsayısı

σY **:** Başlangıç stresi

ζ **:** Zeta

TGK **:** Türk Gıda Kodeksi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Ultrason teknolojisinin gıda endüstrisindeki uygulama alanları 14

Tablo 2.1 Araştırmada kullanılan deneme deseni 19

Tablo 3.1 Zeytinyağı ile hazırlanan örneklere ait renk değerleri 34

Tablo 3.2 Fındık yağı ile hazırlanan örneklere ait renk değerleri 34

Tablo 3.3 Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait reolojik özellikler 40

Tablo 3.4 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon emülsiyon örneklerine ait reolojik özellikler..... 40

Tablo 3.5 Örneklerin peroksit değerleri (meq O_2/kg yağ)..... 43

Tablo 3.6 US uygulaması öncesi ve sonrasında yağların yağ asidi kompozisyonu 44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Gıda emülsiyonunun optik mikroskop görüntüsü 4

Şekil 1.2. Emülsiyon sistemlerinde meydana gelen fiziksel kararsızlık olaylarının mekanizması..... 5

Şekil 1.3. Gıda emülsiyonlarında görülen kremalaşma olayının şekilsel gösterimi.. 6

Şekil 1.4. Stabil emülsiyon ile floküle olmuş emülsiyon arasındaki fark 7

Şekil 1.5. Emülsiyon sistemlerinde birleşme (koalesans) oluşum aşamaları 8

Şekil 1.6. Gıda emülsiyonlarında görülen Ostwald olgunlaşması olayının şematik gösterimi..... 8

Şekil 1.7. Monodispers ve polidispers emülsiyonların şematik gösterimi 10

Şekil 1.8. Ultrason (.) ve mekanik çalkalama(○) ile oluşturulmuş emülsiyonların faz ayrımı ve damlacık büyüklüğü dağılımı..... 16

Şekil 3.1. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon aktivitesi indeksi..... 25

Şekil 3.2 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon aktivitesi indeksi..... 26

Şekil 3.3. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon stabilitesi indeksi (ESI) değerleri..... 27

Şekil 3.4. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon stabilitesi indeksi (ESI) değerleri..... 27

Şekil 3.5. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin kremalaşma indeksinin günlere göre değişimi..... 28

Şekil 3.6. 14. gün sonunda ZUSE7, ZUSE10 ve ZUSE15 örneklerine ait toplam serum yüksekliği ile toplam emülsiyon yüksekliği 28

Şekil 3.7. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin kremalaşma indeksinin günlere göre değişimi..... 29

Şekil 3.8. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin zeta (ζ) potansiyeli... 29

Şekil 3.9. Zeytin yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin zeta (ζ) potansiyeli.....

Şekil 3.10 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait zeta potansiyeli değerleri+..... 30

Şekil 3.11 Zeytin yağına ait örneklerin zeta potansiyeli değerleri 31

Şekil 3.12. Emülsiyon örneklerine ait ortalama damlacık boyutu (nm)..... 31

Şekil 3.13 Fındık yağı ile hazırlanan örneklerin damlacık boyutu dağılımları 32

Şekil 3.14 Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerin damlacık boyutu dağılımları 32
Şekil 3.15 %10 zeytinyağı içeriğine sahip kontrol örneği ve US uygulaması yapılmış emülsiyon örneklerinin genel görüntüsü (a) US uygulaması yapılmış, b) kontrol örneği) 33
Şekil 3.16. % 7 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri 35
Şekil 3.17 % 10 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri 36
Şekil 3.18 % 15 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri 36
Şekil 3.19 % 7 fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri 37
Şekil 3.20 % 10 fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri 38
Şekil 3.21 % 15 fındık yağı ile hazırlanan örneklerin reolojik akış kurvesi 38
Şekil 3.22. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait dinamik faz kesme reogramları 42
Şekil 3.23. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait dinamik faz kesme reogramları 42

GİRİŞ

Son yıllarda sağlıklı ve fonksiyonel gıda tüketimi bilincinin artması ile birlikte yeni gıda işleme teknolojilerinin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Birçok biyoaktif madde ve nutrasötikler hidrofobik özelliğe sahiptir ve bu maddelerin suda az çözünmeleri dolayısıyla da gıdalar içerisinde dağılımı da oldukça zorluğa neden olmaktadır. Su ve yağ fazı içeren bir sistemde, hidrofobik etki dolayısıyla da iki faz arasındaki interaksiyon zor gerçekleşmektedir. Bu tez çalışması ile birlikte ultrason teknolojisi kullanılarak iki faz arasındaki interaksiyonun gerçekleştirilmesi için yeni bir yöntem denenmiştir.

Emülsiyonlar, birbiri içerisinde çözünmeyen iki sıvının birbiri içerisinde dağıldığı damlacıkları (globülleri) içeren termodinamik olarak stabil olmayan homojen görünüşlü, heterojen karışımlar olarak tanımlanmaktadır. Emülsiyon uygulamalarına gıda, tarım, kozmetik ve farmasötik endüstrilerinde sıkça rastlanmaktadır. Gıda endüstrisinde emülsiyon bazlı taşınım sistemleri, biyoaktif bileşenleri çevresel koşullardan korumak, hazırlanan emülsiyonların stabilitesini ve biyoyararlılığını arttırmak, istenmeyen koku ve tatların maskelenmesi gibi birçok farklı amaçla kullanılmaktadır. Süt, margarin, mayonez, dondurma, sosis, ekmek ve diğer fırıncılık ürünleri çikolata, instant toz ürünler ve baharat ekstraktları gibi birçok gıda formülasyonunun oluşturulmasında emülsiyon sistemlerinden yararlanılır ve oluşturulan emülsiyonların uzun süre stabil kalması arzu edilir. Fiziksel anlamda dayanıklı bir emülsiyonun, raf ömrü süresince dağılmış olan fazda hiçbir ayrılma göstermemesi, kolaylıkla akabilmesi ve az bir çalkalama ile de homojen olarak ilk halini alması beklenir [1] .

Yüksek sıcaklıkta uygulanan ısıl işlemin maliyeti artırması ve besin değerlerinde kayıplara neden olması gibi nedenlerden dolayı son yıllarda ısıl işleme alternatif yeni teknolojilere olan eğilim giderek artmaktadır. Söz konusu alternatif bu yeni

teknolojilerle ürünün yapısal özellikleri geliştirilebilirken aynı zamanda katkı ihtiyacı da giderilebilmektedir. Yapısal özellikleri geliştirme potansiyeline sahip yüksek frekanslı ultrason uygulamaları son yıllarda üzerinde durulan yeni teknolojilerdendir [2].

Ultrason tekniği, suda çözünürlüğü düşük olan aktif bileşenlerin çözünürlüğünün arttırılması, partikül boyutunun küçültülmesi, daha amorf yapıların elde edilmesi, bileşenlerin yüzey alanı artırılması ve biyoaktif maddelerin yapıya kazandırılması sağlanabilmektedir. Gıda endüstrisinde kullanılan karotenler, balık yağı, fitosteroller, zeytin ve fındık yağı polar yapıda olmayan, yaygın kullanılan biyoaktiflerdir. Özellikle son yıllarda ultrason teknolojisi yüksek besleyici değere sahip bu bileşenlerin dağılımı amacıyla gıda bilimcileri tarafından çok sık kullanılmaya başlanmıştır [3].

Gıda emülsiyonlarında serum ayrılması, flokülasyon (kümeleşme), kremalaşma en yaygın yapısal kusurlar arasındadır. Bu sistemlerde emülgatör ve stabilizatör madde ilavesi ile yapısal sorunlarda iyileşme sağlanabilmektedir. Ancak kullanılan bu bileşenlerin katkı maddesi olarak değerlendirilmesi, yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin gıdalarda besin kayıplarına yol açması, tat ve renk de meydana gelen değişimler, ısıl işlem maliyetlerinin fazla olması ve tüketicinin daha az işlem görmüş, daha doğal ve katkı maddesi içermeyen ürünlere olan eğilimleri gibi sebepler dolayısıyla yeni ısıl olmayan teknolojilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Son yıllarda geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılan yeni teknolojilerden en çok araştırılanlarından birisi de ultrason uygulamalarıdır.

Bu tez çalışması ultrason tekniği ile biyoaktif ve fonksiyonel özellikleri bilinen zeytin ve fındık yağları kullanılarak süt bazlı yeni emülsiyonların geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu şekilde raf ömrü boyunca stabil emülsiyonlar geliştirilerek katkı maddelerinin kullanımının azaltılması sağlanmış olacaktır. Çalışma sonunda elde edilen veriler, gıdalarda kullanılan birçok emülsiyon sisteminin dayanımını artırmak amacıyla kullanılabilecektir. Bu amaç doğrultusunda üç farklı yağ oranında (%7, 10 ve 15) emülsiyonlar hazırlanarak bu emülsiyonların ξ-potansiyeli ve damlacık boyutu karakterizasyonu yapılarak stabiliteleri ve reolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca floresan mikroskobu altında numunelerin morfolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

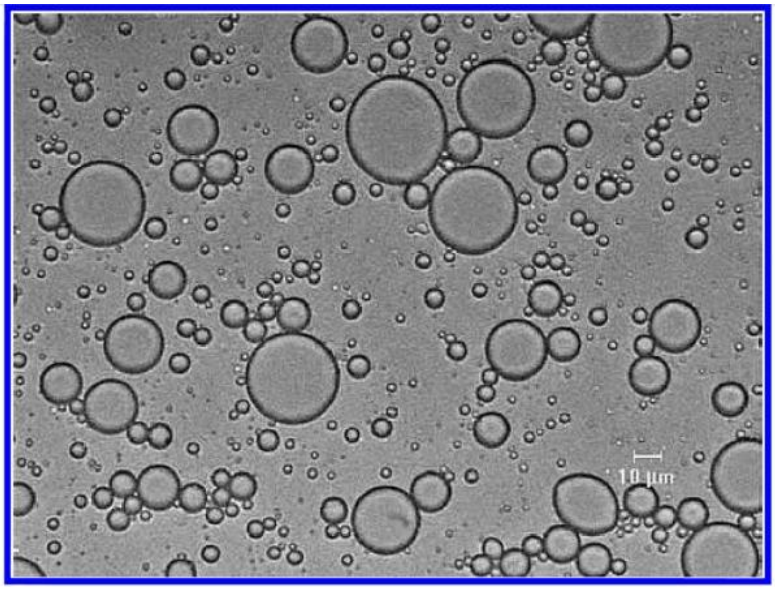
1.1. Emülsiyon

Emülsiyonlar, birbiri içerisinde çözünmeyen iki sıvının birbiri içerisinde dağıldığı damlacıkları (globülleri) içeren termodinamik olarak stabil olmayan homojen görünümlü heterojen karışımlardır [4, 5]. Diğer bir ifade ile emülsiyonlar birbiri içerisinde çözünmeyen iki sıvının (ör: su ve yağ) birbiri içerisinde küçük damlacıklar halinde dağılması ile oluşmuş dispers sistemlerdir (Şekil 1). Emülsiyonlar genel olarak su ve yağ fazından oluşurlar ve bu iki fazın birbiri içerisinde dağılımına göre de iki grupta incelenebilirler. Su fazı içerisinde dağılmış olarak bulunan yağ parçacıklarının oluşturduğu sisteme su içerisinde yağ (y/s) emülsiyonu, su damlacıklarının yağ ortamı içerisinde dağılmış olarak bulunduğu emülsiyonlara da yağ içerisinde su (s/y) emülsiyonu denir [6]. Süt, krema, mayonez ile salata sosları y/s emülsiyonlarına verilen en yaygın örneklerken, margarin ve tereyağı s/y emülsiyonlarının en belirgin örnekleridir. Geleneksel y/s ve s/y emülsiyonlarının yanında ayrıca yağ-su-yağ (y-s-y) ve su-yağ-su (s-y-s) emülsiyonları gibi çoklu emülsiyon sistemlerini de oluşturmak mümkündür [7]. Emülsiyon sistemlerinin oluşabilmesi için yağ fazı, su fazı ve emülgatör olmak üzere en az üç bileşen bulunurken [8], emülsiyon sisteminde sıvı içerisinde dağılmış halde bulunan faza iç faz veya dispers faz, emülsiyon ortamını oluşturan çevre sıvıya ise dış faz veya sürekli faz denir [6]. Birbiri içerisinde karışmayan ve dispers halde bulunan sıvılar çalkalandığı zaman emülsiyonun tüm fazlarında damlacıklar oluşur. Çalkalama işlemine son verildiğinde fazlar içerisindeki damlacıklar çabucak bir araya gelip kümelenir ve iki sıvı tekrar ayrışır. Emülgatörler damlaların iç fazda kalış süresini artırarak dayanıklılıklarını sağlar ve bu nedenden dolayı da sıvıların birbiri içinde homojen karışmalarını ve dağılmalarını sağlamak üzere emülgatör ilave edilir [5, 9]. Emülsiyonlar fiziksel olarak stabil olmayan yapılardır.

Bunun nedeni bu sistemlerin geniş bir yüzeyler arası alana sahip olması ve bu alanla orantılı bir iç yüzey enerjisine sahip bulunmaları şeklinde açıklanmaktadır. Birbiri ile karışmayan iki sıvı karıştırıldığı zaman, ayrılan her sıvı molekülü arasındaki kohesif kuvvetin, iki sıvı arasındaki adezif kuvvetten daha büyük olması dolayısıyla sıvılar birbiri içinde artan toplam yüzey alanı ile küçük damlalar halinde dağılırlar. Emülsiyon içerisindeki fazların birbiri ile karışmama derecesi arttıkça, ara yüzey gerilimi de artar. Birbiri içerisinde karışmayan iki sıvının karışmasını kolaylaştırmak ve oluşturulan emülsiyonun dayanımını artırmak için serbest yüzey enerjisini azaltmak gerekir. Bu durum

$$W = \gamma ds$$

eşitliği ile ifade edilebilir. Burada γ yüzey gerilimini, ds ise değişen yüzey alanının gösterimidir. Emülsiyon sistemi içerisinde bulunan iki damlanın birleşerek bir damla oluşturması durumunda ara yüzeyi alanı küçüleceğinden, sistemin toplam yüzey enerjisi de azalacaktır [1].

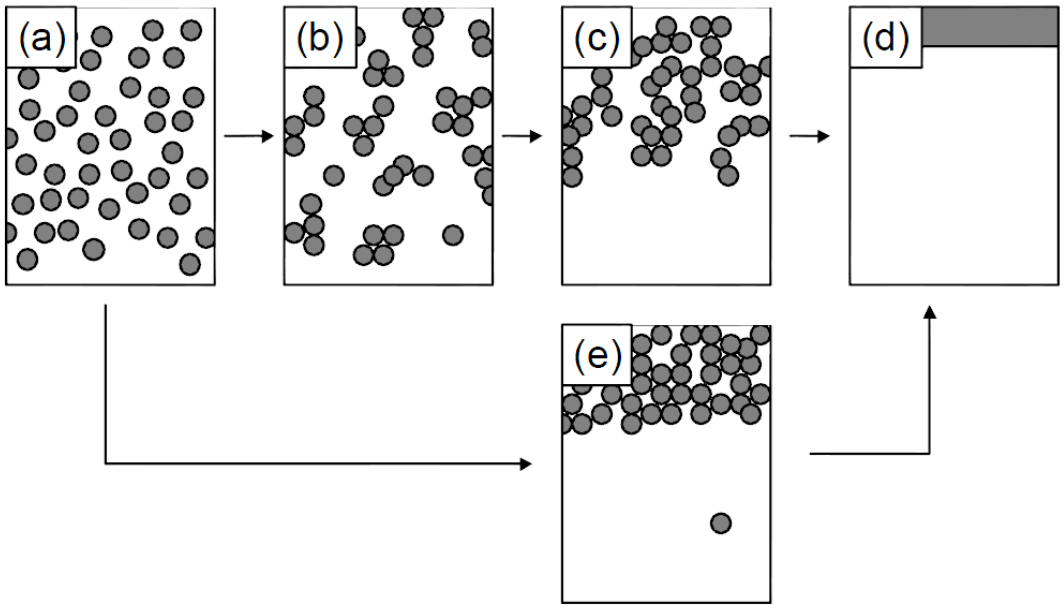


Şekil 1.1. Gıda emülsiyonunun optik mikroskop görüntüsü [10]

1.1.1. Emülsiyon Stabilitesi

Emülsiyon uygulamalarına gıda, tarım, kozmetik ve farmasötik endüstrilerinde sıkça rastlanmaktadır. Süt, margarin, mayonez, dondurma, sosis, çikolata ve baharat

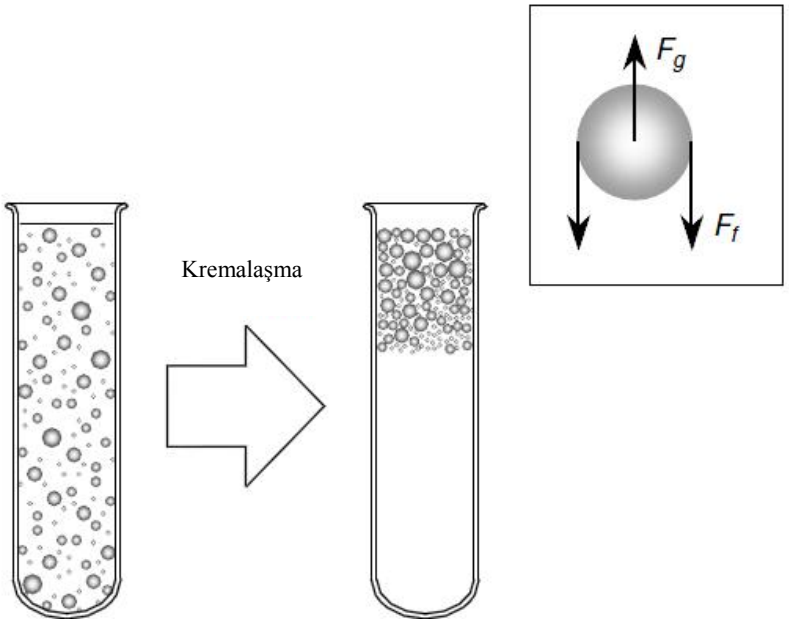
ekstraktları gibi birçok gıda formülasyonunun oluşturulmasında emülsiyon sistemlerinden yararlanılır ve oluşturulan bir emülsiyonun da raf ömrü süresince dayanıklı kalması arzu edilir. Bu nedenle emülsiyon stabilitesinin mekanizmasının anlaşılması gerekmektedir. Fiziksel anlamda dayanıklı bir emülsiyonun, raf ömrü süresince dağılmış olan fazda hiçbir ayrılma göstermemesi, kolaylıkla akabilmesi ve az bir çalkalama ile de homojen olarak ilk halini alması beklenir [11]. Emülsiyon stabilitesi, bir emülsiyon sisteminin özelliklerinin zamanla değişmesine karşı koyma yeteneği olarak tanımlanabilir. Stabil bir emülsiyonun özellikleri zamanla daha az değişir. Bir emülsiyon sistemi, farklı bir takım fiziksel ve kimyasal işlemler nedeniyle kararsız hale gelebilir. Fiziksel kararsızlık, moleküllerin sistem içerisindeki dağılımları veya yapısal organizasyonundaki değişikliklerle sonuçlanırken, kimyasal kararsızlık mevcut molekül çeşitlerinin değişimine neden olabilir. Krema oluşumu, flokülasyon, birleşme (koalesans), kısmi birleşme, faz ayrımı ve Ostwald olgunlaşması fiziksel kararsızlıklara örnek verilebilirken [12], kimyasal kararsızlığa ise hidroliz ve oksidasyon örnek verilebilir [13]. Şekil 2' de emülsiyon sistemlerinde meydana gelen fiziksel kararsızlık olaylarının mekanizması şema halinde gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Emülsiyon sistemlerinde meydana gelen fiziksel kararsızlık olaylarının mekanizması, a)Birincil partiküller, b)Flokülasyon, c)Krema oluşumu, d)Birleşme (koalesans), e)Flokülasyon aşamasının az gerçekleşmesi durumunda oluşan yapı [10].

1.1.1.1 Kremalaşma

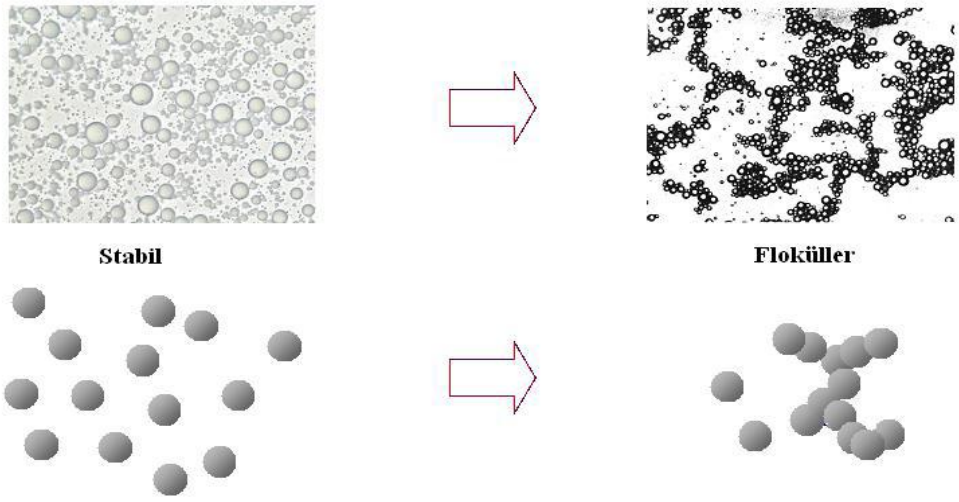
Genel olarak bir emülsiyon içerisindeki damlacıkların yoğunluğu kendisini çevreleyen sıvının yoğunluğundan farklıdır ve genel çekim kuvveti bu bileşenler üzerine etki eder [14]. Eğer damlacıklar kendisini çevreleyen sıvının yoğunluğunda daha düşük bir yoğunluğa sahipse yukarı doğru hareket etme eğilimindedir ki buna kremalaşma denir (Şekil 3). Bunun aksine, damlacık yoğunluğu çevre sıvının yoğunluğundan daha fazla ise bu kez de damlacıklar aşağı hareket etme eğilimine geçer ve bu olaya da sedimantasyon denir. Gıdalarda kullanılan yenilebilir birçok yağın yoğunluğu suyun yoğunluğuna göre daha düşük olduğundan yağ damlacıkları emülsiyon sisteminin yüzeyinde toplanma eğiliminde iken su emülsiyon sisteminin alt kısmını oluşturur. Örneğin, bir y/s emülsiyon sistemi içerisindeki yağ damlacıkları kremalaşma; s/y emülsiyonundaki yağ parçacıkları ise sedimantasyon oluşturma eğilimindedir. Kremalaşma, gıda emülsiyonlarının kalitesini olumsuz yönde etkiler. Tüketiciler, homojen görünümlü bir ürün tercih edecekleri için kremalaşma oluşmuş ürünün tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği olumsuz etkilenecektir. Ayrıca, yağ tabakası bakımından zengin olan tabaka daha viskoz bir özelliğe sahip olduğundan ürünün tekstürel özellikleri de yer çekimsel ayrımdan (kremalaşma) olumsuz etkilenir. Dolayısıyla emülsiyonun alındığı bölgesel alan emülsiyonun tadı ve ağızda bıraktığı hissi etkilemektedir [15].



Şekil 1. 3. Gıda emülsiyonlarında görülen kremalaşma olayının şekilsel gösterimi [16]

1.1.1.2. Flokülasyon

Flokülasyon, bir emülsiyon sistemi içerisindeki her bir bileşenin kendi özeliğini kaybetmeden birbiri ile birleştiği süreçtir (Şekil 4) ve ürün tabiatına bağlı olarak avantaj ya da dezavantaj olabilir. Flokülasyon, seyreltik emülsiyonlarda yerçekimsel ayrışma oranını artırır, bu durum ürünün raf ömrünü azaltması dolayısıyla istenmeyen bir olaydır [17]. Ayrıca flokülasyon, emülsiyon viskozitesinde artış meydana getirerek jel oluşumuna neden olabilir [18]. Düşük viskoziteye sahip gıda ürünlerinde flokülasyon bir dezavantajken, ürüne arzu edilir bir yapı kazandırması dolayısıyla bazı ürünlerde kontrollü flokülasyon avantaj olabilmektedir. Flokülasyon, emülsiyonun tekstür, tat, görünüm ve raf ömrü gibi özellikleri üzerinde doğrudan etkiye sahiptir [15].

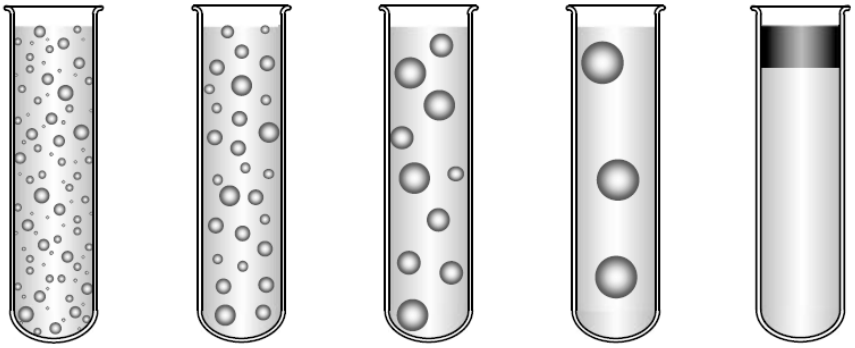


Şekil 1.4. Stabil emülsiyon ile floküle olmuş emülsiyon arasındaki fark [16]

1.1.1.3. Birleşme (Koalesans)

Bir emülsiyon sisteminde iki ya da daha fazla damlacığın birleşerek daha büyük ve yeni parçacıklar oluşturması koalesans (birleşme) denir. Bu olay damlacıklar birbiriyle çok yakın temas halinde iken ve iki damlacığı birbirinden ayıran ince zar tabakasının yırtılması durumunda görülür. Koalesans, ortalama damlacık çapında büyümesine ve sonuçta su ve yağ fazının ayrışmasına neden olur (Şekil 5). Koalesansın temel prensibi emülsiyon sisteminin termodinamik olarak en stabil duruma geçme isteğidir, çünkü bu durumda su ve yağ fazı arasındaki temas alanı azalır. Koalesans ile birlikte emülsiyon parçacıklarının çapı büyüdüğü için kremalaşma ve sediment oluşturmaya hassasiyet artar. Birleşme (koalesans) y/s emülsiyonlarında ürün yüzeyinde yağ tabakasının

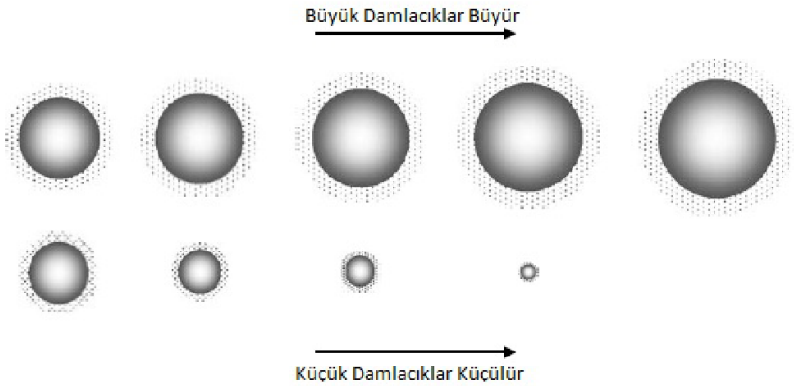
oluşmasına, s/y emülsiyonlarında ise su fazının emülsiyonun alt kısmında toplanmasına neden olur [6].



Şekil 1. 5. Emülsiyon sistemlerinde birleşme (koalesans) oluşum aşamaları

1.1.1.4. Ostwald Olgunlaşması

Ostwald olgunlaşması, kütle transferi dolayısıyla dağılan fazın sürekli faz üzerinden difüze olması ve emülsiyon sistemindeki küçük damlacıkların yerine büyük damlacıkların daha da büyümesi olayıdır (Şekil 6) [19]. Ostwald olgunlaşması, su ve triaçilgliserolün birbiri içerisinde çözünme düzeylerinin çok az olması ve kütle transferinin de önemsiz olması dolayısıyla birçok gıda emülsiyon sisteminde ihmal edilebilir [20]. Bununla birlikte aroma yağları gibi suda çözünür lipitleri fazla oranda içeren y/s emülsiyonlarında veya su fazı alkol içeriyorsa Ostwald olgunlaşması önemlidir [19].



Şekil 1.6. Gıda emülsiyonlarında görülen Ostwald olgunlaşması olayının şematik gösterimi

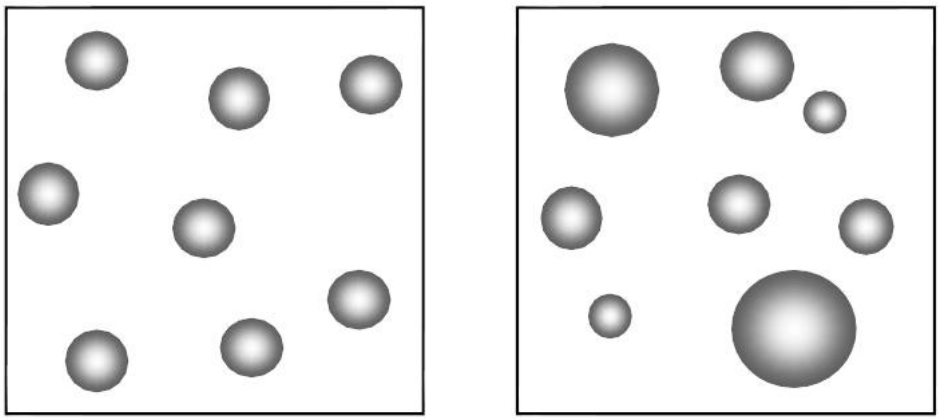
1.1.1.5. Faz Ayrımı

Faz ayrımı, bir emülsiyon sistemi içerisindeki fazların kendi aralarındaki dengesinin değişmesi durumu olarak tanımlanabilir. Faz ayrımı tereyağı ve margarin gibi gıda ürünlerinin üretiminde önemli bir aşamadır [21]. Bununla birlikte diğer gıdaların tat, tekstür, görünüm ve stabilitelerinde meydana getirdiği olumsuzluklar nedeniyle istenmeyen bir durumdur [15]. Faz ayrımı genellikle mekaniksel çalkalama, dağılan fazın hacimsel fraksiyonu, emülgatör türü ve konsantrasyonu ile sıcaklık gibi oransal ve çevresel faktörlerin değişimiyle birlikte oluşabilir [22].

1.1.2. Emülsiyon Karakterizasyonu

1.1.2.1. Damlacık Boyutu ve Dağılımı

Emülsiyon bazlı ürünlerde dağılan faza ait parçacık boyutu ve bu parçacıkların dağılımı emülsiyonların raf ömrü, görünüm, tekstür ve tat gibi önemli fiziksel ve duyusal özelliklerini etkilemektedir. Ortalama damlacık büyüklüğü veya damlacıkların büyüklük dağılımının değişmesi emülsiyonların stabilitesinin değerlendirilmesinde önemli parametrelerdendir. Bir emülsiyon sistemi içerisindeki bütün damlacıkların boyutu aynı ise bu tip emülsiyonlar monodispers emülsiyon olarak adlandırılırken, farklı boyutlara sahip damlacıkları içeren emülsiyonlara polidisper emülsiyonlar denir (Şekil 7). Monodispers bir emülsiyonun damlacık boyutu genellikle dağılan fazdaki damlacıkların çapı ya da yarıçapı olarak ifade edilir. Monodispers emülsiyonların yorumlanması ve ifade edilmesi polidispers emülsiyonlara göre daha kolaydır fakat gıda emülsiyonlarındaki damlacıkların boyutları tekdüze olmayıp farklı büyüklüklerdeki damlacıkları içermektedir. Dolayısıyla bir gıda emülsiyonundaki damlacıkların büyüklüğünü ifade etmek monodispers bir emülsiyon sistemine göre daha zor ve karmaşıktır. Genellikle, bir gıda emülsiyonun ortalama damlacık büyüklüğü emülsiyonun toplam parçacık boyutunu ifade etmek için yeterliyken bazı özel çalışmalarda parçacık boyutunun yanı sıra parçacıkların dağılımı da önemlidir [15].



Şekil 1.7. Monodispers ve polidispers emülsiyonların şematik gösterimi

Dağılan faza ait damlacıkların büyüklüğü lazer difraksiyonu, optik mikroskoplar dinamik ışık saçılımı gibi birçok teknik ve yöntemler kullanılarak belirlenebilir [23]. Dinamik ışık saçılımı tekniği diğer yöntemler ile tespit edilemeyen çok küçük boyutlara sahip damlacıkların karakterize edilebilmesini sağlaması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Bu teknik kullanılarak bir emülsiyon sitemi içerisindeki 3 nm ile 3 μm arasındaki damlacık boyutlarını tespit etmek mümkündür [16].

Gıda endüstrisinde, dayanımı yüksek ve raf ömrü uzun emülsiyonların elde edilmesi için, kullanılan emülsifiye edici maddelerin artırılması gerekmekte yada ultrason ve yüksek basınçlı homojenizatör teknikleri kullanılarak gıda emülsiyonlarındaki damlacık boyutları küçültülmeye çalışılmaktadır [24].

1.1.2.2. Zeta Potansiyeli (ζ-potansiyeli)

Gıda emülsiyonları içerisindeki damlacıklar önemli ölçüde elektrik yüküne sahiptir ve bu nedenle de bir emülsiyonun stabilite ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde elektrostatik interaksiyonlar önemli yer tutmaktadır [6]. Bir emülsiyonun dağılan fazındaki damlacıkların dış yüzeyinde oluşan elektriksel tabaka emülsiyonun zeta potansiyelini belirler. ζ potansiyel birimi mili volt (mV) tur. Zeta potansiyel emülsiyonların stabilitelerinde emülsifiye olan damlacıkların yüzey yük ve zeta potansiyellerinin ölçülmesi önemli bir parametredir çünkü elektrostatik itme kuvvetinin emülsiyon stabilitesinde önemli aşamalar olan flokülasyon ve koalesansa anlamlı etkisi bulunmaktadır [23]. ζ potansiyelinin yükü elektriksel tabakanın yüküne bağlı olarak

değişirken ζ potansiyelinin büyüklüğü ise elektriksel tabakanın kalınlığına bağlıdır. Emülsiyonların stabilizasyonunun sağlanması için zeta potansiyelinin -25 mV'den küçük veya +25 mV'den büyük olması gerekmektedir. Bu iki değer arasındaki bölge kararsız alan olarak ifade edilmektedir. ζ potansiyelinde eksi ve artı yönde meydana gelen artış emülsiyon kararlılığında artışı göstermektedir ve meydana gelen bu artıştan elektriksel tabakanın kalınlaştığı anlaşılabilir [25]. Elektriksel tabakanın kalınlaşması ile damlacıkların bir araya gelip floküle olmasını engellenmekte ve emülsiyonun daha uzun süre stabil kalmasını sağlanmaktadır. Son yıllarda emülsiyon stabilitesinin sağlanmasındaki tek etken faktörün zeta potansiyelin yüksek değerlere sahip olması değil zeta potansiyelindeki oransal artış veya azalışın etkili olduğunu belirten çalışmalarda mevcuttur. ζ potansiyelindeki oransal azalış emülsiyon stabilitesini azaltıcı yönde etki etmektedir [26]. Emülgatör kullanılmayan y/s emülsiyonları içindeki yağ damlacıklarının elektrik yükü, iyonik güç ve pH'ya bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, su fazı içerisinde dağılmış olarak bulunan ayçiçeği yağı damlacıklarının ζ potansiyeli düşük pH (<5) larda pozitiften negatife doğru bir davranış sergiler [27]. Benzer eğilimler su içerisinde dağılmış hidrokarbon parçacıkları için de gözlenmiştir [28].

1.1.2.3. Reolojik Özellikler

Reoloji, maddenin akış ve deformasyon özelliklerini inceleyen bilim dalıdır [29]. Reoloji bilimi, maddeye uygulanan belirli bir kuvvet ile birlikte maddenin akışında meydana gelen değişimi ve deformasyonu inceler [30]. Gıda emülsiyonlarının reolojisinin bilinmesi pek çok nedenle önemlidir [31-33]. Örneğin;

- Bir homojenizatörde damlacıkların ayrılma etkinliği son ürünün reolojisi ile birlikte her bir bileşenin viskozitesine bağlıdır.

- Birçok gıda emülsiyonunun raf ömrü, bileşen fazlarının reolojik özelliklerine bağlıdır. Örneğin, bir yağ-su emülsiyonundaki yağ damlacıklarının kremalaşması su fazının viskozitesinden etkilenmektedir.

- Gıda emülsiyonlarının reolojik verilerine proses aşamasında kullanılan pompa, ekstrüder, ısı değiştirici ve homojenizatör gibi ekipmanların tasarımında ihtiyaç duyulmaktadır.

- Emülsiyonların kayganlık, kalınlık, sürülebilirlik, yumuşaklık, sertlik, pürüzlülük ve akışkanlık gibi birçok duyusal özelliği reoloji ile doğrudan ilgilidir.

- Reolojik ölçümler, emülsiyon içerisindeki bileşenlerin interaksiyonu ve yapısal organizasyonu hakkında bilgi veren analitik bir araçtır. Örneğin, kesme hızına karşı viskozitenin ölçümleri damlacıklar arasındaki kolloidal etkileşimin gücü hakkında bilgi verir.

Akışkanlık özelliklerine göre sıvılar, Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanlar olmak üzere iki genel başlık altında incelenirler. Newtonian akışkanlarda kesme hızı ve kesme stresi arasında doğrusal bir ilişki bulunurken bu sıvılarda viskozite kesme hızından bağımsızdır. Kesme hızı artmasıyla birlikte kesme stresinde de doğrusal bir artış gözlenir [34].

Newtonian akış dışında akış özelliği gösteren sıvılar Newtonian olmayan sıvılar olarak adlandırılır. Newtonian olmayan sıvılar kendi içerisinde zamana bağımlı ve zamandan bağımsız sıvılar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Zamandan bağımsız özellik gösteren akışkanlar, kesme hızına bağlı olarak kesme incelmesi ve kesme koyulaşması gösteren akışkanlar olarak iki ayrı sınıfta incelenir [34]. Newtonian olmayan akışkanların büyük bir çoğunluğunda kesme hızı artıkça kesme stresinde azalmaların görüldüğü kesme incelmesi akış özellikleri gözlenir. Bu sıvıların kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalma görülür [35]. Bu tip akışkanlar pseodö plastik akışkanlar olarak da isimlendirilirler. Kesme koyulaşması gösteren akışkanların artan kesme hızı ile birlikte viskozitelerinde artış gerçekleşir. Kesme koyulaşması Newtonian olmayan akışkanlar içerisinde çok az görülen akışkan tipidir. Bu akışkanlar, dilatant akışkanlar olarak da isimlendirilebilirler [34].

Sıvı ve yarı sıvı maddelerin akış özelliklerinin belirlenmesinde farklı metotlar kullanılır. Bu metotlar Ostwal-de-Walle (üslü-yasa), Hershel-Bulkey, Cason ve Bingham modelleridir.

Bingham modelleridir.

Üslü Yasa Modeli $\sigma=K\gamma^{n}$

Hershel-Bulkey $\sigma=K_H\gamma^n + \sigma_Y$

Casson $\sigma=K_C\gamma^{0.5} + \sigma_Y^{0.5}$

Bignham Modeli $\sigma = \eta_B\gamma+\sigma_Y$

Bu eşitliklerde σ kesme stresi (Pa), γ kesme hızını (s^{-1}), n akış davranış indeksi, K kıvam katsayısını ($Pa.s^n$) ve ise σ_Y başlangıç stresini göstermektedir. Gıdaların akış davranış özelliklerinin belirlenmesinde en fazla kullanılan model (Ostwal-de-Walle) üslü yasa modelidir [34].

Bununla birlikte emülsiyonlar, yapısal ve kompozisyonel olarak karmaşık yapılardır ve düşük viskoziteli sıvılar (süt ve meyve suları), viskoelastik jeller (yoğurt ve tatlılar) ve katılar (margarin ve tereyağı) olmak üzere farklı reolojik özellikler gösterebilirler.

1.1.3. Emülsifikasyon Teknikleri

Emülsifikasyon birbiri içerisinde ince damlacıklar şeklinde dağılmış en az iki sıvının karıştırılması olarak tanımlanabilir ve bir emülsiyonun oluşabilmesi için de birbirine karışmayan iki sıvı, enerji ve yüzey aktif bileşenlere gereksinim duyulur. Emülsiyon oluşumunda gerekli olan enerji, sistemin ara yüzey alanını genişleterek ara yüzey enerjisinin açığa çıkarılmasında kullanılır [12]. Emülsifikasyon işlemi, kolloid değirmen, yüksek hızda karıştırıcı, ultrasonik homojenizatör, mikrofludizer ve membran emülsifikasyon teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

1.2. Ultrason Uygulamaları

Ultrason, insan kulağının duyabileceği frekanstan çok daha yüksek frekansta (>16 kHz) genellikle >20 kHz'ın üzerindeki frekanslarda sıvı, katı ve gaz ortamlarda yayılma yoluyla ilerleyen mekanik titreşimli ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır [36]. Gıda alanında ultrason uygulamaları;

1. Düşük yoğunluklu ultrason
2. Yüksek yoğunluklu ultrason

olmak üzere iki genel kategoriye ayrılmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrason işlemi 100 kHz ve üzeri frekanslarda ve 1 W/cm^2'nin altındaki enerji yoğunluğunda uygulanmaktadır ve ortamdan geçen ses dalgaları materyal içinde önemli fiziksel ve

kimyasal değişiklikler meydana getirmemektedir. Düşük yoğunluklu ultrason uygulamalarından genellikle gıda maddelerinin bileşimi ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde yararlanılmaktadır [37]. Gıda endüstrisinde, etteki yağ oranının belirlenmesinde, peynirdeki yüzey çatlaklarında, bisküvilerin tekstürü, süt koagülasyonunda, şarap ve hamurda fermantasyon kontrolü, katı yağ indeksinin belirlenmesi gibi çeşitli amaçlarla kullanım alanı bulmuştur [36, 37]. Yüksek yoğunluklu ultrason uygulamaları ise 20-100 kHz aralığındaki frekanslarda ve 10-1000 W/cm^2 enerji yoğunluğunda kullanılmaktadır [38]. Yüksek yoğunluklu ultrason gıdalar üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkilere sahiptir ve proses esnasında gıda sistemlerinin kalitesini arttırabilmektedir [37]. Yüksek yoğunluklu ultrason işleminden gıda endüstrisinde; biyolojik hücrelerin dağıtılmasında, emülsiyon oluşturulmasında, kurutmada, karıştırmada, enzim ve proteinlerin ekstraksiyonunda, enzim inaktivasyonunda ve mikrobiyal inaktivasyon gibi alanlarda yaralanılmaktadır [38]. Gıda endüstrisinde ultrason (US) gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Tablo 1'de US teknolojisinin gıdalardaki bazı uygulamaları özetlenmiştir [38].

Tablo 1.1 Ultrason teknolojisinin gıda endüstrisindeki uygulama alanları

Uygulama Alanı	Yararları
Enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon	Enzim ve mikroorganizmaların düşük sıcaklıklarda inaktivasyonu
Kristalizasyon	Küçük ve tekdüze kristallerin oluşumu
Filtrasyon	Yüksek filtrasyon oranı
Ekstraksiyon	Bileşenlerin ekstraksiyon veriminin artması, yüksek ekstraksiyon etkinliği
Emülsifikasyon	Birbirine karışmayan iki sıvının çok az yada hiç katkı kullanılmadan etkin, stabil ve homojen karışımının sağlanması
Gaz Giderme (Degazing)	Sıvılardaki istenmeyen gaz veya havanın hızlı bir şekilde uzaklaştırılması
Dondurma	Küçük buz kristal dağılımını sağlayarak ürün kalitesinin artırılması ve donma zamanını azaltma
Kurutma	Düşük sıcaklıklarda ve ürün yapısına zarar vermeyen etkin kurutma ve verim artışı
Köpük kırma	Yüksek etkinlikte köpük kırma
Et tenderizasyonu	Olgunlaşmanın erken döneminde miyofibriler bileşenleri parçalayarak etin gevrekliğinin artması

Ultrason teknolojisi ile emülsifikasyon işlemi ilk olarak Wood and Loomis [39] tarafından geliştirilmiş ve bu konudaki ilk patent 1944 yılında İsviçre'de alınmıştır. Bu tarihten itibaren de bu konuda birçok çalışma yapılmıştır [40].

Gıdaların üzerine etkili olan ultrasonik etkiler temel olarak kavitasyon olarak adlandırılan olgudan kaynaklanmaktadır. Kavitasyon, bir sıvı ortamında birbirini takip eden buhar kabarcıklarının oluşmasını ve ardından patlamasını sağlamaktadır. Bir sıvıya ultrason uygulandığında sıvı içerisinde küçük baloncuk ve boşluklar oluşur. Daha sonra bu boşluklar, basınç ve genleşme etkisiyle büyür ve en sonunda kritik bir boyuta ulaşarak patlar. Baloncukların patlaması çevre sıvıda değişiklikler meydana getirir. Boşluklar içindeki sıcaklığın nanosaniyede 5000˚C'ye, basıncın ise 1000 atm basınca yaklaştığı tahmin edilmektedir [41]. Fakat bu sıcaklık artışı, bölgeseldir ve tüm matriksteki sıcaklık artışı nispeten düşük (yaklaşık 5˚C) tür.

Ultrason etkisiyle gerçekleştirilen emülsifikasyon işlemi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada yağ-su ara yüzeyinde kararlı olmayan dalgalar oluşmakta ve bu dalgaların etkisiyle büyük yağ parçacıkları (50-100μm) su fazına dağılmaktadır. İkinci aşamada ise büyük yağ parçacıkları etrafında kavitasyon sonucu oluşan şok dalgaları ince parçacıkların oluşmasına neden olmaktadır [42]. US teknolojinin, emülsiyon oluşumunda geleneksel yöntemlere göre birçok üstünlüğü bulunmaktadır ve bunlar şu şekilde sıralanabilir:

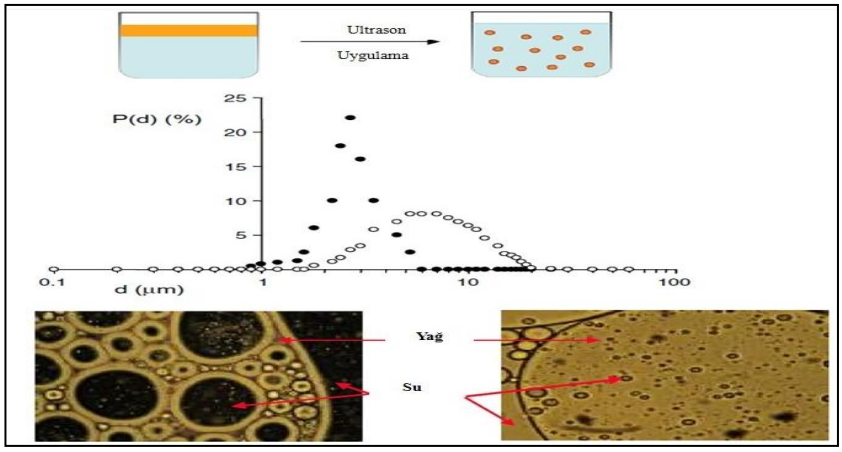
- Ultrason ile sub-mikron boyutunda damlacıklar içeren emülsiyonlar oluşturulabilir.
- Ultrason teknolojisi kullanılarak hazırlanan emülsiyonlar daha stabildir.
- Emülsiyon oluşturmak ve stabilize etmek için yüzey aktif maddelere gereksinim yoktur.
- Emülsiyon oluşumu için gerekli olan enerji geleneksel yöntemlere göre daha azdır [43].

Ultrasonun, sistemin yapısını değiştirmeksizin süt, yoğurt ve dondurma üretim proseslerinde kullanımı hem laboratuar hem de endüstriyel ölçekli birçok araştırmaya konu olmuştur [44-46].

Emülsiyonların stabilitesi üzerine dağılan fazın damlacık boyutu etki etmektedir ve dağılan fazın damlacık boyutu ne kadar büyükse oluşturulan emülsiyon stabilitesi o derecede azdır. Chemat and Khan [47], US teknolojisi kullanılarak oluşturulan emülsiyonların dağılan fazına ait damlacık boyutunun geleneksel yöntemlerle oluşturulan emülsiyonlara göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 8).

Kaci *et al.* [48]'ın yüzey aktif maddeler içermeyen emülsiyonların üretimi için yüksek frekanslı ultrason teknolojisinin kullanımını değerlendirdiği çalışmalarında %5, 10 ve 15 oranında ayçiçeği yağı kullanarak ultrasonik emülsiyonlar hazırlamıştır. Çalışmaları sonucunda, türbidite ile yağ oranı arasında iyi bir korelasyonun olduğu ve türbiditedeki artışın emülsifiye edilen yağ oranındaki artışın göstergesi olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı çalışmada araştırmacılar, US'nın yeni kolloidal sistemlerin oluşturulmasında yeni bir teknik olarak kullanılabileceği yorumunu yapmışlardır.

Wu, *et al.* [46] tarafından yapılan çalışmada 15˚C'de 20 kHz' lik US ile homojenizasyon işlemi ile elde edilen çiğ sütün geleneksel homojenizasyon yöntemlerine göre (12410 kPa, 60 ˚C) yoğurdun jel karakteristiğini iyileştiği ifade edilmiştir. Benzer bir çalışmada, yağsız sütün 22.5 kHz 'de ultrasonikasyonu uygulaması ile ısıl işlem görmemiş sütün asit jel oluşumunu incelenmiş ve US ile elde edilen sütlerden elde edilen jellerde depo modulünde (G') önemli artışlar meydana geldiğini gözlemlenmiştir [49].



Şekil 1.8. Ultrason (●) ve mekanik çalkalama(○) ile oluşturulmuş emülsiyonların faz ayrımı ve damlacık büyüklüğü dağılımı

Yapılan diğer bir çalışmada keten tohum yağı % 1 oranında peynir sütüne katılarak termosonikasyon işlemi uygulanmıştır. 24 kHz ve 63±0.5 ˚C'de 5-30 dakika uygulanan termosonikasyon işleminin peynir veriminde artış meydana getirdiği görülmüştür [50].

Ultrason işleminin sonrasında yoğurdun renk değerlerinde değişiklik meydana getirdiği bildirilmiştir [51]. Ultrason işlemi uygulaması sonrasında yoğurtta L^* değerini yükseltmiş, a^* ve b^* değerlerini ise düşürmüştür [51, 52]. Isıl işlem uygulaması nedeniyle meydana gelen enzimatik esmerleşme reaksiyonu a^* değerinin yüksek çıkması ile ilişkilendirilmiştir [51]. Yine ultrason işleminden sonra yağ partiküllerinin boyutlarının küçülmesi dolayısıyla daha iyi bir homojenizasyon sağlandığı ve L^* değerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir [52].

Ultrason uygulanmış mayonezin renk değerlerinin de küçülen damlacık boyutuyla birlikte geleneksel sistemlere oranla daha beyaz olduğu ifade edilmiştir [53]. Shanmugam and Ashokkumar [3], US ile benzer yoğunlukta enerji düzeyine sahip ultra-turraksın stabil emülsiyon oluşturup oluşturmadığını test etmek amacıyla ultrason ve ultra-turrax kullanarak keten tohum yağı emülsiyonları hazırlamış dokuz gün boyunca +4˚C'de depolamıştır. Araştırma sonunda ultra-turraksın stabil emülsiyonlar oluşturmadığını sonucuna varmışlardır. Aynı çalışmanın sonunda %7 keten tohumu yağı içeren stabil emülsiyonların oluşması için 5 dakika-132 W ile 3 dakika-176 W zaman ve güç kombinasyonu önerilmiştir.

US ve mekanik çalkalamanın (ultra-turraks, 10 000 rpm, P=170 W) su yağ emülsiyon sistemleri üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, US' nin daha küçük damlacık boyutuna sahip emülsiyonlar oluşturduğu, yüzey aktif maddelerin kullanımının ve enerji tüketiminin azalttığı ve ultrasonik emülsiyonların daha stabil ve daha az polidispers olması nedeniyle mekanik yöntemlere göre üstün olduğu belirtilmiştir [54].

2. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu tez çalışmasında materyal olarak kullanılan fındık (Çotanak fındık yağı) ve zeytinyağı (Kristal natürel sızma zeytinyağı) ürünlerden tedarik edilip güneşten uzak, karanlık ve serin bir ortamda muhafaza edilerek kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır. Model gıda sistemlerinin oluşturulmasında kullanılan süttozu (Pınar yağsız süttozu), emülgatör (mono ve digliseridler) ve sakkaroz yerel işletmeden, stabilizatör (ksantan gam) ise Sigma-Aldrich (Almanya)' den temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında model gıda emülsiyonları olarak yenilebilir sütlü buz miksleri üzerinde çalışılmıştır. Emülsiyonların stabilitesine etki eden parametrelerden birisinin de yapıya eklenen yağ miktarı olduğu yapılan literatür çalışmalarında görülmüş ve bu amaçla son üründe toplamda % 14 sakkaroz, % 11 süttozu, % 0,2 stabilizatör (ksantan gam), % 0,3 emülgatör (mono ve di-gliderid) sabit tutulmak kaydıyla ürüne % 7, 10, 15 olmak üzere üç farklı oranda yağ eklenmiştir. 30 ºC' deki su içerisine bitkisel yağ eklendikten sonra sırasıyla 40 ºC' de süttozu, 70 ºC' de sakkaroz, stabilizatör ve emülgatörden oluşan toz karışım eklenmiştir. 85 ºC ve 1000 rpm' de 30 saniye bekletilen bu örnekler kontrol örneği olarak değerlendirilmiştir. US' nin emülsiyon stabilitesine etkisini araştırmak amacıyla da model formülasyon 24 kHz frekans ile 3 dakika sonikasyona (Hielscher Ultrasound Technology, UP400S, Almanya) tabi tutulmuştur. Kullanılan ultrason cihazı 22 cm çapında titanyum proba (H22D, Hielscher, Almanya) sahiptir . Probun maksimum enerji yoğunluğu 85 W/cm^2 ve genliği 120 µm'dir. Prop numunelerin içerisine 0.3 cm derinliğe kadar daldırılmıştır. Emülgatör kullanmadan stabil emülsiyonların oluşup oluşmadığını test etmek için de

emülgatör eklenmeden farklı yağ oranları kullanılarak örnek formülasyonuna sonikasyon uygulanmıştır. Hazırlanan bütün örnekler +4 ºC' de depolanmıştır. Bu çalışmada kullanılan araştırma deseni Tablo 2.1' de gösterilmiştir. Bu şekilde oluşturulan emülsiyonlarda emülsiyon stabilitesi, emülsiyon aktivitesi, kremalaşma indeksi, renk ve reolojik analizler ile damlacık boyutu ve zeta potansiyel ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hazırlanan örneklerin floresan mikroskop ile morfolojik özellikleri incelenmiştir. Ultrasonun emülsiyonların dispers fazını oluşturan yağların kimyasal özelliklerinde değişim meydana getirip getirmediğini araştırmak amacıyla hem ilk yağ örneklerinin hem de emülsiyon sistemlerinden ekstrakte edilen yağ örneklerinin peroksit sayısı değeri ile yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir.

Tablo 2.1 Araştırmada kullanılan deneme deseni

Örnek Numarası	**Emülsiyon oluşturmada kullanılan yağ çeşidi**	**Uygulanan işlem**	**Yağ oranı (%)**	**Örnek Kodu**
1	Zeytinyağı	Kontrol	7	ZK7
2	Zeytinyağı	Kontrol	10	ZK10
3	Zeytinyağı	Kontrol	15	ZK15
4	Fındık yağı	Kontrol	7	FK7
5	Fındık yağı	Kontrol	10	FK10
6	Fındık yağı	Kontrol	15	FK15
7	Zeytinyağı	US(+), EM(+)	7	ZUSE7
8	Zeytinyağı	US(+), EM(+)	10	ZUSE10
9	Zeytinyağı	US(+), EM(+)	15	ZUSE15
10	Fındık yağı	US(+), EM(+)	7	FUSE7
11	Fındık yağı	US(+), EM(+)	10	FUSE10
12	Fındık yağı	US(+), EM(+)	15	FUSE15
13	Zeytinyağı	US(+), EM(-)	7	ZUS7
14	Zeytinyağı	US(+), EM(-)	10	ZUS10
15	Zeytinyağı	US(+), EM(-)	15	ZUS15
16	Fındık yağı	US(+), EM(-)	10	FUS10
17	Fındık yağı	US(+), EM(-)	7	FUS7
18	Fındık yağı	US(+), EM(-)	15	FUS15

US: Ultrason, EM: Emülgatör, K:Kontrol, Z: Zeytinyağı, F:Fındıkyağı (+): Var, (-):Yok

2.2.1 Emülsiyon Aktivitesi

Hazırlanan örneklerin emülsiyon stabiliteleri Manoi and Rizvi [55] tarafından belirtilen yöntem ile belirlenmiştir. Bunun için hazırlanan emülsiyonlardan 10 µl alınıp üzerine 5 ml %0.1 (w/v) sodium dodecyl sulfate (SDS) içeren 0.1 M fosfat tamponu eklenip 1-cm yol boyuna sahip küvetlerde ve 500 nm dalga boyunda absorbansları belirlenmiştir. Emülsiyonların türbiditeleri (*T*) değerleri ve emülsiyon aktivitesi indeksi de aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$T = \frac{2.303xA}{l}$$

A: 500 nm dalga boyundaki absorbans değeri

l:Küvet yol boyu

Emülsiyon aktivitesi indeksi (EAI) de;

$$EAI = \frac{2xTxD}{Cx10000x\phi}$$

T: Türbidite

D: Seyreltme faktörü

ϕ: Hacimsel yağ fraksiyonu

C: Emülsiyonun birim hacmi başına protein ağırlığı(g/ml^{-1})

10000:Düzeltme faktörü

Hazırlanan emülsiyonların EAI değerleri 0, 1 ve 24. saatlerde de belirlenmiştir.

2.2.2. Emülsiyon Stabilitesi

Oluşturulan emülsiyonların emülsiyon stabilitesi indeksleri (ESI) de Manoi and Rizvi [55] tarafından ifade edilen yöntemle belirlenmiştir. Emülsiyonlar 4 ºC' de 24 saat bekletilip bu süre sonunda türbidite değerleri tekrar belirlenerek örneklerin ESI değerleri aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmiştir.

$$\mathrm{ESI} = \frac{(\mathrm{T}x\Delta\mathrm{t})}{\Delta\mathrm{T}}$$

T: 0. saatteki türbidite değeri

ΔT: Depolama süresince türbidite değerinde meydana gelen değişiklik

Δt: Zaman aralığı

2.2.3. Kremalaşma İndeksi

Kremalaşma indeksi tayini gerçekleştirmek amacıyla 10 ml emülsiyon örneği alınarak dereceli cam test tüpüne doldurulup (1.5-cm iç çapx12-cm yükseklik) ve +4 ˚C' de 14 gün boyunca izlenmiş 1., 7. ve 14. gün analiz edilmiştir. Belirtilen süreler sonunda toplam serum yüksekliği (Hs) ve toplam emülsiyon yüksekliği (Ht) değerleri kaydedilerek aşağıdaki formül aracılığıyla kremalaşma indeksi değeri belirlenmiştir [56].

$$\text{Kremalaşma İndeksi } (\%) = \frac{\mathrm{Hs}}{\mathrm{Ht}}\mathrm{x}100$$

2.2.4. Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyel Ölçümü

Örneklerin damlacık boyutu ve zeta potansiyel ölçümleri Erciyes Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezinde (ERNAM) gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan emülsiyonların damlacık boyutu ve zeta potansiyeline ait veriler Zetasizer ZS90 cihazı (Malvern Instruments, İngiltere) ile 25 ˚C' de elde edilmiştir. Hacimce 1/100 oranında seyreltilen numuneler disposable capillary cell' e yerleştirilmiş ve analiz iki paralel ve üç tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ZetaSizer Software programı ile (Malvern, İngiltere) değerlendirilmiştir.

2.2.5. Renk Tayini

Örneklerin renk değerleri otomatik renk tayin cihazı (Lovibond RT Series Reflactance Tintometer, İngiltere) ile belirlenmiştir. Siyah ve beyaz kalibrasyonu yapılan cihazın küvetine doldurulan örneklerin L^*, a^* ve b^* değerleri kaydedilmiştir.

2.2.6. Emülsiyonların Reolojik Karakterizasyonu

Örneklerinin reolojik özellikleri kesme kontrollü ve peltier sistemli reometre (Thermo-HAAKE, Mars III, Karlsruhe, Almanya) ile belirlenmiştir. Ölçümler koni-plaka konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. 0.85 mL örnek mikropipet yardımıyla koni ile plaka (koni çapı: 35 mm, açı: 1°, koni plaka aralığı: 0.5 mm) arasına konulup 0.1-100 s^{-1} aralığında kesmeye tabi tutulmuş ve her bir kesme hızı değerinde 10 s bekleme yapıldıktan sonra örneklerin görünür viskozite değerleri, kesme gerilimi ve kesme hızı verileri tespit edilmiştir. Belirlenen kesme hızı aralığında toplam 25 adet veri elde edilmiştir. Bütün reolojik ölçümler 5 paralel olarak gerçekleştirilerek örneklere ait kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri belirlenmiştir. Veri eldesinde RheoWin Data Pro yazılımı ve elde edilen verilerin reolojik modeller vasıtasıyla analizinde ise RheoWin Data Manager yazılımları kullanılmıştır.

Numunelerin viskoelastik bölgelerinin belirlenebilmesi için basınç süpürmesi (stress sweep) testi uygulanmıştır. Bu amaçla ölçümler 0.1-10 Hz arasında yapılarak dinamik titreşimli akış davranış özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin frekans süpürmesi (frequency sweep) testi 0.2 Pa basınç altında gerçekleştirilerek örneklerin depo modülü (G'), viskoz modülü (G") değerleri belirlenmiştir.

2.2.7. Peroksit Sayısı Tayini

US uygulamasının örneklerin oksidasyonuna neden olup olmadığını araştırmak amacıyla peroksit sayısı değerleri belirlenmiştir. Emülsiyonlardan yağ ekstraksiyonu isooctane/isopropanol (3:2 v/v) çözeltisi ile gerçekleştirilerek peroksit değeri AOAC,2000 [57] metodu ile belirlenmiştir. Analizi gerçekleştirmek için erlenlere 1 g yağ örneği tartılıp üzerine 10 ml kloroform ilave edilerek hızla çalkalanmıştır. 15 ml asetik asit ve 1 ml KI eklenmesinin ardından 1 dakika çalkalanıp 10 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Belirtilen sürenin sonunda 30 ml saf su ve 1 ml % 1'lik nişasta çözeltisi eklenip örnek 0.01 N sodyum tiyosülfat ile titrasyon yapılarak aşağıda verilen formüle göre peroksit değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{\text{VxTx1000}}{\text{m}} \text{ meq g O2/kg}$$

V: Harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

T: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

m: Örnek ağırlığı, g

2.2.8. Yağ Asidi Kompozisyonu

Ultrason işleminin yağ asidi kompozisyonunda değişim meydana getirip getirmediğini belirlemek amacıyla örneklerin yağ asidi kompozisyonları incelenmiştir. Yağ asitleri bileşiminin saptanması için yağ örnekleri Anonymous [58]'da verilen esaslara göre muamele edilmiştir. Her bir yağ numunesinden 100 mg tartılarak 100 µL 2N KOH ile sabunlaştırılarak elde edilen karışıma 3 ml hekzan eklenmiş ve 1 dakika vortekslenerek 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 1 ml GC viallerine alınarak enjeksiyon başlatılmıştır. Gaz kromatografisi cihazının çalışma koşulları ise aşağıdaki gibidir:

Gaz kromatografi cihazı: Agilent 6890

Kolon: 100 m x 0.25 mm id HP-88

Dedektör: Alev İyonizasyon Dedektörü (FID)

Taşıyıcı gaz: Helyum, akış hızı: 2 ml/dakika

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 230 °C

Enjeksiyon miktarı: 1 µl

Split oranı: 1/50

Yağ asitleri bilinen standartların alıkonma zamanlarına göre tespit edilerek sonuçlar g yağ asidi/100 g toplam yağ asidi olarak ifade edilmiştir.

2.2.9. Floresan Miskoskop Görüntüleri

Emülsiyonların morfolojileri hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla, hazırlanan numunelerin floresan mikroskobu (Nicon-Eclipse Ti-S) ile görüntüleri alınmıştır. Yağ fazını floresan mikroskop altında görünür olması amacıyla, numunelerin yağ fazı floresan boyama özelliğine sahip Nile Blue A (Alfa Aesar GMBh & CoKG,Karlsruhe,

Almanya) boyası muamale edilmiştir. Floresan mikroskopta elde edilen görüntüler 20x büyütme oranında kaydedilmiştir.

2.2.10. İstatistiksel Analizler

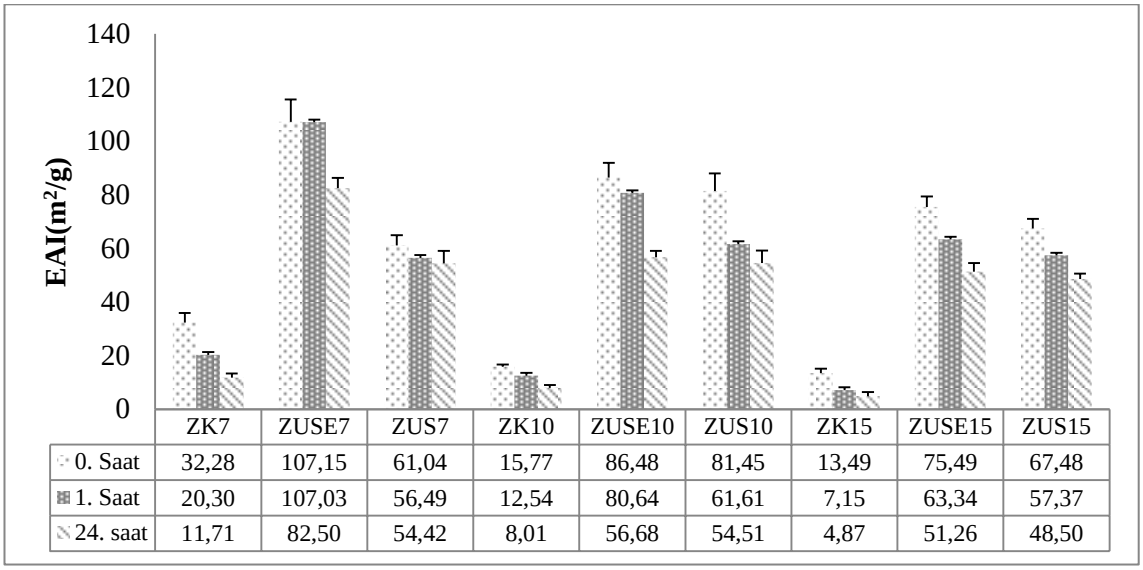
Yapılan analizler neticesinde elde edilen verilerin istatistikî olarak değerlendirilmesinde SigmaPlot 11.0 paket program kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması amacıyla tek faktör varyans analizi (ANOVA) uygulanarak gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla da Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Emülsiyon Aktivitesi

Emülsiyonların aktivitelerini incelemek üzere farklı oranlarda ve farklı yağlar kullanılarak hazırlanan emülsiyonların hazırlanır hazırlanmaz (0. saat), 1. saat ve 24. saatlerde aktiviteleri belirlenerek Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 ’de gösterilmiştir.

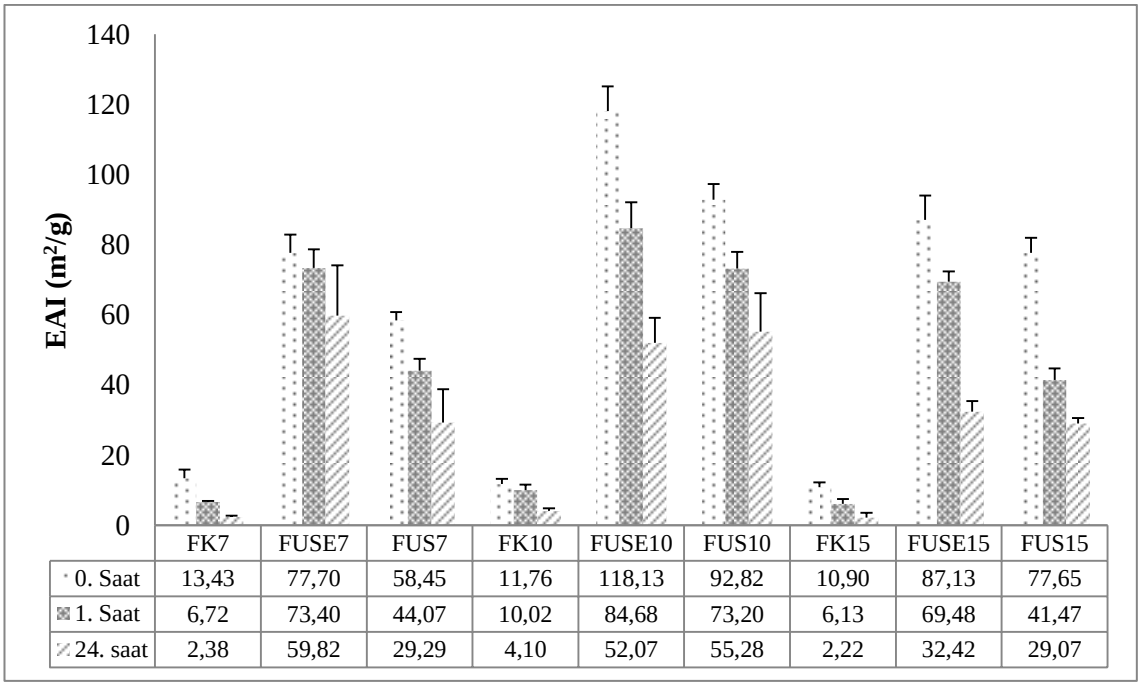


	ZK7	ZUSE7	ZUS7	ZK10	ZUSE10	ZUS10	ZK15	ZUSE15	ZUS15
0. Saat	32,28	107,15	61,04	15,77	86,48	81,45	13,49	75,49	67,48
1. Saat	20,30	107,03	56,49	12,54	80,64	61,61	7,15	63,34	57,37
24. saat	11,71	82,50	54,42	8,01	56,68	54,51	4,87	51,26	48,50

Şekil 3.1. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon aktivitesi indeksi

Analiz sonuçlarına göre en yüksek emülsiyon aktivitesi indeksi değeri zeytinyağlı örnekler içerisinde ZUSE7 örneğinde gözlenirken, fındık yağlı emülsiyon örneklerinde FUSE10 örneğinde tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre US uygulanan örneklerin emülsiyon aktivitelerinin kontrol örneklerinden izlenen tüm saatlerde daha yüksek olduğu ve ayrıca kontrol örneklerinin genel olarak emülsiyon aktivitelerinde 1. saatten itibaren azalmaların belirginleştiği saptanırken, US uygulanan örneklerin emülsiyon aktivitesi indeksindeki azalmaların daha az olduğu gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, zeytinyağı ve fındık yağı ile hazırlanan emülsiyonların

emülsiyon aktivitesi indeksi değerleri arasında önemli istatistiksel farklılıklar mevcut olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

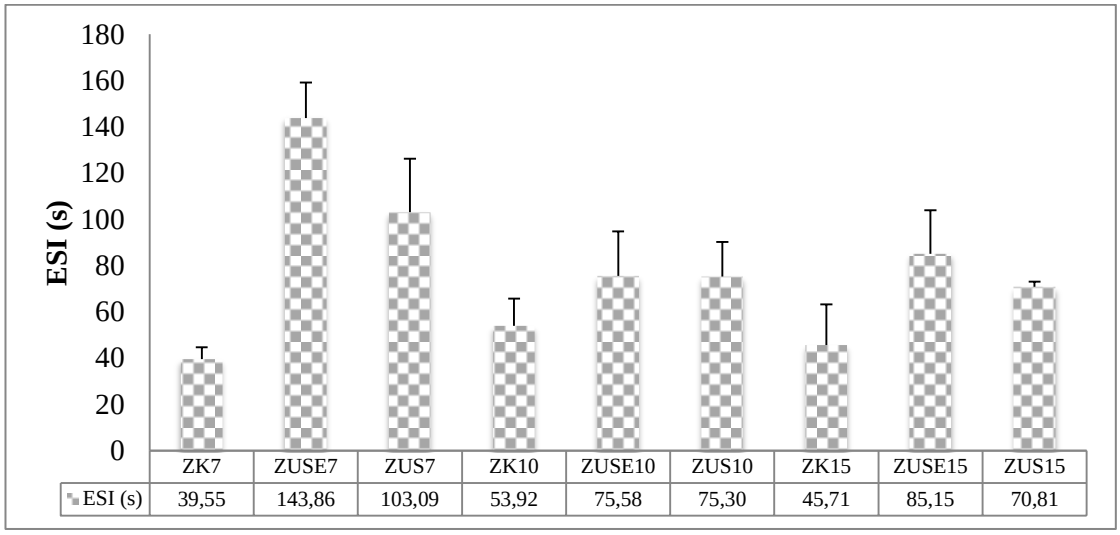


	FK7	FUSE7	FUS7	FK10	FUSE10	FUS10	FK15	FUSE15	FUS15
0. Saat	13,43	77,70	58,45	11,76	118,13	92,82	10,90	87,13	77,65
1. Saat	6,72	73,40	44,07	10,02	84,68	73,20	6,13	69,48	41,47
24. saat	2,38	59,82	29,29	4,10	52,07	55,28	2,22	32,42	29,07

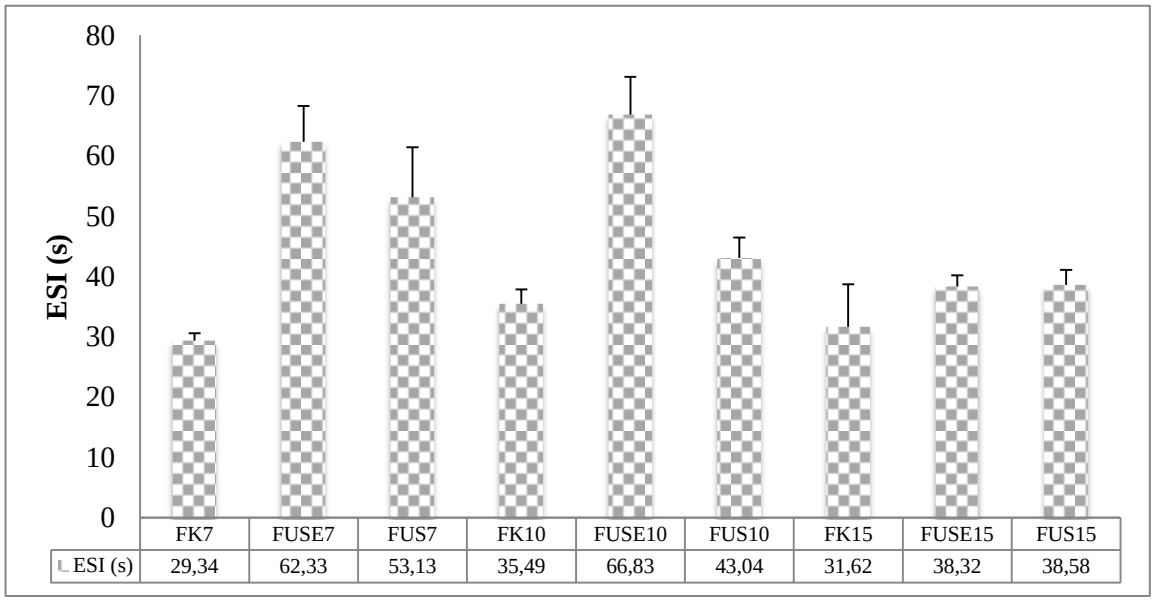
Şekil 3.2 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon aktivitesi indeksi

3.2. Emülsiyon Stabilitesi İndeksi Değerleri

Hazırlanan emülsiyonların dayanımlarını değerlendirmek amacıyla emülsiyon stabilitesi deneyi gerçekleştirilerek sonuçlar Şekil 3.3 ve Şekil 3.4' de verilmiştir. Genel olarak kontrol örneklerinin stabilitesi US uygulanan örneklerin stabilitesinden daha az bulunmuş ve en yüksek ESI değeri zeytinyağlı örneklerin bulunduğu ZUSE7 örneğinde, fındık yağlı örneklerde ise FUSE10 örneğinde gözlenmiştir. Emülgatör kullanılmadan hazırlanan örneklerin emülsiyon stabilitesi indeksi değerleri tüm yağ oranlarında (%7, 10 ve 15) kontrol örneklerinden daha yüksek bulunmuş ve bu değerlerin US ve emülgatörün birlikte kullanıldığı örneklerdeki değere yakın olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizin bir diğer sonucu da zeytinyağı ile hazırlana örneklerin stabilite değerlerinin fındık yağı ile hazırlanan örneklere nazaran daha yüksek olmasıdır. Uygulanan US işleminin ve kullanılan yağ cinsi ile farklı yağ oranının emülsiyon stabilitesi indeksi değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirdiği görülmüştür ($p<0.05$).



Şekil 3.3. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon stabilitesi indeksi (ESI) değerleri

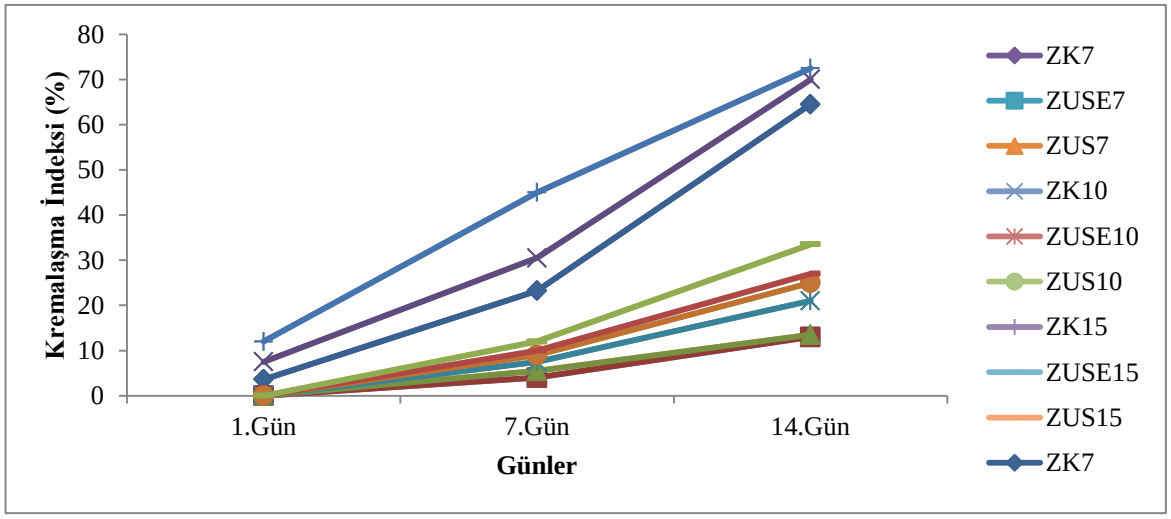


Şekil 3.4. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin emülsiyon stabilitesi indeksi (ESI) değerleri

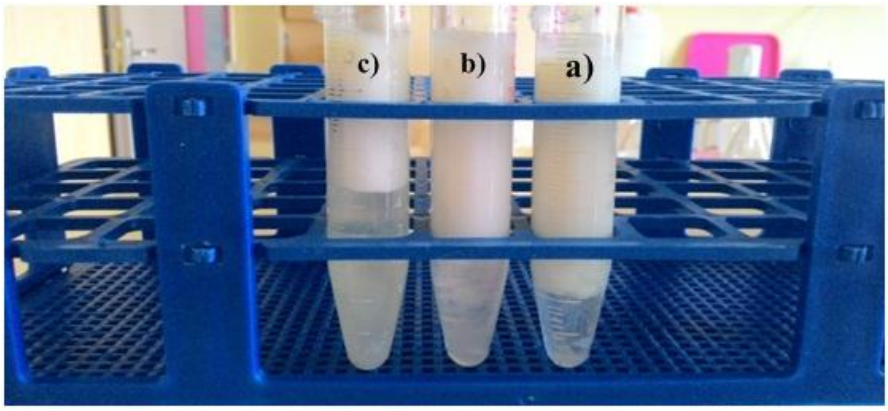
3.3. Kremalaşma İndeksi Değerleri

Hazırlanan emülsiyon örneklerinin karakterizasyonun da önemli olan parametrelerden birisi de kremalaşma indeksidir. Kremalaşma indeksini değerlendirmek için hazırlanan emülsiyonlar 14 gün süre ile izlenerek 1., 7. ve 14. günlerde, toplam emülsiyon hacmi ve ayrılan serum hacmi ölçülmüş ve kremalaşma indeksi değerleri hesaplanmıştır. Emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan yağ oranının artması, kremalaşma indeksi

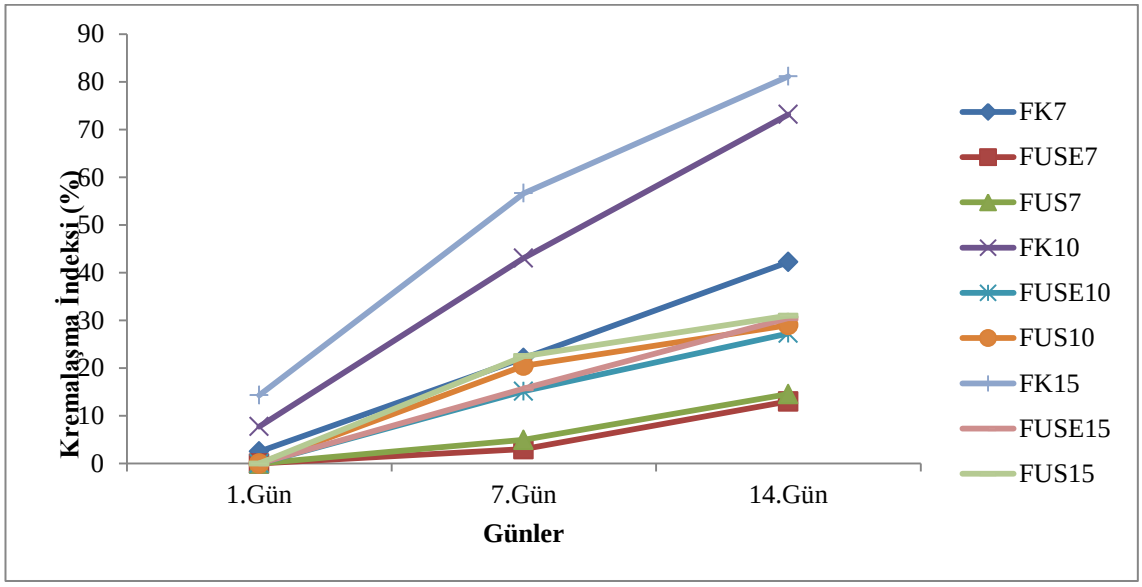
değerlerinde de artış meydana getirmiştir. Şekil 3.6' da 14. gün sonunda ZUSE7, ZUSE10 ve ZUSE15 örneklerine ait toplam serum yüksekliği ile toplam emülsiyon yüksekliği gösterilmiştir. Genel olarak kontrol örneklerinde 1. günden başlayarak serum ayrılması gözlenirken US uygulaması yapılan örneklerde 1. günün sonunda herhangi bir serum ayrılması meydana gelmemiştir. US işlemi uygulanan örneklerin kremalaşma değerlerindeki artışın kontrol örneklerine oranla daha az olduğu tespit edilmiştir. Yine izlenen tüm günler boyunca kremalaşma indeksi değerleri kontrol örneklerinde US uygulanan örneklerden daha yüksek bir değere sahip olduğu bulunmuştur. Örneklerin kremalaşma indeksi değerleri grafiksel olarak Şekil 3.5 ve 3.7 de ifade edilmiştir.



Şekil 3.5. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin kremalaşma indeksinin günlere göre değişimi



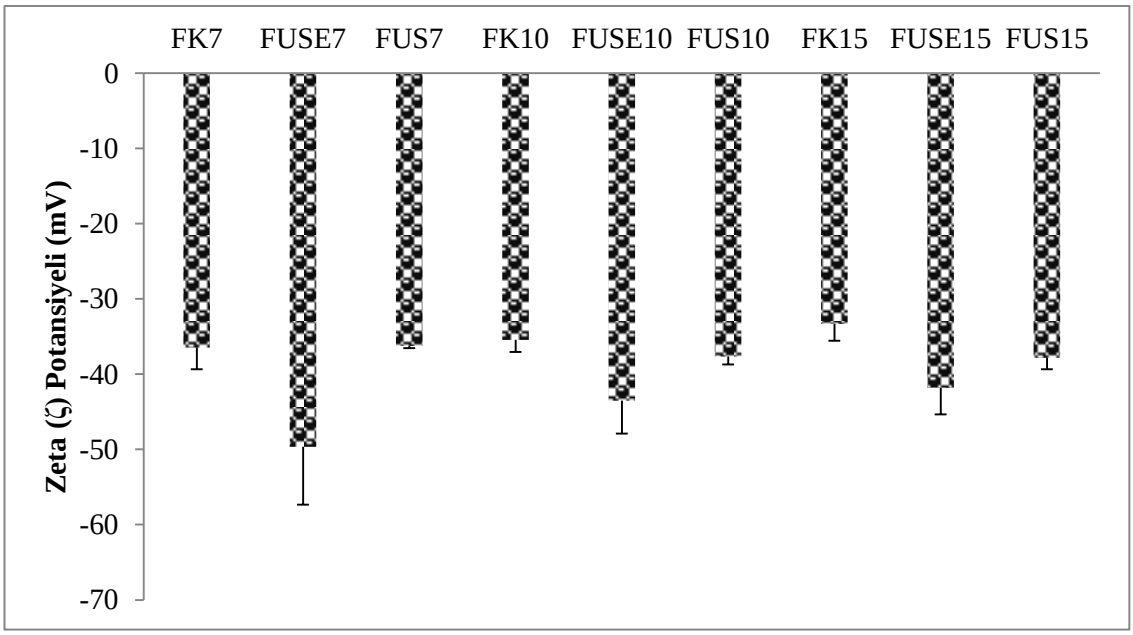
Şekil 3.6. 14. gün sonunda ZUSE7, ZUSE10 ve ZUSE15 örneklerine ait toplam serum yüksekliği ile toplam emülsiyon yüksekliği (a) ZUSE7, b) ZUSE10, c) ZUSE15)



Şekil 3.7. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin kremalaşma indeksinin günlere göre değişimi

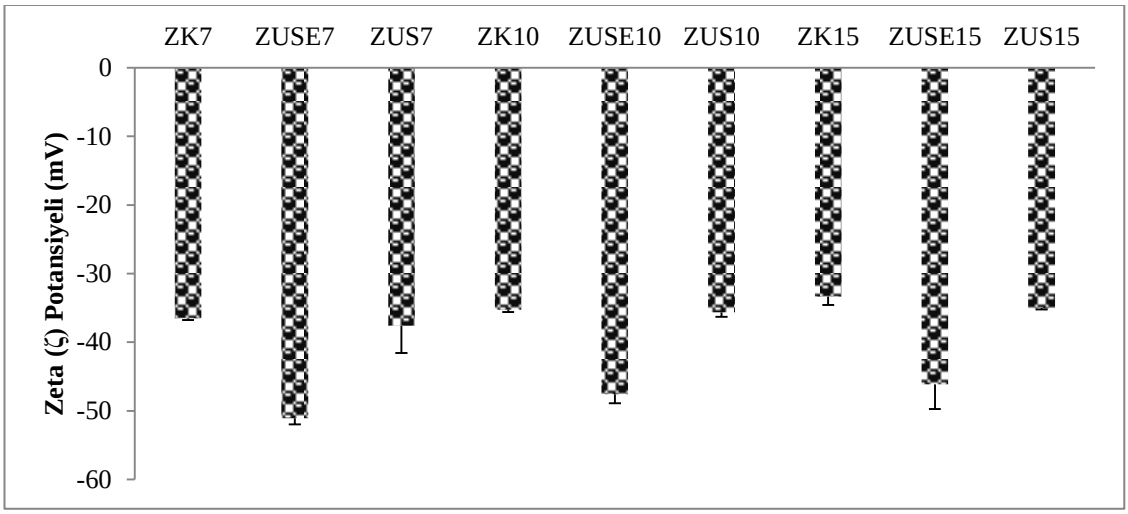
3.4. Emülsiyon Örneklerinin Damlacık Boyutu ve Zeta (ζ) Potansiyeli

Hazırlanan emülsiyon örneklerinin zeta (ζ) potansiyeli ölçüm sonuçları Şekil 3.8 ile Şekil 3.9'da verilmiştir. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de de sırasıyla fındık ve zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin ortalama zeta potansiyelleri gösterilmiştir.

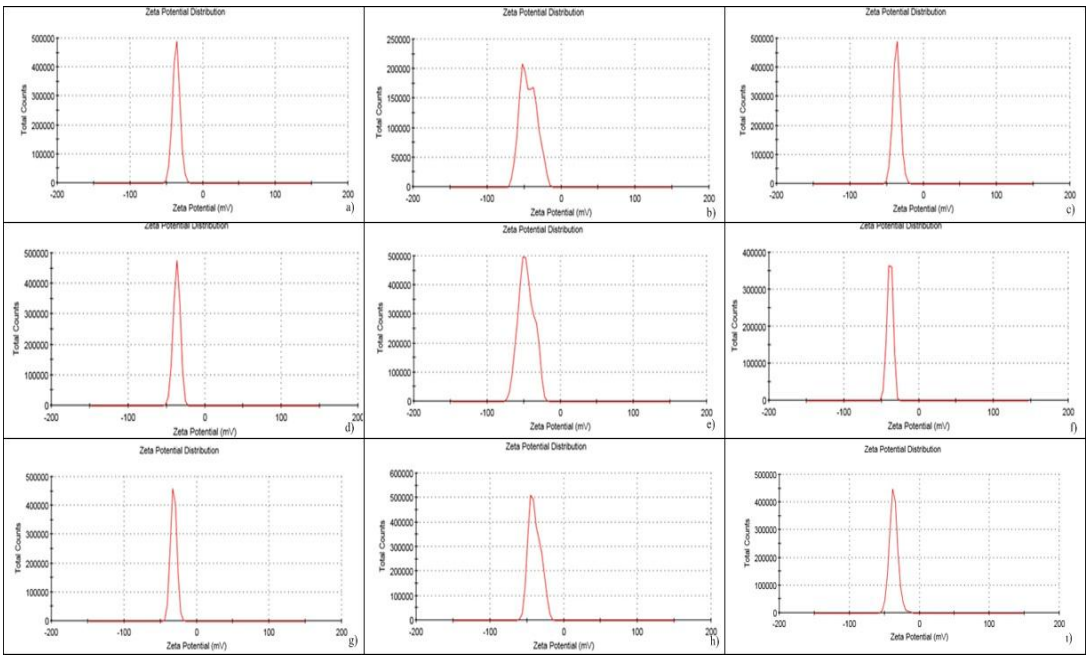


Şekil 3.8. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin zeta (ζ) potansiyeli

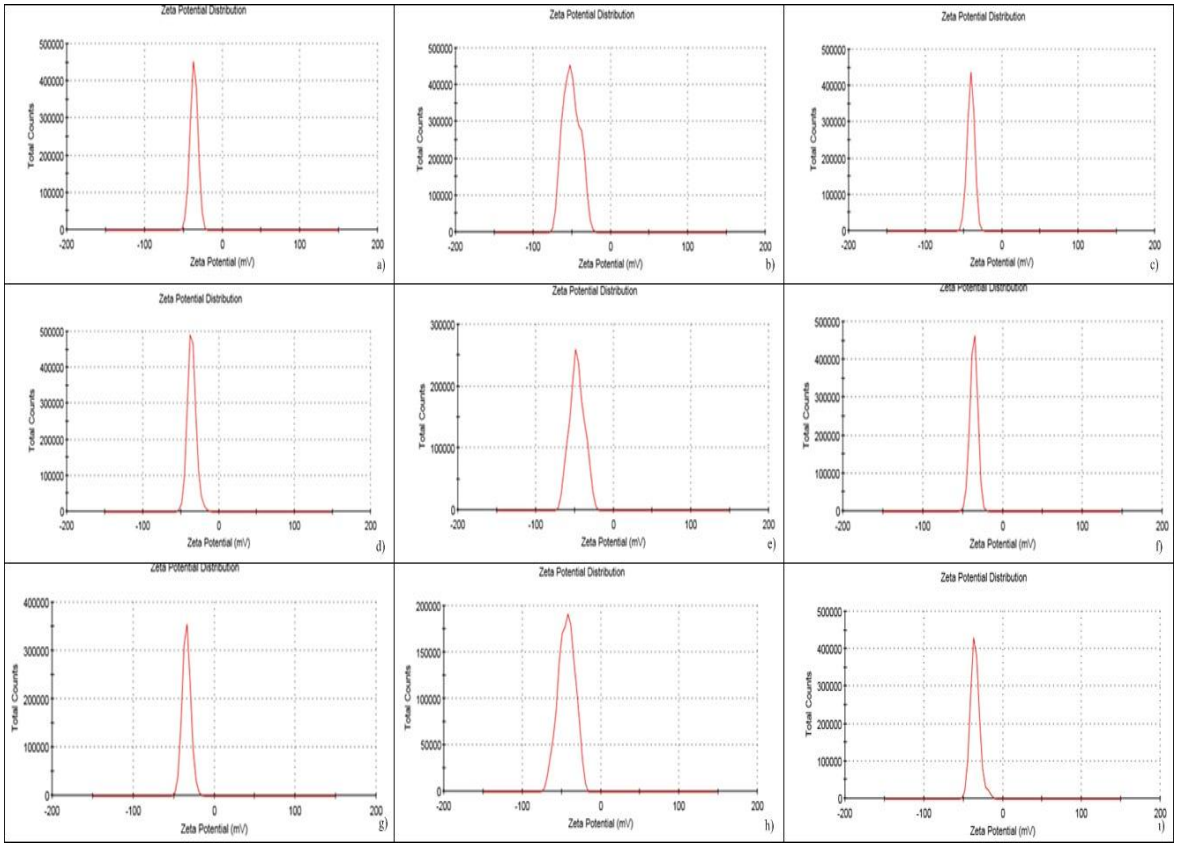
Zeta potansiyeli sonuçları incelendiğinde US uygulaması yapılan örneklerin zeta potansiyellerinin kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek ζ-potansiyeli değeri ZUSE7 örneğinde (-51.10±0.85 mV) görülürken, en düşük ζ-potansiyeli değeri (-33.30±2.26 mV) FK15 örneğinde belirlenmiştir. Yağ oranının artması emülsiyonların ζ-potansiyellerinde azalmaya neden olmuştur. Genel olarak incelendiğinde ise zeytinyağlı örneklerin zeta potansiyeli değerleri fındık yağı ile hazırlanan örneklerin zeta potansiyeli değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 3.9. Zeytin yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin zeta (ζ) potansiyeli

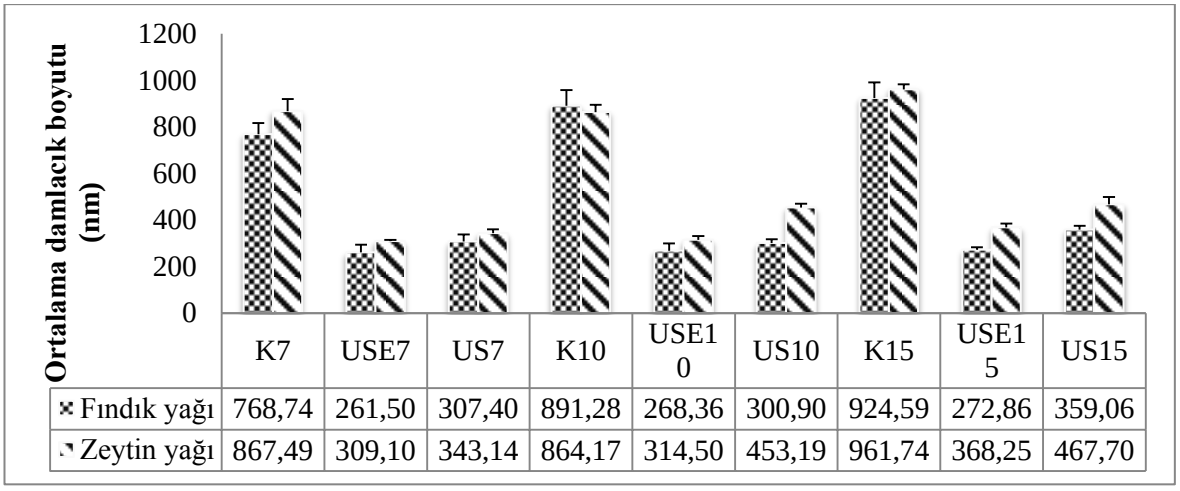


Şekil 3.10 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait zeta potansiyeli değerleri (a) FK7, b) FUSE7, c) FUS7, d) FK10, e) FUSE10, f) FUS10, g) FK15, h) FUSE15, ı) FUS15)



Şekil 3.11 Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait örneklerin zeta potansiyeli değerleri (a) ZK7, b) ZUSE7, c) ZUS7, d) ZK10, e) ZUSE10, f) ZUS10, g) ZK15, h) ZUSE15, ı) ZUS15)

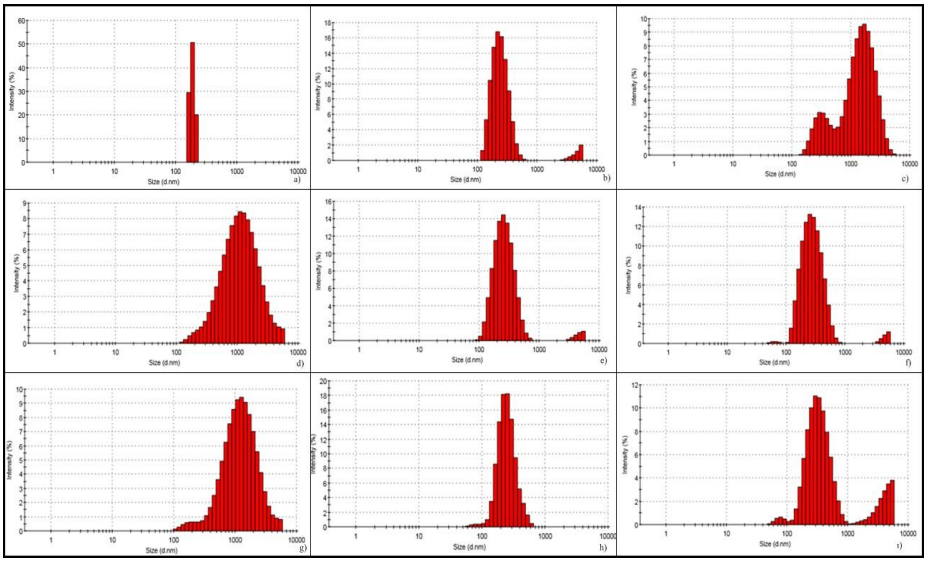
Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.12) hazırlanan emülsiyonların ortalama damlacık boyutu sonuçları nanometre cinsinden verilmiştir.



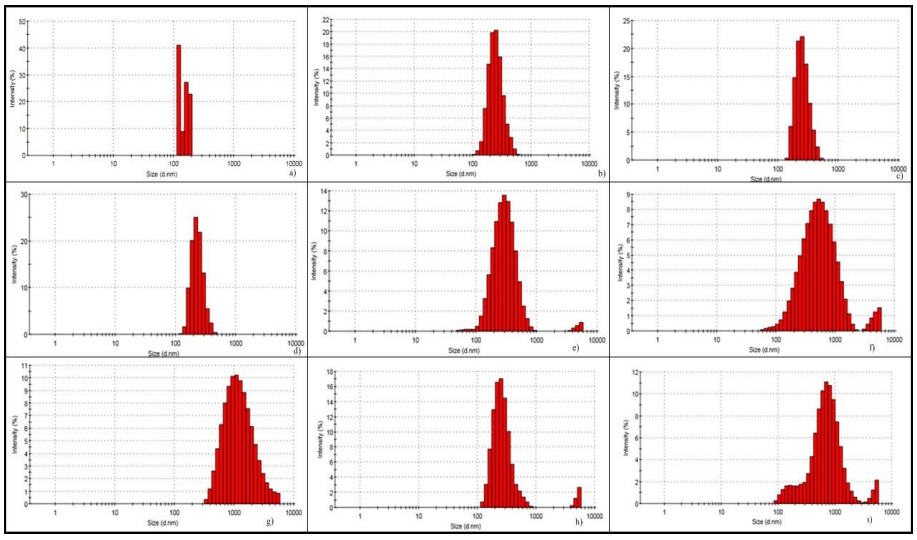
	K7	USE7	US7	K10	USE10	US10	K15	USE15	US15
Fındık yağı	768,74	261,50	307,40	891,28	268,36	300,90	924,59	272,86	359,06
Zeytin yağı	867,49	309,10	343,14	864,17	314,50	453,19	961,74	368,25	467,70

Şekil 3.12. Emülsiyon örneklerine ait ortalama damlacık boyutu (nm)

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde US uygulaması ile örneklerin damlacık boyutunda önemli azalmaların olduğu gözlenmiştir. Şekil 3.13 ve Şekil 3.14 incelendiğinde de US uygulaması yapılan örneklerin damlacık boyut aralığının daha geniş olduğu görülmektedir. US uygulaması yapılmayan kontrol örneklerinin damlacık boyutu daha tekdüze bir dağılım gösterirken US uygulaması yapılan örneklerin damlacık boyutlarındaki dağılımın daha değişken olduğu gözlenmiştir.



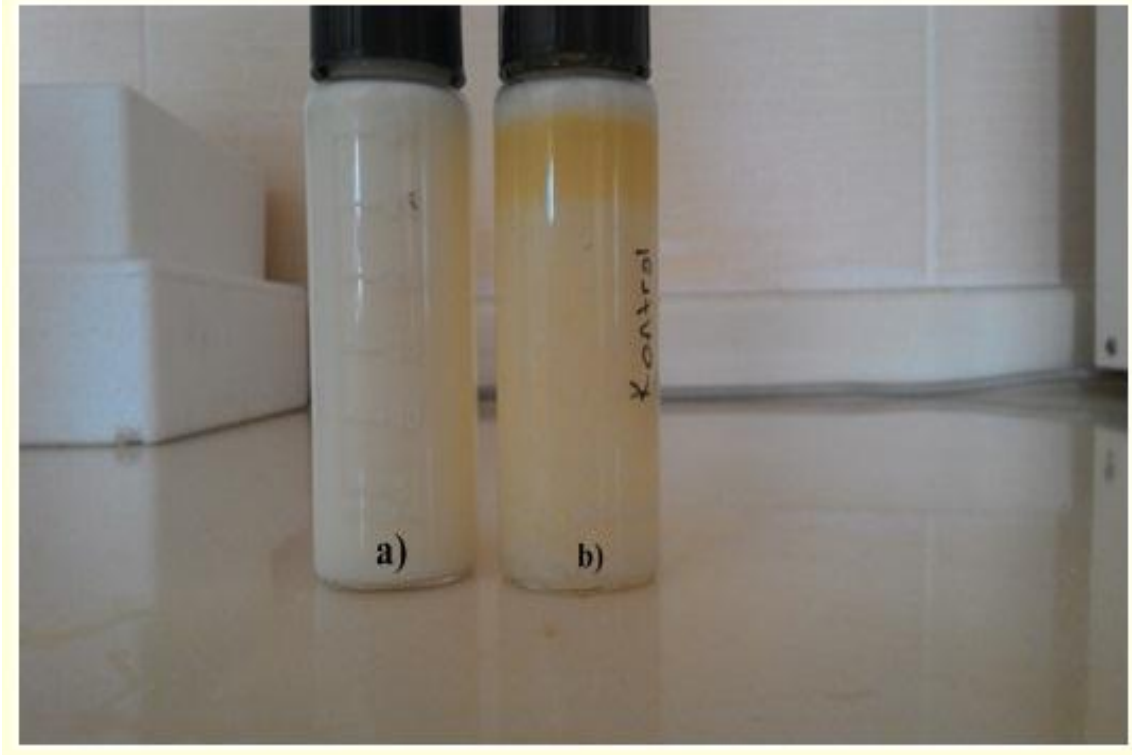
Şekil 3.13 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin damlacık boyutu dağılımları (a) FK7, b) FUSE7, c) FUS7, d) FK10, e) FUSE10, f) FUS10, g) FK15, h) FUSE15, ı) FUS15)



Şekil 3.14 Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerin damlacık boyutu dağılımları (a) ZK7, b) ZUSE7, c) ZUS7, d) ZK10, e) ZUSE10, f) ZUS10, g) ZK15, h) ZUSE15, ı) ZUS15)

3.5. Renk Değerleri

Model emülsiyon sistemlerine eklenen farklı oranlardaki yağın ve uygulanan US işleminin örneklerin renk değerleri üzerinde önemli bir değişim meydana getirip getirmediğini araştırmak amacıyla yapılan renk analizine ait sonuçlar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de ifade edilmiştir. Uygulanan US işlemi örneklerin gözle görülebilir derecede beyaz olarak algılanmasına neden olmuştur. Ayrıca eklenen bitkisel yağın sarı olan rengi, US uygulamasından sonra daha az algılanmıştır. Şekil 3.15' de %10 zeytinyağı içeriğine sahip kontrol örneği ve US uygulaması yapılmış örneklerin görüntüsü verilmiştir. Örneklerin L^* değerleri incelendiğinde en yüksek L^* değeri %15 oranında yağ içeren FUS örneğinde gözlenmiştir. Emülsiyonu oluşturmak üzere eklenen farklı yağ miktarının örneklerin L^* değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca kontrol örneği ile US işlemi uygulanan örneklerin L^* değerleri arasında önemli farklılıkların olduğu gözlenmiş ve kullanılan yağ çeşidinin de istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirdiği sonucuna varılmıştır ($p<0.05$).



Şekil 3.15 %10 zeytinyağı içeriğine sahip kontrol örneği ve US uygulaması yapılmış emülsiyon örneklerinin genel görüntüsü (a) US uygulaması yapılmış emülsiyon örneği, b) kontrol örneği)

Tablo 3.1 Zeytinyağı ile hazırlanan örneklere ait renk değerleri

	L Değeri*			***a*** Değeri*			***b*** Değeri*		
	Yağ Miktarı (%)			**Yağ Miktarı (%)**			**Yağ Miktarı (%)**		
Örnekler	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**
ZK	55.92 ± 2.08^{ABa}	56.81 ± 2.18^{Aa}	55.357 ± 0.58^{Ba}	-5.07 ± 0.21^{Aa}	-4.51 ± 0.33^{Ba}	-4.19 ± 0.29^{Ca}	0.67 ± 0.40^{Aa}	2.42 ± 0.60^{Ca}	4.41 ± 0.41^{Ba}
ZUSE	66.77 ± 0.74^{Bb}	69.95 ± 0.82^{Ab}	68.802 ± 1.52^{Ab}	-2.04 ± 0.09^{Ab}	-1.69 ± 0.10^{Bb}	-1.37 ± 0.04^{Cb}	5.87 ± 0.13^{Ac}	7.19 ± 0.13^{Cb}	8.32 ± 0.41^{Bb}
ZUS	68.31 ± 0.94^{Ac}	68.80 ± 0.98^{Ab}	69.589 ± 0.57^{Ab}	-1.73 ± 0.13^{Ac}	-1.62 ± 0.08^{Ab}	-1.36 ± 0.04^{Bc}	6.26 ± 0.16^{Ab}	7.05 ± 0.10^{Cb}	8.38 ± 0.16^{Bb}

*Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir. $p<0.05$.
* Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir. $p<0.05$.

Tablo 3.2 Fındık yağı ile hazırlanan örneklere ait renk değerleri

	L Değeri*			***a*** Değeri*			***b*** Değeri*		
	Yağ Miktarı (%)			**Yağ Miktarı (%)**			**Yağ Miktarı (%)**		
Örnekler	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**
FK	62.19 ± 0.25^{Aa}	61.44 ± 0.37^{ABa}	54.70 ± 0.86^{Ba}	-4.95 ± 0.23^{Aa}	-5.28 ± 0.09^{Ba}	-5.31 ± 0.079^{Ba}	-1.16 ± 0.14^{Aa}	-2.10 ± 0.32^{CBa}	-2.30 ± 0.54^{Ba}
FUSE	69.07 ± 1.82^{Ab}	71.11 ± 0.36^{Bb}	71.48 ± 1.25^{Bb}	-2.31 ± 0.04^{Ab}	-1.61 ± 0.05^{Bb}	-1.77 ± 0.29^{Cb}	3.53 ± 0.28^{Ab}	4.42 ± 0.074^{Bb}	4.46 ± 0.59^{Bb}
FUS	72.54 ± 1.28^{Ac}	74.41 ± 1.00^{Bc}	75.35 ± 0.73^{Cc}	-2.025 ± 0.05^{Ac}	-1.43 ± 0.11^{Bc}	-1.37 ± 0.00^{Bc}	3.75 ± 0.29^{Ab}	4.35 ± 0.20^{Bb}	4.98 ± 0.18^{Cc}

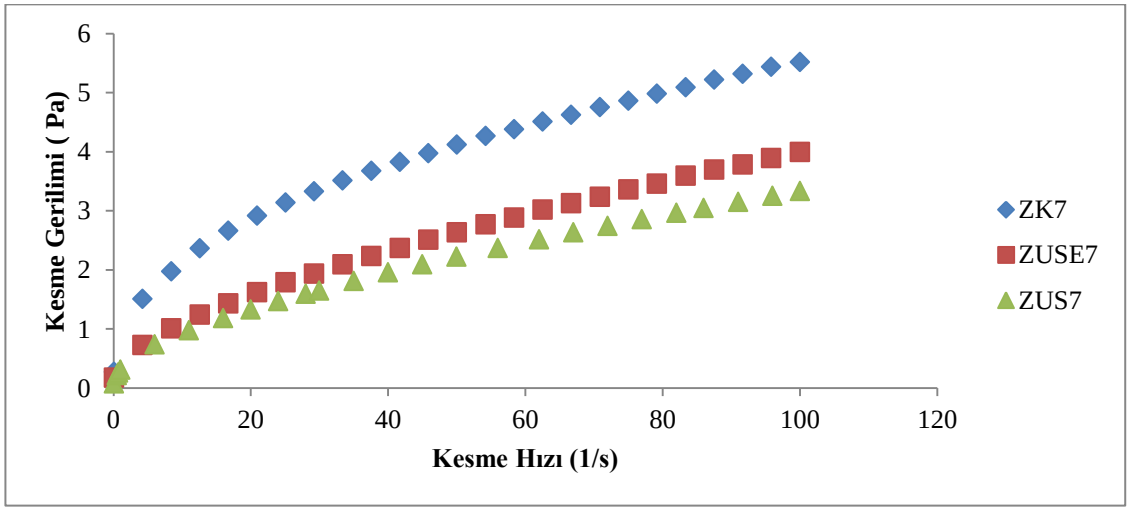
*Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir. $p<0.05$.
* Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir. $p<0.05$.

Kullanılan yağ çeşidi ve yağ oranının numunelerin *a** değerleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. *a** değerlerinin kontrol örneklerinde diğer örneklere göre negatif yönde bir artış gösterdiği saptanmıştır. Fındık yağı ile hazırlanan örneklerde *a** değerinin -1.37 ile -5.31 arasında; zeytinyağı ile hazırlanan örneklerde ise -1.36 ile -5.07 arasında değiştiği gözlenmiştir. Yine uygulanan US işleminin numunelerin *a** değerleri üzerine etkisinin istatistikî açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). CIE renk skalasında sarı ve maviliği ifade eden *b** değerinin ise örneklere uygulanan US işlemi ile birlikte arttığı ve yine beklenildiği üzere yağ oranının artmasıyla birlikte de *b** değerlerinde bir yükselmenin meydana geldiği tespit edilmiştir. Kullanılan yağ çeşidi ve farklı yağ oranı kullanımının da örneklerin *b** değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli farklılıklar meydana getirdiği belirlenmiştir ($p<0.05$).

3.6. Reolojik Analizler

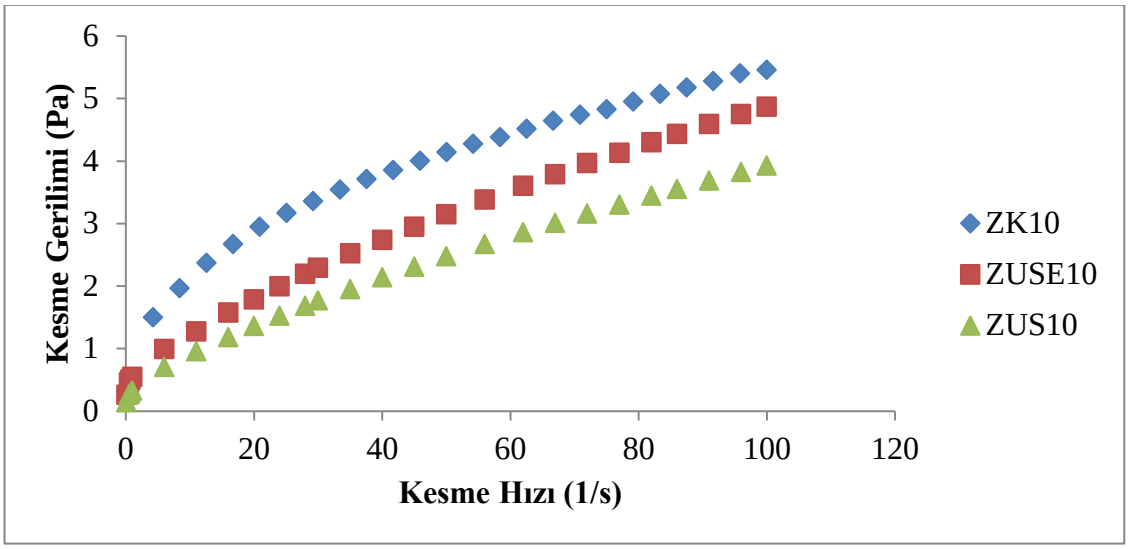
3.6.1. Yatışkın Hal (Steady State) Reolojik Özellikleri

Hazırlanan emülsiyonların yatışkın hal reolojik özellikleri incelenerek elde edilen sonuçlara göre de örneklerin kesme hızına karşı kesme gerilimi değerleri grafiğe aktarılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda hazırlanan tüm örneklerin artan kesme hızı ile birlikte viskozitesinin azaldığı gözlenmiştir. Süt ürünleri çoğunlukla artan kesme hızına karşı viskozitenin azalış gösterdiği Newton tipi olmayan kesme incelmesi (pseudoplastik) akış davranışı sergilemektedirler. Çalışma sonunda elde edilen veriler de benzer şekildedir. Araştırma kapsamında farklı yağ oranları ile hazırlanan model yenilebilir sütlü buz örneklerinin de kesme incelmesi akış davranışı sergiledikleri belirlenmiştir.



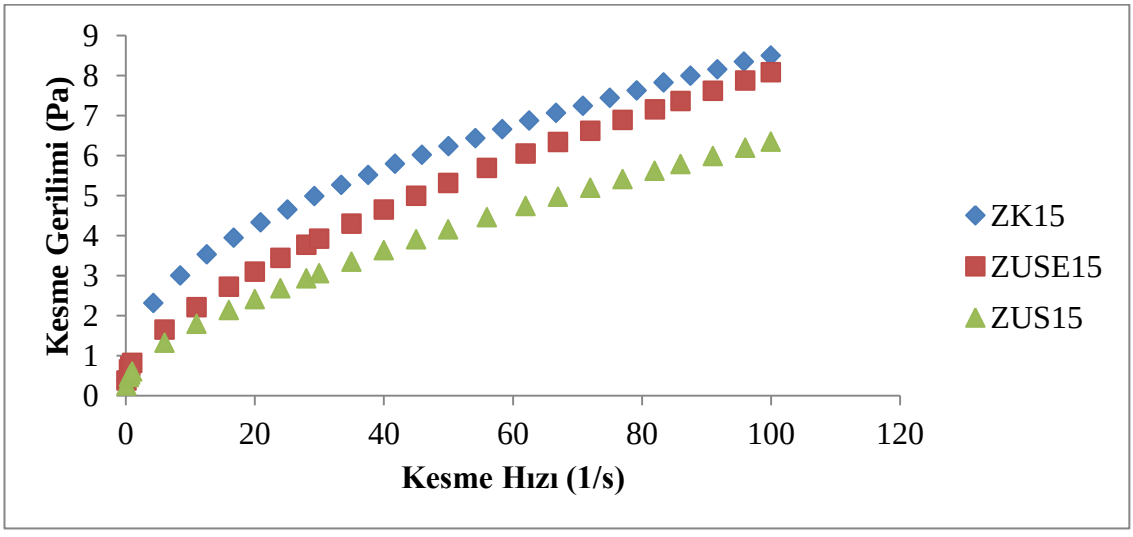
Şekil 3.16. % 7 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri

%7 zeytinyağı ile hazırlanan kontrol örneğinin gıdaların ağızda oluşturduğu kesme hızı olan 50 s^{-1} değerindeki görünür viskozite değeri (n_{50}) US uygulanan örneklere oranla daha yüksek bulunmuştur. % 7 yağ içeren kontrol örneklerinin görünür viskozite değeri 0.078 Pa.s iken ultrason uygulaması yapılan ZUSE7 ve ZUS7 örneklerinin n_{50} değerleri 0.055 ve 0.044 Pa.s olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.17 % 10 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri

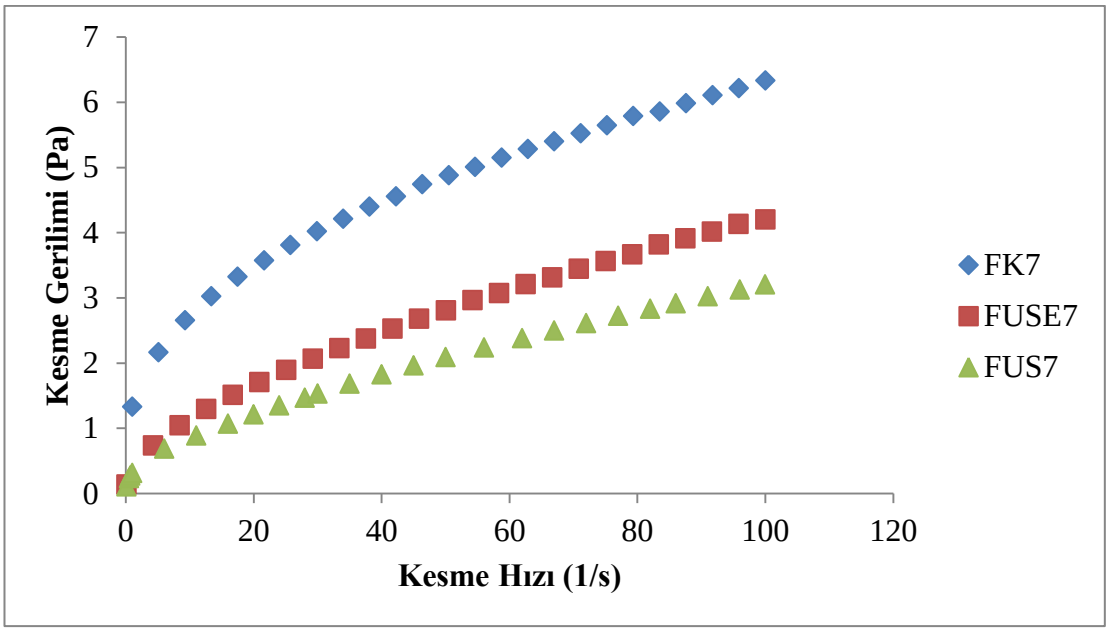
%10 yağ içeriğine sahip örneklerin görünür kesme gerilimi-kesme hızı grafiği (Şekil 3.17) incelendiğinde yine bu örneklerinde kesme incelmesi akış davranışı sergiledikleri gözlenmiştir. Ultrason uygulaması örneklerin n_{50} değerlerinde azaltıcı bir etkiye neden olmuştur. Emülsiyon içerisinde %10 oranında zeytinyağı içeren ZK10, ZUSE10 ve ZUS10 örneklerinin n_{50} değerleri sırasıyla 0.083, 0.077 ve 0.053 Pa.s bulunmuştur.



Şekil 3.18 % 15 zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri

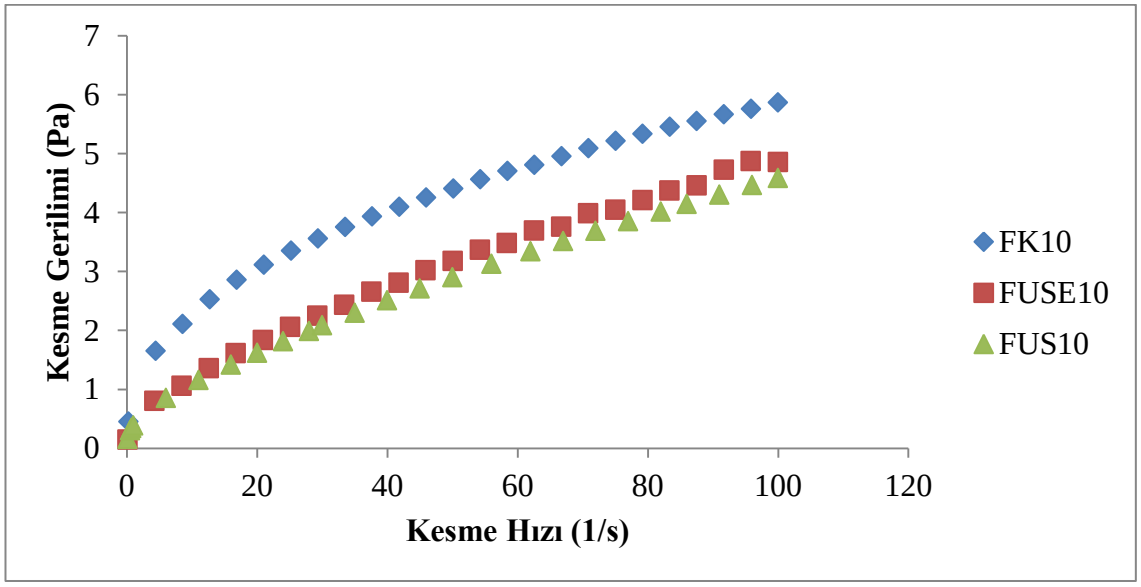
Hazırlanan %15 yağ içeriğine sahip zeytinyağlı model sistemin kesme gerilimine karşı çizilen kesme hızı grafiği (Şekil 3.18) incelendiğinde örneklerin kesme incelmesi özellik gösterdiği görülmüştür.

Ultrason uygulaması genel olarak eklenen bütün yağ oranlarında örneklerin görünür viskozitelerinde azalmaya neden olmuştur. Emülsiyon içerisine eklenen yağ oranlarının artması görünür viskozite değerlerinde artışa neden olmuştur ve yağ oranın artmasıyla birlikte görünür viskozite değerlerinde meydana gelen farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($p<0.05$).

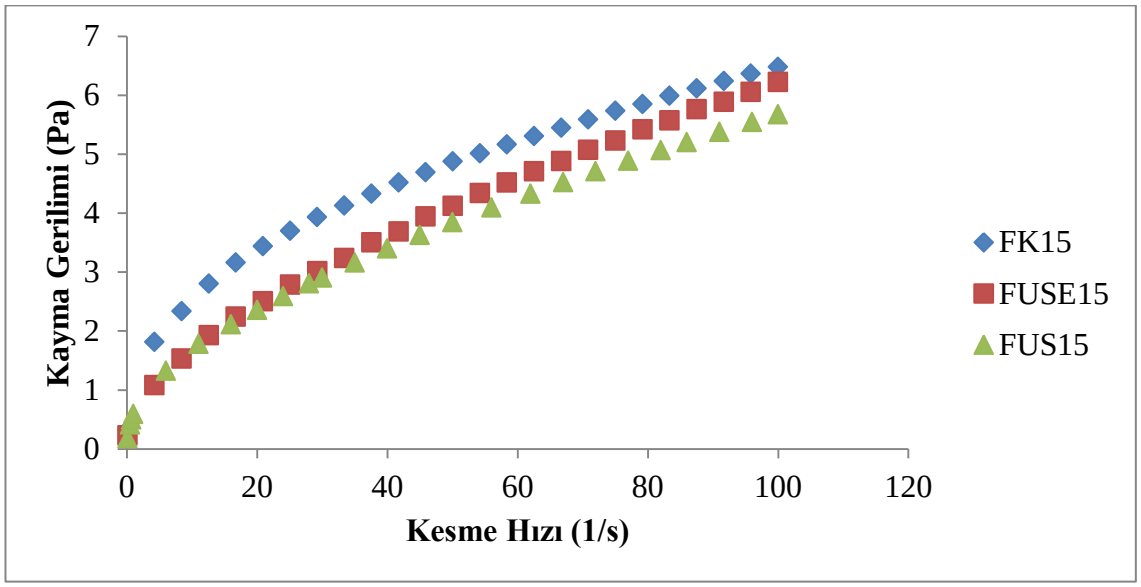


Şekil 3.19 % 7 fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri

Fındık yağı kullanılarak faklı oranlarda yağ kullanımı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait kesme gerilimi-kesme hızı grafikleri Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21'de gösterilmiştir. %7, 10 ve 15 yağ fraksiyonunda hazırlanan örneklerin tümünün kesme incelmesi (pseudoplastik) akış davranışı sergiledikleri gözlenmiştir. Yağ oranının artması ile numunelerin görünür viskozitelerinden bir artış meydana getirmiş ve yağ oranlarının görünür viskozite değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Fındık yağı ile hazırlanan örneklerinde ultrason uygulaması ile birlikte görünür viskozite değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Örneğin, % 10 oranında yağ içeren FK10 örneğinin n_{50} değeri 0.102 Pa.s iken FUSE ve FUS örneklerinin görünür viskozite değerleri 0.088 ve 0.058 Pa.s olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.20 % 10 fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik akış kurveleri



Şekil 3.21 % 15 fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerin reolojik akış kurveleri

3.6.1.2. Kıvam Katsayısı ve Akış Davranış İndeksi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan örneklerin reolojik analiz sonuçlarından elde edilen R^2 değerlerinin incelenmesinin ardından örneklerin Oswald-de Waele akış modeline uyduğu (R^2>0.998) sonucuna ulaşılmıştır. Oswald-de Waele modeline göre örneklere eklenen farklı oranlardaki yağ ve uygulanan ultrason işleminin akış davranış indeksi (n) ve kıvam katsayısı (K) değerlerinde meydana getirdiği değişim Tablo 3.3 ve

Tablo 3.4’ de ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kontrol grubu ile kıyaslandığında ultrason uygulanan örneklerin K değerlerinde azalma gözlenirken, US uygulamasının örneklerin kıvam katsayısı (K) değerleri üzerinde meydana getirdiği etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Emülsiyonlara eklenen yağ oranının artması, kıvam katsayısı değerlerinde artış meydana getirmiştir. Meydana gelen bu artış zeytinyağı kullanılarak hazırlanmış kontrol örneklerinin %7 ve %10 yağ içeren örnekleri arasında istatistiksel açıdan önem arz etmezken, % 15 yağ içeren örnek bu iki örnekten istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Aynı durum zeytinyağı ile hazırlanan örnekler için de geçerlidir. ZUSE7 ve ZUSE10 örneklerinin K değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p>0.05$), ZUSE15 örneği bu iki örnekten istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak zeytinyağı ile hazırlanan örneklerde gözlenen durum fındık yağı ile hazırlanan örneklerde de gözlenmiştir. Ultrason uygulamasının örneklerin K değerleri üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğu ve yine yağ oranının artmasıyla da örneklerin kıvam katsayısı değerlerinde artışın meydana geldiği görülmüştür. %15 fındık yağı ile hazırlanıp ultrason uygulaması yapılan örnekler incelendiğinde emülgatör kullanılarak ve emülgatör kullanılmadan hazırlanan örneklerin kıvam katsayısında istatistiki açıdan fark önemsiz çıkmıştır.

Araştırma kapsamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerleri incelendiğinde genel itibariyle ultrason uygulamasının örneklerin n değerlerinde bir artışa neden olduğu ve ultrason uygulaması sonrasında elde edilen emülsiyonlar ile kontrol örneklerinin n değerleri arasındaki farklılığın da istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Farklı oranlarda (%7, 10 ve 15) fındık zeytin yağı içeriğine sahip kontrol örnekleri ile ultrason uygulanması sonrasında elde edilen örneklerin dinamik faz kesme reogramları Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere örneklerin elastik (G') ve viskoz modulü (G") frekansa bağlı olarak artış göstermiştir. İncelenen bir örneğin elastik modülü (G') viskoz modülünden (G") büyük ise (G'>G") deformasyon elastik yani geri kazanılabilirdir. G'< G" olması durumunda ise deformasyon için uygulanan enerji materyal tarafından dağıtılır ve sonuç olarak örnek sıvı özellik sergiler. G' ve G" değerleri kendi arasında değerlendirildiğinde örneklerin G' değerlerinin G" değerlerinden büyük olduğu görülmüştür.

Tablo 3.3 Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait reolojik özellikler

	Kıvam Katsayısı (K) (Pa.s^n)			Akış Davranış İndeksi(n)		
	Yağ Miktarı (%)			Yağ Miktarı (%)		
Örnekler	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**
ZK	0.756 ± 0.082^{ACa}	0.833 ± 0.043^{CAa}	1.186 ± 0.065^{Ba}	$0.419\pm0.010B^{Aa}$	0.405 ± 0.007^{ABa}	0.416 ± 0.008^{Ba}
ZUSE	0.296 ± 0.021^{ACb}	0.370 ± 0.012^{CAb}	0.815 ± 0.051^{Bb}	0.572 ± 0.032^{ABb}	0.603 ± 0.001^{Bb}	$0.588\pm0.007B^{Abc}$
ZUS	0.250 ± 0.026^{Bb}	0.384 ± 0.076^{Ab}	0.443 ± 0.029^{Ac}	0.560 ± 0.010^{Ab}	0.661 ± 0.007^{Bc}	0.582 ± 0.005^{Cb}

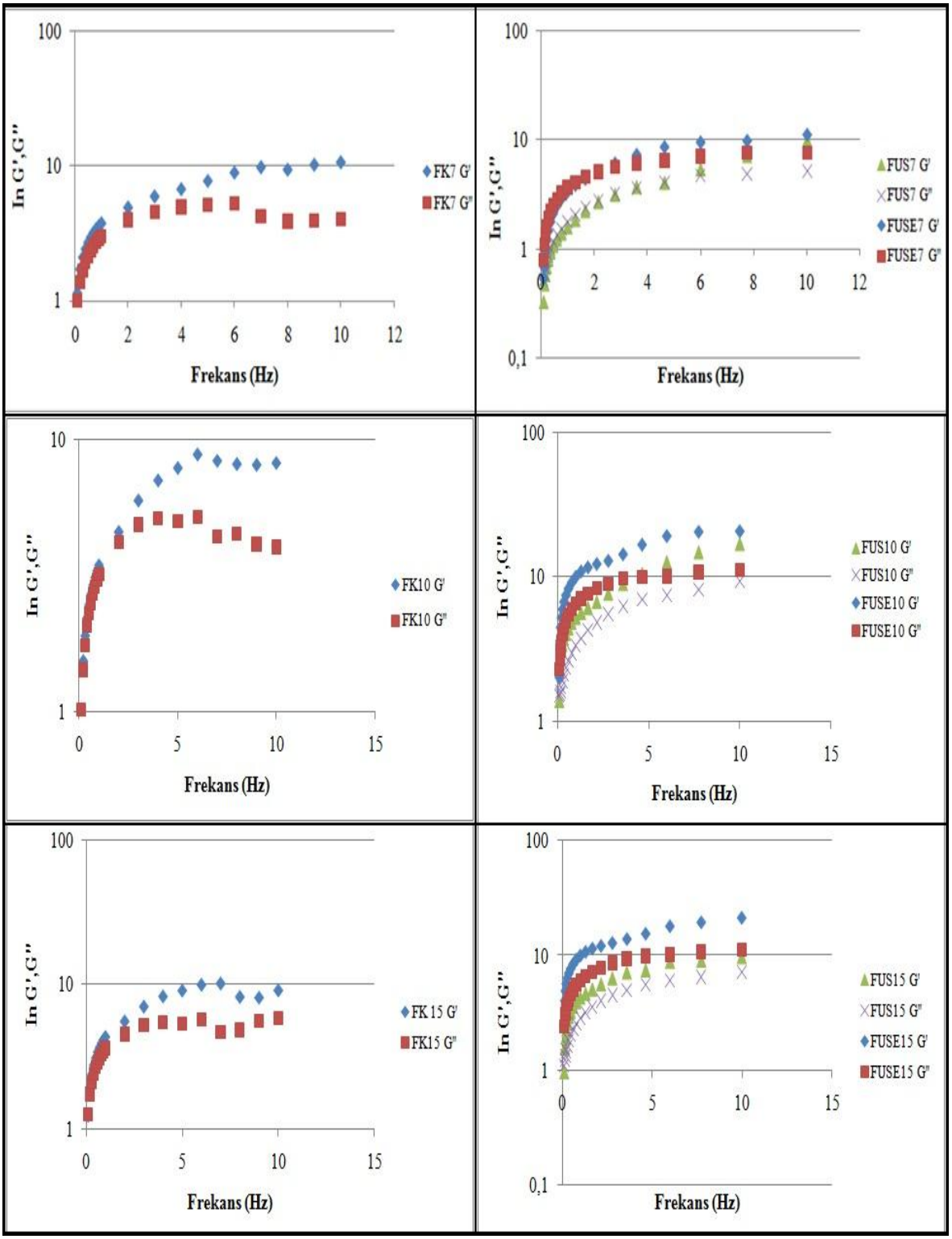
*Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0.05$.
* Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0.05$.

Tablo 3.4 Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon emülsiyon örneklerine ait reolojik özellikler

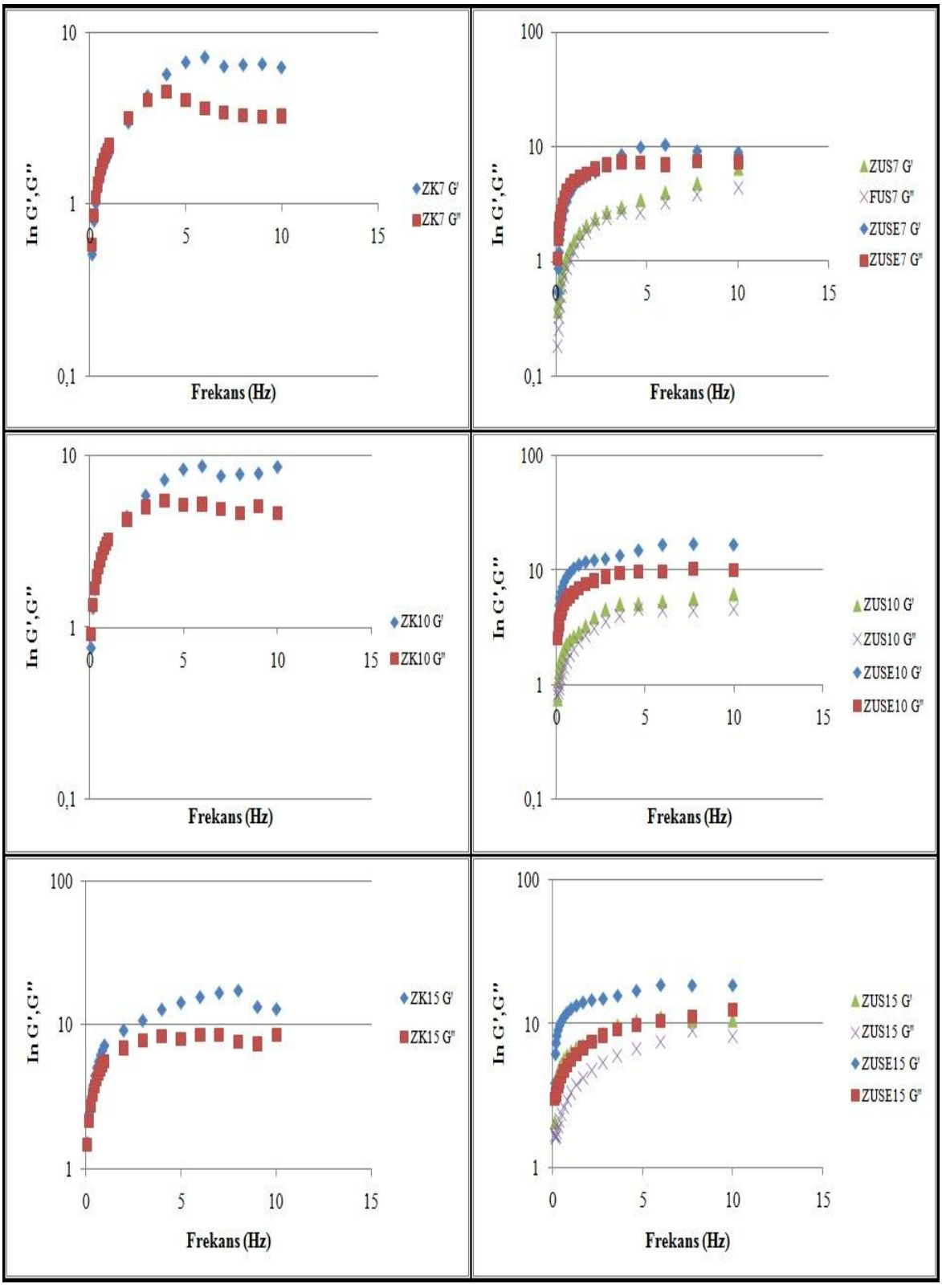
	Kıvam Katsayısı (K) (Pa.s^n)			Akış Davranış İndeksi(n)		
	Yağ Miktarı (%)			Yağ Miktarı (%)		
Örnekler	**7**	**10**	**15**	**7**	**10**	**15**
FK	1.182 ± 0.047^{ABa}	1.028 ± 0.014^{BAa}	1.087 ± 0.018^{Ba}	0.362 ± 0.006^{Aa}	0.409 ± 0.013^{Ba}	0.406 ± 0.006^{Ba}
FUSE	0.335 ± 0.049^{ACb}	0.387 ± 0.0159^{CAb}	0.508 ± 0.026^{Bcb}	0.568 ± 0.020^{Acb}	0.643 ± 0.024^{Bb}	0.599 ± 0.029^{CAb}
FUS	0.215 ± 0.053^{ACc}	0.248 ± 0.053^{CAc}	0.481 ± 0.078^{Bbc}	0.587 ± 0.037^{Ab}	0.631 ± 0.002^{Bb}	0.532 ± 0.010^{Cc}

*Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0.05$.
* Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0.05$.

3.6.2 Dinamik Reolojik Özellikler



Şekil 3.22. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait dinamik faz kesme reogramları



Şekil 3.23. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerine ait dinamik faz kesme reogramları

3.7. Peroksit Sayısı Değeri

Yapılan ön denemelerde ultrason uygulaması esnasında örneklerin sıcaklık derecelerinde hissedilir bir artışın olduğu gözlenmiştir. Meydana gelen bu sıcaklık artışının emülsiyonların dispers fazını oluşturmak amacıyla kullanılan yağlarda oksidasyon meydana getirip getirmediğini test etmek amacıyla emülsiyon oluşturmada kullanılan başlangıç yağlarında ve hazırlanan örneklerden eksrakte edilen yağlarda peroksit tayini gerçekleştirilerek sonuçlar meq O_2/kg yağ biriminden Tablo 3.5' de verilmiştir.

Tablo 3.5 Örneklerin peroksit değerleri (meq O_2/kg yağ)

Örnekler	**Peroksit Değeri (meq O_2/kg yağ)**
Zeytinyağı	9.17±0.43
ZK	11.31±0.73
ZUSE	11.50±1.25
ZUS	11.03±0.72
Fındık yağı	3.30±0.75
FK	4.92±0.57
FUSE	5.15±0.61
FUS	6.19±0.60

Yapılan ön denemelerde farklı yağ oranlarının peroksit sayısı Değeri üzerine farklı yağ oranlarını etkisi olmadığını göstermiş ve çalışmaya emülsiyonlardan eksrakte edilen toplam yağlar ile devam edilmiştir. Peroksit tayini sonucunda elde edilen bulgular, emülsiyonların yağ fazının peroksit sayısı değeri üzerine US uygulamasının az fakat istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğunu göstermiştir ($p<0.05$). Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar US işleminin kullanılan yağın peroksit değerinde değişimlere neden olduğunu göstermiştir

3.8. Yağ Asidi Kompozisyonu

Ultrason uygulamasının örneklerin yağ asidi bileşiminde değişim meydana getirip getirmediğini tespit etmek amacıyla hem emülsiyon hazırlamada kullanılan fındık ve zeytinyağında hem de bu yağlar kullanılarak hazırlanıp US uygulanan örneklerden ekstrakte edilen yağların yağ asidi bileşimi incelenerek sonuçlar Tablo 3.6'de verilmiştir.

Tablo 3.6 US uygulaması öncesi ve sonrasında yağların yağ asidi kompozisyonu

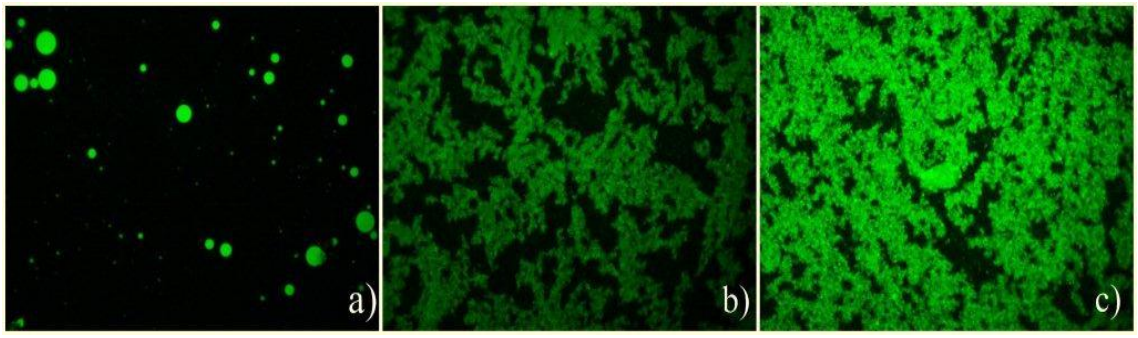
	Zeytinyağı		**Fındık yağı**	
Yağ Asidi (%)	US uygulaması öncesi	US uygulaması sonrası	US uygulaması öncesi	US uygulaması sonrası
$C_{14:0}$	0.08±0.00	0.13±0.00	-	-
$C_{16:0}$	12.52±0.05	13.95±0.00	6.52±0.19	7.02±0.07
$C_{16:1}$	0.87±0.00	0.86±0.01	0.16±0.00	-
$C_{18:0}$	3.31±0.01	4.29±0.01	3.32±0.09	3.74±0.05
$C_{18:1}$	70.28±0.01	69.98±0.01	73.92±0.20	73.13±0.98
$C_{18:2}$	8.47±0.04	8.36±0.00	15.33±0.29	14.99±0.01
$C_{18:3}$	0.26±0.00	0.26±0.00	-	-
$C_{20:0}$	0.43±0.01	0.43±0.00	-	-
$C_{20:1}$	0.69±0.00	0.68±0.00	-	-
$C_{22:2}$	0.56±0.01	0.51±0.01	0.13±0.00	-

(-):Tespit edilemedi.

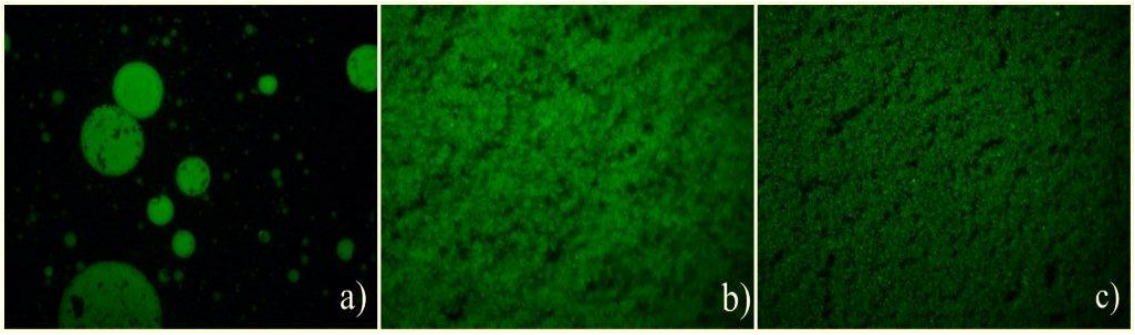
Fındık yağının yağ asidi bileşimi incelendiğinde US uygulamasından önce ve sonrasında en fazla oleik asit ($C_{18:1}$) ve linoleik asit ($C_{18:2}$) içerdiği gözlenmiş ve bunu sırasıyla palmitik ($C_{16:0}$) ve stearik asidin ($C_{18:0}$) takip ettiği gözlenmiştir. Zeytinyağının ise hakim yağ asidinin oleik asit olduğu ve linoleik, palmitik, stearik ve α- linoleik asidin de yağın yapısında bulunan diğer yağ asitleri olduğu görülmüştür. Yağ asidi kompozisyonunun incelenmesi sonucu elde edilen bulgular, US uygulaması ile örneklerin yağ asidi kompozisyonunda kayda değer bir değişimin meydana gelmediğini göstermiştir.

3.9. Floresan Mikroskop Görüntüleri

Örneklerin 20x büyütme oranında alınmış floresan mikroskop görüntüleri Şekil 3.24 ve Şekil 3.25' de verilmiştir. Elde edilen görüntüler kontrol örneklerinin yağ parçacıklarının gözle görülebilir ve ayırt edilebilir derecede büyük olduğunu, US uygulaması ile de emülsiyonların dağılan fazına ait yağların boyutlarının çok daha küçük olduğunu ve emülsiyon sistemi içerisinde tamamen dağıldığını göstermiştir.



Şekil 3.24. Fındık yağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin floresan mikroskop görüntüleri (a) FK10, b) FUSE10, c) FUS10)



Şekil 3.25. Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyon örneklerinin floresan mikroskop görüntüleri (a) ZK10, b) ZUSE10, c) ZUS10)

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç

Araştırma kapsamında zeytinyağı ve fındık yağı olmak üzere iki farklı yağ çeşidi ve bu yağların farklı oranları (%7, 10 ve 15) kullanılarak model gıda emülsiyonları (yenilebilir sütlü buz miksi) hazırlanmıştır. Çalışmada, özellikle son yıllarda gıda uygulamalarında birçok kullanım alanı bulan ve bu kullanım alanlarından birisi de stabil emülsiyonların oluşumunu sağlamak olan ultrason teknolojisi kullanılmıştır. Gıda katkı maddeleri kapsamına giren emülgatörlerin kullanımının azaltılması veya ortadan kaldırılması amacıyla planlanan bu çalışmada, hazırlanan model gıda emülsiyonlarının fizikokimyasal karakterizasyonu yapılarak kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda hazırlanan örneklerin yatışkın hal ve dinamik reolojik özellikleri incelenerek floresan mikroskop ile de numunelerin morfolojik özellikleri araştırılmıştır.

Reddy and Fogler [59]'a göre bir emülsiyonun türbiditesi, yapıyı oluşturan partiküllerin konsantrasyonu ve boyutlarının bir fonksiyonudur ve emülsiyon stabilitesi de zamanla türbiditede meydana gelen değişimle belirlenebilir. Yapılan bu tez çalışması kapsamında hazırlanan emülsiyonların aktivite ve stabilite değerlerinin belirlenmesinde Pearce and Kinsella [60]' nın emülsiyonların türbiditesindeki değişimi esas alarak gerçekleştirdiği metot kullanılmıştır. Emülsiyon aktivitesi indeksi değeri, bir birim proteinin stabilize ettiği yüzey alanı ile ilgilidir. EAI, proteinlerin yağların ara-yüzeyi ve su fazını absorbe etme yeteneğini ifade eder [60]. Alınan sonuçlara göre, emülsiyon aktivitesi indeksi (EAI) değerleri 0., 1. ve 24. saatler sonunda incelendiğinde en fazla değişimin kontrol grubu örneklerde görüldüğü tespit edilmiştir. Bununla birlikte, US işlemi uygulanmış örneklerin EAI değerlerinin izlenen tüm saatler boyunca daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yine US uygulamasının kullanılıp emülgatör kullanılmadan

hazırlanan örneklerin EAI değerleri kontrol örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Tez çalışması çerçevesinde elde ettiğimiz sonuçlara göre en yüksek EAI değeri %7 oranında zeytinyağı kullanılarak hazırlanan ve US uygulamasının yapıldığı ZUSE7 örneğinde (107 m^2/g), en küçük EAI değeri (10 m^2/g) ise %15 oranında fındık yağı kullanılan kontrol grubu örneği FK15' de gözlenmiştir. Mikrofludasyon yöntemi kullanarak %1 protein konsantrasyonu (ticari peyniraltı suyu proteini konsantresi) ve φ=0.2-0.6 yağ fraksiyonu kullanılarak hazırlanan emülsiyonların incelendiği çalışmada EAI değeri 230 m^2/g bulunmuşken [61], Manoi and Rizvi [55] tarafından gerçekleştirilen ve yüksek hızlı homojenizasyonun uygulandığı % 3 oranında protein içeriğine sahip emülsiyonun EAI değerleri 22 m^2/g bulunmuştur. Dalgleish [62], emülsiyonlarda görülen kararsızlığın nedenini ya tüm su-yağ fazını çevreleyecek yetersiz miktarda yüzey aktif maddenin bulunmasına ya da ara yüzeyde boşlukların bulunması dolayısıyla da toplam absorbe katmanın azalmasına bağlamıştır. Buradan US uygulamasının ara yüzeydeki boşlukları kapatarak emülsiyonların stabilizasyonuna katkı sağlayabileceği yorumu yapılabilir.

Emülsiyon stabilitesi indeksi (ESI) değerleri ise emülsiyonların koalesansa karşı gösterdikleri direncin bir ölçütüdür [63]. US uygulanan örneklerin ESI değerleri kontrol örneklerinden, kullanılan tüm yağ oranlarında ve yağ çeşitlerinde daha yüksek bulunmuştur. Buradan da kontrol örneklerinin koalesansa olan eğiliminin daha fazla olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Ayrıca %7 oranında zeytinyağı içeren ZUSE7 ve ZUS7 örneklerinin ESI değerleri arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı ($p>0.05$) ve dolayısıyla da emülgatör kullanılmadan ultrason teknolojisinin kullanımı ile raf ömrü daha uzun ve kararlı emülsiyonların oluşturulabileceği sonucuna varılmıştır.

Emülsiyonların dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir parametre de kremalaşma indeksi ve emülsiyonların koalesansa olan duyarlılığıdır. Genel olarak koalesans yağ ayırımını teşvik ederek y/s emülsiyonlarının raf ömrünü azaltıcı etki yapar. Kremalaşma indeksi de yağ damlacıklarının yerçekimi, kolloidal ve mekanik güçler dolayısıyla damlacık membranında kopmalar meydana gelmesine ve bu nedenden dolayı da koalesansa olan duyarlılığın bir göstergesi olarak ifade edilir [6, 60]. Bu tez çalışması kapsamında, ultrason uygulamasının kremalaşma indeksi üzerine etkisi 14 gün süre ile incelenmiştir. Alınan veriler, kontrol örnekleri haricinde US uygulanan örneklerde 1. gün kremalaşmanın gözlenmediği ve dolayısıyla kremalaşma indeksi

değerlerinin 0 olduğunu göstermiştir. Acedo-Carrillo *et al.* [64]' ın çeşitli yağlar ve farklı oranlarda mesquite gam kullanarak hazırladığı emülsiyonların zeta potansiyel, damlacık boyutu dağılımı ve kremalaşma indeksi değerlerini inceleyerek emülsiyonların stabilitesini değerlendirdiği çalışmalarında gam konsantrasyonunun artmasının serum ayrılmasını azalttığını ve 7. gün sonunda %15 oranında gamla hazırladığı emülsiyonların 4. gün sonunda yüzde serum yüksekliğinin yaklaşık %23 olduğunu belirtmiştir. Yine, Khan *et al.* [65] yapmış oldukları çalışmada stabilizatör kullanmadan yüksek basınçlı homojenizatörde hazırladıkları emülsiyonun ilk iki saat içerisinde %50'sinin kremalaştığını belirtmişler ve homojenizatörde kullanılan basıncın artması dolayısıyla da kremalaşma oranının azaldığını gözlemlemişlerdir. Genel olarak yağ oranının artması örneklerin kremalaşma indeksi değerleri üzerinde artırıcı bir etki yapmıştır. US uygulanan örneklerin kremalaşma indeksi değerlerindeki değişimin de daha yavaş olduğu görülmüştür.

Zeta potansiyeline ait verilerin incelenmesi emülsiyonların stabilitelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden bir diğeridir. Emülsiyonların zeta potansiyellerine ait sonuçlar genel olarak yorumlandığında zeta potansiyelin US uygulaması ile arttığı ve yağ oranının artması ile de zeta potansiyel değerlerinde azalmaların meydana geldiği gözlenmiştir. Araştırma sonunda elde edilen zeta potansiyeline ait sonuçları incelendiğinde US uygulaması yapılan örneklerin zeta potansiyellerinin kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek ζ-potansiyeli değeri ZUSE7 örneğinde (-51.10±0.85 mV) görülürken, en düşük ζ-potansiyeli değeri (-33.30±2.26 mV) FK15 örneğinde gözlenmiştir. Julio *et al.* [66] ω-3 yağ asitlerinin dağılımı için oluşturduğu y/s emülsiyonlarının zeta potansiyeli değerinin - 54 ve -35 mv olduğunu belirtmişler ve zeta potansiyel ile damlacık boyutu arasında güçlü bir korelasyonun olduğunu ifade etmişlerdir. % 10 oranında orta zincir uzunluklu trigliserid ve farklı emülgatörlerin kullanıldığı bir başka çalışmada da emülsiyonların zeta potansiyeli değerlerinin -9.7 ile -53.4 mV arasında değiştiği ifade edilmiştir [67]. Yağ oranının artması emülsiyonların ζ-potansiyellerinde azalmaya neden olmuştur. Portakal yağı oranının hazırlanan içecek emülsiyonlarının zeta potansiyeli, pH ve stabilite üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada zeta potansiyel değerlerinin -26.82-29.98 mV arasında değiştiğini gözlemlemişler ve 25 mV'un emülsiyonların flokülasyon veya deflokülasyonunda önemli bir belirteç olduğunu vurgulamışlardır

[68]. Tez çalışması kapsamında elde edilen veriler literatür verileriyle uyumlu olmakla birlikte, görülen bazı farklılıkların kullanılan hammadde ve kullanılan işlem dolayısıyla meydana gelebileceği düşünülmektedir. Genel olarak incelendiğinde ise zeytinyağlı örneklerin zeta potansiyeli değerleri fındık yağı ile hazırlanan örneklerin zeta potansiyeli değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Zeta potansiyeli ile emülsiyonların stabilite ve kremalaşma indeksi değerleri ilişkilendirildiğinde yüksek kremalaşma indeksine sahip emülsiyonların zeta potansiyel değerlerinin daha düşük ve stabilite değerleri yüksek olan emülsiyonların zeta potansiyellerinin nispeten yüksek olduğu görülmüştür. Yağ oranı az olan örneklerin yapısında bulunan bileşenlerin yağların damlacık yüzeylerine daha fazla oranda adsorbe olduğu ve yüzey aktivitelerinin yüksek olması nedeniyle de serum ayrışmasını daha yüksek oranda engellediği düşünülmektedir. Benzer yorum ultrason uygulaması dolayısıyla boyutları küçülen örnekler için de yapılabilir. Kontrol örneklerinin serum ayrışmasının yani kremalaşma indeksinin daha fazla olması zeta potansiyelinin düşük olması ile ilişkilendirilebilir.

Ortalama tanecik boyutuna dair veriler incelendiğinde, en yüksek ortalama damlacık boyutu ZK15 (961.74 nm) örneğinde gözlenirken en düşük değer FUSE7 (261.50 nm) örneğinde gözlenmiştir. Zeeb *et al.* [67] tarafından gerçekleştirilen ve % 10 (w/w) oranında trigliseridler içeren ve farklı emülgatörlerin kullanıldığı yağ/su emülsiyonlarının ortalama damlacık boyutunun 137.9-188.8 nm arasında olduğu belirtilmiştir. Portakal içeceği emülsiyonlarının ortalama damlacık boyutu, türbidite ve polidispersity indeksin etkisinin araştırıldığı ve kullanılan bileşenlerin optimizasyonun yapıldığı bir çalışmada da ortalama tanecik boyutunun 880-1530 nm arasında değiştiği ifade edilmiştir [69]. Emülsiyonların ortalama damlacık boyutları incelendiğinde US uygulaması yapılan emülsiyonlarda ortalama damlacık boyutlarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum serum ayrışmaları (kremalaşma indeksi) ile ilişkilendirildiğinde US ile muamele edilen emülsiyonlarda daha küçük damlacık boyutlarının koagüle olmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç yapılan önceki çalışmalar ile uyumludur. Zamanla damlacık boyutlarında değişimin olmadığı ve faz değişiminin yaşanmadığı emülsiyonlar fiziksel olarak stabil emülsiyonlardır ve daha stabil emülsiyonlar elde etmek için de daha fazla emülsifiye edici bileşenlerin eklenmesi veya ultrason ve yüksek basınç

homojenizatörlerinin kullanılması ile emülsiyonların damlacık boyutları küçültülmeye çalışılmaktadır [24]. Daha küçük damlacık boyutuna sahip emülsiyonların stabilitesinin daha yüksek ve kremalaşma indeksinin ise daha az olduğu görülmüştür. Bu çalışmada emülsiyon stabilitesinin zeta potansiyeli ve damlacık boyutu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Uluslararası aydınlatma komisyonu (Commission Internationale de l‟Eclairage, CIE) tarafından oluşturulan renk tanımlama sistemine göre *L** açıklık-koyuluk ekseni değerini, *a** kırmızı-yeşil ekseni değeri, *b** sarı-mavi ekseni değerini ifade eder [70]. Zeytinyağı ve fındık yağı ile hazırlanan örneklerin *L** değerleri incelendiğinde yağ miktarı değişiminin örneklerin açıklık-koyuluk değerlerinde istatistiksel olarak bir değişime neden olduğu görülmüş ve farklı yağ kullanımının etkisi de istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak fındık yağı ile hazırlanan örneklerin *L** değerlerinin zeytinyağı ile hazırlanan örneklerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Elde edilen bu sonucun nedeninin fındık yağının zeytinyağına oranla daha açık renge sahip olmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Karasu ve ark. [71]' ın zeytin, soya ve ayçiçeği yağı kullanılarak hazırladığı yenilebilir sütlü buz örneklerinin renk değerlerini inceledikleri çalışmada *L** değeri üzerine farklı bitkisel yağ kullanımının etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada genel olarak örneklerin *L** değerlerinin 56.54-63.38 arasında değiştiği ve zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin *L** değerlerinin 56.78-60.75 arasında olduğu ifade edilmiştir.

Araştırma sonucu *L** değerine dair elde ettiğimiz bulgular literatür ile uyum içerisindedir. US uygulamasının *L** değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise US uygulanan örnekler ile kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında US uygulaması yapılan örneklerin *L** değerlerinde belirgin bir artış söz konusudur. Paradiso et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada da emülsiyon dolgulu jellerin *L** değerleri üzerine ultrason uygulamasının önemli değişikliklere neden olduğu vurgulanmıştır. İncelenen kompleks bir sistemin renk değerleri sadece bir faktöre bağlı olmayıp birkaç değişken tarafından etkilenebilmektedir. Üzerinde çok sayıda çalışmanın bulunduğu konsantre emülsiyonların renk değerleri sadece yapıda bulunan kromoforların konsantrasyon ve absorbanslarına bağlı olmayıp aynı zamanda bu yapıların fiziksel ve mikro-yapılarına da bağlı olduğu bildirilmektedir [72]. Damlacık boyutunun azalması

açıklık değerinin (L^*) artmasına neden olmaktadır [72-74]. Araştırma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde ultrason uygulamasının örneklerin aydınlık değerinde artış meydana getirdiği gözlenmiştir. Elde edilen bu sonucun nedeni de ultrasonun yapıda bulunan kromoforların partikül boyutunu düşürmesi olarak yorumlanabilir.

Örneklerin sarı-maviliğini belirten b^* değeri incelendiğinde de kullanılan yağ çeşidinin, yağ miktarının ve uygulanan prosesin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Emülsiyon örneklerinin sarılılığı kullanılan yağın oranının artması ile artmıştır. Ultrason uygulaması da emülsiyonların b^* değerlerini artırıcı etki yapmıştır. Literatürde de US uygulamasının b^* değerleri üzerinde artırıcı bir etkiye neden olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur [72].

Reoloji belirli basınç ve gerilim altında gıdaların davranışlarını ve meydana gelen deformasyonu inceleyen bilim dalıdır. Reoloji bilimi ürün geliştirme, proses hesaplamaları, kalite kontrol ve stabilite çalışmaları gibi birçok uygulama alanı sahip olmakla birlikte duyusal verilerle de arasında korelasyon mevcuttur. Reoloji verileri ile gıdaların tekstür, ağız hissi, raf ömrü ve bir sonraki ürüne işlenmesi açısından da önemli bilgiler elde edilir [75]. Çalışmamızda, hazırlanan emülsiyon örneklerinin reolojik özellikleri incelendiğinde artan kesme hızına karşı görünür viskozite değerlerinde azalmanın meydana geldiği bulunmuştur. Aynı zamanda hazırlanan emülsiyonların akış davranış indeksleri 1'den küçük olduğu ve dolayısıyla Newton tipi olmayan akış türlerinden birisi olan pseudoplastik akış davranış özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Hazırlanan örnekler sabit sıcaklık altında kesme incelmesi (shear thinning) akış davranışına sahiptir. Literatürde emülsiyonların kesme incelmesi özellik gösterdiğini belirten çalışmalar mevcuttur [55, 76, 77].

Reolojik akış modellerinden Ostwald de Waele, Herschel-Bulkley, Casson ve Bingham modellerine ait R^2 değerleri incelenmesi ile birlikte örneklerin Oswald-de Waele modeline uygunluğu ($R^2>0.998$) belirlenmiş ve bu modele göre de akış davranış indeksi (n) ve kıvam katsayısı (K) değerleri ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular, kontrol grubu ile kıyaslandığında ultrason uygulanan örneklerin K değerlerinde azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Birden fazla gıda bileşeninin bulunduğu bir gıda sistemi içerisinde kıvam, gıda bileşenlerinin partikül boyutuna bağlıdır. Partikül boyutunun azalması viskozite üzerinde azaltıcı etki gösterir [78]. Ultrason uygulaması esnasında

meydana gelen kavitasyon etkisi ile emülsiyon içerisinde bulunan partiküllerin boyutunda küçülmeler meydana gelmiş ve dolayısıyla emülsiyonların kıvam katsayısı ile görünür viskozitesinde önemli azalmalar görülmüştür. Ultrason uygulamasıyla birlikte emülsiyonların kıvam katsayısında meydana gelen bu azalmanın nedeninin emülsiyon yapısında bulunan protein ve yağ partiküllerinin toplam emülsiyon yapısı içerisine etkin bir şekilde dispers olması şeklinde yorumlanabilir. Emülsiyon viskozitesi ve kıvam katsayısındaki azalmanın bir diğer nedeni de yapıda bulunan proteinlerin denatürasyona uğraması olabilir. Çünkü ultrasonun protein denatürasyonunu teşvik edici etki ettiğini gösteren çalışmalar mevcuttur [79].

Ultrason uygulaması emülsiyonların görünür viskozitelerinde (n_{50}) azalmalara neden olmuştur. Ultrasonun viskozite üzerine etkilerinin araştırıldığı literatür verileri incelendiğinde, genel olarak ultrason uygulamasının gıdaların viskozite değerlerini azalttığı yönünde bilgilere rastlanmıştır. Vercet *et al.* [80] sonikasyon işleminin domates sularının kıvam katsayısı üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğunu ve işlenmemiş domates suyu ile karşılaştırıldığında ultrason işlemi uygulanan domates sularının görünür viskozitelerinin daha düşük olduğunu ifade etmiştir. Saf pektin çözeltisinin viskozitesi üzerine ultrason işleminin etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada da, US uygulamasının moleküllerin partikül boyutlarında azalmaya neden olduğu ve dolayısıyla da çözeltinin görünür viskozitesinde azalmalar meydana getirdiği belirtilmiştir [81]. Tiwari *et al.* [82] tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise US uygulamasının %2' lik pektin çözeltisinin görünür viskozitesini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan model emülsiyon örneklerindeki yağ oranının artması, kıvam katsayısı değerlerinde artış meydana getirmiştir. Manoi and Rizvi [55] farklı yağ fraksiyonlarında (0.2-0.8 arasında değişen) hazırladığı emülsiyonların reolojik verilerini incelemiş ve yağ oranının artmasıyla emülsiyon viskozitelerinin artığı tespit edilmiştir. Yine Liu *et al.* [61] artan yağ oranıyla emülsiyonların görünür viskozitelerinde artışın meydana geldiğini belirtmiştir. Yağ oranının artması ile birlikte yağ damlacıklarının bir araya gelip birbiri ile etkileşmesi ile yağ damlacıklarından oluşan bir ağ yapı meydana geldiği vurgulanmaktadır [16, 61]. Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular bu bilgileri doğrular niteliktedir. Çünkü artan yağ konsantrasyonuna bağlı olarak örneklerin kıvam katsayılarında artırıcı bir etkinin olduğu saptanmıştır.

Peroksit sayısı değeri, katı ve sıvı yağların oksidasyon ve ransiditesinin tespitinde en sık kullanılan ve birincil oksidasyon ürünlerinin test edildiği analizlerden biridir [83]. Peroksitler, yağların bozulmasının başlangıcında meydana gelerek ortamdaki koşullara bağlı olmak üzere bozulma süresince farklı hızlarda parçalanarak diğer oksidasyon ürünlerinin oluşumuna sebep olmaktadır. Türk Gıda Kodeksi, Bitki Adıyla Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği'ne göre Peroksit Sayısı rafine yağlarda en çok l0 miliekivalen aktif oksijen / kg yağ, soğuk preslenmiş ve sızma yağlarda en çok l5 miliekivalen aktif oksijen / kg yağ olmalıdır [84]. Tez kapsamında US uygulamasının peroksit değerinde değişim meydana getirip getirmediğini araştırmak amacıyla hem emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan yağda hem de kontrol ve ultrason uygulanan örneklerden ekstrakte edilen yağlarda peroksit tayini yapılmıştır. Naturel sızma zeytinyağı ve fındık yağı ile hazırlanan örneklerin peroksit değerleri sırasıyla 9.17-11.50 meq O_2/kg arasında ve 3.30-6.19 meq O_2/kg değerleri arasında bulunmuştur. Elde elden bu değerler TGK'nın belirttiği değerler ile uyum içerisindedir. Peroksit sayısı değerleri incelendiğinde ultrason uygulamasının emülsiyonların peroksit değerinde az fakat istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirdiğini göstermiştir. Çeşitli çalışmalarda US'nın oksidasyon üzerine etkisi araştırılmıştır. Chemat *et al.* [85] ayçiçeği yağının peroksit sayısı değerinin ultrason uygulamasından önce 5.38 meq O_2/kg; US uygulamasından sonra ise 5.69 meq O_2/kg olduğunu ve peroksit sayısında büyük bir değişikliğin olmadığını ifade etmiştir. Paradiso *et al.* [72] ultrason uygulamasının emülsiyonun yağ fazının peroksit sayısı değerinde az fakat istatistiksel açıdan önemli bir değişime neden olduğunu, Chemat *et al.* [86]' da ultrasonun yemeklik yağlarda oksidatif bozulmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Tez çalışması kapsamında incelenen fındık yağının en fazla oleik asit ve linoleik asit içerdiği gözlenmiş ve bunu sırasıyla palmitik, stearik asidin takip ettiği bulunmuştur. Zeytinyağının ise hakim yağ asidinin oleik asit olduğu ve linoleik, palmitik, stearik ve α- linoleik asidin de yağın yapısında bulunan diğer yağ asitleri olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında belirlenen yağların yağ asidi kompozisyonu ile daha önce yapılan çalışmalar paralellik göstermektedir [87-90]. Çalışmamızda ultrason uygulaması, emülsiyon örneklerinde dağılan fazı oluşturmak amacıyla kullanılan yağların yağ asidi bileşiminde önemli bir farklılık meydana getirmediği tespit edilmiştir. Kaci *et al.* [48]' da piezoelektrik güç çevirici kullanarak yüksek frekanslı ultrason ve ayçiçeği yağı

kullanarak oluşturduğu emülsiyonların yağ asidi kompozisyonunda herhangi bir değişimin görülmediğini belirtmişken yine ayçiçeği yağının kullanıldığı ve US uygulamasının yapıldığı bir başka çalışmada ayçiçeği yağının bileşiminde bulunan linoleik asit miktarının US uygulamasının ardından azaldığını bildirilmiştir [85]. Literatürde karşılaşılan bu farklı sonuçların nedeninin frekans ve süre gibi ultrason uygulama proseslerindeki farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ultrason uygulaması ile birlikte emülsiyonların mikro-yapılarında meydana gelen değişimin incelenmesi amacıyla örneklerin Nile Blue A boyası (floresan boyası) altında floresan mikroskop ile görüntüleri elde edilmiştir. Gözlenen sonuçlar da ultrason uygulanmamış kontrol örneklerinin daha belirgin ve büyük yağ parçacıklarına sahip olduğu, ultrason uygulaması ile birlikte yağ damlacıklarının boyutunda önemli küçülmeler meydana geldiği görülmüştür. Bulgularımız, Behrend *et al.* [91] tarafından elde etiği sonuçlarla uyumludur. Söz konusu çalışmada emülsifikasyon amacıyla kullanılan ultrasonun kullanılan diğer tekniklere göre örneklerde daha küçük parçacıklar oluşturduğu rapor edilmiştir.

4.2. Öneriler

Sonuç olarak çalışma kapsamında elde edilen bulgular neticesinde yapılabilecek çıkarımlar ve yorumlar aşağıda özetlenmiştir;

- Tez çalışması sonunda ultrason uygulamasının emülsiyonların etkinliğini ve stabilitesini artırdığı ve emülsiyon hazırlama amacıyla kullanılabilecek güvenli bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. En önemli bulgumuz US tekniği ile emülsiyon sistemlerinin oluşturulabileceğidir. Dolayısı ile emülgatör kullanımı ortadan kaldırılabilir. Bu sonuç ekonomik ve ticari yönden fayda doğurabilir.

- Çalışma sonucunda elde edilen veriler, dondurma misklerinde de uygulanabilir ve dondurma ve yenilebilir sütlü buz gibi ürünlerin raf ömrü artırmak ve kontrol etmek amacıyla kullanılabilir.

- Ultrason uygulaması faz ayrımını engellenmesi amacıyla farklı gıda sistemlerinde denenebilir.

- Ürünlerin üretim aşamasında ultrasonun kavitasyon etkisiyle oluşturduğu kabarcıkların ara yüzeye etkisi ara yüzey reolojik çalışmaları ile araştırılabilir.
- Ultrason uygulamasının ürünü mikrobiyolojik olarak güvenli hale getirdiğine dair çalışmalar mevcuttur. Fakat dondurma ve yenilebilir sütlü buz üretim model sisteminde ürünlerin mikrobiyolojik analizler de göz önüne alınabilir.
- Ultrasonun ısı-kütle aktarımım prosesini nasıl etkilediği araştırılabilir.
- Ultrason uygulaması ile elde edilen ürünlerin donma zamanı, erime oranı ve duyusal testler gibi bir takım analizler yapılarak bu ürünlerin karakterizasyonu yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Çelebi, N., 2009. Emülsiyonlar. Ankara Üniversitesi Yayınları, 276-299.
2. Türkmen, F., 2012. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Sütün Fizikokimyasal Ve Jelleşme Özelliklerine Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
3. Shanmugam, A., Ashokkumar, M., 2014. Ultrasonic preparation of stable flax seed oil emulsions in dairy systems–Physicochemical characterization. **Food Hydrocolloids, 39**: 151-162.
4. Dickinson, E., Stainsby, G., 1982. Colloids in food. **Applied Science Publishers**,
5. Martin, A., Busmante, P., Chun, A. H. C., 1993. Coarse Dispersion, *In*: Physical Pharmacy (Ed: Febiger, L. A.,), Fourth Ed., Philadelphia, pp. 477- 511.
6. McClements, D. J., 2004. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Second Edition.
7. Garti, N., Benichou, A., 2004. Recent developments in double emulsions for food applications. **Food emulsions**, 353-412.
8. Lawrence, H., 1989. Emulsions and microemulsions, pp. 335-378. *In:* Pharmaceutical Dosage Forms:Disperse Systems. (Eds: H.,Lieberman, M., Rieger, G., Banker). Marcel Dekker Inc., New York, vol. 2.
9. Remington, J. P., Troy, D. B., Beringer, P., 2006. Remington: The science and practice of pharmacy. Lippincott Williams & Wilkins.
10. Coupland, J. N., Sigfusson, H., 2005. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set.
11. Eccleston, G. M., 2007. Emulsions and microemulsions. Encyclopedia of Pharmaceutical Technology, 3: 1548-65.
12. Walstra, P., 2003., Physical Chemistry of Foods, New York, NY.
13. Fennema, O. R., Tannenbaum, S. R., 1996. Introduction to Food Chemistry, Food Chemistry, New York, NY.
14. Robins, M. M., 2000. Lipid emulsions. **Grasas y Aceites, 51:** 26-34.

15. McClements, D. J., 2004. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques, Second Edition.

16. McClements, D. J., 1999. Food Emulsions; Principles, Practice, and Techniques, Second Edition.

17. Tan, C.-T., Friberg, S., Larsson, K., Sjöblom, J., 2004. Beverage emulsions. **Food Emulsions,** 4: 485-524.

18. Demetriades, K., Coupland, J., McClements, D., 1997. Physical properties of whey protein stabilized emulsions as related to pH and NaCl. **Journal of Food Science, 62** (2): 342-347.

19. Weers, J. G., 1998. Modern Aspects of Emulsion Science.

20. Dickinson, E., Stainsby, G., 1982. Colloids in Foods. Elsevier, London, UK.

21. Goff, H. D., 1997. Instability and Partial coalescence in whippable dairy emulsions. **Journal of Dairy Science, 80** (10): 2620-2630.

22. Dickinson, E., Tanai, S., 1992. Temperature dependence of the competitive displacement of protein from the emulsion droplet surface by surfactants. **Food Hydrocolloids, 6** (2): 163-171.

23. Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J.-L., Agnely, F., 2012. Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field?, **International Journal of Pharmaceutics, 436** (1): 359-378.

24. Schubert, H., Engel, R., 2004. Product and formulation engineering of emulsions. **Chemical Engineering Research and Design, 82** (9): 1137-1143.

25. Srinivasan, S., Barbhuiya, S., Charan, D., Pandey, S., 2010. Characterising cement–superplasticiser interaction using zeta potential measurements. **Construction and Building Materials, 24** (12): 2517-2521.

26. Bhatt, N., Prasad, R. K., Singh, K., Panpalia, G. M., 2010. Stability study of O/W emulsions using zeta potential. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2** (1): 512-527.

27. Hsu, J.-P., Nacu, A., 2003. Behavior of soybean oil-in-water emulsion stabilized by nonionic surfactant. **Journal of Colloid and Interface Science, 259** (2): 374-381.

28. Pashley, R., 2003. Effect of degassing on the formation and stability of surfactant-free emulsions and fine teflon dispersions. **The Journal of Physical Chemistry, 107** (7): 1714-1720.

29. Macosko, C. W., 1994. Rheology: Principles, Measurements, and Applications. Wiley-VCH, New York, NY.

30. Whorlow, R. W., 1992. Rheological Techniques, New York, NY.

31. McKenna, B., Lyng, J., 2003. Introduction to food rheology and its measurement. **Texture in Food, 1**: 130.

32. Rao, M. A., Rizvi, S. S., Datta, A. K., Ahmed, J., 2014. Engineering properties of foods. CRC Press, USA.

33. Sherman, P., 1982. Rheology of Emulsions. Marcel Dekker, New York, NY.

34. Steffe, J. F., 1996. Rheological methods in food process engineering. Freeman press.

35. Geankoplis, C., 2003. Transport processes and separation process principles (includes unit operations). Prentice Hall Press.

36. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., 2009. Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties. CRC Press, USA.

37. Awad, T., Moharram, H., Shaltout, O., Asker, D., Youssef, M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. **Food Research International, 48** (2): 410-427.

38. Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A., García-Hernández, M. J., 2009. Effects on Rheological and Functional Properties. CRC Press, USA.

39. Wood, R. W., Loomis, A. L., 1927. The physical and biological effects of high-frequency sound-waves of great intensity. **Philosophical Magazine Series 7, 4** (22): 417-436.

40. Luque de Castro, M., Priego-Capote, F., 2007. Ultrasound-assisted preparation of liquid samples. **Talanta, 72** (2): 321-334.

41. Suslick, K. S., Price, G. J., 1999. Applications of ultrasound to materials chemistry. **Annual Review of Materials Science, 29** (1): 295-326.

42. Freitas, S., Hielscher, G., Merkle, H. P., Gander, B., 2006. Continuous contact-and contamination-free ultrasonic emulsification—a useful tool for pharmaceutical development and production. **Ultrasonics Sonochemistry, 13** (1): 76-85.

43. Chendke, P., Fogler, H. S., 1975. Macrosonics in industry: 4. Chemical processing. **Ultrasonics, 13** (1): 31-37.

44. Mason, T., Paniwnyk, L., Lorimer, J., 1996. The uses of ultrasound in food technology. **Ultrasonics Sonochemistry, 3** (3): 253-260.

45. Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.-S., Chemat, F., 2013. Degradation during application of ultrasound in food processing: a review. **Food Control, 31** (2): 593-606.

46. Wu, H., Hulbert, G. J., Mount, J. R., 2000. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. **Innovative Food Science & Emerging Technologies, 1** (3): 211-218.

47. Chemat, F., Khan, M. K., 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry, 18** (4): 813-835.

48. Kaci, M., Meziani, S., Arab-Tehrany, E., Gillet, G., Desjardins-Lavisse, I., Desobry, S., 2014. Emulsification by high frequency ultrasound using piezoelectric transducer: Formation and stability of emulsifier free emulsion. **Ultrasonics sonochemistry, 21** (3): 1010-1017.

49. Nguyen, N. H., Anema, S. G., 2010. Effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. **Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11** (4): 616-622.

50. Bermúdez-Aguirre, D., Barbosa-Cánovas, G. V., 2012. Fortification of queso fresco, cheddar and mozzarella cheese using selected sources of omega-3 and some nonthermal approaches. **Food Chemistry, 133** (3): 787-797.

51. Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G., 2010. A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. **Food Chemistry, 119** (3): 1108-1113.

52. Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Barbosa-Cánovas, G., 2008. Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment. **Journal of Food Science, 73** (7): 325-332.

53. Patist, A., Bates, D., 2008. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. **Innovative Food Science & Emerging Technologies, 9** (2): 147-154.

54. Abismaıl, B., Canselier, J. P., Wilhelm, A. M., Delmas, H., Gourdon, C., 1999. Emulsification by ultrasound: drop size distribution and stability. **Ultrasonics Sonochemistry, 6** (1): 75-83.

55. Manoi, K., Rizvi, S. S., 2009. Emulsification mechanisms and characterizations of cold, gel-like emulsions produced from texturized whey protein concentrate. **Food Hydrocolloids, 23** (7): 1837-1847.

56. Firebaugh, J., Daubert, C., 2005. Emulsifying and foaming properties of a derivatized whey protein ingredient. **International Journal of Food Properties, 8** (2): 243-253.

57. AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, vol. 2, 17th ed. Washington, DC,

58. Anonymous, 1987b. International Union of Pure and Applied Chemistry. Pergamon Press, Oxford.

59. Reddy, S., Fogler, H. S., 1981. Emulsion stability: determination from turbidity. **Journal of Colloid and Interface Science, 79** (1): 101-104.

60. Pearce, K. N., Kinsella, J. E., 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26** (3): 716-723.

61. Liu, F., Tang, C.-H., 2011. Cold, gel-like whey protein emulsions by microfluidisation emulsification: Rheological properties and microstructures. **Food Chemistry, 127** (4): 1641-1647.

62. Dalgleish, D. G., 1997. Adsorption of protein and the stability of emulsions. **Trends in Food Science & Technology, 8** (1): 1-6.

63. Patel, M. T., Kilara, A., 1990. Studies on Whey Protein Concentrates, 2. Foaming and Emulsifying Properties and their Relationships with Physicochemical Properties. **Journal of Dairy Science, 73** (10): 2731-2740.

64. Acedo-Carrillo, J., Rosas-Durazo, A., Herrera-Urbina, R., Rinaudo, M., Goycoolea, F., Valdez, M., 2006. Zeta potential and drop growth of oil in water emulsions stabilized with mesquite gum. **Carbohydrate polymers, 65** (3): 327-336.

65. Khan, N. M., Mu, T. H., Zhang, M., Chen, J. W., 2013. Effects of high hydrostatic pressure on the physicochemical and emulsifying properties of sweet potato protein. **International Journal of Food Science & Technology, 48** (6): 1260-1268.

66. Julio, L. M., Ixtaina, V. Y., Fernández, M. A., Sánchez, R. M. T., Wagner, J. R., Nolasco, S. M., Tomás, M. C., 2015. Chia seed oil-in-water emulsions as potential delivery systems of ω-3 fatty acids. **Journal of Food Engineering, 162**: 48-55.

67. Zeeb, B., Saberi, A. H., Weiss, J., McClements, D. J., 2015. Retention and release of oil-in-water emulsions from filled hydrogel beads composed of calcium alginate: impact of emulsifier type and pH. **Soft Matter, 11** (11): 2228-2236.

68. Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N. S., Yusof, S., 2008. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ-potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 315** (1): 47-56.

69. Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N. S., Yusof, S., 2008. Optimization of the contents of Arabic gum, xanthan gum and orange oil affecting turbidity, average particle size, polydispersity index and density in orange beverage emulsion. **Food Hydrocolloids, 22** (7): 1212-1223.

70. Lee, S.-M., Lee, K.-T., Lee, S.-H., Song, J.-K., 2013. Origin of human colour preference for food. **Journal of Food Engineering, 119** (3): 508-515.

71. Karasu, S., Doğan, M., Toker, Ö. S., Caniyilmaz, E., 2014. Modeling of rheological properties of mellorine mix including different oil and gum types by combined design, ANN, and ANFIS models. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38** (5): 745-757.

72. Paradiso, V. M., Giarnetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F., Caponio, F., 2015. Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. **Food Hydrocolloids, 45** (0): 30-40.

73. McClements, D. J., 2002. Colloidal basis of emulsion color. **Current Opinion in Colloid & Interface Science, 7** (5–6): 451-455.

74. McClements, D. J., 2002. Theoretical prediction of emulsion color. **Advances in Colloid and Interface Science, 97** (1–3): 63-89.

75. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., 2009. Novel food processing: effects on rheological and functional properties, CRC Press, USA.

76. Boutin, C., Giroux, H. J., Paquin, P., Britten, M., 2007. Characterization and acid-induced gelation of butter oil emulsions produced from heated whey protein dispersions. **International Dairy Journal, 17** (6): 696-703.

77. Demetriades, K., McClements, D. J., 1998. Influence of pH and heating on physicochemical properties of whey protein-stabilized emulsions containing a nonionic surfactant. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46** (10): 3936-3942.

78. Beresovsky, N., Kopelman, I., Mizrahi, S., 1995. The role of pulp interparticle interaction in determining tomato juice viscosity. **Journal of Food Processing and Preservation, 19** (2): 133-146.

79. Villamiel, M., de Jong, P., 2000. Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48** (2): 472-478.

80. Vercet, A., Sánchez, C., Burgos, J., Montañés, L., Buesa, P. L., 2002. The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. **Journal of Food Engineering, 53** (3): 273-278.

81. Sun, D.-W., 2014. Emerging technologies for food processing. Elsevier.

82. Tiwari, B., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C., Cullen, P., 2010. Rheological properties of sonicated guar, xanthan and pectin dispersions. **International Journal of Food Properties, 13** (2): 223-233.

83. Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F., Liu, F., 2010. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. **Food Chemistry, 118** (3): 656-662.

84. Türk Gıda Kodeksi, 2001. *Bitki Adıyla Anılan Yemeklik Yağlar Tebliği.*

85. Chemat, F., Grondin, I., Costes, P., Moutoussamy, L., Sing, A. S. C., Smadja, J., 2004. High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil. **Ultrasonics Sonochemistry, 11** (5): 281-285.

86. Chemat, F., Grondin, I., Shum Cheong Sing, A., Smadja, J., 2004. Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound. **Ultrason Sonochem, 11** (1): 13-5.

87. Balta, M. F., Yarılgaç, T., Aşkın, M. A., Kuçuk, M., Balta, F., Özrenk, K., 2006. Determination of fatty acid compositions, oil contents and some quality traits of hazelnut genetic resources grown in eastern Anatolia of Turkey. **Journal of Food Composition and Analysis, 19** (6–7): 681-686.

88. Gunstone, F. D., 1995. Lipid Handbook. Chapmann & Hall, London.

89. Kaya, S., 2008. Fındık ve zeytin yağlarının oksidatif stabilitelerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

90. Sadıkoğlu, S., 2011. Yükselti Farkı ve Hasat Dönemlerinin Ordu İli Ticari Fındık Çeşitlerindeki Aflatoksin Seviyesi ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

91. Behrend, O., Ax, K., Schubert, H., 2000. Influence of continuous phase viscosity on emulsification by ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry, 7** (2): 77-85.

EKLER

Ek 1. Örneklerin Emülsiyon Aktivitesi İndeksi Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	0. Saat	1. Saat	24. Saat	Örnekler	0. Saat	1. Saat	24. Saat
ZK7-1	37,220	20,604	11,881	**FK7-1**	10,563	6,399	2,073
ZK7-2	30,906	20,355	13,874	**FK7-2**	16,551	6,951	2,191
ZK7-3	32,485	19,939	10,136	**FK7-3**	13,638	6,598	2,951
ZK7-4	28,497	25,007	13,127	**FK7-4**	12,949	6,919	2,313
ZUSE7-1	112,159	111,993	76,268	**FUSE7-1**	101,990	70,469	56,391
ZUSE7-2	97,454	103,851	79,425	**FUSE7-2**	103,220	79,569	64,918
ZUSE7-3	111,827	109,916	84,327	**FUSE7-3**	93,117	67,735	41,962
ZUSE7-4	106,427	102,356	83,745	**FUSE7-4**	94,357	75,820	76,002
ZUS7-1	58,323	54,667	57,824	**FUS7-1**	55,795	42,360	35,382
ZUS7-2	66,631	56,329	56,163	**FUS7-2**	59,476	44,259	17,243
ZUS7-3	58,406	55,664	49,267	**FUS7-3**	57,411	40,863	38,164
ZUS7-4	60,815	57,492	48,768	**FUS7-4**	61,098	48,807	26,389
ZK10-1	16,749	14,248	8,491	**FK10-1**	12,581	9,150	3,447
ZK10-2	14,946	12,678	7,677	**FK10-2**	9,562	8,505	5,060
ZK10-3	16,342	13,434	7,851	**FK10-3**	11,857	10,320	4,338
ZK10-4	15,063	11,515	10,003	**FK10-4**	13,027	12,096	3,540
ZUSE10-1	88,526	74,615	58,738	**FUSE10-1**	124,856	82,135	62,385
ZUSE10-2	78,511	84,269	60,367	**FUSE10-2**	110,753	83,588	48,599
ZUSE10-3	90,841	85,141	55,830	**FUSE10-3**	123,379	95,202	50,743
ZUSE10-4	88,049	82,175	55,481	**FUSE10-4**	113,533	77,802	46,540
ZUS10-1	78,511	58,040	53,911	**FUS10-1**	95,900	67,299	64,612
ZUS10-2	84,676	63,158	60,483	**FUS10-2**	97,273	71,474	50,726
ZUS10-3	88,747	55,540	49,142	**FUS10-3**	90,137	78,104	63,798
ZUS10-4	73,859	66,124	53,446	**FUS10-4**	87,956	75,941	41,997
ZK15-1	11,709	8,375	7,793	**FK15-1**	12,630	5,757	0,895
ZK15-2	12,950	6,048	5,118	**FK15-2**	10,497	6,814	1,536
ZK15-3	15,547	9,654	4,575	**FK15-3**	9,418	4,361	4,007
ZK15-4	13,764	5,738	4,924	**FK15-4**	11,037	7,589	2,431
ZUSE15-1	79,985	67,035	53,426	**FUSE15-1**	92,465	71,963	31,135
ZUSE15-2	71,222	62,809	45,866	**FUSE15-2**	77,612	71,168	28,813
ZUSE15-3	77,116	66,609	51,488	**FUSE15-3**	86,626	69,323	35,591
ZUSE15-4	73,626	60,599	48,852	**FUSE15-4**	91,825	65,484	34,124
ZUS15-1	71,377	58,273	47,068	**FUS15-1**	78,050	44,474	29,412
ZUS15-2	65,407	56,606	49,278	**FUS15-2**	80,597	43,552	27,035
ZUS15-3	63,740	58,777	49,162	**FUS15-3**	71,447	37,266	30,713
ZUS15-4	69,400	57,226	44,858	**FUS15-4**	80,520	40,597	29,140

Ek 2. Örneklerin Emülsiyon Stabilitesi Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	ESI	Örnekler	ESI
ZK7-1	35,252	**FK7-1**	29,859
ZK7-2	34,885	**FK7-2**	27,662
ZK7-3	44,497	**FK7-3**	30,627
ZK7-4	-	**FK7-4**	29,219
ZUSE7-1	99,247	**FUSE7-1**	53,680
ZUSE7-2	73,767	**FUSE7-2**	64,677
ZUSE7-3	121,159	**FUSE7-3**	43,687
ZUSE7-4	-	**FUSE7-4**	54,015
ZUS7-1	58,971	**FUS7-1**	71,588
ZUS7-2	96,069	**FUS7-2**	42,247
ZUS7-3	129,733	**FUS7-3**	65,600
ZUS7-4	-	**FUS7-4**	59,812
ZK10-1	38,479	**FK10-1**	37,847
ZK10-2	46,192	**FK10-2**	32,954
ZK10-3	49,344	**FK10-3**	33,056
ZK10-4	-	**FK10-4**	34,619
ZUSE10-1	76,596	**FUSE10-1**	44,205
ZUSE10-2	53,780	**FUSE10-2**	42,766
ZUSE10-3	65,188	**FUSE10-3**	39,523
ZUSE10-4	-	**FUSE10-4**	46,544
ZUS10-1	71,325	**FUS10-1**	50,155
ZUS10-2	52,728	**FUS10-2**	53,362
ZUS10-3	58,691	**FUS10-3**	51,759
ZUS10-4	-	**FUS10-4**	-
ZK15-1	34,007	**FK15-1**	25,830
ZK15-2	37,368	**FK15-2**	28,115
ZK15-3	39,683	**FK15-3**	30,780
ZK15-4	-	**FK15-4**	28,241
ZUSE15-1	72,280	**FUSE15-1**	25,830
ZUSE15-2	72,218	**FUSE15-2**	28,115
ZUSE15-3	86,537	**FUSE15-3**	30,780
ZUSE15-4	-	**FUSE15-4**	28,241
ZUS15-1	67,867	**FUS15-1**	38,513
ZUS15-2	69,168	**FUS15-2**	36,114
ZUS15-3	70,469	**FUS15-3**	37,612
ZUS15-4	-	**FUS15-4**	37,413

Ek 3. Örneklerin Kremalaşma İndeksi Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	1.Gün	7.Gün	14.Gün	Örnekler	1.Gün	7.Gün	14.Gün
ZK7-1	4,000	20,000	60,000	**FK7-1**	2,000	22,000	36,000
ZK7-2	4,500	27,000	66,000	**FK7-2**	2,000	24,000	44,000
ZK7-3	3,000	24,000	62,000	**FK7-3**	4,000	22,000	46,000
ZK7-4	3,000	22,000	70,000	**FK7-4**	2,041	20,408	42,857
ZUSE7-1	0,000	6,000	18,000	**FUSE7-1**	0,000	2,000	10,000
ZUSE7-2	0,000	4,000	12,000	**FUSE7-2**	0,000	2,000	12,000
ZUSE7-3	0,000	2,000	10,000	**FUSE7-3**	0,000	4,000	14,000
ZUSE7-4	0,000	4,000	12,000	**FUSE7-4**	0,000	4,000	16,000
ZUS-1	0,000	8,000	22,000	**FUS7-1**	0,000	4,000	18,000
ZUS7-2	0,000	4,000	12,000	**FUS7-2**	0,000	7,692	15,385
ZUS7-3	0,000	6,000	10,000	**FUS7-3**	0,000	6,000	14,000
ZUS7-4	0,000	4,000	10,000	**FUS7-4**	0,000	2,174	10,870
ZK10-1	8,000	30,000	68,000	**FK10-1**	6,383	48,936	78,723
ZK10-2	7,000	32,000	70,000	**FK10-2**	8,333	43,750	81,250
ZK10-3	7,000	30,000	72,000	**FK10-3**	6,122	38,776	65,306
ZK10-4	8,000	30,000	70,000	**FK10-4**	10,204	40,816	67,347
ZUSE10-1	0,000	8,000	16,000	**FUSE10-1**	0,000	12,000	26,000
ZUSE10-2	0,000	6,000	20,000	**FUSE10-2**	0,000	14,286	28,571
ZUSE10-3	0,000	8,000	22,000	**FUSE10-3**	0,000	18,367	26,531
ZUSE10-4	0,000	8,000	26,000	**FUSE10-4**	0,000	16,000	28,000
ZUS10-1	0,000	10,000	26,000	**FUS10-1**	0,000	22,000	28,000
ZUS10-2	0,000	8,000	24,000	**FUS10-2**	0,000	24,000	32,000
ZUS10-3	0,000	8,000	20,000	**FUS10-3**	0,000	20,000	26,000
ZUS10-4	0,000	10,000	30,000	**FUS10-4**	0,000	16,000	30,000
ZK15-1	11,000	40,000	72,000	**FK15-1**	12,000	54,000	82,000
ZK15-2	12,000	42,000	74,000	**FK15-2**	14,583	62,500	81,250
ZK15-3	13,000	50,000	70,000	**FK15-3**	16,667	54,167	81,250
ZK15-4	12,000	48,000	74,000	**FK15-4**	14,000	56,000	80,000
ZUSE15-1	0,000	12,000	32,000	**FUSE15-1**	0,000	12,245	28,571
ZUSE15-2	0,000	10,000	28,000	**FUSE15-2**	0,000	14,286	32,653
ZUSE15-3	0,000	8,000	22,000	**FUSE15-3**	0,000	18,367	30,612
ZUSE15-4	0,000	10,000	26,000	**FUSE15-4**	0,000	18,000	30,000
ZUS15-1	0,000	12,000	30,000	**FUS15-1**	0,000	26,000	30,000
ZUS15-2	0,000	10,000	34,000	**FUS15-2**	0,000	22,000	32,000
ZUS15-3	0,000	12,000	32,000	**FUS15-3**	0,000	20,000	30,000
ZUS15-4	0,000	14,000	38,000	**FUS15-4**	0,000	22,000	32,000

Ek 4. Örneklerin Zeta Potansiyeli Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	**Zeta Potansiyel**	**Örnekler**	**Zeta Potansiyel**
ZK7-1	-46,70	**FK7-1**	-44,22
ZK7-2	-48,50	**FK7-2**	-55,10
ZUSE7-1	-36,40	**FUSE7-1**	-38,50
ZUSE7-2	-36,70	**FUSE7-2**	-34,40
ZUS7-1	-40,40	**FUS7-1**	-36,80
ZUS7-2	-34,80	**FUS7-2**	-36,40
ZK10-1	-50,50	**FK10-1**	-40,40
ZK10-2	-51,70	**FK10-2**	-46,60
ZUSE10-1	-36,10	**FUSE10-1**	-38,40
ZUSE10-2	-35,20	**FUSE10-2**	-36,90
ZUS10-1	-34,20	**FUS10-1**	-31,70
ZUS10-2	-32,50	**FUS10-2**	-34,90
ZK15-1	-43,60	**FK15-1**	-44,30
ZK15-2	-48,70	**FK15-2**	-39,30
ZUSE15-1	-35,50	**FUSE15-1**	-36,60
ZUSE15-2	-35,00	**FUSE15-2**	-34,30
ZUS15-1	-34,90	**FUS15-1**	-36,70
ZUS15-2	-35,10	**FUS15-2**	-38,90

Ek 5. Örneklerin Renk Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	***L****	***a****	***b****
ZK7-1	58,28	-5,26	1,13
ZK7-2	58,24	-5,30	1,13
ZK7-3	58,02	-5,32	1,08
ZK7-4	57,56	-5,25	0,98
ZK7-5	57,01	-5,23	0,91
ZK7-6	54,44	-4,90	0,39
ZK7-7	54,10	-4,87	0,30
ZK7-8	53,65	-4,83	0,27
ZK7-9	54,77	-4,94	0,30
ZK7-10	53,16	-4,82	0,24
ZUSE7-1	67,76	-2,01	6,17
ZUSE7-2	66,17	-1,88	5,85
ZUSE7-3	65,91	-1,99	5,92
ZUSE7-4	65,29	-1,90	5,72
ZUSE7-5	66,65	-2,03	5,99
ZUSE7-6	67,44	-2,10	5,85
ZUSE7-7	67,12	-2,13	5,82
ZUSE7-8	67,23	-2,12	5,80
ZUSE7-9	67,26	-2,13	5,80
ZUSE7-10	66,89	-2,12	5,74

ZUS7-1	69,25	-1,83	6,14
ZUS7-2	69,30	-1,87	6,19
ZUS7-3	68,70	-1,86	6,10
ZUS7-4	69,08	-1,87	6,15
ZUS7-5	68,03	-1,86	6,03
ZUS7-6	68,88	-1,63	6,50
ZUS7-7	67,16	-1,61	6,35
ZUS7-8	67,09	-1,57	6,30
ZUS7-9	66,91	-1,62	6,35
ZUS7-10	68,66	-1,60	6,51
ZK10-1	55,38	-4,87	1,95
ZK10-2	55,08	-4,86	1,90
ZK10-3	54,73	-4,81	1,81
ZK10-4	54,28	-4,78	1,80
ZK10-5	54,38	-4,79	1,81
ZK10-6	59,54	-4,18	3,16
ZK10-7	58,80	-4,16	3,00
ZK10-8	58,76	-4,19	2,97
ZK10-9	58,81	-4,24	2,98
ZK10-10	58,30	-4,21	2,84
ZUSE10-1	70,84	-1,78	7,14
ZUSE10-2	70,98	-1,78	7,15
ZUSE10-3	70,89	-1,81	7,14
ZUSE10-4	70,46	-1,75	7,00
ZUSE10-5	70,10	-1,79	7,00
ZUSE10-6	69,68	-1,59	7,38
ZUSE10-7	69,33	-1,61	7,35
ZUSE10-8	69,24	-1,60	7,30
ZUSE10-9	69,32	-1,60	7,32
ZUSE10-10	68,61	-1,57	7,18
ZUS10-1	68,52	-1,69	7,13
ZUS10-2	67,98	-1,69	7,03
ZUS10-3	67,99	-1,69	7,04
ZUS10-4	68,08	-1,70	7,05
ZUS10-5	68,03	-1,72	7,06
ZUS10-6	70,62	-1,56	7,24
ZUS10-7	69,99	-1,56	7,13
ZUS10-8	69,25	-1,53	7,01
ZUS10-9	69,56	-1,55	7,06
ZUS10-10	67,99	-1,49	6,81
ZK15-1	55,97	-4,45	4,15
ZK15-2	55,51	-4,47	4,02
ZK15-3	55,31	-4,49	3,94
ZK15-4	55,11	-4,49	3,86
ZK15-5	54,44	-4,46	3,76
ZK15-6	56,19	-3,93	4,87
ZK15-7	56,02	-3,94	4,77
ZK15-8	54,80	-3,88	4,64
ZK15-9	55,41	-3,91	4,59
ZK15-10	54,81	-3,90	4,54
ZUSE15-1	70,46	-1,37	8,63
ZUSE15-2	70,13	-1,38	8,60

ZUSE15-3	69,89	-1,35	8,51
ZUSE15-4	69,89	-1,36	8,53
ZUSE15-5	70,31	-1,38	8,64
ZUSE15-6	68,87	-1,48	8,03
ZUSE15-7	67,36	-1,40	7,79
ZUSE15-8	66,59	-1,37	7,69
ZUSE15-9	66,97	-1,43	7,78
ZUSE15-10	67,55	-1,44	7,83
ZUSE15-1	70,88	-1,34	8,67
ZUS15-2	70,19	-1,32	8,54
ZUS15-3	69,81	-1,33	8,52
ZUS15-4	69,04	-1,32	8,42
ZUS15-5	69,08	-1,35	8,43
ZUS15-6	69,51	-1,40	8,23
ZUS15-7	69,15	-1,40	8,21
ZUS15-8	69,41	-1,42	8,25
ZUS15-9	69,32	-1,41	8,24
ZUS15-10	69,50	-1,33	8,27

Ek 5. Örneklerin Renk Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

Örnekler	***L****	***a****	***b****
FK7-1	62,29	-5,12	-1,18
FK7-2	62,03	-5,18	-1,30
FK7-3	61,84	-5,17	-1,34
FK7-4	61,91	-5,17	-1,33
FK7-5	61,92	-5,20	-1,31
FK7-6	62,51	-4,69	-1,01
FK7-7	62,26	-4,70	-1,01
FK7-8	62,41	-4,74	-1,03
FK7-9	62,35	-4,77	-1,05
FK7-10	62,43	-4,76	-1,07
FUSE7-1	67,74	-2,34	3,28
FUSE7-2	67,31	-2,35	3,23
FUSE7-3	67,28	-2,35	3,52
FUSE7-4	67,47	-2,37	3,25
FUSE7-5	67,08	-2,34	3,16
FUSE7-6	71,23	-2,25	3,88
FUSE7-7	71,22	-2,28	3,87
FUSE7-8	70,86	-2,26	3,77
FUSE7-9	70,39	-2,29	3,72
FUSE7-10	70,10	-2,24	3,60
FUS7-1	73,43	-1,89	3,72
FUS7-2	72,92	-2,02	3,68
FUS7-3	70,76	-2,04	3,37
FUS7-4	70,66	-2,06	3,35
FUS7-5	70,68	-2,06	3,36
FUS7-6	73,55	-2,00	4,05
FUS7-7	73,39	-2,03	3,99
FUS7-8	73,42	-2,05	4,01

FUS7-9	73,33	-2,05	3,99
FUS7-10	73,31	-2,05	3,99
FK10-1	61,38	-5,16	-1,74
FK10-2	61,30	-5,18	-1,78
FK10-3	61,18	-5,20	-1,80
FK10-4	61,02	-5,22	-1,83
FK10-5	60,91	-5,21	-1,86
FK10-6	62,16	-5,37	-2,28
FK10-7	61,75	-5,37	-2,38
FK10-8	61,57	-5,36	-2,42
FK10-9	61,62	-5,37	-2,46
FK10-10	61,50	-5,39	-2,49
FUSE10-1	71,96	-1,67	4,49
FUSE10-2	72,29	-1,68	4,51
FUSE10-3	72,02	-1,67	4,43
FUSE10-4	71,41	-1,66	4,40
FUSE10-5	71,99	-1,65	4,45
FUSE10-6	71,28	-1,59	4,55
FUSE10-7	69,97	-1,57	4,35
FUSE10-8	70,63	-1,55	4,38
FUSE10-9	69,43	-1,56	4,31
FUSE10-10	70,15	-1,59	4,40
FUS10-1	76,05	-1,32	4,55
FUS10-2	76,05	-1,32	4,54
FUS10-3	76,04	-1,32	4,55
FUS10-4	76,04	-1,31	4,55
FUS10-5	76,33	-1,32	4,54
FUS10-6	72,89	-1,53	4,19
FUS10-7	72,26	-1,54	4,14
FUS10-8	72,82	-1,55	4,18
FUS10-9	72,93	-1,55	4,20
FUS10-10	72,67	-1,55	4,10
FK15-1	56,00	-5,31	-1,81
FK15-2	55,68	-5,25	-1,79
FK15-3	55,66	-5,21	-1,83
FK15-4	54,18	-5,21	-1,73
FK15-5	55,29	-5,24	-1,81
FK15-6	54,42	-5,35	-2,64
FK15-7	54,11	-5,35	-2,76
FK15-8	54,05	-5,39	-2,79
FK15-9	53,67	-5,37	-2,88
FK15-10	53,92	-5,40	-2,97
FUSE15-1	69,62	-2,02	3,82
FUSE15-2	70,93	-2,08	3,99
FUSE15-3	70,96	-2,06	3,97
FUSE15-4	69,71	-2,04	3,80
FUSE15-5	70,58	-2,06	3,91
FUSE15-6	72,66	-1,50	5,06
FUSE15-7	72,19	-1,48	4,98
FUSE15-8	72,70	-1,50	5,07
FUSE15-9	72,67	-1,49	5,01
FUSE15-10	72,65	-1,51	5,03

FUS15-1	74,64	-1,37	4,81
FUS15-2	74,51	-1,36	4,80
FUS15-3	74,60	-1,37	4,84
FUS15-4	74,62	-1,38	4,82
FUS15-5	74,75	-1,37	4,82
FUS15-6	75,96	-1,36	5,15
FUS15-7	75,93	-1,36	5,16
FUS15-8	76,08	-1,38	5,17
FUS15-9	76,01	-1,38	5,16
FUS15-10	76,06	-1,37	5,16

Ek 6. Örneklerin Peroksit Sayısı Değerlerine Ait Ham Veriler

Örnekler	**Peroksit Sayısı Değeri**	**Örnekler**	**Peroksit Sayısı Değeri**
ZK-1	11,237	**FK-1**	4,530
ZK-2	10,989	**FK-2**	4,631
ZK-3	12,360	**FK-3**	5,781
ZK-4	10,662	**FK-4**	4,763
ZUSE-1	10,645	**FUSE-1**	4,817
ZUSE-2	10,225	**FUSE-2**	5,249
ZUSE-3	12,772	**FUSE-3**	4,570
ZUSE-4	12,385	**FUSE-4**	5,981
ZUS-1	10,329	**FUS-1**	5,707
ZUS-2	10,558	**FUS-2**	6,518
ZUS-3	11,915	**FUS-3**	6,889
ZUS-4	11,338	**FUS-4**	5,656
Zeytinyağı-1	9,596	**Fındıkyağı-1**	3,848
Zeytinyağı-2	9,309	**Fındıkyağı-2**	2,317
Zeytinyağı-3	9,212	**Fındıkyağı-3**	3,123
Zeytinyağı-4	8,566	**Fındıkyağı-4**	3,933

Ek 7. Örneklerin Yağ Asidi Değerlerine Ait Ham Veriler

Zeytin Yağı				
Yağ Asidi (%)	US uygulaması öncesi-1	US uygulaması öncesi-2	US uygulaması sonrası-1	US uygulaması sonrası-2
C14:0	0,08	0,08	0,13	0,13
C16:0	12,48	12,56	13,98	13,91
C16:1	0,87	0,87	0,87	0,86
C18:0	3,32	3,3	4,3	4,29
C18:1	70,27	70,29	69,93	70,04
C18:2	8,5	8,45	8,36	8,36
C18:3	0,26	0,26	0,26	0,26
C20:0	0,42	0,43	0,43	0,43
C20:1	0,69	0,69	0,68	0,68
C22:2	0,55	0,57	0,5	0,51

Ek 7. Örneklerin Yağ Asidi Değerlerine Ait Ham Veriler'in Devamı

Fındık Yağı				
Yağ Asidi (%)	US uygulaması öncesi-1	US uygulaması öncesi-2	US uygulaması sonrası-1	US uygulaması sonrası-2
C14:0	0,00	0,00	0,00	0,00
C16:0	6,33	6,72	6,97	7,07
C16:1	0,16	0,16	0,00	0,00
C18:0	3,23	3,41	3,71	3,78
C18:1	74,11	73,72	73,20	73,06
C18:2	15,62	15,04	15,00	14,98
C18:3	0,00	0,00	0,00	0,00
C20:0	0,00	0,00	0,00	0,00
C20:1	0,00	0,00	0,00	0,00
C22:2	0,13	0,13	0,00	0,00

Ek 8. Örneklerin K, n ve R^2 değerlerine ait ham veriler

Örnekler	K	n	R2
ZK7-1	0,767	0,429	1,000
ZK7-2	0,896	0,414	1,000
ZK7-3	0,706	0,405	0,999
ZK7-4	0,710	0,415	0,999
ZK7-5	0,701	0,430	1,000
ZUSE7-1	0,295	0,561	0,999
ZUSE7-2	0,274	0,608	0,999
ZUSE7-3	0,275	0,603	0,999
ZUSE7-4	0,310	0,550	0,999
ZUSE7-5	0,323	0,536	0,999
ZUS7-1	0,247	0,542	1,000
ZUS7-2	0,233	0,561	1,000
ZUS7-3	0,227	0,564	1,000
ZUS7-4	0,249	0,569	1,000
ZUS7-5	0,295	0,565	1,000
ZK10-1	0,776	0,399	1,000
ZK10-2	0,823	0,416	1,000
ZK10-3	0,859	0,410	1,000
ZK10-4	0,815	0,399	0,999
ZK10-5	0,890	0,399	1,000
ZUSE10-1	0,366	0,602	0,998
ZUSE10-2	0,365	0,601	0,998
ZUSE10-3	0,373	0,603	1,000
ZUSE10-4	0,389	0,603	0,998
ZUSE10-5	0,355	0,605	0,998
ZUS10-1	0,465	0,660	1,000
ZUS10-2	0,414	0,661	1,000
ZUS10-3	0,373	0,669	0,999
ZUS10-4	0,285	0,651	0,999
ZUS10-5	0,384	0,661	1,000
ZK15-1	1,134	0,437	0,998
ZK15-2	1,290	0,414	1,000
ZK15-3	1,211	0,422	1,000
ZK15-4	1,158	0,427	1,000
ZK15-5	1,137	0,431	1,000
ZUSE15-1	0,798	0,579	0,999
ZUSE15-2	0,875	0,592	1,000
ZUSE15-3	0,858	0,594	0,999
ZUSE15-4	0,792	0,581	1,000
ZUSE15-5	0,751	0,595	0,999
ZUS15-1	0,478	0,575	0,999
ZUS15-2	0,434	0,589	0,999
ZUS15-3	0,451	0,587	0,999
ZUS15-4	0,455	0,580	0,999
ZUS15-5	0,398	0,579	0,999
FK7-1	1,131	0,374	0,998
FK7-2	1,203	0,358	0,999
FK7-3	1,236	0,358	0,999

FK7-4	1,134	0,359	1,000
FK7-5	1,207	0,362	1,000
FUSE7-1	0,392	0,549	1,000
FUSE7-2	0,319	0,561	1,000
FUSE7-3	0,269	0,602	0,999
FUSE7-4	0,320	0,569	1,000
FUSE7-5	0,375	0,562	1,000
FUS7-1	0,243	0,540	0,997
FUS7-2	0,214	0,573	0,999
FUS7-3	0,287	0,585	1,000
FUS7-4	0,176	0,596	0,999
FUS7-5	0,152	0,642	0,999
FK10-1	1,044	0,405	1,000
FK10-2	1,026	0,417	1,000
FK10-3	1,025	0,427	1,000
FK10-4	1,038	0,390	0,999
FK10-5	1,006	0,406	1,000
FUSE10-1	0,329	0,655	0,999
FUSE10-2	0,380	0,613	1,000
FUSE10-3	0,352	0,643	0,999
FUSE10-4	0,483	0,627	1,000
FUSE10-5	0,392	0,677	1,000
FUS10-1	0,335	0,634	0,998
FUS10-2	0,246	0,634	0,999
FUS10-3	0,251	0,629	0,999
FUS10-4	0,202	0,629	0,999
FUS10-5	0,205	0,631	0,991
FK15-1	1,096	0,397	0,999
FK15-2	1,068	0,403	1,000
FK15-3	1,066	0,414	1,000
FK15-4	1,101	0,409	0,999
FK15-5	1,104	0,409	1,000
FUSE15-1	0,541	0,604	0,999
FUSE15-2	0,492	0,548	0,999
FUSE15-3	0,475	0,627	0,999
FUSE15-4	0,506	0,608	0,999
FUSE15-5	0,528	0,607	0,998
FUS15-1	0,454	0,531	1,000
FUS15-2	0,444	0,529	1,000
FUS15-3	0,404	0,526	0,999
FUS15-4	0,495	0,525	0,999
FUS15-5	0,608	0,551	1,000

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler

FK7		FUSE7		FUS7	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
1,000	1,330	0,100	0,138	0,100	0,105
5,124	2,162	4,263	0,734	0,500	0,233
9,249	2,654	8,425	1,044	0,700	0,273
13,376	3,024	12,590	1,296	1,000	0,314
17,502	3,323	16,750	1,509	6,000	0,686
21,630	3,570	20,910	1,707	11,000	0,885
25,756	3,807	25,072	1,891	16,000	1,070
29,876	4,020	29,240	2,063	20,000	1,213
34,000	4,210	33,400	2,226	24,000	1,346
38,122	4,394	37,564	2,376	28,000	1,468
42,252	4,551	41,728	2,526	30,000	1,528
46,370	4,742	45,886	2,681	35,000	1,682
50,496	4,878	50,050	2,808	40,000	1,826
54,628	5,006	54,210	2,962	45,000	1,962
58,752	5,146	58,378	3,069	49,996	2,087
62,872	5,282	62,536	3,210	56,002	2,237
66,996	5,396	66,700	3,310	62,002	2,379
71,130	5,519	70,864	3,443	66,998	2,497
75,248	5,641	75,030	3,564	72,004	2,612
79,368	5,787	79,188	3,665	76,998	2,722
83,502	5,856	83,350	3,817	81,998	2,829
87,628	5,979	87,512	3,911	85,998	2,915
91,752	6,106	91,674	4,011	91,002	3,021
95,876	6,212	95,838	4,131	96,002	3,123
99,998	6,329	100,000	4,199	99,996	3,204

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler'in devamı

FK10		FUSE10		FUS10	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
0,280	0,453	0,100	0,149	0,100	0,161
4,436	1,650	4,264	0,806	0,500	0,305
8,590	2,108	8,425	1,060	0,700	0,344
12,746	2,526	12,590	1,359	1,000	0,388

16,894	2,860	16,750	1,616	6,000	0,854
21,052	3,114	20,910	1,838	11,000	1,159
25,208	3,352	25,070	2,058	16,000	1,417
29,362	3,560	29,240	2,252	20,000	1,621
33,522	3,757	33,400	2,434	24,000	1,813
37,674	3,934	37,560	2,656	28,000	1,990
41,830	4,095	41,730	2,807	30,000	2,086
45,980	4,256	45,890	3,023	35,002	2,301
50,132	4,409	50,050	3,177	39,998	2,512
54,296	4,561	54,220	3,369	45,000	2,710
58,446	4,705	58,370	3,484	49,998	2,901
62,604	4,808	62,530	3,696	56,004	3,129
66,758	4,954	66,700	3,762	62,000	3,343
70,914	5,092	70,860	3,987	66,996	3,518
75,064	5,214	75,020	4,049	72,002	3,689
79,224	5,337	79,190	4,210	77,000	3,852
83,376	5,455	83,350	4,375	82,000	4,017
87,536	5,551	87,510	4,459	86,000	4,146
91,696	5,666	91,670	4,728	91,000	4,304
95,848	5,761	95,840	4,873	96,002	4,466
99,996	5,869	100,000	4,859	99,994	4,588

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler'in devamı

FK15		**FUSE15**		**FUS15**	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
0,099	0,314	0,099	0,231	0,100	0,180
4,262	1,815	4,263	1,082	0,500	0,416
8,425	2,337	8,425	1,531	0,700	0,501
12,588	2,804	12,590	1,927	1,000	0,591
16,750	3,164	16,750	2,247	6,000	1,329
20,914	3,442	20,910	2,505	11,000	1,783
25,072	3,698	25,073	2,789	16,000	2,111
29,234	3,933	29,240	3,014	20,000	2,357
33,404	4,129	33,400	3,241	24,000	2,594
37,560	4,330	37,560	3,505	28,000	2,807
41,726	4,520	41,725	3,692	30,000	2,908
45,892	4,692	45,888	3,943	35,000	3,164
50,046	4,881	50,050	4,124	40,000	3,404
54,212	5,015	54,213	4,342	45,000	3,629

58,376	5,165	58,375	4,519	50,000	3,845
62,538	5,306	62,538	4,713	55,998	4,095
66,704	5,451	66,700	4,884	62,000	4,333
70,862	5,590	70,865	5,077	67,000	4,525
75,022	5,735	75,025	5,234	72,000	4,711
79,186	5,852	79,185	5,423	77,000	4,891
83,342	5,994	83,348	5,576	82,000	5,068
87,516	6,119	87,513	5,767	86,002	5,207
91,670	6,243	91,675	5,891	91,002	5,380
95,836	6,368	95,838	6,057	96,002	5,548
99,998	6,483	100,000	6,225	99,998	5,678

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK7		**ZUSE7**		**ZUS7**	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
0,099	0,272	0,100	0,178	0,100	0,078
4,263	1,510	4,263	0,727	0,500	0,218
8,425	1,977	8,425	1,012	0,700	0,264
12,586	2,365	12,588	1,242	1,000	0,309
16,748	2,666	16,750	1,433	6,000	0,742
20,913	2,920	20,910	1,622	11,000	0,981
25,075	3,141	25,075	1,789	16,000	1,185
29,235	3,329	29,237	1,939	20,000	1,328
33,401	3,516	33,399	2,095	24,000	1,469
37,562	3,677	37,563	2,233	28,000	1,593
41,726	3,828	41,724	2,371	30,000	1,652
45,886	3,976	45,888	2,512	35,000	1,811
50,046	4,119	50,049	2,639	40,000	1,958
54,214	4,270	54,216	2,772	45,000	2,094
58,375	4,382	58,373	2,886	50,000	2,222
62,536	4,509	62,536	3,020	56,000	2,372
66,698	4,623	66,698	3,129	62,000	2,517
70,860	4,752	70,863	3,238	67,000	2,634
75,028	4,864	75,025	3,361	72,000	2,747
79,185	4,980	79,190	3,462	77,000	2,857
83,353	5,091	83,348	3,594	82,002	2,964
87,511	5,223	87,510	3,696	85,998	3,049
91,674	5,321	91,673	3,784	91,004	3,152
95,834	5,436	95,836	3,892	96,000	3,253
99,997	5,516	99,999	3,995	99,996	3,333

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK10		ZUSE10		ZUS10	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
0,100	0,303	0,100	0,259	0,100	0,137
4,264	1,495	0,500	0,456	0,500	0,260
8,425	1,963	0,700	0,498	0,700	0,288
12,586	2,365	1,000	0,543	1,000	0,323
16,750	2,670	6,000	0,989	6,000	0,700
20,910	2,947	11,000	1,270	11,000	0,955
25,074	3,166	16,000	1,573	16,000	1,180
29,234	3,354	20,000	1,782	20,000	1,357
33,400	3,537	24,000	1,990	24,000	1,524
37,564	3,707	28,000	2,192	28,000	1,681
41,724	3,850	30,000	2,288	30,000	1,765
45,888	4,001	35,000	2,518	35,000	1,949
50,050	4,139	40,000	2,736	40,000	2,135
54,206	4,271	45,000	2,946	44,998	2,307
58,374	4,377	50,000	3,147	50,003	2,473
62,534	4,515	56,000	3,379	55,995	2,670
66,700	4,641	62,000	3,603	62,000	2,856
70,858	4,739	67,000	3,783	67,000	3,007
75,026	4,827	72,000	3,962	72,003	3,155
79,188	4,948	77,000	4,130	77,000	3,298
83,352	5,072	82,000	4,299	82,003	3,441
87,512	5,175	86,000	4,428	85,995	3,549
91,676	5,275	91,000	4,587	91,003	3,685
95,836	5,400	95,997	4,746	96,000	3,821
99,996	5,457	100,000	4,868	99,995	3,924

Ek 9. Örneklerin Kesme Hızı ve Kesme Gerilimine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK15		ZUSE15		ZUS15	
Kesme Hızı (1/s)	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**	**Kesme Hızı (1/s)**	**Kesme Gerilimi (Pa)**
0,099	0,383	0,100	0,377	0,100	0,253
4,263	2,319	0,500	0,659	0,500	0,467
8,426	3,004	0,700	0,737	0,700	0,531
12,580	3,531	1,000	0,822	1,000	0,601
16,750	3,949	6,000	1,655	6,000	1,323
20,910	4,331	11,000	2,211	11,000	1,795
25,074	4,649	16,000	2,723	16,000	2,137
29,234	4,991	20,000	3,098	20,000	2,415
33,400	5,269	24,000	3,443	24,000	2,684
37,562	5,515	28,000	3,770	28,000	2,932
41,724	5,793	30,000	3,923	30,000	3,057
45,886	6,018	35,000	4,300	34,998	3,351
50,048	6,240	40,000	4,655	40,002	3,634
54,212	6,435	45,000	4,993	45,002	3,904
58,374	6,660	50,000	5,319	49,998	4,158
62,532	6,877	56,000	5,693	56,000	4,460
66,700	7,071	62,000	6,052	62,000	4,742
70,862	7,245	67,000	6,340	67,000	4,972
75,024	7,446	72,000	6,620	72,000	5,194
79,184	7,631	76,997	6,891	76,996	5,411
83,350	7,825	82,003	7,156	81,998	5,623
87,516	7,999	86,000	7,366	86,000	5,787
91,678	8,155	91,000	7,621	91,000	5,991
95,838	8,349	96,000	7,873	95,998	6,194
100,000	8,500	100,000	8,083	100,000	6,350

Ek 10. Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler

FK7			FUSE7			FUS7		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	1,142	1,007	0,100	0,540	0,792	0,100	0,328	0,525
0,200	1,718	1,371	0,129	0,685	1,102	0,129	0,477	0,592
0,300	2,108	1,668	0,167	0,932	1,352	0,167	0,581	0,670
0,400	2,428	1,927	0,215	1,191	1,617	0,215	0,689	0,764
0,500	2,710	2,153	0,278	1,466	1,899	0,278	0,806	0,875
0,600	2,964	2,357	0,359	1,774	2,206	0,359	0,936	1,004
0,700	3,186	2,544	0,464	2,115	2,542	0,464	1,077	1,151
0,800	3,398	2,709	0,599	2,476	2,881	0,599	1,230	1,322
0,900	3,587	2,867	0,774	2,900	3,276	0,774	1,399	1,522
1,000	3,761	3,013	1,000	3,337	3,667	1,000	1,597	1,758
2,000	4,917	3,954	1,292	3,837	4,113	1,292	1,863	2,036
3,000	5,944	4,489	1,668	4,367	4,594	1,668	2,247	2,370
4,000	6,727	4,935	2,154	5,047	5,111	2,154	2,715	2,759
5,000	7,734	5,088	2,783	6,048	5,672	2,783	3,161	3,166
6,000	8,904	5,206	3,594	7,257	6,132	3,594	3,733	3,559
7,000	9,780	4,178	4,642	8,547	6,488	4,642	4,072	4,059
8,000	9,372	3,854	5,995	9,436	7,083	5,995	5,403	4,695
9,000	10,189	3,894	7,743	9,738	7,613	7,743	7,165	4,838
10,000	10,625	3,991	10,000	11,057	7,622	10,000	9,975	5,085

Ek 10: Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

FK10			FUSE10			FUS10		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	1,027	1,017	0,100	1,999	2,295	0,100	1,396	1,493
0,200	1,547	1,424	0,129	3,574	2,735	0,129	2,330	1,514
0,300	1,915	1,753	0,167	4,427	3,124	0,167	2,747	1,582
0,400	2,228	2,058	0,215	5,185	3,543	0,215	3,091	1,709
0,500	2,489	2,303	0,278	5,896	3,990	0,278	3,404	1,878
0,600	2,727	2,510	0,359	6,640	4,474	0,359	3,730	2,086
0,700	2,939	2,707	0,464	7,394	4,942	0,464	4,038	2,342
0,800	3,136	2,879	0,599	8,196	5,444	0,599	4,415	2,606
0,900	3,310	3,039	0,774	9,035	5,963	0,774	4,806	2,934
1,000	3,475	3,188	1,000	9,898	6,501	1,000	5,211	3,311
2,000	4,611	4,188	1,292	10,783	7,059	1,292	5,623	3,747
3,000	6,013	4,871	1,668	11,525	7,631	1,668	6,088	4,237
4,000	7,127	5,150	2,154	12,161	8,280	2,154	6,694	4,819
5,000	7,918	4,992	2,783	12,792	8,959	2,783	7,610	5,477
6,000	8,877	5,181	3,594	14,174	9,750	3,594	8,879	6,170
7,000	8,410	4,382	4,642	16,535	10,035	4,642	10,396	6,898
8,000	8,186	4,507	5,995	18,970	10,042	5,995	12,524	7,419
9,000	8,132	4,118	7,743	20,298	10,732	7,743	14,668	8,140
10,000	8,262	4,031	10,000	20,470	11,095	10,000	16,755	9,257

Ek 10. Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

FK15			FUSE15			FUS15		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	1,241	1,277	0,100	2,331	2,415	0,100	0,956	1,104
0,200	1,936	1,764	0,129	4,030	2,776	0,129	1,553	1,219
0,300	2,404	2,132	0,167	4,900	3,065	0,167	1,912	1,334
0,400	2,784	2,440	0,215	5,672	3,416	0,215	2,239	1,473
0,500	3,108	2,700	0,278	6,355	3,776	0,278	2,555	1,637
0,600	3,426	2,929	0,359	7,013	4,154	0,359	2,881	1,825
0,700	3,680	3,138	0,464	7,697	4,574	0,464	3,220	2,041
0,800	3,931	3,327	0,599	8,463	5,035	0,599	3,563	2,281
0,900	4,152	3,497	0,774	9,247	5,530	0,774	3,910	2,547
1,000	4,358	3,659	1,000	10,032	6,036	1,000	4,263	2,846
2,000	5,587	4,596	1,292	10,834	6,583	1,292	4,616	3,192
3,000	7,075	5,281	1,668	11,551	7,164	1,668	5,031	3,570
4,000	8,325	5,546	2,154	12,202	7,806	2,154	5,562	4,009
5,000	9,128	5,408	2,783	12,944	8,532	2,783	6,288	4,496
6,000	10,022	5,824	3,594	14,000	9,280	3,594	7,055	4,972
7,000	10,229	4,708	4,642	15,593	9,773	4,642	7,388	5,495
8,000	8,257	4,901	5,995	18,191	10,066	5,995	8,759	6,064
9,000	8,161	5,664	7,743	19,643	10,628	7,743	8,952	6,474
10,000	9,164	5,902	10,000	21,529	11,060	10,000	9,612	7,074

Ek 10. Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK7			ZUSE7			ZUS7		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	0,515	0,577	0,100	0,537	1,050	0,100	0,368	0,184
0,200	0,806	0,855	0,129	0,862	1,531	0,129	0,433	0,259
0,300	1,017	1,081	0,167	1,194	1,911	0,167	0,507	0,327
0,400	1,197	1,299	0,215	1,534	2,308	0,215	0,594	0,409
0,500	1,357	1,479	0,278	1,893	2,692	0,278	0,697	0,503
0,600	1,510	1,657	0,359	2,314	3,125	0,359	0,816	0,612
0,700	1,643	1,804	0,464	2,773	3,598	0,464	0,954	0,735
0,800	1,766	1,939	0,599	3,321	4,075	0,599	1,113	0,875
0,900	1,874	2,058	0,774	3,925	4,548	0,774	1,297	1,036
1,000	1,989	2,189	1,000	4,522	4,965	1,000	1,511	1,236
2,000	2,987	3,150	1,292	5,037	5,343	1,292	1,759	1,496
3,000	4,245	4,050	1,668	5,507	5,788	1,668	2,046	1,818
4,000	5,662	4,492	2,154	6,029	6,311	2,154	2,366	2,124
5,000	6,650	4,035	2,783	6,938	6,889	2,783	2,698	2,403
6,000	7,111	3,613	3,594	8,515	7,302	3,594	2,984	2,671
7,000	6,290	3,400	4,642	9,913	7,133	4,642	3,448	2,664
8,000	6,426	3,292	5,995	10,440	6,871	5,995	4,001	3,252
9,000	6,501	3,204	7,743	9,175	7,341	7,743	4,776	3,793
10,000	6,213	3,246	10,000	8,964	7,268	10,000	6,463	4,376

Ek 10. Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK10			ZUSE10			ZUS10		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	0,767	0,921	0,100	2,623	2,566	0,100	0,760	0,806
0,200	1,308	1,362	0,129	4,128	3,015	0,129	1,098	0,852
0,300	1,682	1,703	0,167	4,993	3,431	0,167	1,308	0,924
0,400	1,982	1,997	0,215	5,761	3,841	0,215	1,505	1,018
0,500	2,248	2,261	0,278	6,508	4,276	0,278	1,694	1,131
0,600	2,484	2,491	0,359	7,219	4,692	0,359	1,886	1,265
0,700	2,708	2,730	0,464	8,036	5,164	0,464	2,085	1,421
0,800	2,915	2,925	0,599	8,856	5,631	0,599	2,284	1,605
0,900	3,100	3,099	0,774	9,583	6,045	0,774	2,477	1,819
1,000	3,263	3,257	1,000	10,526	6,549	1,000	2,661	2,063
2,000	4,438	4,287	1,292	11,300	7,062	1,292	2,880	2,352
3,000	5,898	5,078	1,668	11,930	7,624	1,668	3,282	2,709
4,000	7,259	5,506	2,154	12,352	8,217	2,154	3,911	3,121
5,000	8,363	5,235	2,783	12,723	8,944	2,783	4,586	3,575
6,000	8,723	5,266	3,594	13,624	9,705	3,594	5,083	4,023
7,000	7,650	4,959	4,642	15,122	9,997	4,642	5,123	4,609
8,000	7,837	4,680	5,995	16,930	9,965	5,995	5,394	4,522
9,000	7,925	5,125	7,743	17,196	10,429	7,743	5,687	4,507
10,000	8,644	4,686	10,000	16,955	10,263	10,000	6,212	4,623

Ek 10. Örneklerin G' ve G" Değerlerine Ait Ham Veriler'in devamı

ZK15			ZUSE15			ZUS15		
f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]	f [Hz]	G' [Pa]	G" [Pa]
0,100	1,508	1,471	0,100	3,915	3,043	0,100	2,093	1,685
0,200	2,435	2,139	0,129	6,220	3,210	0,129	3,215	1,622
0,300	3,158	2,730	0,167	7,386	3,284	0,167	3,763	1,673
0,400	3,820	3,264	0,215	8,303	3,445	0,215	4,194	1,787
0,500	4,445	3,750	0,278	9,058	3,696	0,278	4,563	1,943
0,600	5,057	4,180	0,359	9,755	3,976	0,359	4,930	2,142
0,700	5,608	4,578	0,464	10,424	4,308	0,464	5,285	2,377
0,800	6,181	4,958	0,599	11,174	4,696	0,599	5,661	2,651
0,900	6,717	5,311	0,774	11,923	5,138	0,774	6,031	2,977
1,000	7,231	5,641	1,000	12,673	5,648	1,000	6,410	3,349
2,000	9,204	6,960	1,292	13,351	6,186	1,292	6,784	3,772
3,000	10,779	7,918	1,668	14,079	6,819	1,668	7,122	4,252
4,000	12,845	8,422	2,154	14,562	7,514	2,154	7,564	4,779
5,000	14,387	8,032	2,783	14,864	8,292	2,783	8,506	5,393
6,000	15,687	8,539	3,594	15,613	9,116	3,594	9,692	6,067
7,000	16,786	8,554	4,642	16,912	9,810	4,642	10,515	6,775
8,000	17,430	7,637	5,995	18,493	10,451	5,995	11,087	7,559
9,000	13,388	7,435	7,743	18,369	11,236	7,743	10,414	8,993
10,000	12,947	8,577	10,000	18,417	12,431	10,000	10,533	8,302

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Duygu ASLAN

Uyruğu: Türkiye (TC)

Medeni Durumu: Bekar

Doğum Tarihi ve Yeri: 1990-Sivas

E-posta Adresi: duyguaslan@erciyes.edu.tr duyguaslan90@gmail.com

Tel: (352) 207 66 66 - 32752

Adres: Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans: Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,2012- Devam Ediyor

Lisans: Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2012

YABANCI DİL

İngilizce (YDS:86.25)

AKADEMİK DENEYİM:

Arş.Gör., Erciyes Üniversitesi, 2014-Devam ediyor.

SERTİFİKALAR –KATILIMLAR

2. Öğrenci Gıda Kongresi, 2011, Kayseri.

AR-GE Gıda Proje Pazarı, 2012, İzmir.

The First Turkish-International Circle's Workshop on Food Science and Technology, 2013, Kayseri, Türkiye

7th International Conference and Exhibition on Nutraceuticals and Functional Foods, 2014, İstanbul, Türkiye**.**

The 7th International Symposium on Food Rheology and Structure - ISFRS 2015, Zürih, Haziran 2015.

BAŞARI ve ÖDÜLLER

Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölüm İkinciliği Plaketi ve Takdir Belgesi, 2012

Onur Belgesi, 2009.

2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu, Tübitak, Kasım 2014- Devam Ediyor.

YAYIN ve PROJELER

A) SCI indeksli dergilerdeki yayınlar

Çam M., Erdoğan F., **Aslan D.,** Dinç M., "Enrichment Of Functional Properties Of Ice Cream With Pomegranate By-Products", Journal of Food Science, vol.78, pp.1543-1550, 2013.

B) Ulusal dergilerdeki yayınlar

Dinç M., **Aslan D.,** İçyer N.C., Çam M., 2012, 'Gilaburu Suyunun Mikroenkapsülasyonu', Elektronik Gıda Teknolojileri Dergisi.

C) Ulusal ve Uluslararası sempozyumlarda sunulan bildiriler

Doğan M., **Aslan D.,** Aktar T., Göksel Saraç M., "Rheological and Sensory Properties of Instant Hot Chocolate:Application of Different Multi-Criteria Decision Techniques to Determine Optimum Fat Composition", The 7th International Symposium on Food Rheology and Structure - ISFRS 2015, Zürih, İsviçre, 7-11 Haziran 2015, pp.212-212

Aslan D., Doğan M., "The Effect of Ultrasound on the Rheological Properties of Emulsions", The 7th International Symposium on Food Rheology and Structure - ISFRS 2015, Zürih, İsviçre, 7-11 Haziran 2015, pp.208-208.

Altuntaş F., Doğan M., Gürmeriç V. , **Aslan D**., "Determination of Flow Stability of Dietary Food Fibers By Using Powder Rheometer", The 7th International Symposium on Food Rheology and Structure - ISFRS 2015, Zürih, İsviçre, 7-11 Haziran 2015, pp.192-192.

Doğan M., **Aslan D**., Gürmeriç V. , "Rheological Interaction of Natural Micro-Particle Food Polymers in Different Temperatures", The 7th International Symposium on Food Rheology and Structure - ISFRS 2015, Zürih, İsviçre, 7-11 Haziran 2015, pp.222-222.

Göksel M., **Aslan D.,** Dogan M., "Bioactive Properties of Elderberry Flowers (*Sambucus niger* L.) and Black Locust Acacia Flowers (*Robinia pseudoacacia*) from Region of Sivas in Turkey", 7th International Conference and Exhibition on Nutraceuticals and Functional Foods, İstanbul, Türkiye, Ekim 2014.

Erdoğan F., Dinç M., **Aslan D.,** Toker Ö.S., Karaman S., Çam M., "Effects Of Incorporation of Pomegranate Peel Phenolics Into Ice-Cream", Novel Approaches in Food Industry 2014, Aydın, Türkiye, 26-29 Mayıs 2014, pp.109-109

Çam M., Erdoğan F., **Aslan D.,** Dinç M., Karaman S., Toker Ö.S., Yalçin H., "Pomegranate Seed Oil: Shelf Life Prediction, Microencapsulation And Utilization In Ice-Cream Production", Novel Approaches in Food Industry, Aydın, Türkiye, 26-29 Mayıs 2014, pp.76-76.

Dinç M., **Aslan D.,** İçyer N.C., Çam M., "Gilaburu Suyunun Mikroenkapsülasyonu", Türkiye 11. Gıda Kongresi, Hatay, Türkiye, 10-12 Ekim 2012, cilt.1

C) Projeler

Nano Partikül Doğal Gıda Polimerlerinin Farklı Sıcaklıklardaki Etkileşimlerinin Reolojik Yönden İncelenmesi", BAP Araştırma Projesi, FBA-2012-4077, Araştırmacı,2014.

BİLİMSEL DERNEK, ORGANİZASYON VE KURULUŞLARDAKİ ÜYELİKLER/GÖREVLER

Reoloji Derneği, Genel Sekreter, Üye, 01.04.2014 - Devam Ediyor